

Rancang Bangun Kendali Adaptif Motor DC Berdasar Suhu Menggunakan Wemos D1 R1 Dan LoRa

Dimas Ahmad Nur Kholis Suhermanto

D4 Teknik Listrik,Fakultas Vokasi,Universitas Negeri Surabaya
dimas.19045@mhs.unesa.ac.id

Widi Aribowo,Ayusta Lukita Wardani, dan Mahendra Widyartono

D4 Teknik Listrik,Fakultas Vokasi,Universitas Negeri Surabaya
widiaribowo@unesa.ac.id, ayustawardani@unesa.ac.id ,mahendrawidyartono@unesa.ac.id

Abstrak

Didalam perindustrian dan rumah tangga penggunaan motor dc sebagai pengatur suhu ruangan masih menjadi opsi karena ekonomis dan efisien.Namun dalam pengendalian kecepatannya masih dilakukan secara manual dengan memutar tuas atau tombol.Selain itu kita tidak bisa mengecek apakah kecepatan motor dc dalam kecepatan yang sesuai.Mengingat motor DC memiliki umur kinerjanya jika digunakan terus menerus dengan kecepatan maksimal akan menyebabkan motor DC mengalami penurunan performa.Di sisi lain dalam pengaturan suhu ruangan jika suhu normal atau dibawahnya tapi kecepatan motor DC dengan kecepatan maksimal maka akan menyebabkan orang didalamnya menjadi tidak nyaman.Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk membuat rancang bangun alat ini dan menerapkan teknologi internet of things dalam memonitoring suhu,rpm,tegangan, dan arus.Selain itu menggunakan LoRa sebagai kirim data sebelum dikirimkan ke aplikasi IoT OnOff .Dengan adanya LoRa bisa kirim data tanpa bantuan WiFi.Berdasarkan hasil yang didapatkan dalam mengatur kecepatan motor DC secara adaptif dibutuhkan komponen penting seperti mikrokontroler yang memiliki pin PWM dan sensor DHT 11.Selain itu dalam penggunaan teknologi LoRa cukup efektif sebagai kirim dan terima data.Dari hasil pembacaan nilai sensor dengan pengukuran menggunakan alat ukur menghasilkan nilai error pada encoder sangat kecil sedangkan pada sensor INA 219 tegangan dan arus sangat kecil yang di mana nilainya dibawah 1% semuanya.

Kata Kunci: LoRa,Motor DC,Kendali Adaptif,Wemos D1 R1.

Abstract

In both industrial and household settings, dc motors remain a viable option for room temperature control due to their cost-effectiveness and efficiency. However, the manual control of their speed through levers or buttons still needs to be improved. Moreover, it is not easy to ascertain whether the dc motor is operating at an appropriate speed. These DC motors have a limited performance lifespan, and running them continuously at maximum speed can lead to performance degradation. This research implements an experimental approach using Internet of Things (IoT) technology to design and monitor the temperature, rpm, voltage, and current to address limited performance lifespan. The IoT OnOff application utilizes LoRa, enabling data transmission without relying on WiFi.The adaptive adjustment of the DC motor speed is achieved through a microcontroller with a PWM pin and a DHT 11 sensor as essential components. The implementation of LoRa technology proves to be effective for data transmission. When measured with a measuring instrument, the sensor readings show minimal error on the encoder and very low voltage and current readings (below 1%) on the INA 219 sensor.

Keywords: LoRa, DC Motor, Adaptive Control, Wemos D1 R1

PENDAHULUAN

Pemanasan global, yang ditandai dengan peningkatan suhu yang semakin panas, semakin dirasakan dan dialami oleh seluruh masyarakat di dunia sebagai sebuah permasalahan yang semakin meningkat(Wahyuni dan Suranto, 2021).Pengaturan suhu ruangan didalam pabrik atau peternakan tertutup sering menggunakan Motor DC terlebih lagi didalam keperluan rumah tangga juga sering menggunakannya.Pada saat menggunakan kipas angin atau motor DC,orang harus mengatur secara manual jika suhu meningkat dan mengatur kembali kecepatan kipas angin disaat suhu turun..Motor DC jika digunakan terus

menerus dan diatur dengan kecepatan tinggi yang konstan maka akan menyebabkan mudah panas bahkan akan mengurangi efesisiensi atau kinerjanya.

Dengan menerapkan IOT pada sistem kendali motor DC sangat membantu didalam dunia perindustrian.Kita dapat mengendalikan dan memonitoringnya dari jarak jauh yang bisa diakses melalui smartphone ataupun Device lainnya maka diperlukan pemograman didalamnya.Menerapkan IOT untuk proses otomatisasi memiliki tujuan mengurangi interaksi antara perangkat dengan manusia(Sitorus, 2021).

Berapa tahun belakangan ini banyak penelitian yang dilakukan terhadap sistem kendali motor DC.Namun

didalam pengembangan kali ini akan menggunakan sistem cerdas otomatis sebagai pengoptimalan pengaturan kecepatan motor DC / kipas angin dengan berdasarkan suhu ruangan. Motor DC akan memiliki kecepatan tinggi dan rendah disuhu tertentu. Selain itu dengan adanya beberapa sensor yang digunakan dapat untuk memonitoring nilai kecepatan (rpm), tegangan, arus, daya suhu dan kelembaban ruangan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi beban kerja berlebihan yang bisa menyebabkan panas bahkan kerusakan pada motor DC. Namun ada satu permasalahan lagi, bagaimana IOT bisa diterapkan di daerah yang minim internet seperti konektivitas WiFi/jenis LPWAN yang lainnya ?. Maka dari itu dalam penelitian ini transmisi data akan menggunakan LoRa dan WiFi. LoRa yang digunakan sebanyak 2 modul LoRa sx1278 yakni yang pertama sebagai LoRa transmitter (pemancar sinyal) dan LoRa Receiver (penerima sinyal) dan kemudian diteruskan menggunakan WiFi sebagai media kirim data ke Platform IOT dengan menggunakan protokol MQTT yang nantinya sebagai layer Application / Web Dashboard.

Oleh karena itu dalam penelitian ini dibuatkan *prototype* rancang bangun kendali adaptif motor DC berdasar suhu menggunakan Wemos D1 R1 dan LoRa. Keunggulannya adalah menerapkan sistem IOT dan kendali adaptif berdasarkan suhu serta menggunakan LoRa sebagai media transmisi dari LoRa Transmitter ke LoRa Receiver yang di mana sangat cocok diterapkan pada daerah yang sinyal tidak kuat atau minim akan konektivitas jenis WiFi ataupun WAN (Wide Area Network).

Berdasarkan dari permasalahan yang diangkat, peneliti membuat artikel ilmiah ini dengan tujuan akhir membuat rancang bangun kendali adaptif motor dc dengan menggunakan suhu dan untuk mengetahui seberapa efektif penggunaan lora serta menghitung selisih sensor encoder dan ina 219 menggunakan alat ukur.

LANDASAN TEORI

Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) adalah salah satu metode dalam sistem pengendalian yang mengacu pada teknik manipulasi lebar pulsa sinyal dalam periode tertentu. Dalam teknik ini, lebar pulsa sinyal dikendalikan untuk mencapai tujuan pengendalian yang diinginkan (Pranata, 2021).

Internet Of Things

Internet of Things (IoT) dapat dianggap sebagai sistem dimana berbagai things (barang) baik benda-benda fisik dan virtual terhubung sedemikian rupa sehingga mereka dapat berinteraksi secara cerdas satu sama lain dan tentu juga dapat terhubung dengan manusia (Persada Sembiring, dkk., 2022).

Kevin Ashton, sang pencetus istilah Internet of Things, menyampaikan definisi berikut dalam e-book berjudul "making Sense of IoT". Pengertian Internet of Things adalah sensor-sensor yang terhubung ke internet dan berperilaku seperti internet dengan membuat koneksi-koneksi terbuka setiap saat, serta berbagi data secara bebas dan memungkinkan aplikasi-aplikasi yang tidak terduga, sehingga komputer-komputer dapat memahami dunia disekitar mereka dan menjadi bagian dari kehidupan manusia (Aditia Pratama dan Tahara Shita, 2022).

LORA

Long Range atau yang lebih dikenal dengan LoRa, adalah teknologi wireless yang diperkenalkan dan banyak dikembangkan di Amerika Serikat dan Eropa oleh perusahaan bernama LoRa. LoRa sendiri adalah sebuah sistem komunikasi yang termasuk dalam kategori Low Power Wide Area Network (LPWAN) dan memiliki karakteristik berdaya rendah dan jangkauan transmisi jarak jauh (Ramadhani, dkk., 2021)

LoRa adalah suatu teknologi yang bergantung pada frekuensi sebagai media pengiriman data. LoRa memiliki kemampuan untuk melakukan komunikasi hingga jarak tertentu tergantung dari kondisi lingkungan sekitarnya. Pada perkotaan, LoRa dapat berkomunikasi hingga jarak 5 km, sedangkan pada pedesaan jaraknya dapat mencapai 15 km (Salsabila, dkk., 2022)

Wemos D1 R1

Wemos adalah Electronic Development Board yang hampir mirip dengan Arduino UNO hanya saja perbedaannya Wemos mendukung project Internet of Things sedangkan Arduino UNO tidak mendukung. (Arief Deswar dan Pradana, 2021). Board Wemos D1 R1 memiliki beberapa kelebihan, antara lain: bersifat open source, kompatibel dengan Arduino, dapat diprogram menggunakan software Arduino IDE, memiliki pinout yang kompatibel dengan Arduino UNO, serta bentuk dan pinout standar yang mirip dengan Arduino UNO.

Lora SX1278

Lora SX1278 merupakan sebuah modul seri LoRa (Long Range) berkualitas tinggi yang memiliki beberapa keunggulan seperti penggunaan daya rendah, keandalan dalam mengatasi interferensi, dan kemampuan untuk berkomunikasi pada jarak yang jauh (Arief Deswar & Pradana, 2021). Dibutuhkan 2 buah LoRa pada penelitian ini yang satu digunakan sebagai Transmitter (Pemancar) dan satunya lagi digunakan sebagai Receiver (Penerima).

DHT 11

Sensor DHT11 seperti adalah sebuah sensor yang mampu memberikan informasi suhu dan kelembaban. Sensor ini menggunakan kalibrasi sinyal digital dan diklasifikasikan sebagai komponen yang sangat stabil (Syahputra Novelan, 2020). DHT 11 sudah memiliki *library* sendiri pada Arduino

IDE sehingga bisa digunakan dengan mudah.

Buzzer

Buzzer adalah salah satu komponen elektronik yang mampu mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara. Suara dihasilkan dari membran yang memiliki gulungan kumparan. Pada umumnya, Buzzer yang merupakan sebuah perangkat audio, seringkali dimanfaatkan pada rangkaian anti-pencurian atau sebagai tanda peringatan awal bagi orang lain. Buzzer beroperasi pada tegangan DC yang berkebalikan dengan speaker yang menggunakan tegangan AC. Setiap gulungan yang melekat pada diafragma, yang bergerak maju dan mundur, akan menciptakan getaran udara sehingga menghasilkan suara (Manurung,dkk, 2021).

Oled

Oled Display pada gambar 2.11 yang berukuran 0.96 inch dengan 128x64 sebagai resolusinya menggunakan teknologi OLED dan komunikasi serial I2C (hanya menggunakan 2 pin IO untuk koneksi ke Wemos D1 R2) adalah sebuah komponen elektronik berbahan kristal cair yang berfungsi untuk menampilkan output berupa data berupa huruf dan angka(Ardiyanto dan Edy Supriyadi, 2021).

Motor DC dengan Encoder

Motor DC memiliki fungsi untuk mengonversi energi listrik menjadi energi mekanik, dimana torsi pada motor DC dihasilkan melalui penggunaan catu daya DC. Secara umum, motor DC dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu tipe yang diatur dari luar (*external*) dan tipe yang merangsang dirinya sendiri (*self-exciting*)(Aribowo,dkk., 2021).

Rotary encoder terdiri dari komponen pengirim yaitu infra-red LED dan penerima yaitu phototransistor. Prinsip kerjanya didasarkan pada cahaya infra-red yang melewati lubang pada piringan dan diterima oleh phototransistor untuk menghasilkan sinyal pulsa yang kemudian dapat dideteksi oleh mikrokontroler(Muhardian, 2020).

L298N

Merupakan suatu modul motor driver yang digunakan untuk mengontrol kecepatan dan arah putaran motor DC(Bijokangko.Resi Sujiwo,dkk., 2022).Seperti namanya motor driver ini menggunakan IC L298n, Driver motor L298N merupakan jenis driver motor dual H-bridge yang memungkinkan penggunaan 2 motor secara bersamaan.

Pada dasarnya, driver motor memiliki fungsi yang mirip dengan saklar. Untuk dapat bekerja, driver L298N memerlukan sumber daya sebesar 12 volt dan 5 volt.Kecepatan motor dapat diatur dengan mengendalikan sinyal logika tinggi rendah atau melalui modulasi lebar pulsa (PWM)(Muhardian, 2020)

INA 219

Sensor INA219 adalah sebuah sensor yang dapat digunakan untuk mengukur tegangan dan arus listrik pada rangkaian listrik. Sensor ini bekerja dengan prinsip Hall Effect, dimana medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik yang mengalir melalui penghantar akan memengaruhi tegangan pada sensor(Lambert dkk, 2021).

ESP32

ESP32 adalah versi yang lebih baru dari ESP8266 yang terkenal dan banyak digunakan dalam proyek otomasi. ESP32 membawa kemampuan baru yaitu Bluetooth dan Wi-Fi. Baik ESP32 maupun ESP8266 merupakan bagian dari keluarga mikrokontroler sistem-on-a-chip (SOC) berbiaya rendah yang diproduksi oleh Espressif Systems, sebuah perusahaan China dari(Barral Vales,dkk, 2022).

Arduino UNO R3

Arduino Uno merupakan sebuah board mikrokontroler yang menggunakan Atmega328 sebagai basisnya. Board ini memiliki 14 pin digital input/output, dimana 6 diantaranya bisa digunakan sebagai luaran PWM, dan 6 masukan analog. Terdapat sebuah osilator 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset pada board Arduino Uno. Board ini mampu mendukung mikrokontroler dan dapat dihubungkan ke komputer dengan menggunakan kabel USB(Pranata, 2021).

IOT OnOff

IOT OnOff merupakan sebuah aplikasi untuk memonitor dan mengendalikan perangkat atau project IOT berbasis protokol MQTT yang dikembangkan oleh Kris Van Hoya. Aplikasi ini tersedia pada IOS maupun Andorid memiliki design widget yang interaktif cerdas dan banyak fitur serta mudah digunakan.

METODE PENELITIAN

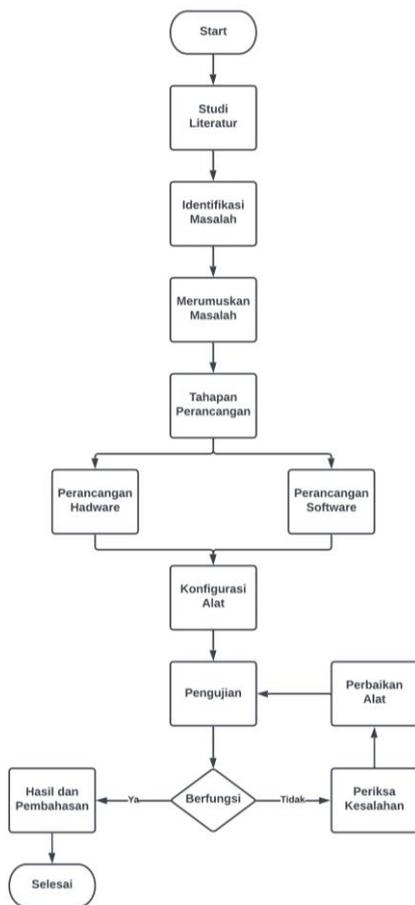
Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah jenis penelitian eksperimental yang digunakan untuk menguji hipotesis atau menjawab pertanyaan penelitian dengan melakukan manipulasi terhadap variabel independen dan mengamati efeknya terhadap variabel dependen. Metode penelitian eksperimen adalah pendekatan penelitian yang digunakan untuk meneliti dampak dari suatu perlakuan atau treatment tertentu. Sebagai contoh, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh efektivitas pembelajaran ketika dilakukan di ruang kelas yang dilengkapi dengan AC(Arifin, 2020). Metodologi Penelitian yang digunakan dapat dilihat pada gambar 1. Pada gambar 1 dapat dijelaskan bahwa dalam memulai penelitian ini melakukan observasi diruangan atau pabrik yang menggunakan motor DC sebagai pengendali suhu ruangan. Selanjutnya adalah studi literatur terkait rumusan masalah yang akan diangkat. Selanjutnya mengidentifikasi

masalah dan merumuskan masalah yang akan diteliti.

Kemudian tahap perancangan yakni merancang *hardware* komponen-komponen yang digunakan dan perancangan *software* dengan melakukan pemrograman menggunakan *text* editor Arduino IDE untuk diterapkan pada rancang bangun alat ini. Tahap selanjutnya adalah konfigurasi alat berisikan proses pembuatan prototype Rancang bangun ini. Proses pensolderan komponen-komponen pada PCB. Kemudian dilakukan konfigurasi antara perancangan software dengan hardware.

Pada tahapan pengujian dilakukan pengujian alat yang sudah selesai dikerjakan pada tahapan sebelumnya. Tahapan selanjutnya adalah pengambilan data dari rancang bangun alat tersebut. Pada tahapan ini merupakan tahap akhir di dalam penelitian ini sehingga mendapatkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan dinyatakan selesai.



Gambar 2 Metode Penelitian

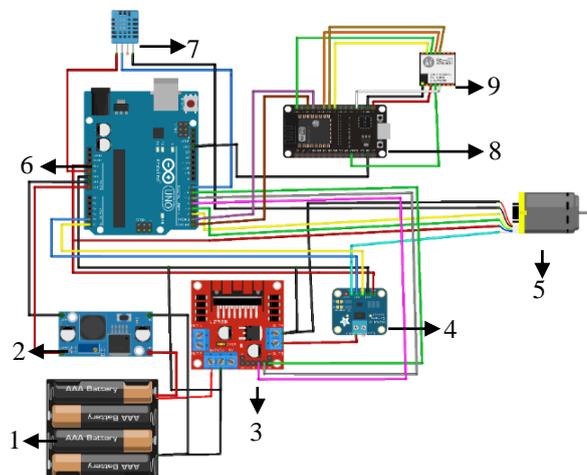
HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Alat

Pada gambar 2 merupakan desain wiring pada LoRa transmitter yang akan digunakan pada rancang bangun penelitian ini. 1) merupakan sumber tegangan *input* 12 V pada alat ini. 2) Modul lm2596 DC-DC *step down* untuk menurunkan tegangan dari 12 V menjadi 6 V sebagai tegangan *input* untuk Arduino UNO R3 dan ESP32. 3)

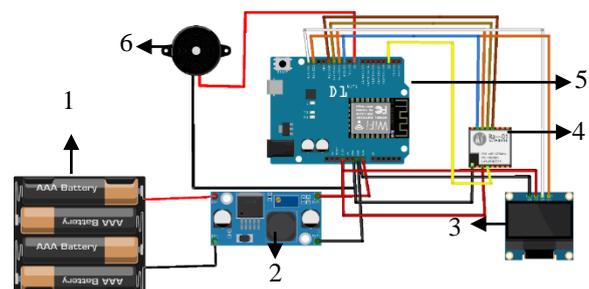
Driver L298N pada rancang bangun ini digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor DC. 4) INA 219 di mana sebagai pendeteksi atau mengukur tegangan dan arus yang digunakan pada motor DC. 5) Motor DC *with* Encoder ini adalah motor dc yang sudah digabungkan atau dilengkapi dengan sensor Encoder. 6) Arduino UNO R3 digunakan sebagai program utama kendali adaptif berdasar suhu dan mengelola semua sensor. 7) Sensor DHT 11 digunakan sebagai pendeteksi suhu pada ruangan. 8) ESP32 Devkit yang sudah terkoneksi dengan modul lora sx1278, digunakan sebagai lora transmitter yang mana mengirimkan data-data yang diperoleh sebelumnya dari Arduino UNO R3 dikirimkan ke lora receiver. 9) Lora sx1278 yang dipakai pada rancang bangun alat ini berfungsi untuk mengirimkan dan menerima data yang sudah ditetapkan nilai gelombang radio yang sama.

LoRa Transmitter



Gambar 3 Wiring LoRa Transmitter

LoRa Receiver



Gambar 1 LoRa Receiver

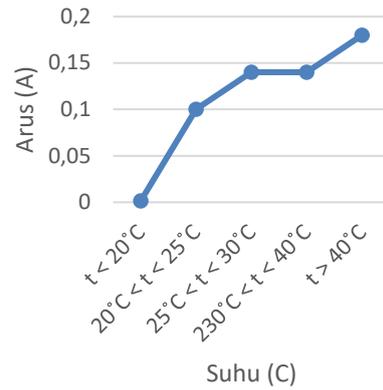
Pada gambar 3 merupakan desain LoRa Receiver pada rancang bangun penelitian ini. 1) merupakan sumber tegangan *input* 12 V pada alat ini. 2) Modul lm2596 DC-DC *step down* untuk menurunkan tegangan dari 12 V menjadi 6 V sebagai tegangan *input* untuk Wemos D1 R1. 3) Oled pada rancang bangun alat ini digunakan untuk menampilkan data-data sensor-sensor. 4) Lora sx1278 yang dipakai pada rancang bangun alat ini berfungsi untuk

mengirimkan dan menerima data yang sudah ditetapkan nilai gelombang radio yang sama.5)Wemos D1 R1 yang dipakai pada rancang bangun alat ini,digunakan sebagai tempat mengelola data-data yang sebelumnya telah diterima oleh modul lora sx1278 bertindak sebagai *receiver*.Kemudian akan dilanjutkan *publish* data menggunakan protokol MQTT ke beroker hivemq dan akan *unsubscribe* datanya menggunakan aplikasi IoT OnOff.

Pengujian Kendali Adaptif

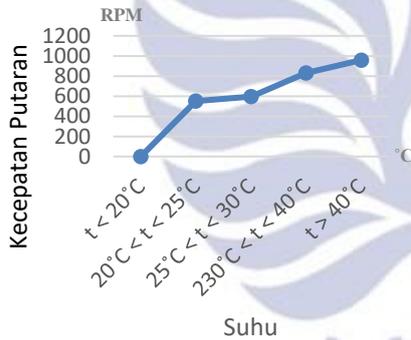
Tabel 1 Pengujian Kendali Adaptif

Perco- baan	RPM	Tega- ngan (V)	Arus (mA)	Reaksi Buzzer
t < 20°C	0	0	1,6	Mati
20°C<t <25°C	551	4,75	107,8	Mati
25°C<t <30°C	596	6,02	148,2	Mati
30°C<t <40°C	830	10,83	140,1	Mati
t > 40°C	959	11,24	186	Hidup

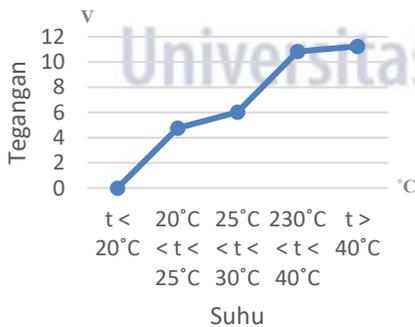


Gambar 6 Grafik Arus

Berdasarkan table 1 dengan t = suhu, pada saat suhu dibawah 20°C maka rpm bernilai 0,hal ini menandakan bahwa motor DC dalam keadaan diam.Kemudian pada saat suhu diatas 20°C maka motor DC akan bergerak pelan dengan nilai 551.Disamping itu nilai daripada tegangan dan arus pun juga mulai ikut bertambah.Selain itu pada buzzer sebagai alarm hanya akan menyala pada saat suhu terdeteksi diatas 40°C.Seiring bertambahnya suhu dengan interval atau scope yang sudah ditentukan pada program nilai rpm,tegangan dan arus ikut bertambah.Secara visual dapat dilihat pada gambar grafik 4,grafik 5 dan grafik 6.



Gambar 4 Grafik RPM



Gambar 5 Grafik Tegangan

Pengujian Keefektifan LoRa

Tabel 2 Pengujian LoRa secara *Horizontal*

Jarak (meter)	Reaksi	
	LOS	Hambatan
1	Terhubung	Terhubung
2	Terhubung	Terhubung
3	Terhubung	Terhubung
4	Terhubung	Terhubung
5	Terhubung	Terhubung

Berdasarkan tabel 2 dengan jarak yang sama setiap 1 meter baik ada hambatan atau tidak ada hambatan masih bisa mengirim dan menerima data dari lora transmitter menuju lora receiver masih bisa terhubung.

Tabel 3 Pengujian LoRa secara *Veritkal*

Jarak (meter)	Reaksi	
	LOS	Hambatan
1	Terhubung	Terhubung
2	Terhubung	Terhubung
3	Terhubung	Terhubung
4	Terhubung	Terhubung
5	Terhubung	Terhubung

Berdasarkan table 3 hasil pengujian yang dilakukan secara vertikal.Lora transmitter diletakkan diatas sedangkan lora receiver diletakkan dibawah dan hasilnya masih bisa terhubung dengan baik.

Tabel 4 Pengujian gangguan gelombang telepon

Waktu ke- (s)	Reaksi
10	Terhubung
20	Terhubung
30	Terhubung
40	Terhubung
50	Terhubung

Berdasarkan table 4 dilakukan pengujian dengan menggunakan gangguan gelombang telepon dengan rentan waktu yang ditentukan masih bisa terhubung.

Tabel 5 Pengujian dengan gangguan gelombang suara frekuensi

No.	Nilai Frekuensi (Hz)	Reaksi
1.	500	Terhubung
2.	1000	Terhubung
3.	1500	Terhubung
4.	2000	Terhubung
5.	2500	Terhubung
6.	3000	Terhubung
7.	4000	Terhubung
8.	5000	Terhubung
9.	6000	Terhubung
10.	7000	Terhubung
11.	8000	Terhubung
12.	9000	Terhubung
13.	10000	Terhubung
14.	22000	Terhubung

Berdasarkan table 5 hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan gangguan suara frekuensi dari 500 hz hingga 22000 hz masih bisa terhubung.

Pengujian dan Perhitungan error pada Encoder

Tabel 6 Pengujian Sensor Encoder dengan suhu $t < 20^{\circ}C$

Percobaan	Encoder (RPM)	Tacho-Meter (RPM)	Selisih	Error
1	0	0	0	0%
2	0	0	0	0%
3	0	0	0	0%
4	0	0	0	0%
5	0	0	0	0%
Rata-rata error(%)				0%

Dengan $t =$ suhu ,hasil pengujian perbandingan

rpm yang telah diukur dengan tachometer dan sensor encoder pada tabel 6.Persentase error pengukuran didapatkan dari persamaan 1 berikut ini :

$$Error = \frac{\text{selisih nilai pembacaan}}{\text{nilai alat ukur}} \times 100\% \quad (1)$$

(Putra, 2022)

Karena baik dari pengukuran encoder dan tachometer 0 rpm motor dc tidak berputar sama sekali pada tabel 6 maka rata-rata error nya adalah 0%.Dengan demikian sensor Encoder bekerja dengan baik pada interval suhu tersebut.

Tabel 7 Hasil Pengujian Sensor Encoder dengan suhu $20^{\circ}C < t < 25^{\circ}C$

Percobaan	En-coder (RPM)	Tacho-Meter (RPM)	Selisih	Error
1	562	561	1	0,002%
2	556	565	9	0,016%
3	564	567	3	0,005%
4	564	570	6	0,011%
5	577	564	13	0,023%
Rata-rata error(%)				0,0114%

Berdasarkan persamaan 1 dan dari hasil perhitungan pada tabel 7 maka rata-rata persentase error dari sensor encoder yang diperoleh pada suhu $20^{\circ}C < t < 25^{\circ}C$ adalah 0,0114%.Dengan demikian sensor bekerja dengan baik pada interval suhu tersebut.

Tabel 8 Hasil Pengujian Sensor Encoder dengan suhu $25^{\circ}C < t < 30^{\circ}C$

Percobaan	En-coder (RPM)	Tacho-Meter (RPM)	Selisih	Error
1	562	561	1	0,009%
2	556	565	9	0,008%
3	564	567	3	0,016%
4	564	570	6	0,011%
5	577	564	13	0,012%
Rata-rata error(%)				0,0112%

Berdasarkan persamaan 1 dan dari hasil perhitungan pada tabel 8 maka rata-rata persentase error dari sensor encoder yang diperoleh pada suhu $25^{\circ}C < t < 30^{\circ}C$ adalah 0,0112%.Dengan demikian sensor bekerja dengan baik pada interval suhu tersebut.

Tabel 9 Hasil Pengujian Sensor Encoder dengan suhu $30^{\circ}\text{C} < t < 40^{\circ}\text{C}$

Percobaan	En-coder (RPM)	Tacho-Meter (RPM)	Selisih	Error
1	879	800	79	0,098%
2	927	885	42	0,047%
3	925	874	51	0,058%
4	925	881	44	0,049%
5	881	802	79	0,098%
Rata-rata <i>error</i> (%)				0,07%

Berdasarkan persamaan 1 dan dari hasil perhitungan pada tabel 9 maka rata-rata persentase *error* dari sensor encoder yang diperoleh pada suhu $30^{\circ}\text{C} < t < 40^{\circ}\text{C}$ adalah 0,07%. Dengan demikian sensor bekerja dengan baik pada interval suhu tersebut.

Tabel 10 Hasil Pengujian Sensor Encoder dengan suhu $t > 40^{\circ}\text{C}$

Percobaan	En-coder (RPM)	Tacho-Meter (RPM)	Selisih	Error
1	901	898	3	0,003%
2	923	902	21	0,023%
3	954	902	54	0,059%
4	959	904	55	0,061%
5	963	906	57	0,063%
Rata-rata <i>error</i> (%)				0,0418%

Berdasarkan persamaan 1 dan dari hasil perhitungan pada tabel 10 maka rata-rata persentase *error* dari sensor encoder yang diperoleh pada suhu $t > 40^{\circ}\text{C}$ adalah 0,0418%. Dengan demikian sensor Encoder bekerja dengan baik pada interval suhu tersebut.

Pengujian dan Perhitungan *error* pada sensor INA219 (Tegangan)

Tabel 11 Pengujian Sensor INA219 tegangan dengan suhu $t < 20^{\circ}\text{C}$

Percobaan	INA219 (V)	Multi-Meter (V)	Selisih	Error
1	0	0	0	0 %
2	0	0	0	0 %
3	0	0	0	0 %
4	0	0	0	0 %
5	0	0	0	0 %
Rata-rata <i>error</i> (%)				0%

Berdasarkan persamaan 1 dan hasil perhitungan yang diperoleh baik dari pengukuran INA219 dan multimeter 0 V pada tabel 11 maka rata-rata *error* nya adalah 0%. Dengan demikian sensor INA219 Tegangan bekerja dengan baik pada interval suhu tersebut.

Tabel 12 Hasil Pengujian Sensor INA219 tegangan dengan suhu $20^{\circ}\text{C} < t < 25^{\circ}\text{C}$

Percobaan	INA219 (V)	Multi-Meter (V)	Selisih	Error
1	4,68	4,55	0,13	0,029 %
2	4,62	4,20	0,42	0,1 %
3	4,94	4,74	0,2	0,042 %
4	5,55	4,69	0,86	0,183 %
5	5,44	4,76	0,68	0,143 %
Rata-rata <i>error</i> (%)				0,0994 %

Berdasarkan persamaan 1 dan dari hasil perhitungan pada tabel 12 maka rata-rata persentase *error* dari sensor INA219 tegangan yang diperoleh pada suhu $20^{\circ}\text{C} < t < 25^{\circ}\text{C}$ adalah 0,0994%. Dengan demikian sensor INA 219 Tegangan bekerja dengan baik pada interval suhu tersebut.

Tabel 13 Hasil Pengujian Sensor INA219 tegangan dengan suhu $25^{\circ}\text{C} < t < 30^{\circ}\text{C}$

Percobaan	INA219 (V)	Multi-Meter (V)	Selisih	Error
1	9,47	9,58	0,11	0,011 %
2	10,26	9,87	0,39	0,039 %
3	10,92	9,45	1,47	0,155 %
4	9,62	9,53	0,09	0,009 %
5	10,88	9,48	1,4	0,148 %
Rata-rata <i>error</i> (%)				0,0724 %

Berdasarkan persamaan 1 dan dari hasil perhitungan pada tabel 13 maka dapat diketahui bahwa rata-rata persentase *error* dari sensor INA219 tegangan yang diperoleh pada suhu $20^{\circ}\text{C} < t < 25^{\circ}\text{C}$ adalah 0,0724%. Dengan demikian sensor INA 219 bagian Tegangan bekerja dengan baik pada interval suhu tersebut.

Tabel 14 Hasil Pengujian Sensor INA219 tegangan dengan suhu $30^{\circ}\text{C} < t < 40^{\circ}\text{C}$

Percobaan	INA219 (V)	Multi-Meter (V)	Selisih	Error
1	10,84	11,15	0,31	0,028 %
2	10,92	11,15	0,23	0,021 %
3	11,01	11,15	0,14	0,013 %
4	11,11	11,15	0,04	0,003 %
5	11,02	11,16	0,14	0,012 %
Rata-rata <i>error</i> (%)				0,0154%

Berdasarkan persamaan 1 dan dari hasil perhitungan pada tabel 14 maka dapat diketahui bahwa rata-rata persentase *error* dari sensor INA219 tegangan yang diperoleh pada suhu $30^{\circ}\text{C} < t < 40^{\circ}\text{C}$ adalah 0,0154%. Dengan demikian sensor INA219 Tegangan bekerja dengan baik pada interval suhu tersebut.

Tabel 15 Tabel 13 Hasil Pengujian Sensor INA219 tegangan dengan suhu $> 40^{\circ}\text{C}$

Percobaan	INA219 (V)	Multi-Meter (V)	Selisih	Error
1	10,84	11,15	0,31	0,023 %
2	10,92	11,15	0,23	0,015 %
3	11,01	11,15	0,14	0,031 %
4	11,11	11,15	0,04	0,021 %
5	11,02	11,16	0,14	0,028 %
Rata-rata error(%)				0,0236 %

Berdasarkan persamaan 1 dan dari hasil perhitungan pada tabel 15 maka dapat diketahui bahwa rata-rata persentase *error* dari sensor INA219 tegangan yang diperoleh pada suhu $t > 40^{\circ}\text{C}$ adalah 0,0236 %. Dengan demikian sensor INA 219 Tegangan bekerja dengan baik pada interval suhu tersebut.

Pengujian dan Perhitungan error pada INA 219(Arus)

Tabel 16 Pengujian Sensor INA219 arus dengan suhu $t < 20^{\circ}\text{C}$

Percobaan	INA219 (A)	Multi-Meter (A)	Selisih	Error
1	0	0	0	0 %
2	0	0	0	0 %
3	0	0	0	0 %
4	0	0	0	0 %
5	0	0	0	0 %
Rata-rata error(%)				0%

Berdasarkan persamaan 1 dan hasil perhitungan yang diperoleh baik dari pengukuran arus INA219 dan multimeter 0 A pada tabel 16 maka rata-rata *error* nya adalah 0%. Dengan demikian sensor bekerja dengan baik pada interval suhu tersebut.

Tabel 17 Hasil Pengujian Sensor INA219 arus dengan suhu $20^{\circ}\text{C} < t < 25^{\circ}\text{C}$

Percobaan	INA219 (A)	Multi-Meter (A)	Selisih	Error
1	0,121	0,155	0,034	0,219 %
2	0,134	0,189	0,055	0,291%
3	0,042	0,034	0,008	0,235%
4	0,042	0,050	0,008	0,16%
5	0,095	0,097	0,002	0,02%
Rata-rata error(%)				0,185%

Berdasarkan persamaan 1 dan dari hasil perhitungan pada tabel 17 maka rata-rata persentase *error* dari sensor INA219 arus yang diperoleh pada suhu $20^{\circ}\text{C} < t < 25^{\circ}\text{C}$ adalah 0,185%. Dengan demikian sensor bekerja dengan baik pada interval suhu tersebut.

Tabel 18 Hasil Pengujian Sensor INA219 arus dengan suhu $25^{\circ}\text{C} < t < 30^{\circ}\text{C}$

Percobaan	INA219 (A)	Multi-Meter (A)	Selisih	Error
1	0,113	0,136	0,023	0,169 %
2	0,148	0,196	0,048	0,245%
3	0,061	0,058	0,003	0,052%
4	0,120	0,155	0,035	0,226%
5	0,075	0,079	0,004	0,051%
Rata-rata error(%)				0,149%

Berdasarkan persamaan 1 dan dari hasil perhitungan pada tabel 18 maka rata-rata persentase *error* dari sensor INA219 arus yang diperoleh pada suhu $25^{\circ}\text{C} < t < 30^{\circ}\text{C}$ adalah 0,149%. Dengan demikian sensor bekerja dengan baik pada interval suhu tersebut.

Tabel 19 Hasil Pengujian Sensor INA219 arus dengan suhu $30^{\circ}\text{C} < t < 40^{\circ}\text{C}$

Percobaan	INA219 (A)	Multi-Meter (A)	Selisih	Error
1	0,113	0,136	0,023	0,042 %
2	0,148	0,196	0,048	0,164%
3	0,061	0,058	0,003	0,111%
4	0,120	0,155	0,035	0,05%
5	0,075	0,079	0,004	0,058%
Rata-rata error(%)				0,085%

Berdasarkan persamaan 1 dan dari hasil perhitungan pada tabel 19 maka rata-rata persentase *error* dari sensor INA219 arus yang diperoleh pada suhu $30^{\circ}\text{C} < t < 40^{\circ}\text{C}$ adalah 0,085%. Dengan demikian sensor bekerja dengan baik pada interval suhu tersebut.

Tabel 20 Hasil Pengujian Sensor INA219 arus dengan suhu $t > 40^{\circ}\text{C}$

Percobaan	INA219 (A)	Multi-Meter (A)	Selisih	Error
1	0,113	0,136	0,023	0,018 %
2	0,148	0,196	0,048	0,006%
3	0,061	0,058	0,003	0,036%
4	0,120	0,155	0,035	0,009%
5	0,075	0,079	0,004	0,049%
Rata-rata error(%)				0,024%

Berdasarkan persamaan 1 dan dari hasil perhitungan pada tabel 20 maka rata-rata persentase *error* dari sensor INA219 arus yang diperoleh pada suhu $t > 40^{\circ}\text{C}$ adalah 0,024%. Dengan demikian sensor bekerja dengan baik pada interval suhu tersebut.

Analisis pengujian seluruh sensor

Berdasarkan pada tahap pengujian sensor yang digunakan pada alat secara keseluruhan rancang bangun kendali

adaptif motor dc berdasar suhu menggunakan wemos d1 r1 dan lora pada tabel 21 berjalan dengan baik sesuai dengan tahap perancangan sebelumnya. Nilai *error* semua dibawah 1% .Hal ini menandakan bahwa kinerja semua sensor bekerja dengan baik.

Tabel 21 Hasil pengujian dan nilai rata-rata *error* seluruh sensor

Suhu	Encoder	INA219 Tegangan	INA219 Arus	<i>Error</i>
$t < 20^{\circ}\text{C}$	0%	0,136	0,023	0,042 %
$20^{\circ}\text{C} < t < 25^{\circ}\text{C}$	0,0118%	0,196	0,048	0,164%
$25^{\circ}\text{C} < t < 30^{\circ}\text{C}$	0,0112%	0,058	0,003	0,111 %
$30^{\circ}\text{C} < t < 40^{\circ}\text{C}$	0,246%	0,155	0,035	0,05%
$t > 40^{\circ}\text{C}$	0,0418%	0,079	0,004	0,058%

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan pelaksanaan dari hasil penelitian rancang bangun alat ini, berdasarkan hasil pengujian alat dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut ini .Dalam keberhasilan kendali adaptif kecepatan motor DC dengan menggunakan suhu dibutuhkan beberapa komponen penting yaitu : Mikrokontroler yang memiliki pin PWM seperti Arduino UNO R3, driver L298N sebagai pengendali kecepatan motor DC menggunakan metode PWM, sensor DHT 11 sebagai pendeteksi suhu dan syarat kondisi scope if else yang didalamnya berisi perintah berbeda nilai PWM setiap kenaikan suhu yang sudah ditetapkan. Dengan menerapkan teknologi LoRa dalam pengiriman data sangat efektif setelah dilakukan beberapa uji coba seperti gangguan telepon, gangguan hambatan bangunan, gangguan gelombang suara frekuensi, dan LOS. Sangat cocok untuk diterapkan didaerah yang minim akan sinyal internet seperti WiFi atau jenis LPWAN lainnya. Hasil selisih atau nilai rata-rata *error* yang didapatkan dari 5 kali percobaan pembacaan nilai sensor Encoder mulai dari suhu $t < 20^{\circ}\text{C}$ adalah 0%, suhu $20^{\circ}\text{C} < t < 25^{\circ}\text{C}$ adalah 0,0114%, suhu $25^{\circ}\text{C} < t < 30^{\circ}\text{C}$ adalah 0,0112%, suhu $30^{\circ}\text{C} < t < 40^{\circ}\text{C}$ adalah 0,07% dan suhu $t > 40^{\circ}\text{C}$ adalah 0,0418% dengan ini sensor bekerja dengan baik. Hasil selisih atau nilai rata-rata *Error* yang didapatkan dari 5 kali percobaan pembacaan nilai sensor INA 219 yakni tegangan dan arus dari masing-masing mulai dari suhu $t < 20^{\circ}\text{C}$ adalah 0%, suhu $20^{\circ}\text{C} < t < 25^{\circ}\text{C}$ adalah 0,0994 % dan 0,185%, suhu $25^{\circ}\text{C} < t < 30^{\circ}\text{C}$ adalah 0,0724 % dan 0,149%, suhu $30^{\circ}\text{C} < t < 40^{\circ}\text{C}$ adalah 0,0154 % dan 0,085%, suhu $t > 40^{\circ}\text{C}$ adalah 0,0236 % dan 0,024% dengan ini sensor bekerja dengan baik.

Saran

Diharapkan untuk pengembangan rancang bangun alat ini yakni user bisa mengatur kecepatan motor DC sendiri tanpa harus memprogram ulang dalam menentukan nilai PWM atau pada setiap interval suhu dan juga menetapkan batas maksimum panas atau dingin sesuai kebutuhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditia Pratama.Dio, dan Tahara Shita. Rizky. 2022. *IoT Emergency Untuk Lansia Dengan Memanfaatkan Sensor Sentuh Pada Mikrokontroler Nodemcu Esp8266 Berbasis Android*. In Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI) Jakarta-Indonesia.
- Ardiyanto. Arif, Ariman, dan Supriyadi. Edy, 2021. *Alat Pengukur Suhu Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Inframerah Dan Alarm Pendeteksi Suhu Tubuh Diatas Normal*. Sinusoida, Vol. 23, No.1. Pages 1411-4593
- Aribowo.Widi, Muslim. Supari, Achmad.Fendi, dan Hermawan, Aditya Chandra. 2021. *Improving Neural Network Based on Seagull Optimization Algorithm for Controlling DC Motor*. Jurnal Elektronika Dan Telekomunikasi, 21(1),48.
- Arief Deswar.Faisal, dan Pradana, Rizky. 2021. *Monitoring Suhu Pada Ruang Server Menggunakan Wemos D1 R1 Berbasis Internet Of Things (IOT)*. In *Technologia* (Vol. 12, Issue 1).
- Arifin.Zaenal. 2020. *Metodologi Penelitian Pendidikan Education Research Methodology*. STIT Al-Hikmah Bumi Agung Way Kanan.
- Barral Vales. Valentin, Fernandez. Omar Campos, Dominguez-Bolano. Tomas, Escudero, Carlos J, dan Garcia-Naya. Jose A. 2022. *Fine Time Measurement for the Internet of Things: A Practical Approach Using ESP32*. IEEE Internet of Things Journal, 9(19),18305–18318.
- Bijokangko.Resi Sujiwo, Nofrianti.Bella, Sitindjak.Hana Gracia, dan Hidayat. Rahmat. 2022. *Prototipe Robot Mobil Penjaga dan Pemadam Kebakaran Hutan Dini berbasis Internet of Things (IoT)*. Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM), Volume 4, Nomor 2.
- Imawan Putra, Revinda. Husada. Milda Gustina, dan Hermana.Asep Nana (2022). *Pengukuran dan Perolehan Error Pada Sistem Monitoring Kondisi Ban Kendaraan*. Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Lambert. Jonathan, Monahan.Rosemary, dan Casey. Kevin, 2021. *Power consumption profiling of a lightweight development board: Sensing with the INA219 and Teensy 4.0 microcontroller*. *Electronics(Switzerland)*,10(7).
- Manurung Mario Junianto, Poningsi, Andani.Sundari Retno, Safii.Muhammad, dan Irawan. 2021. *Door Security Design Using Fingerprint and Buzzer Alarm Based on Arduino*. Journal of Computer Networks, Architecture, and High-Performance Computimeung. Jurnal Teknik Elektro Unnes

3(1),42–51.

- Salsabila, Meutia Gina, Murti, Muhammad Ary, dan Fuadi, Azam Zamhuri. 2022. *Rancang Bangun Komunikasi Kwh Meter 3 Fasa Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan LoRa*. e-Proceeding of Engineering, Vol.9,No.5,page 2335
- Muhardian, Reza dan Krismadinata, 2020. *Kendali Kecepatan Motor DC Dengan Kontroller PID dan Antarmuka Visual Basic*. JYEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional),06.
- Persada Sembiring.Jaka, Jayadi.Akhmad, Utami Putri. Novia, Sari. Darma Rosmala Tri, Sudana. I Wayan, Darmawan. Okky Adi, Nugroho.Fajar Anggit, dan Ardiantoro.Nur Faqih, 2022. *Pelatihan Internet Of Things (Iot) Bagi Siswa/Siswi Smkn 1 Sukadana, Lampung Timur*. *Journal of Technology and Social for Community Service(JTSCS)*,3(2),181–186.
<https://ejournal.teknokrat.ac.id/index.php/teknobdimas>
- Pranata.Ardianto, 2021. *Automatic Scroll Saw System Dengan Teknik Kendali Kecepatan Pulse Width Modulation (PWM) Berbasis Arduino UNO*.Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD v, 69(1), 69–77.
- Ramadhani.Arifah, Rusdinar.Angga, dan Fuadi.Azam Zamhuri, 2021. *Data Komunikasi Secara Real Time Menggunakan Long Range (Lora) Berbasis Internet Of Things Untuk Pembuatan Weather Station Real Time Communication Data Using Long Range (Lora) Based Internet Of Things For Weather Station*.e-Proceeding of Engineering :Vol.8,No.5 ,Page 4259
- Sitorus.MeyhartTorsnaBangkit,Kurniasih,Novi,dan Sari.Dewi Purnama, 2021. *Prototype Alat Monitoring Suhu, Kelembaban dan Kecepatan Angin Untuk Smart Farming Menggunakan Komunikasi LoRa dengan Daya Listrik Menggunakan Panel Surya*. Kilat, 10(2), 370–380.
- Syahputra Novelan.Muhammad, 2020. *Monitoring System for Temperature and Humidity Measurement with DHT11 Sensor Using NodeMCU*. In *International Journal of Innovative Science and Research Technology* (Vol. 5, Issue 10).
- Wahyuni.Herpita, dan Suranto, 2021. *Dampak Deforestasi Hutan Skala Besar terhadap Pemanasan Global di Indonesia*. JIIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan, 6(1), 148–162.