

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Beberapa perbandingan penelitian disertai anotasi yang digunakan sebagai referensi dari proyek akhir ini dijelaskan dalam pernyataan sebagai berikut:

Penelitian yang ditulis oleh Handika Sanjaya, dkk [2] merancang sistem kipas angin otomatis menggunakan sensor DHT11. Penelitian ini bertujuan buat menyederhanakan penggunaan kipas angin bagi pengguna, sehingga tidak perlu lagi menghidupkan serta mematikan kipas secara manual. Sistem kipas angin ini dirancang dengan memakai Arduino Uno ATmega328AT menjadi pengendali utamanya. Penelitian ini memperoleh hasil, jika suhu ruangan yang terdeteksi oleh sensor suhu DHT11 mencapai 30°C atau lebih, kipas otomatis akan diaktifkan. tetapi, Jika suhu yang terbaca oleh sensor berada di bawah 29°C, kipas angin akan dimatikan secara otomatis.

Penelitian [3] mengatakan Beberapa faktor yang bisa membuat suhu ruangan semakin tinggi, termasuk kondisi cuaca dan kelebihan jumlah orang melebihi kapasitas ruangan. buat mengatasi masalah ini, umumnya digunakan alat pendingin seperti kipas angin. namun, sering orang lupa mematikan kipas angin, yang bisa menyebabkan kerusakan di komponennya. oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan buat merancang sistem kipas angin otomatis. Sistem ini memakai sensor suhu DHT11 serta sensor ultrasonik HC-SR04 yang dikendalikan oleh Arduino Uno. Kipas angin akan aktif Jika suhu mencapai 30°C atau Bila jumlah orang dalam ruangan mencapai 10 orang, dan akan berhenti berputar Bila syarat-syarat tersebut tidak terpenuhi. dengan memakai sistem ini, umur kipas angin dapat diperpanjang serta penggunaannya menjadi lebih mudah karena kipas angin akan menyala atau mati secara otomatis sesuai dengan kebutuhan.

Perancangan dan pembuatan alat oleh Anggi Anugrah dan Putra Jaya [5] bertujuan untuk membangun sistem kontrol kipas angin yang bisa mendeteksi eksistensi manusia serta mengatur arah sirkulasi udara secara otomatis menuju pengguna. Pendekatan yang digunakan melibatkan penggunaan mikrokontroler ATmega32 yang memproses input dari sensor IR. Sensor IR dipergunakan untuk

mengidentifikasi eksistensi manusia. hasil akhir dari penelitian ini merupakan pengembangan sistem otomatis yang merespons kehadiran orang tanpa memerlukan interaksi fisik atau penggunaan tombol oleh pengguna. dengan demikian, sistem ini mempermudah pengguna dalam mengoperasikan serta mengontrol arah sirkulasi udara kipas angin secara otomatis.

Penelitian yang dilakukan Farhan Nugroho, dkk [6] Merencanakan suatu sistem kipas angin dengan memakai NodeMCU V3 sebagai kontrol utama, memakai sensor DHT11 untuk mengukur suhu ruangan, sensor passive infrared (PIR) buat mengidentifikasi posisi duduk orang di dalam ruangan, serta modul Dimmer untuk menyesuaikan kecepatan kipas angin sesuai suhu udara di dalam ruangan. Penelitian tersebut memperoleh hasil, ketika suhu diatas 25 - 27°C maka tingkat kecepatan kipas sebesar 575 rpm, ketika suhu diatas 27 - 29°C maka level kecepatan kipas 1150 rpm, ketika suhu diatas 29 - 31°C maka level kecepatan kipas 1725 rpm, dan 2300 rpm jika suhu jika diatas 31°C. Kipas akan mati jika suhu dibawah 25°C.

Pada penelitian [7] yang ditulis oleh Sunardi dkk, Penelitian ini dilakukan di Yogyakarta dengan tujuan buat mengoptimalkan pengaturan suhu serta kelembapan di dalam ruangan menggunakan metode *fuzzy*. fokus utama penelitian ini adalah menurunkan suhu panas di dalam ruangan agar mencapai kondisi suhu yang normal. Pendekatan ini memanfaatkan kipas angin yang diatur berdasarkan variabel suhu serta kelembapan udara, menggunakan ESP32 sebagai pusat pemrosesan yang mengendalikan seluruh perangkat terintegrasi secara fisik dan DHT22 sebagai sensor buat mengukur suhu dan kelembapan. hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendalian kecepatan kipas angin berhasil dilakukan berdasarkan suhu serta kelembapan ruangan, menghasilkan penurunan rata-rata suhu sekitar $-0,01^{\circ}\text{C}$ serta kelembapan kurang lebih $-0,032\%$ setiap 5 menit.

Tabel 2.1 Rangkuman Keterkaitan Penelitian

Judul, Tahun, Citasi	Komponen dan Perangkat	Hasil	Pengembangan
Kipas Angin Otomatis Menggunakan Sensor Suhu Dht11, (2021) [2]	Arduino Uno ATmega328, DHT11	Penelitian ini memperoleh hasil, jika sensor suhu DHT11 Jika suhu ruangan mencapai 30°C atau lebih, kipas otomatis akan diaktifkan. tetapi, Jika sensor mendeteksi suhu di bawah 29°C, kipas angin akan mati.	Pada penelitian ini kipas angin hanya dapat ON/OFF berdasarkan perubahan suhu. Pengembangan dapat dilakukan dengan menambah kontrol level kecepatan kipasnya, atau menambah parameter lain selain suhu.
Sistem Kipas Angin Otomatis Dengan Sensor Suhu Dan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino, (2023) [3]	Arduino Uno, DHT11, sensor ultrasonik HC-SR04	Hasil pengujian menunjukkan bahwa kondisi kipas angin akan beroperasi hanya Jika suhu ruangan mencapai 30°C atau lebih tinggi, dan terdapat minimal 10 orang berada pada ruangan. Kipas angin akan berhenti berfungsi Jika salah satu kondisi tersebut tidak terpenuhi.	Kontrol hidup mati kipas sudah berdasarakan suhu dan jumlah orang. Pengembahangan, menambah kontrol level kecepatan kipas berdasarkan suhu dan jumlah orang.
Perancangan Dan Pembuatan Sistem Kendali Kipas Angin Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega 32, (2019) [5]	ATmega32, IR	Hasil dari tugas akhir ini yaitu sistem dapat bekerja otomatis, sistem ini menggunakan keberadaan orang tanpa perlu interaksi fisik atau menekan tombol antara pengguna serta alat. Sehingga, memudahkan manusia dalam mengoperasikan dan mengendalikan arah sirkulasi aliran udara kipas angin secara otomatis.	Penelitian ini dapat mengarahkan sirkulasi udara kipas mengikuti keberadaan orang, namun tidak memiliki monitor suhu. Pengembangan dapat menambah sensor untuk mengukur suhu serta orang yang masuk.
Perancangan Sistem Kendali Kipas Angin Otomatis Berbasis Nodemcu V3, (2020) [6]	NodeMCU V3, DHT11, PIR, modul Dimmer	Ketika suhu diatas 25 - 27°C maka tingkat kecepatan kipas sebesar 575 rpm, ketika suhu diatas 27 - 29°C maka level kecepatan kipas 1150 rpm, ketika suhu diatas 29 - 31°C maka level kecepatan kipas 1725 rpm, dan 2300 rpm jika suhu jika diatas 31°C. Kipas akan mati jika suhu dibawah 25°C.	Penelitian dapat mengendalikan kecepatan kipas berdasarkan kondisi suhu di ruangan, namun kecepatan kipas tidak mencakup perubahan jumlah orang. Pengembangan dapat dilakukan dengan mencakup jumlah orang pada kecepatan kipasnya.

Judul, Tahun, Citasi	Komponen dan Perangkat	Hasil	Pengembangan
Optimasi Pengendalian Suhu Dan Kelembapan Ruangan Di Kota Yogyakarta Menggunakan Metode <i>Fuzzy</i> , (2022) [7]	ESP32, DHT22, IR, modul Dimmer	Penelitian ini berhasil menggunakan metode <i>fuzzy</i> untuk mengatur kecepatan kipas angin berdasarkan suhu serta kelembapan ruangan. Mendapatkan perubahan suhu rata-rata sebesar $-0,01^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan sebesar $-0,032\%$ setiap 5 menit, kipas angin bisa menurunkan suhu sebesar $0,01^{\circ}\text{C}$ serta meningkatkan kelembapan sebanyak $0,032\%$.	Sudah dapat mengendalikan kecepatan kipas berdasarkan kondisi suhu dan kelembapan di ruangan, namun tidak mencakup jumlah kepadatan orang diruangan.

Tabel 2.1 merupakan kajian Pustaka terkait penelitian yang digunakan. Berdasarkan kajian pustaka tersebut, penelitian ini bermaksud mengembangkan sistem kontrol kendali kipas angin otomatis, dimana kecepatan kipas angin akan berubah menyesuaikan kondisi suhu dan jumlah orang didalam ruangan, untuk menstabilkan suhu pada ruangan tersebut. Kemudian sistem tersebut diimplementasikan menggunakan metode *fuzzy* untuk memperoleh pengambilan keputusan berdasarkan variabel suhu dan jumlah orang, yang kemudian dikirim dengan IoT untuk *monitoring*. Adapun sensor yang akan digunakan yaitu, sensor DHT11 mengukur suhu ruangan dan sensor IR mendeteksi dan menghitung jumlah orang diruangan. DHT11 digunakan karena memiliki *range* suhu yang relevan dengan suhu ruangan, serta sensor IR digunakan karena lebih sensitif terhadap gerakan manusia. Hal ini dikarenakan sensor IR mendeteksi perubahan suhu yang disebabkan oleh benda bergerak.

2.2 LANDASAN TEORI

Pada penelitian ini mempunyai landasan teori untuk menjelaskan hal-hal yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan, berikut penjelasannya.

2.2.1 Kipas Angin

Kipas angin merupakan perangkat elektro konvensional yang umumnya digunakan untuk mengatur sirkulasi udara ketika cuaca panas. Keunggulan utamanya terletak pada konsumsi energi listrik yang minim, harganya yang terjangkau, kemudahan penggunaan tanpa perlu instalasi spesifik, serta portabilitasnya yang memungkinkan penggunaan yang praktis serta mudah dipindahkan. Oleh sebab itu, banyak orang memilih untuk tetap menggunakan kipas angin menjadi solusi pendingin udara [8].

Kipas angin umumnya mempunyai beberapa fungsi seperti mendinginkan udara, menyegarkan udara, memberikan ventilasi melalui exhaust fan, serta berfungsi sebagai pengering dengan menggunakan komponen penghasil panas. Selain itu, kipas angin juga dipergunakan dalam mesin penyedot debu serta berbagai hiasan dekoratif di dalam ruangan. Pada perkembangannya, kipas angin sudah mengalami variasi dalam hal ukuran, penempatan, serta fungsi. Mulai dari

kipas angin mini hingga kipas angin yang digunakan di pada unit CPU komputer, seperti buat mendinginkan processor, kartu grafis, *power supply*, serta casing. Kipas angin ini berperan dalam menjaga suhu udara supaya tetap stabil dan tidak melewati batas suhu yang telah ditetapkan. Pengaturan kecepatan hembusan kipas angin dapat dilakukan melalui tiga metode, yaitu memakai pemutar, tali penarik, atau *remote control*. Selain itu, putaran baling-baling kipas angin bisa dibedakan sebagai dua jenis, yaitu *Axial Fan* merupakan jenis kipas dimana Angin mengalir searah dengan poros kipas. Artinya, udara dihisap dan ditekan melalui kipas sejajar dengan porosnya. Kipas angin rumah tangga biasanya merupakan contoh kipas axial. kemudian *Centrifugal Fan* dimana Angin mengalir secara radial, artinya, udara dihisap melalui poros kipas dan ditekan keluar sejajar dengan poros tersebut. Kipas sentrifugal sering digunakan dalam aplikasi industri dan sistem ventilasi yang memerlukan tekanan udara yang lebih tinggi.[9].

Berdasarkan jenis arusnya kipas angin bisa dibedakan menjadi dua jenis, yaitu kipas angin DC (arus searah) dan kipas angin AC (arus bolak-balik). Pada penelitian ini jenis kipas angin yang dipergunakan merupakan kipas angin DC 12V, serta putaran baling-baling kipas angin berjenis axial (angin mengalir secara paralel menggunakan poros kipas) dimana sumber daya berasal dari *power supply*. Gambar 2.1 merupakan kipas angin DC 12V.



Gambar 2. 1 Kipas Angin DC 12V [10]

2.2.2 Sensor Suhu

Sensor Suhu, juga dikenal sebagai *Temperature Sensors*, merupakan perangkat yang dapat mengubah tenaga panas menjadi sinyal listrik,

memungkinkannya mendeteksi perubahan suhu pada objek tertentu. dengan mengukur jumlah energi panas atau dingin yang dipancarkan oleh objek, sensor suhu memungkinkan pengguna untuk mendeteksi fluktuasi suhu melalui output Analog atau Digital. Sensor suhu termasuk dalam kelompok transduser.

Karakteristik jenis sensor suhu dapat bermacam-macam sesuai pengaplikasiannya. Pada umumnya, sensor suhu dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sensor suhu analog dan sensor suhu digital.

2.2.2.1 Sensor Suhu Analog

Berikut beberapa tipe sensor suhu analog yang umumnya digunakan dalam rangkaian elektronika serta peralatan listrik beserta penjelasan singkatnya [11]:

a. Termostat (*Thermostat*)

Thermostat merupakan jenis sensor suhu kontak yang memakai prinsip elektronik-mekanik. *Thermostat* terdiri dari dua jenis logam yang berbeda seperti nikel, tembaga, tungsten, atau aluminium yang ditempel bersama membuat strip bi-logam. ketika strip bi-logam mendapatkan suhu tertentu, dia akan membengkok serta memutuskan atau menyambungkan sirkuit secara otomatis (ON/OFF). Thermostat ini umumnya dipergunakan dalam peralatan listrik seperti panggang, setrika, dan pemanas air.

b. Thermistor

Thermistor merupakan komponen elektro yang mengalami perubahan nilai resistansi seiring dengan perubahan suhu. dalam kategori ini, terdapat dua jenis utama: PTC (*Positive Temperature Coefficient*), yang resistansinya semakin tinggi ketika suhu naik, serta NTC (*Negative Temperature Coefficient*), yang resistansinya turun ketika suhu naik. Thermistor (PTC/NTC) banyak dipergunakan dalam berbagai perangkat elektro, seperti regulator tegangan, sensor suhu untuk kulkas, detektor kebakaran, sensor suhu untuk kendaraan bermotor, personal komputer , serta juga menjadi sensor untuk memantau pengisian ulang baterai pada ponsel, kamera, serta laptop.

c. Resistive Temperature Detector (RTD)

Resistive Temperature Detector (RTD), memiliki peran serupa dengan Thermistor jenis PTC pada mengonversi tenaga listrik menjadi resistansi listrik yang berkaitan dengan fluktuasi suhu. namun, RTD lebih akurat serta memiliki tingkat ketelitian yang lebih tinggi Jika dibandingkan menggunakan *Thermistor* PTC.

d. Thermocouple (Termokopel)

Thermocouple merupakan jenis sensor suhu yang paling umum dipergunakan karena mampu mengukur suhu pada rentang yang sangat luas, mulai dari -200°C hingga lebih dari 2000°C , serta harganya terjangkau. *Thermocouple* bekerja berdasarkan prinsip *Thermo-Electric*, terdiri terdiri dari dua jenis logam yang berbeda dan tidak sejajar.

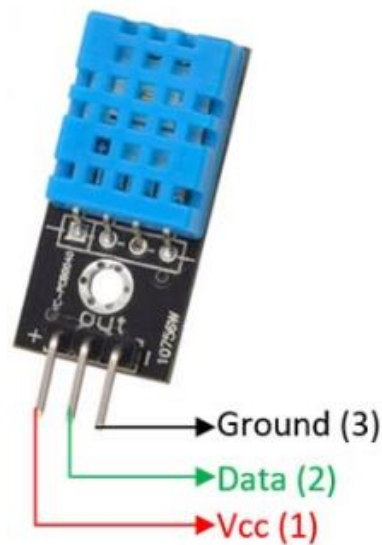
2.2.2.2 Sensor Suhu Digital

Sensor suhu digital adalah jenis sensor yang menghasilkan keluaran digital melalui proses *analog to digital converter* (ADC). Pergantian analog ke digital memiliki peran penting dalam sistem digital karena mengubah sinyal input analog menjadi sinyal output digital. ADC menyediakan antarmuka penting untuk menganalisis data analog dengan komputer digital atau mikrokontroler, dan merupakan bagian penting dari sistem komunikasi digital untuk mentransfer sinyal analog dari ujung transmisi ke digitalisasi di ujung penerima [12].

Sensor DHT11

Sensor DHT11 adalah sensor digital yang mampu mengukur suhu dan kelembapan udara sekitar. Sensor ini memiliki tingkat kestabilan yang sangat baik dan fungsi kalibrasi yang sangat presisi. Meskipun ukurannya kecil dan membutuhkan sedikit daya, sensor ini memiliki jangkauan transmisi frekuensi sampai 20 meter. Sensor ini mampu mengukur suhu antara 0°C sampai 50°C serta kelembapan antara 20% sampai 90%, dengan ketepatan $\pm 1^{\circ}\text{C}$ serta $\pm 1\%$. Keunggulan modul sensor ini terletak pada responsivitasnya yang tinggi dalam membaca suhu serta kelembapan, dan kecepatan pada mengolah data sensing. Selain itu, data yang terbaca juga tidak praktis terganggu oleh interferensi, membedakannya dari modul sensor lainnya [13].

Sensor DHT11 bekerja menggunakan komponen pengukur suhu serta kelembaban udara. Sensor ini memakai komponen pengukur suhu berupa thermistor tipe NTC (*Negative Temperature Coefficient*) untuk mengukur suhu, serta sebuah sensor kelembaban yang merespon perubahan kadar air pada udara. Selain itu, sensor ini juga dilengkapi dengan sebuah chip yang mampu melakukan konversi frekuensi analog ke digital dan menghasilkan output, mengirimkan data hasil pengukuran suhu dan kelembaban adalah dengan metode *one-wire* (satu kabel) untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. Gambar 2.2 menunjukkan sensor DHT11 dan pinout pada sensor [14].



Gambar 2. 2 Sensor DHT 11 [15]

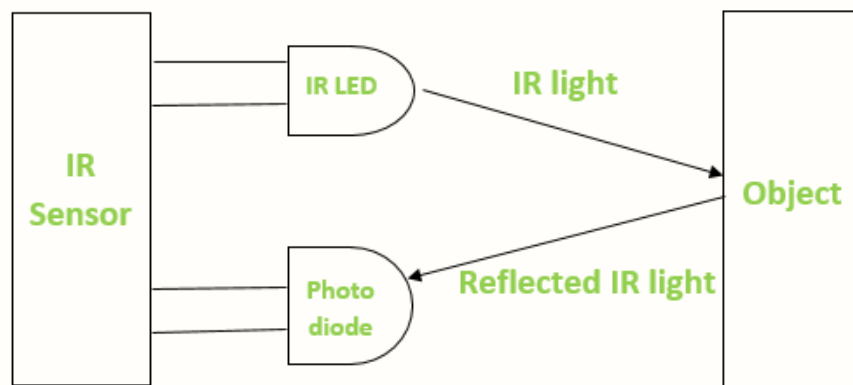
Sensor ini mencakup elemen resistansi untuk mengukur kelembaban serta elemen pengukuran suhu NTC yang terhubung ke mikrokontroler 8-bit yang handal. Mikrokontroler ini memberikan kualitas unggul, tanggapan cepat, serta ketahanan terhadap interferensi, dan hemat biaya [16]. Pada tabel 2.2 menjelaskan konfigurasi pin pada sensor DHT11 [15].

Tabel 2.2 Konfigurasi pin DHT11

Nama Pin	Keterangan
VCC	Sumber tegangan 3.3V sampai 5V
DATA	Output suhu dan kelembaban melalui penggunaan data serial
GND	Terhubung ke ground sirkuit

2.2.3 Sensor *Infrared*

Sensor inframerah adalah suatu perangkat elektronika yang memiliki kapabilitas untuk mengenali karakteristik tertentu yang ada di sekitarnya melalui penggunaan radiasi inframerah [17]. Sensor inframerah termasuk dalam kategori sensor biner, yang berarti perangkat ini menghasilkan output berupa angka 1 atau 0, yang merepresentasikan keberadaan atau ketiadaan objek atau karakteristik tertentu. Komponen dasar dari rangkaian sensor inframerah terdiri dari fotodiode dan LED inframerah. Fotodiode akan aktif dan menghasilkan output saat menerima cahaya dari LED inframerah. Jarak antara sensor inframerah dengan penghalang atau objek di sekitarnya akan memengaruhi intensitas cahaya yang diterima oleh fotodiode, dengan semakin dekatnya jarak, intensitas cahaya yang diterima akan semakin besar. Konsep dasar dari sensor inframerah ini melibatkan pengiriman sinyal inframerah oleh pengirim (*IR transmitter*), yang kemudian sinyal inframerah ini dipantulkan oleh permukaan objek tertentu dan diterima oleh penerima inframerah (*IR receiver*). Gambar 2.3 menunjukkan cara kerja sensor IR mendeteksi suatu objek [18].



Gambar 2. 3 Prinsip Kerja Sensor *Infrared* [18]

Sensor IR pada umumnya memiliki dua bagian utama yang bekerja sebagai pemancar dan penerima cahaya *infrared*.

2.2.3.1 IR Transmitter

Infrared transmitter, biasa dikenal sebagai *Light Emitting Diode* (LED) inframerah atau IR LED, adalah perangkat semikonduktor yang memancarkan radiasi inframerah. Meskipun IR LED memiliki penampilan fisik yang mirip dengan LED biasa, radiasi inframerah yang dipancarkannya berada di luar spektrum cahaya yang terlihat oleh mata manusia. Oleh karena itu, untuk dapat mengamati atau mendeteksi radiasi inframerah, kita memerlukan alat khusus seperti spektroskop cahaya.

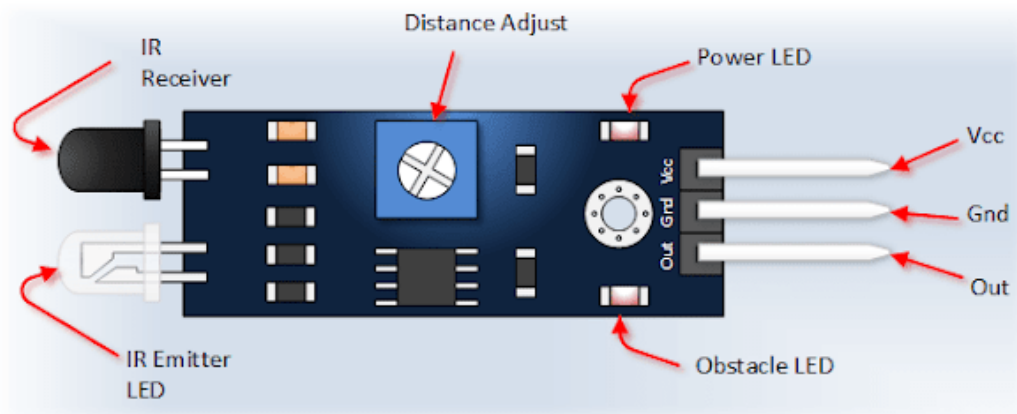
Dengan menggunakan spektroskop cahaya, radiasi inframerah dapat dianalisis dalam konteks spektrum elektromagnetik. Radiasi ini memiliki panjang gelombang di atas panjang gelombang cahaya merah dalam spektrum elektromagnetik, yang membuatnya tidak terlihat secara langsung oleh mata manusia. Namun, dengan bantuan alat pengukuran yang sesuai, seperti spektroskop cahaya, kita dapat mengidentifikasi, mengukur, dan memahami sifat-sifat radiasi inframerah untuk berbagai aplikasi di bidang ilmu pengetahuan, teknologi, dan komunikasi.

2.2.3.2 IR Receiver

IR receiver, biasa dikenal sebagai sensor inframerah, berperan dalam mendeteksi radiasi yang dipancarkan oleh pemancar inframerah (*IR transmitter*). IR receiver dapat terdiri dari komponen seperti photodiode atau phototransistor. Photodiode yang digunakan dalam IR memiliki fungsi untuk mendeteksi sinar inframerah yang dipancarkan oleh IR transmitter, mengubahnya menjadi arus listrik. Cara kerja photodiode ini bergantung pada intensitas cahaya; ketika cahaya IR mengenai photodiode, ia berfungsi seperti diode biasa, tetapi ketika tidak terkena cahaya, photodiode berperilaku seperti resistor dengan hambatan tinggi, sehingga tidak memungkinkan arus mengalir.

Dalam prinsip tersebut, LED IR dan fotodiode ditempatkan dekat satu sama lain. Ketika IR transmitter mengirimkan radiasi inframerah, karena tidak ada penghalang antara transmitter dan receiver, radiasi tersebut harus dipantulkan kembali ke fotodiode setelah memantul dari objek apa pun yang mungkin ada di jalurnya. Objek dapat terbagi menjadi dua jenis permukaan: reflektif dan non-

reflektif. Jika objek mempunyai permukaan yang reflektif, contohnya berwarna putih atau terang, sebagian besar radiasi infrared akan dipantulkan serta mencapai fotodiode. Kuantitas radiasi yang dipantulkan ini akan memengaruhi arus yang mengalir pada fotodiode. Namun, jika permukaan objek bersifat non-reflektif, seperti berwarna hitam atau gelap, objek tersebut akan menyerap hampir semua radiasi inframerah yang dipancarkan oleh LED IR, mirip dengan tidak adanya objek di jalur sinar. Oleh karena itu, penting untuk menempatkan transmitter dan receiver pada sudut yang tepat agar deteksi objek berjalan dengan benar. Sudut yang biasanya digunakan adalah sekitar +/- 45 derajat dari sensor. Gambar 2.4 menunjukkan gambar sensor IR dan komponen-komponen yang digunakan didalamnya.



Gambar 2. 4 Sensor *Infrared* [19]

Modul sensor IR memiliki beberapa kompoenen didalamnya, yaitu IR receiver, IR emitter, Distance Adjust, Power LED, dan Obstacle LED. Adapun pin output yang dimiliki pada sensor ini sebanyak tiga pin, yaitu VCC, GND dan Out. Tabel 2.3 menjelaskan deskripsi masing-masing komponen pada sensor *Infrared* [19].

Tabel 2. 3 Dekripsi Pinout Sensor IR

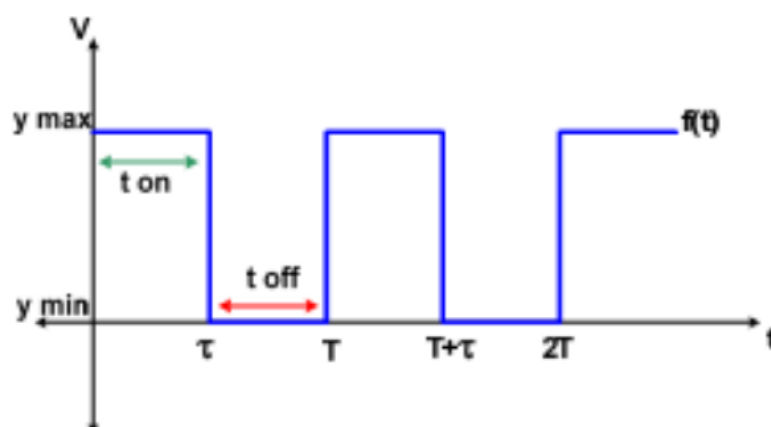
Nama	Keterangan
VCC	Input Tegangan DC 3.3 sampai 5V
GND	Ground input
Out	Output yang menjadi rendah ketika hambatan berada dalam jangkauan,

Nama	Keterangan
	pin ini yang dihubungkan ke mikrokontroller
<i>Power LED</i>	Menyala saat diberi daya
<i>Obstacle LED</i>	Menyala ketika mendeteksi objek
<i>IR Emitter</i>	LED yang memancarkan Cahaya IR
<i>IR Receiver</i>	Photodiode yang menerima IR

2.2.4 Pulse Width Modulation

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan metode memanipulasi lebar sinyal, dinyatakan sebagai pulsa dalam satu siklus, untuk menghasilkan tegangan rata-rata yang berbeda. Modulasi lebar pulsa (PWM) dicapai dengan menggunakan gelombang persegi, di mana siklus kerja gelombang dapat divariasikan untuk menghasilkan tegangan keluaran variabel yang merupakan rata-rata gelombang [20]. Aplikasi mikrokontroler PWM biasanya digunakan untuk mengontrol kecepatan motor DC, mengontrol motor servo, mengatur kecerahan LED, dll. Dimana, pada penelitian ini PWM digunakan untuk mengontrol kecepatan motor DC pada kipas angin yang digunakan.

Bentuk gelombang dapat diubah untuk menghasilkan tegangan output bervariasi, yang sesuai dengan Secara umum, PWM mengacu pada teknik yang melibatkan pengaktifan dan penghentian motor DC secara cepat. Intinya, metode ini fokus pada pengaturan durasi waktu saat motor dinyalakan (ON) dan dimatikan (OFF) dengan presisi. Pada gambar 2.5 merupakan gelombang sinyal PWM.



Gambar 2.5 Gelombang sinyal [21]

Pulse Width Modulation (PWM) dicapai dengan menggunakan gelombang persegi, di mana siklus kerja gelombang dapat divariasikan untuk menghasilkan tegangan keluaran variabel yang merupakan rata-rata gelombang. Berikut persamaan untuk mencari nilai PWM [22].

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad (2.1)$$

Sedangkan persentase nilai duty cycle diperoleh dengan persamaan berikut:

$$Duty\ Cycle = \frac{T_{on}}{(T_{on}+T_{off})} \times 100\% \quad (2.2)$$

Tegangan keluaran dapat bervariasi dengan duty cycle menggunakan persamaan berikut.

$$V_{out} = Duty\ Cycle \times V_{in} \quad (2.3)$$

Dimana T_{on} merupakan waktu pulsa high, T_{off} merupakan waktu pulsa low.

2.2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sistem pengendali yang dimanfaatkan untuk mengatur perangkat elektro dengan penekanan pada efisiensi dan ekonomis biaya. Istilahnya dapat diartikan sebagai "pengendali kecil," di mana sistem elektronik yang sebelumnya memerlukan banyak komponen pendukung seperti IC TTL serta CMOS, kini dapat disederhanakan serta diintegrasikan menjadi satu unit yang dikendalikan oleh mikrokontroler [23]. Sistem kendali proses terdiri dari berbagai perangkat dan peralatan elektro yang dapat mengelola stabilitas, keakuratan, serta menghindari perubahan status berbahaya dalam produksi. Setiap bagian dari sistem ini memiliki peran krusialnya, tanpa memandang ukuran komponennya. sebagai contoh, Jika sensor tidak berfungsi atau rusak, sistem kontrol proses tidak akan mendeteksi apa yang terjadi selama produksi berlangsung [6].

ESP32 merupakan sebuah mikrokontroler System on Chip (SoC) yang menggabungkan WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.2, serta banyak sekali komponen periferan pada satu chip terpadu [24]. ESP32 diciptakan dengan tujuan agar bisa dipergunakan dalam berbagai software mobile, perangkat elektro, serta Internet of Things (IoT). Mikrokontroler ini dirancang untuk bekerja menggunakan konsumsi daya yang rendah, menggunakan siklus tugas yang minim untuk mengurangi pemakaian tenaga oleh chip. Gambar 2.6 menunjukkan bentuk fisik mikrokontroler ESP32.



Gambar 2. 6 ESP32 [25]

2.2.6 Digital Input dan Output

Setiap pin digital mikrokontroler dapat digunakan sebagai input atau output dengan fungsi `pinMode`, `digitalWrite` dan `digitalRead`. Pin ini ditenagai oleh 5 volt. Setiap pin dapat sumber atau menerima hingga 40mA dan memiliki resistansi pull-up internal 20-50K Ω . Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus [28]:

- a. Saluran serial dengan nomor 0 (RX) dan 1 (TX) digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data TTL serial. Kedua pin ini terhubung ke pin yang sesuai pada chip ATmega8U2 USB-to-Serial TTL.
- b. Dua pin eksternal interupsi, yaitu pin 2 dan 3, dapat dikonfigurasi untuk memicu interupsi berdasarkan nilai rendah, tepi naik atau turun, atau perubahan nilai. Rincian lebih lanjut dapat ditemukan dalam fungsi `attachInterrupt()`.
- c. Terdapat enam pin PWM, yaitu 3, 5, 6, 9, 10, dan 11, yang menyediakan output PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi `analogWrite()`.
- d. SPI: 10 (SS), 11 (mosi), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI.
- e. LED: 13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin adalah nilai TINGGI, LED menyala, ketika pin adalah RENDAH, itu off.

2.2.7 One Wire

One Wire adalah protokol komunikasi serial yang menggunakan kabel data dan titik ground. Transmisi data ini hanya membutuhkan satu jalur dan satu kabel,

kurang dari komunikasi paralel. Pada dasarnya komunikasi serial adalah komunikasi dimana data dikirimkan sedikit demi sedikit. Dengan kata lain, komunikasi serial adalah metode transmisi data yang mengirimkan sedikit data melalui kabel ke titik tertentu. Pada dasarnya, komunikasi serial adalah kasus khusus dari komunikasi paralel dengan $n = 1$, yaitu suatu bentuk komunikasi paralel melalui kabel tunggal di mana hanya satu bit data yang dikirim pada satu waktu [26].

Sebuah *one wire master* (mikrokontroler) melakukan proses misialisasi dan mengontrol komunikasi dengan satu atau lebih perangkat *one wire slave* (sensor) Setiap perangkat *one wire slave* memiliki satu buah 64-bit *identifier* yang menyediakan alamat perangkat pada *bus one wire*. Protokol *one wire* menggunakan level logika TTL yaitu level tegangan maksimum 0.8V untuk logika LOW dan minimum 2.2V untuk logika *HIGH* [27].

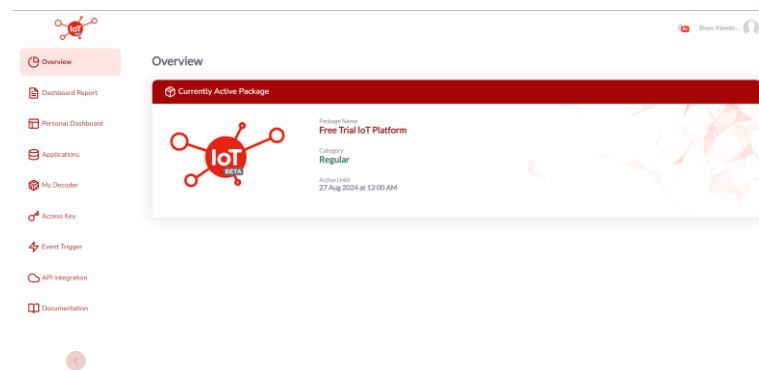
2.2.8 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang menghubungkan dunia nyata dengan dunia digital, memungkinkan pengguna untuk mengakses serta mengelola data dari perangkat elektro melalui antarmuka pengguna. Sensor-sensor pada perangkat tersebut mengumpulkan data fisik secara real-time, lalu mengonversinya ke dalam format mesin yang dapat dengan praktis dipertukarkan dalam berbagai bentuk data. Ini membentuk jembatan antara dunia fisik dan informasi, memungkinkan integrasi yang mulus antara perangkat dan pengguna [29].

pengembangannya. Ini melibatkan identifikasi obyek serta sensor dan kemampuan koneksi yang membentuk dasar untuk mengembangkan layanan dan software kooperatif yang dapat beroperasi secara mandiri. Sistem ini ditandai dengan tingkat otonomi yang tinggi dalam pengambilan data, transfer program, konektivitas jaringan, dan juga interoperabilitas. Konsep Internet of Things melibatkan tiga elemen kunci: benda fisik yang telah terintegrasi dengan sensor, koneksi internet, dan pusat data di server untuk menyimpan data dari software. Penggunaan benda yang terhubung ke internet akan mengumpulkan data yang kemudian membentuk "big data" yang dapat dianalisis oleh pemerintah, perusahaan, serta forum lainnya untuk memenuhi kebutuhan masing-masing [30].

Telkom IoT Platform merupakan platform *Internet of Things* (IoT) yang dikelola oleh PT Telkom Indonesia Tbk. Salah satu keunggulan utama dari Telkom IoT Platform adalah kemampuannya untuk terhubung melalui protokol komunikasi LoRa. Di Indonesia, platform IoT yang mendukung protokol komunikasi LoRa masih tergolong langka, karena penggunaan LoRa memerlukan frekuensi yang sesuai dengan band frekuensi LoRa yang ada di Indonesia. Selain itu, Telkom IoT Platform juga menawarkan berbagai produk lain, termasuk platform IoT lainnya serta layanan penelitian dan kolaborasi B2B.

Telkom IoT Platform adalah sebuah layanan teknologi IoT yang memudahkan pengguna untuk menghubungkan, mengelola, mengotomatisasi berbagai perangkat dan sensor, serta menyajikan data perangkat dalam sebuah dashboard pribadi yang dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Dengan pendekatan bisnis yang berfokus pada riset, inovasi, dan kolaborasi, platform ini menyasar berbagai segmen pasar, mulai dari dunia akademik hingga B2B dan lembaga besar. Telkom IoT Platform telah digunakan oleh berbagai jenis perusahaan, bisnis, dan sektor seperti kesehatan [31]. Gambar 2.7 menunjukkan tampilan Telkom IoT Platform pada *website*.



Gambar 2. 7 Tampilan Telkom IoT Platform

2.2.9 Logika Fuzzy

Fuzzy merupakan istilah yang merujuk pada sesuatu yang tidak jelas atau ambigu. pada konteks logika *Fuzzy*, nilai suatu pernyataan bisa bersifat besar atau kecil secara bersamaan. logika *Fuzzy* artinya jenis logika yang mempertimbangkan tingkat kekaburan atau ketidakjelasan (*Fuzzyness*) antara benar serta salah. salah satu model aturan *Fuzzy* yang sering digunakan ialah model yang mencoba meniru

cara manusia berpikir atau merasakan secara intuitif. Meskipun proses perhitungannya kompleks dan memakan waktu lama, model ini tetap memberikan tingkat ketepatan yang tinggi. dalam teori logika *Fuzzy*, nilai suatu pernyataan mampu dianggap benar atau salah secara bersamaan, tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Skala keanggotaan dalam logika *Fuzzy* berkisar antara 0 sampai 1 [32].

Tidak seperti logika digital yang hanya mempunyai dua nilai yaitu 1 atau 0, logika *Fuzzy* dipergunakan untuk mengartikan suatu besaran yang diungkapkan pada bahasa manusia (*linguistik*). contohnya, besaran kecepatan kendaraan yang dapat dijelaskan sebagai pelan, relatif cepat, cepat, atau sangat cepat. logika *Fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai tersebut tepat serta sejauh mana suatu nilai tersebut tidak sempurna. *Fuzzy* diukur pada tingkat keanggotaan dan tingkat kebenaran. karena itu, sesuatu dapat dianggap sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama [33].

2.2.9.1 Struktur Dasar Logika *Fuzzy*

Dasar konsep logika *Fuzzy* pada buku kecerdasan buatan (T.Sutojo dkk, 2011) merupakan bahwa logika *Fuzzy* menggambarkan pemetaan kompleks dari data masukan ke nilai keluaran. Proses ini melibatkan data masukan dan keluaran, fungsi keanggotaan, operator-operator *Fuzzy*, aturan *Fuzzy if-then*, penggabungan hasil keluaran dari himpunan, dan pengembalian nilai keluaran yang sebenarnya (*defuzzifikasi*).

Ada beberapa tahapan operasional yang meliputi :

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan tahapan di mana nilai konkret diubah menjadi fungsi keanggotaan.

2. Penalaran (*Inference Machine*)

Proses penalaran melibatkan penerapan implikasi untuk menentukan nilai keluaran berdasarkan nilai input yang diterima. Salah satu metode penalaran yang umum digunakan disebut penalaran maxmin. Dalam metode ini, langkah awalnya adalah mencari nilai minimum dari sinyal output setelah melalui lapisan fuzzifikasi, yang kemudian diikuti dengan mencari nilai

maksimum menggunakan operasi max. Nilai keluaran yang ditemukan kemudian didefuzzifikasi untuk mendapatkan hasil akhir.

3. Aturan Dasar (*Rule based*)

Pada kontrol logika *Fuzzy*, aturan dasar (*Rule based*) adalah bentuk relasi "Jika-Maka" atau "if-then". Dalam bentuk ini, jika nilai x adalah A , maka nilai y adalah B , di mana A dan B merupakan nilai-nilai linguistik yang ditentukan dalam rentang variabel X dan Y . Bagian " x adalah A " disebut sebagai premis atau antecedent, sementara bagian " y adalah B " disebut sebagai kesimpulan atau consequent.

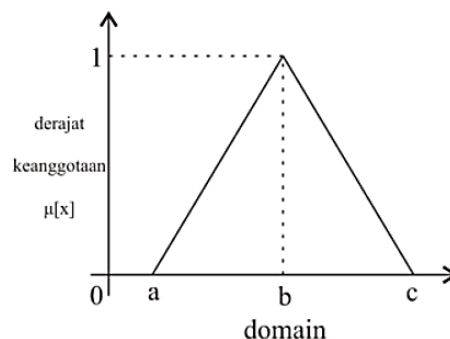
4. Defuzzifikasi

Proses *defuzzifikasi* melibatkan penggunaan himpunan *Fuzzy* yang didapatkan dari gabungan aturan-aturan *Fuzzy* menjadi input. Hasilnya merupakan angka pada domain himpunan *Fuzzy* tersebut. Oleh karena itu, Jika diberikan himpunan *Fuzzy* pada rentang tertentu, nilai crisp tertentu harus bisa ditentukan [34].

Fungsi keanggotaan (*membership function*) merupakan sebuah kurva yang menggambarkan bagaimana suatu titik data *input* dipetakan menjadi nilai keanggotaan pada himpunan *fuzzy*. Terdapat berbagai macam fungsi yang dapat digunakan untuk menggambarkan kurva tersebut [35] :

1. Representasi Kurva Segitiga

Pada gambar 2.8 kurva segitiga adalah kombinasi dari dua garis lurus (linear), seperti yang terlihat dalam Gambar 2.8.



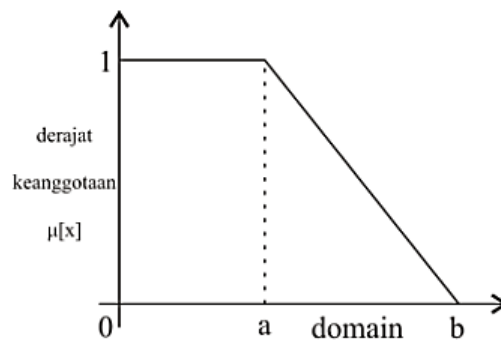
Gambar 2. 8 Kurva Segitiga

Fungsi keanggotan:

$$\mu|x| = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.1)$$

2. Representasi Kurva Bentuk Bahu

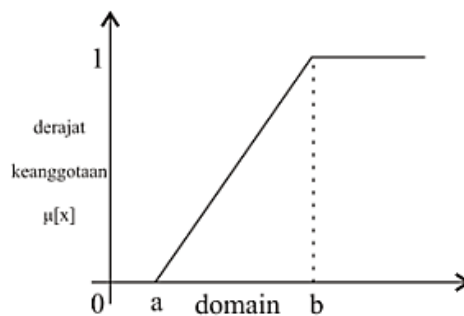
Dalam analisis ini, kurva bahu telah dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu bahu kiri dan bahu kanan. Rincian perhitungan dan fungsi keanggotaan untuk setiap kurva ini dapat ditemukan dengan referensi pada Gambar 2.9 untuk bahu kiri dan Gambar 2.10 untuk bahu kanan. Pemisahan ini memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang karakteristik masing-masing bagian bahu, memberikan dasar yang kokoh untuk analisis lebih lanjut dalam konteks ini.



Gambar 2. 9 Kurva Bahu Kiri

Fungsi keanggotaan :

$$\mu|x| = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$



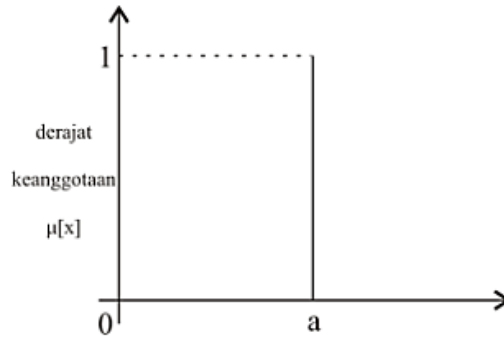
Gambar 2. 10 Kurva Bahu Kanan

Fungsi keanggotaan :

$$\mu|x| = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.3)$$

3. Representasi Kurva *Singleton*

Singleton merupakan himpunan *fuzzy* yang hanya memiliki satu titik tunggal dalam semesta pembicaraan, yaitu ($= a$). Konsep ini direpresentasikan dalam bentuk fungsi keanggotaan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Kurva *Singleton*

Fungsi keanggotaan :

$$\mu|x| = \begin{cases} 1, & \text{untuk } x = a \\ 0, & \text{untuk } x \neq a \end{cases} \quad (2.4)$$