

PENERAPAN SENSOR GETAR DAN SENSOR SUHU UNTUK PEMANTAUAN MOTOR DC BERBASIS IOT

FILZAN FAYYADHAH¹, ENDAH FITRIANI², NINA PARAMITHA³, TIMUR DALI PURWANTO⁴

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains Teknologi, Universitas Bina Darma¹²³⁴

Email: filzanfayyadhah75@gmail.com¹, endahfitriani@binadarma.ac.id²,
nina_paramitha@binadarma.ac.id³, timur.dali.purwanto@binadarma.id⁴

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v8i1.6335>

Abstract: DC motors (Direct Current) have become a key component in various industrial applications and electronic devices. With technological advancements, monitoring and maintenance of DC motors have become increasingly important to ensure efficient operation and prevent unexpected failures. One way to enhance DC motor monitoring is by integrating RPM and temperature sensors, which can provide crucial information regarding the motor's operational conditions. This research aims to develop a tool for detecting the condition of DC motors by comparing temperature and motor speed variables. The components used in assembling this device include an IR Obstacle Sensor, Thermocouple Sensor, ESP32 Microcontroller, I2C LCD, and Servo. The working principle of this research tool involves connecting it to a 220V power source, then switching the ON/OFF switch. Once the device receives power, the sensors and other components will be ready, indicating that they are prepared to read the pre-programmed instructions. For testing the device, first, the DC motor is activated by setting the PWM value between 0-255. Then, the thermocouple sensor and RPM sensor will read the motor's condition when the DC motor is on, which will be displayed on the LCD. If the DC motor temperature exceeds 50°C, the LED will turn ON, indicating that the motor's temperature is above 50°C and providing information on the motor's speed.

Keywords: ESP32, K-Type Thermocouple, RPM, DC Motor, IoT

Abstrak: Motor DC (Direct Current) telah menjadi salah satu komponen utama dalam berbagai aplikasi industri dan perangkat elektronik. Seiring dengan perkembangan teknologi, monitoring dan pemeliharaan motor DC menjadi semakin penting untuk memastikan operasional yang efisien dan mencegah kerusakan yang tidak terduga. Salah satu cara untuk meningkatkan pemantauan motor DC adalah dengan mengintegrasikan sensor RPM dan sensor suhu, yang mampu memberikan informasi penting terkait kondisi operasional motor tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat bantu deteksi kondisi motor DC yang beroperasi dengan menggunakan perbandingan variabel suhu dan kecepatan putaran motor. Komponen yang akan dipakai dalam merakit perangkat ini adalah Sensor IR Obstacle, Sensor Thermocouple, Mikrokontroler ESP32, LCD I2C dan Servo. Cara kerja alat penelitian ini, pertama alat dihubungkan ke sumber PLN 220V, Kemudian hidupkan switch ON/OFF yang digunakan. Setelah alat merndapatkan sumber Power dari catur daya maka sensor dan komponen yang lain digunakan akan Ready yang menandakan komponen sudah siap membaca perintah yang telah dibuat. Pengujian alatnya, pertama hidupkan dulu motor dc pada penelitian ini dengan memberikan nilai PWM variasi antara 0-255. Kemudian sensor thermocouple dan sensor RPM akan membaca kondisi motor kartika motor dc on yang akan ditampilkan pada LCD. Jika suhu motor dc diatas 50 °C pada motor dc maka LED akan ON yang menandakan suhu dimotor sudah diatas 50 °C sekaligus memberikan informasi berupa kecepatan putaran.

Kata Kunci: ESP32, Thermocouple K-Type, RPM, Motor DC, IoT

A. Pendahuluan

Motor DC (Direct Current) telah menjadi salah satu komponen utama dalam berbagai aplikasi industri dan perangkat elektronik. Seiring dengan perkembangan teknologi, monitoring dan pemeliharaan motor DC menjadi semakin penting untuk memastikan operasional yang efisien dan mencegah kerusakan yang tidak terduga. Salah satu cara untuk meningkatkan pemantauan motor DC adalah dengan mengintegrasikan sensor getaran dan sensor suhu, yang mampu memberikan informasi penting terkait kondisi operasional motor tersebut (Srinivasan et al., 2019). Sensor getaran mampu mendeteksi perubahan-perubahan dalam getaran yang mungkin menandakan adanya kerusakan atau

ketidaknormalan pada motor, sementara sensor suhu dapat memberikan informasi tentang suhu operasional motor yang bisa menjadi indikator adanya *overheating* atau masalah lainnya.

Penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam monitoring motor DC memberikan kemampuan untuk mengakses data secara *real-time* dari jarak jauh melalui jaringan internet. Dengan demikian, pengguna dapat memantau kondisi motor DC secara langsung dan mengambil tindakan yang tepat jika terdeteksi adanya anomali atau potensi kerusakan. Integrasi sensor getaran dan sensor suhu dalam sistem berbasis IoT menawarkan solusi yang efektif dan efisien dalam pemantauan kondisi motor DC, sehingga memungkinkan perusahaan atau pengguna untuk melakukan tindakan *preventif* atau perawatan yang sesuai sebelum terjadinya kerusakan yang lebih serius (Minggani, 2020).

Selain itu, kemajuan dalam bidang sensorika dan teknologi IoT telah memungkinkan pengembangan sensor-sensor yang lebih kecil, lebih akurat, dan lebih hemat energi. Hal ini memungkinkan sensor-sensor ini dapat diintegrasikan dengan mudah ke dalam sistem monitoring motor DC tanpa mengganggu operasional atau konsumsi daya yang signifikan (Rose & Eldridge, 1987). Dengan demikian, penerapan sensor getaran dan sensor suhu dalam pemantauan motor DC berbasis IoT menjadi solusi yang menarik untuk diterapkan dalam berbagai industri, termasuk manufaktur, otomotif, dan teknologi hijau. Dengan adanya pemantauan yang lebih baik terhadap motor DC, diharapkan dapat mengurangi risiko kerusakan yang tidak terduga, meningkatkan efisiensi operasional, dan memperpanjang masa pakai motor tersebut (Srinivasan et al., 2019). Selain itu, penggunaan teknologi ini juga akan membantu dalam pengelolaan sumber daya dan energi secara lebih efektif, sesuai dengan tren keberlanjutan dan efisiensi energi yang semakin ditekankan dalam konteks industri modern.

B. Metodologi Penelitian

Perencanaan Alat

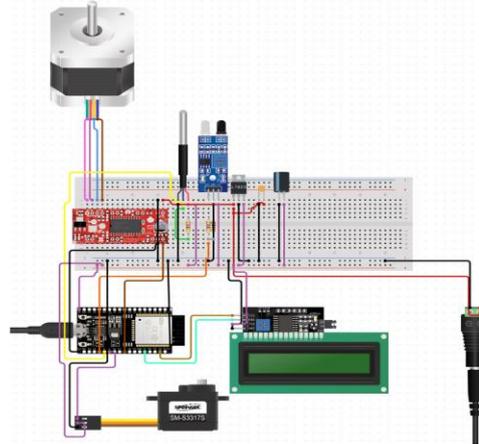
Dalam proses pembuatan alat, perancangan memiliki peran yang penting agar penelitian ini dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan. Perancangan alat ini memiliki langkah-langkah yaitu pertama proses perancangan hardware seperti pemilihan komponen, pemasangan komponen. Selanjutnya perancangan *software* dengan cara menguji alat yang sudah di rangkai sebelumnya untuk memasukan program dan melihat hasil yang di berikan oleh alat tersebut.

Perencanaan Hardware

Perencanaan *Hardware* ialah alat yang akan dibuat yang diawali dengan membuat blok diagram rancangan secara keseluruhan. Perencanaan ini mencakup pada pemilihan komponen yang akan dipakai, pembuatan rangkaian skematik atau layout komponen, pemasangan komponen dan tahap yang terakhir yaitu *finishing*.

Perancangan Perangkat Elektronik

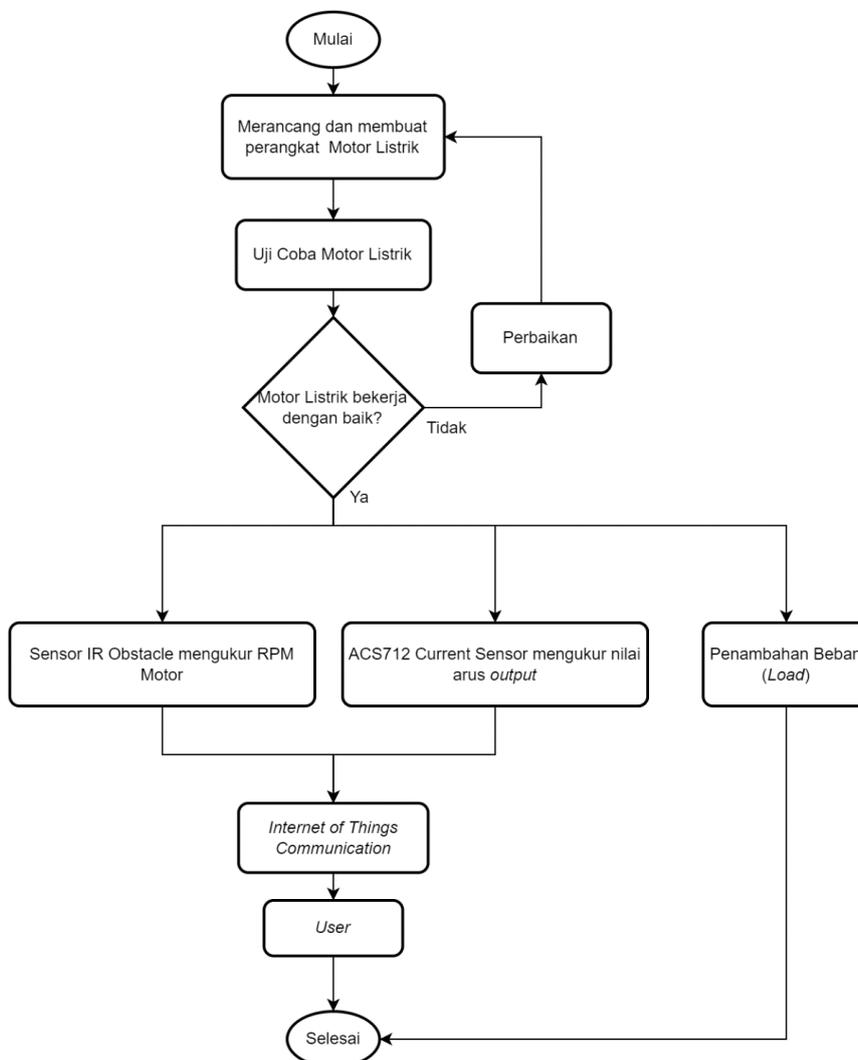
Pada perancangan elektronik, hal-hal yang harus diperhatikan adalah Perancangan Perangkat elektronik sistem keamanan pintu ini meliputi pembuatan skematik rangkaian dan tata letak komponen yang akan di rakit untuk mengetahui hubungan antar komponen yang digunakan. Apabila semua telah terpenuhi maka didapatlah hasil rancangan yang baik dan optimal. Adapun perancangan elektronik secara keseluruhan dari alat pembatas jumlah orang di dalam ruangan adalah seperti Gambar 1. dibawah ini.



Gambar 1. Tata Letak Komponen Elektronik Keseluruhan
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Perancangan Perangkat Lunak

Cara kerja dari suatu alat dapat dilihat dari *flowchart* atau diagram alir proses alat tersebut mulai sampai dinyatakan selesai. Untuk memudahkan dalam pembacaan, hal yang harus dilakukan adalah dengan membuat sebuah Diagram Alir dari perangkat yang akan dibuat.



Gambar 2. Flowchart Sistem
Sumber: Dokumentasi Pribadi

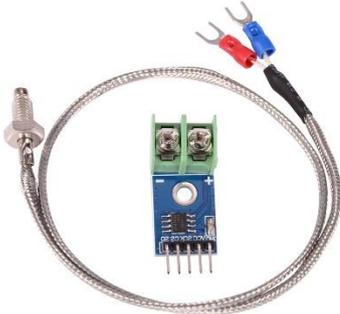
Cara Kerja Alat

Cara kerja alat penelitian ini, pertama alat dihubungkan ke sumber PLN 220V, Kemudian hidupkan switch ON/OFF yang digunakan. Setelah alat merndapatkan sumber Power dari catur daya maka sensor dan komponen yang lain digunakan akan Ready yang menandakan komponen sudah siap membaca perintah yang telah dibuat. Pengujian alatnya, pertama hidupkan dulu motor dc pada penelitian ini dengan memberikan nilai PWM variasi antara 0-255. Kemudian sensor thermocouple dan sensor RPM akan membaca kondisi motor kartika motor dc on yang akan ditampilkan pada LCD. Jika suhu motor dc diatas 50 °C pada motor dc maka LED akan ON yang menandakan suhu dimotor sudah diatas 50 °C sekaligus memberikan informasi berupa kecepatan putaran.

Perakitan Komponen

Pada proses ini dilakukan perakitan komponen sesuai dengan gambar block diagram dan gambar rangkaian peralatan. Perakitan dimulai dengan pembuatan box peralatan, perakitan rangkaian alat, penyolderan PCB pada proto shields mikrokontroler. Berikut ini dokumentasi peralatan sebelum dirakit menjadi satu rangkaian.

Tabel 1. Dokumentasi Komponen Peralatan

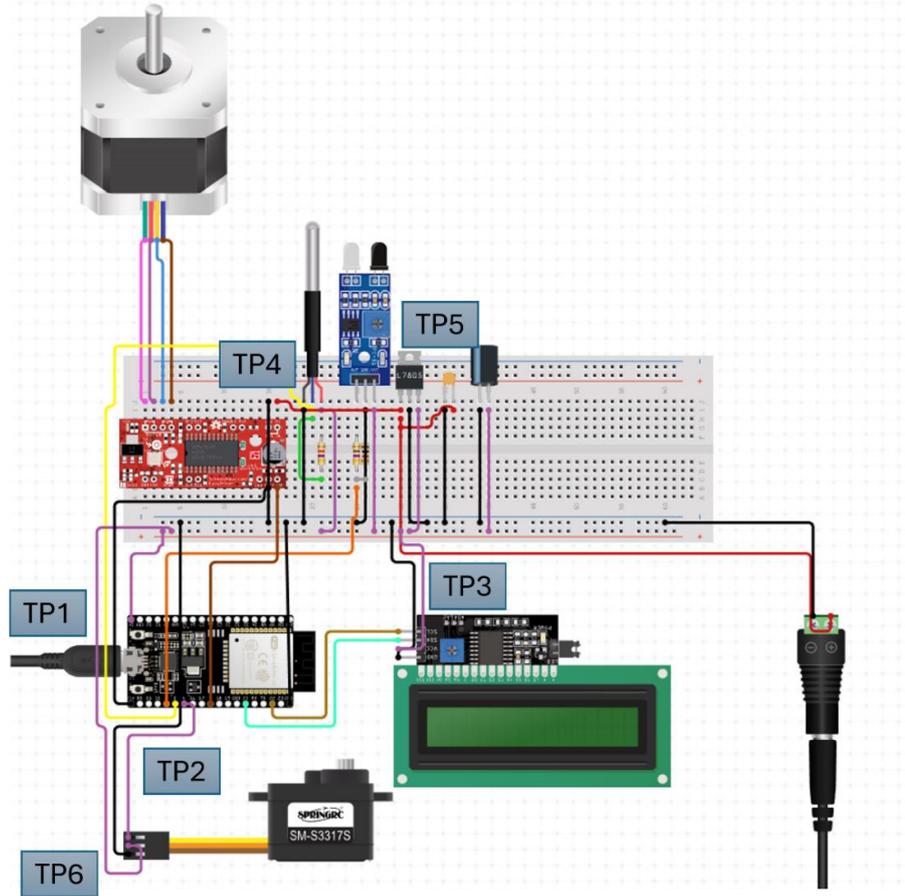
Material ESP32 	Material LCD I2C 	Material IR Obstacle 
Material Sensor Thermocouple 	Material Modul Step Down LM2596 	Material Driver BTS7690 

(Sumber: Data Pribadi, 2024)

C. Hasil dan Pembahasan

Dalam pelaksanaannya, akan dilakukan pengujian kinerja dasar perangkat yang mendukung kinerja utamanya, yaitu pengujian kemampuan deteksi menggunakan sensor IR Proximity, uji validasi jari respon terhadap jumlah orang, uji pembacaan nilai suhu dan kelembapan dan pengujian fungsional keseluruhan serta fungsional dari sistem.

Uji Pengukuran terhadap tegangan kerja perangkat keras dilakukan untuk melihat apakah tegangan yang dipakai untuk tiap-tiap komponen telah sesuai dengan tegangan kerja dari komponen tersebut atau tidak.



Gambar 3. Skematik Titik Ukur Komponen

Tegangan kerja yang akan diukur meliputi titik pada Power Supply serta titik pada tegangan kerja mikrokontroler dan sensor. Tabel berikut ini merupakan hasil pengujian tersebut:

Tabel 2. Hasil Uji Coba Penggunaan Sensor

No.	Titik Uji	Acuan	Keterangan	Hasil Uji	Rerata	Akurasi
1	Power Supply Regulator	220V	Input VAC	219V	219.8V	99,91%
			Input VAC	220V		
			Input VAC	221V		
			Input VAC	220V		
			Input VAC	219V		
		12V	Output VDC	12.3V	12.28V	97,7%
			Output VDC	12.3V		
			Output VDC	12.3V		
			Output VDC	12.3V		
			Output VDC	12.2V		
2	LM2596 DC to DC Converter	12V	Input LM2596	12.3V	12.28V	97,7%
			Input LM2596	12.3V		
			Input LM2596	12.3V		
			Input LM2596	12.3V		
			Input LM2596	12.2V		

		5V	Output LM2596	5V	5.02V	99,6%
			Output LM2596	5.1V		
			Output LM2596	5V		
			Output LM2596	5V		
			Output LM2596	5V		
3	ESP32	5V	VIN ESP32	4.9V	4.92V	98,4%
				5V		
				5V		
				4.8V		
				4.9V		
4	LCD I2C	5V	VIN LCD I2C	5V	5.02V	99,6%
				5.1V		
				5V		
				5V		
				5V		
5	IR Obstacle	5V	VIN IR Obstacle	5V	5.08V	98,4%
				5.1V		
				5.2V		
				5.1V		
				5V		
6	Sensor Thermocouple	5V	VIN Thermocouple	4.9V	4.88V	97,6%
				4.8V		
				4.8V		
				4.9V		
				5V		
7	Servo	5V	VIN Servo	5V	4.88V	98,4%
				4.9V		
				4.8V		
				4.9V		
				5V		
8	Sensor Vibra	5V	VIN Sensor Vibra	5V	5.08V	98,4%
				5.1V		
				5.2V		
				5.1V		
				5V		

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa tiap-tiap titik uji memiliki hasil pengujian yang berbeda. Power Supply Regulator memiliki tegangan masukan sebesar 220VAC karena menggunakan listrik langsung yang biasanya ada di rumah, sedangkan keluarannya bernilai 12VDC karena sudah melalui proses rektifikasi sehingga tegangan berubah dari AC (*Alternate Current*) menjadi DC (*Direct Current*). Tegangan DC 12V inilah yang akan masuk ke dalam komponen LM2596 DC to DC Converter untuk kemudian diturunkan lagi nilainya menjadi 5V.

Alasan kenapa tegangan perlu diturunkan menjadi 5V adalah karena rata-rata tegangan kerja dari mikrokontroler dan sensor berada di rentang 3.3V sampai dengan 6V, sehingga tegangan 5V seringkali dipilih karena menjadi nilai tengah rentang tersebut. Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa

seluruh komponen baik itu mikrokontroler ataupun sensor memiliki tegangan kerja di nilai 5V, hal ini untuk mencegah terjadinya kerusakan komponen oleh terjadinya *over voltage*.

Uji fungsional pada sensor IR Obstacle dilakukan untuk menguji kemampuan sensor dalam mendeteksi objek yang akan melewati garis di depan sensor. Dalam skenarionya, sensor akan diletakkan di depan roda yang berputar, sebelumnya roda tersebut telah ditandai terlebih dahulu dengan garis-garis hitam agar dapat memicu sensor sebagai input data terhadap kecepatan putaran motor. Pada uji coba ini objek akan di deteksi dalam 10 kali uji coba dengan masing-masing diuji coba dengan jarak interval 1cm. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel 3. berikut:

Tabel 3. Hasil Uji Coba Penggunaan Sensor IR Obstacle

No	Jarak Objek	Tegangan Sensor	Logic Sensor
1	1cm	Valid	1
2	2cm	Valid	1
3	3cm	Valid	1
4	4cm	Valid	1
5	5cm	Valid	1
6	6cm	Valid	1
7	7cm	Valid	1
8	8cm	Valid	1
9	9cm	Valid	1
10	10cm	Valid	1

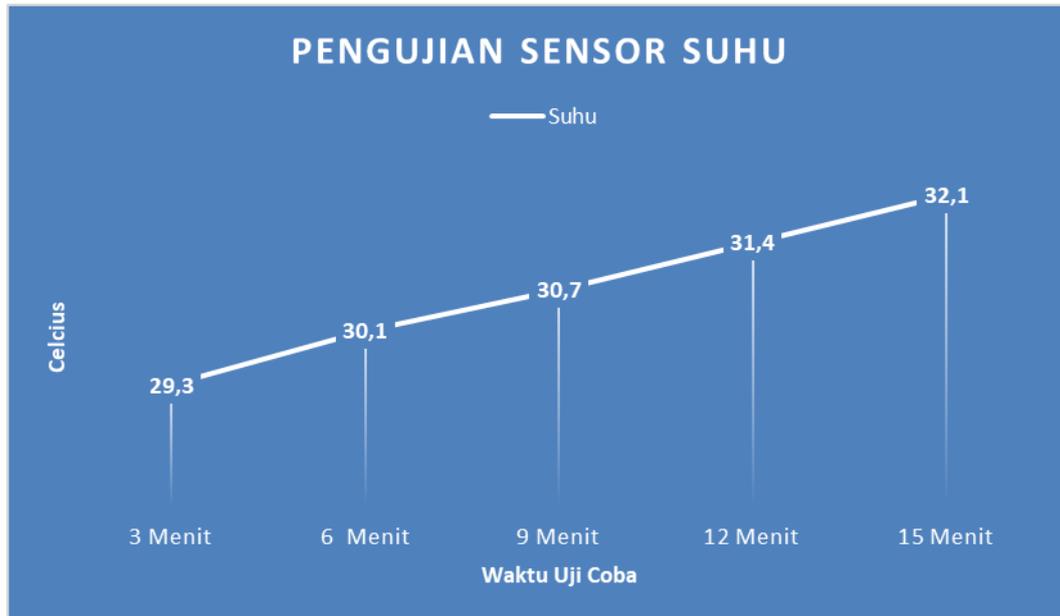
Pada hasil pengujian di tabel 3. dapat dilihat bahwa sensor dapat bekerja dengan baik dalam merespon objek di dekat sensor. Dari 10 kali uji coba yang dilakukan, dimana uji coba tersebut menunjukkan bahwa respon sensor bersifat valid atau sesuai dengan ketentuannya. Dimana, jika sensor mendeteksi adanya objek berupa garis hitam maka sistem akan menghitung jumlah perhitungan tersebut agar dapat di konversikan menjadi kecepatan putaran dari roda yang dipakai.

Uji Fungsional pada sensor Thermocouple digunakan untuk menguji apakah nilai sensor dapat membaca nilai dari objek saat kondisi sedang berlangsung. Dalam skenarionya, sensor akan diletakkan pada bagian motor yang dapat menyalurkan panas, sensor akan terus menerus membaca nilai dari bagian motor saat terjadi kenaikan ataupun penurunan tingkat suhu motor. Ujicoba akan dilakukan sebanyak 5 kali pengambilan sampel dengan interval waktu antara sampel yaitu tiap 3 menit sehingga total waktu untuk ujicobanya adalah 15 menit. Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Pengukuran Sensor Suhu

No	Waktu	Suhu
1	3 Menit	29.3°C
2	6 Menit	30.1°C
3	9 Menit	30.7°C
4	12 Menit	31.4°C
5	15 Menit	32.1°C

Pada hasil pengujian menggunakan sensor thermocouple dapat dilihat pada tabel 4. di atas, dari hasil ujicoba dapat diketahui bahwa penggunaan motor secara terus menerus dapat meningkatkan suhu dari motor yang dipakai. Peningkatan suhu yang terjadi dilakukan saat motor tidak memiliki beban sehingga peningkatan suhu tidak terlalu signifikan.



Gambar 4. Grafik Peningkatan Suhu Motor

Selain dari tabel di atas, telah dibuat juga sebuah grafik yang menunjukkan hasil pembacaan nilai sensor terhadap uji coba sebagai visual bantu untuk memahami bagaimana hubungan antara waktu dan suhu dapat terhubung. Dari hasil uji coba, dapat dilihat bahwa selisih nilai paling tinggi di dapatkan pada ujicoba dari menit ketiga sampai menit keenam dimana nilai yang didapatkan pada menit ketiga adalah 29.3°C dan pada menit keenam adalah 30.1°C sehingga selisih nilainya adalah 0.8°C. Sedangkan selisih nilai paling kecil terjadi pada pengujian dari menit keenam ke menit kesembilan, dimana pada menit keenam nilai suhu yang didapat adalah 30.1°C dan pada menit kesembilan adalah 30.7°C atau selisih hanya 0.6°C saja.

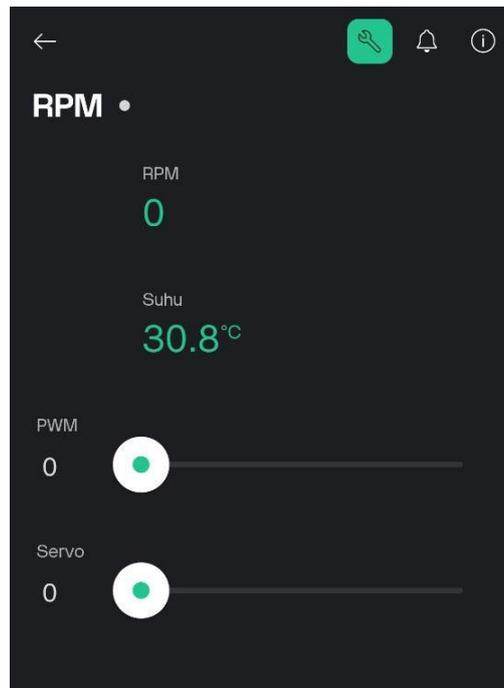
Uji fungsional pada sensor getar ditujukan untuk mendeteksi adanya getaran yang dihasilkan dari putaran motor DC. Dalam skenarionya, sensor getar akan diletakkan pada perangkat motor DC dan akan mengukur nilai jika terdeteksi adanya getaran pada motor DC. Ujicoba akan dilakukan sebanyak lima kali dengan output dari data adalah logika nilai jika sensor terpicu dan tidak terpicu. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Pengujian sensor Getar

No	Kondisi Motor	Logika	Respon
1	ON	1	Ada Getaran
2	ON	1	Ada Getaran
3	OFF	0	Tidak Ada Getaran
4	ON	1	Ada Getaran
5	OFF	0	Tidak Ada Getaran

Pada hasil pengujian menggunakan sensor getar di atas dapat dilihat bahwa dari lima kali ujicoba, telah dilakukan ujicoba dengan kondisi acak dengan pola 3 buah kondisi ON dan dua buah kondisi OFF. Sensor dapat merespon getaran saat motor hidup dan tidak memberi respon saat motor OFF, sehingga memenuhi logika yang telah dibuat sebelumnya.

Sistem *Internet of Things* (IoT) pada perangkat ini digunakan sebagai sistem bantu bagi pengguna untuk memantau kecepatan putaran motor, mengatur laju putaran motor serta membaca nilai suhu dari motor dan kecepatan putaran dari motor. Variabel yang diukur dari dan ditampilkan dari perangkat ini adalah nilai sensor suhu dan nilai RPM dari laju kecepatan putaran motor DC.



Gambar 5. Tampilan sistem IoT Perangkat

Gambar 5. diatas merupakan tampilan dari sistem Iot yang telah dibuat, dapat dilihat bahwa setidaknya ada dua buah tampilan data dan dua buah tampilan perintah. Tampilan RPM dan Suhu di atas adalah tampilan untuk nilai sensor. Nilai RPM adalah nilai laju kecepatan yang diukur berdasarkan kecepatan putaran dari motor DC dan nilai Suhu adalah nilai suhu yang dibaca oleh sensor Thermocouple. Kedua nilai ini akan berubah secara konstan mengikuti perubahan dari kondisi fisik motor DC misalnya seperti penambahan panas motor ataupun penambahan kecepatan putaran motor.

Pada tampilan kedua yaitu tampilan perintah PWM dan perintah Servo. Perintah PWM adalah perintah yang digunakan untuk mengubah variabel kecepatan dari motor DC, jadi pengguna dapat mengatur apakah kecepatan motor menjadi lambat ataupun cepat. Sedangkan untuk perintah Servo adalah perintah untuk mengatur putaran servo agar dapat berubah arah dan menggesek roda putar, hal ini dilakukan untuk memperlambat putaran motor dan mengubah nilai kecepatan sensor.

D. Penutup

Kesimpulan

1. Satu buah perangkat monitoring kondisi pada motor AC dengan variabel pengamatan berupa kecepatan putaran motor dan suhu dari motor.
2. Pengujian pada tiap sensor telah dilakukan dan tiap sensor dapat membaca nilai variabelnya masing-masing dengan cukup akurat.
3. Penerapan sistem IoT pada sistem memungkinkan pengguna untuk dapat mengamati nilai sensor dari jarak jauh.

Saran

1. Perluasan pada bidang area mekanik seperti wadah penyimpanan agar dapat lebih leluasa dalam meletakkan dan melakukan pengabelan dan instalasi perangkat.
2. Menyertakan pembacaan nilai listrik secara otomatis tanpa menggunakan alat ukur

Daftar Pustaka

- C. R. Srinivasan, B. Rajesh, P. Saikalyan, K. Premsagar, and E. S. Yadav, "A review on the different types of Internet of Things (IoT)," *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, vol. 11, no. 1, pp. 154–158, 2019.

- F. Minggani, "Analisis Solusi Model Rangkaian Listrik Menggunakan Metode Transformasi Laplace Modifikasi," *Jurnal Ilmiah Soulmath : Jurnal Edukasi Pendidikan Matematika*, vol. 8, no. 1, pp. 21–32, Apr. 2020, doi: 10.25139/smj.v8i1.2380.
- L. C. Karen Rose, Scoot ELdridge, "The Internet Of Things: An Overview," *Modern Plastics*, vol. 64, no. 9, pp. 54–55, 1987.
- M. A. AMANU, "Alat Pengukur Kecepatan Angin berbasis Online," *Manajemen Pengembangan Bakat Minat Siswa Di Mts Al-Wathoniyyah Pedurungan Semarang*, pp. 2–3, 2015.
- M. F. Wicaksono, "Implementasi Modul Wifi Nodemcu Esp8266 Untuk Smart Home," *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, vol. 6, no. 1, 2017.
- M. N. Adiwiranto, C. B. Waluyo, B. Sudibya, I. Teknologi, and D. Adisutjipto, "PROTOTIPE SISTEM MONITORING KONSUMSI ENERGI LISTRIK SERTA ESTIMASI BIAYA PADA PERALATAN RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 32–41, May 2022, [Online]. Available: <https://journal.uny.ac.id/index.php/jee>.
- M. Syahwil, "Panduan Mudah Simulasi & Praktek Mikrokontroler Arduino," *Andi*, pp. 53–82, 2013.
- N. Hidayat, S. Hidayat, N. A. Pramono, and U. Nadirah, "Sistem Deteksi Kebocoran Gas Sederhana Berbasis Arduino Uno," *Rekayasa*, vol. 13, no. 2, pp. 181–186, 2020, doi: 10.21107/rekayasa.v13i2.6737.
- N. Yanti, Y. Yulkifli, and Z. Kamus, "Pembuatan Alat Ukur Kelajuan Angin Menggunakan Sensor Optocoupler Dengan Display Pc," *Sainstek : Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 7, no. 2, p. 95, 2016, doi: 10.31958/js.v7i2.131.
- S. Anwar, T. Artono, N. Nasrul, D. Dasrul, and A. Fadli, "Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T," *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, vol. 3, no. 1, p. 272, 2020, [Online]. Available: <http://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/semnas pnl/article/view/1694>.
- S. Sukaridhoto and D. ST Ph, "Bermain Dengan Internet Of Things Dan BigData," *Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya*, 2016.
- T. Darmana and W. Sya'ban, "Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan Putaran Motor," vol. 7, no. 1, pp. 71–76, 2015.
- X. Zhang, H. Seki, and M. Hikizu, "Detection of human position and motion by thermopile infrared sensor," *International Journal of Automation Technology*, vol. 9, no. 5, pp. 580–587, 2015, doi: 10.20965/ijat.2015.p0580.
- Z. H., H. A., and M. M., "Internet of Things (IoT): Definitions, Challenges and Recent Research Directions," *Int J Comput Appl*, vol. 128, no. 1, pp. 37–47, 2015, doi: 10.5120/ijca2015906430.