

RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* MOTOR DC MENGGUNAKAN MATLAB BERBASIS ARDUINO

Husein

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : huseinhusein@mhs.unesa.ac.id

Subuh Isnur Haryudo

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : subuhisnur@unesa.ac.id

Abstrak

Motor DC merupakan salah satu beban yang digunakan dalam industri untuk proses produksi. Sistem kendali motor DC di industri menggunakan kabel sebagai media pengiriman hasil *monitoring* kecepatan putar, arus, dan suhu. Sistem kendali nirkabel semakin berkembang dan diaplikasikan pada banyak sistem kendali. Motor listrik dapat dikendalikan jarak jauh secara nirkabel dengan modul antena sebagai pengirim dan penerima hasil *monitoring*. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan sistem *monitoring* motor DC untuk kecepatan putar, arus, dan suhu menggunakan MATLAB berbasis arduino dan mengetahui hasil pengujian sistem *monitoring* motor DC untuk kecepatan putar, arus, suhu, dan respon *relay* untuk pengaman motor DC. Desain sistem *monitoring* kecepatan putar, arus, dan suhu motor DC menggunakan MATLAB sebagai *software* pengolah data, *input*, dan menampilkan hasil *monitoring* serta arduino sebagai mikrokontroler yang menerima pembacaan dari sensor-sensor yang kemudian dikirim ke operator menggunakan modul radio dengan metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen. Hasil penelitian adalah sebuah *prototype* sistem *monitoring* kecepatan putar, arus, dan suhu motor DC yang dapat mengirimkan data sejauh 50 meter dalam kondisi dalam ruangan dan 120 meter dalam kondisi diluar ruangan. Hasil pembacaan kecepatan putar, arus dan suhu dengan beban mekanik lempengan 66 gram memiliki *error* rerata berurutan 1,47%, 4,42%, 0,69% sedangkan dengan beban mekanik lempengan 200 gram memiliki *error* rerata berurutan 0,96%, 4,17%, 0,2%. Respon *relay* dari pembacaan arus dan suhu berjalan dengan fungsinya. Secara keseluruhan hasil pembacaan sensor-sensor memiliki tingkat keakurasian cukup baik dan sistem pengaman motor berfungsi sesuai dengan fungsinya.

Kata Kunci : *Monitoring*, Kecepatan Putar, Arus, Suhu, Arduino, MATLAB

Abstract

DC motor is one of electrical load that is used in industry for production process. DC motor control system in the industry use cable as a medium of transmission for monitoring rotational speed, current, and temperature. Wireless control system is increasingly developed and applied in many systems of control. The DC motor can be controlled wirelessly by remote antenna module as sender and recipient monitoring results. The purpose of this research is to produce a system to monitor DC motor rotational speed, current, and temperature using MATLAB-based arduino and to know the test results rotational speed, current, temperature, and the safety response of the relay for DC motor. Design of monitoring system speed rotate, current, and the temperature of the motor DC is using MATLAB as a data processor, input, and display the results of the monitoring and the arduino microcontroller reads from the sensors which then sent to the operator using the radio module by methods on this research is an experiment. The result of the research was to produce a prototype monitoring system rotational speed, current, and the temperature of the motor DC that can transmit data as far as 50 meters in indoor conditions and 120 metres in conditions outside the room. The results of monitoring rotational speed, current and temperature with mechanical load 66 grams has an error rate 1.47%, 4.42% 0.69%, whereas with a load of 200 gram has a mechanical error average 0.96%, 4.17%, 0.2%. Relay response from reads current and temperature is running with its function. Overall the results of the sensors reading have good accuracy and motor protection system functioning in accordance with its function.

Keywords: Monitoring, Rotational Speed, Current, Temperature, Arduino, MATLAB

PENDAHULUAN

Motor listrik arus searah *direct current* (DC) adalah sebuah mesin yang mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga mekanik (putaran). Mesin arus searah masih banyak digunakan di industri-industri tertentu,

pada kapal laut, jembatan angkat, derek, dan perkakas lainnya dan traksi listrik dengan pertimbangan kecepatan putar motor listrik arus searah dapat diatur dengan mudah dan kopelnya besar. Selain itu motor listrik arus searah untuk ukuran kecil digunakan juga pada *tape recorder*,

VCD, DVD, dan lainnya (Muslim dkk, 2009:291). Salah satu beban yang dipakai di industri adalah motor DC. Sistem kendali pada awalnya masih bersifat analog yang menggunakan kontaktor sebagai pengendalinya, namun dalam perkembangannya sistem kendali sudah bersifat digital artinya unit pengendalinya sudah menggunakan sistem digital seperti komputer dan mikrokontroler (Faisal dkk, 2015:2). Dewasa ini sistem kendali nirkabel semakin berkembang dan diaplikasikan pada banyak sistem kendali.

Untuk mengembangkan dan mempermudah sistem *monitoring* motor DC dalam memonitor kecepatan putar, arus lebih, dan suhu motor listrik secara nirkabel maka digunakan *transmitter* dan *receiver* sebagai alat untuk mengirimkan sinyal perintah *duty cycle* untuk mengoperasikan motor listrik dan menerima hasil pembacaan sensor dari motor listrik. Sinyal yang dikirimkan berupa nilai *duty cycle* untuk motor listrik sehingga tegangan pada motor listrik sesuai dengan *duty cycle*. Hasil pembacaan sensor pada motor listrik juga dikirimkan untuk ditampilkan pada operator. Untuk memenuhi penyaluran sinyal perintah motor listrik tersebut, perlu adanya *interface* antara *transmitter* dan *receiver* yaitu arduino uno. Program yang dituliskan di arduino untuk menentukan besarnya *duty cycle*, jarak antar motor dan sumber operator, *monitoring* nilai kecepatan putar motor listrik, *monitoring* suhu dari motor listrik, dan *monitoring* arus pada motor listrik.

KAJIAN PUSTAKA

Motor DC

Motor arus searah adalah suatu alat yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah (DC) menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik berupa putaran motor (Joko, 2015:65).

Besarnya gaya gerak listrik (GGL) yang ditimbulkan pada kumparan armatur yang menyebabkan berputarnya rotor yang terletak diantara medan magnet diperoleh persamaan :

$$E = \frac{P}{A} \cdot \frac{N}{60} \cdot Z \cdot \Phi \cdot 10^{-8} \quad (1)$$

(Sumber: Joko, 2015:70)

Keterangan:

E : GGL lawan (volt)

P : Jumlah Kutub

A : Jumlah cabang paralel lilitan jangkar

Z : Jumlah kawat penghantar pada lilitan jangkar

Φ : Flux magnet perkutub (waber)

N : Putaran rotor (rpm)

Atau

$$E = U - I_a \cdot R_a \quad (2)$$

(Sumber: Joko, 2015:70)

Keterangan :

U : Tegangan jepit sumber (volt)

I_a : Arus jangkar motor (A)

R_a : Tahanan jangkar motor (Ω)

Jadi dari persamaan 1 dapat dicari kecepatan putaran motor dengan persamaan :

$$N = \frac{(A \cdot 60)}{(P \cdot Z)} \cdot \left(\frac{E}{(\Phi \cdot 10^{-8})} \right) \quad (3)$$

(Sumber: Joko, 2015:70)

Arduino Uno dan MATLAB

Arduino Uno R3 adalah *prototyping platform* sebuah paket berupa papan (*board*) elektronik (*hardware*) dan lingkungan pengembangan (*software*) yang memanfaatkan kemampuan mikrokontroler jenis tertentu 328 (Wardana, 2015:7).

MATLAB adalah *software* yang hanya memiliki kemampuan analisis data, optimasi dan visualisasi data yang lebih informatif. Sedangkan arduino sebagai *physical computing* dan akuator. Pada Gambar 1 menunjukkan alur pemrograman dua sisi. Dengan cara ini bisa dilakukan memprogram dikedua sisi, yaitu pada sisi MATLAB dan Arduino (Wardana, 2015:21).



Gambar 1. Antarmuka MATLAB dan Arduino

(Sumber: Wardana, 2015:51)

METODE PENELITIAN

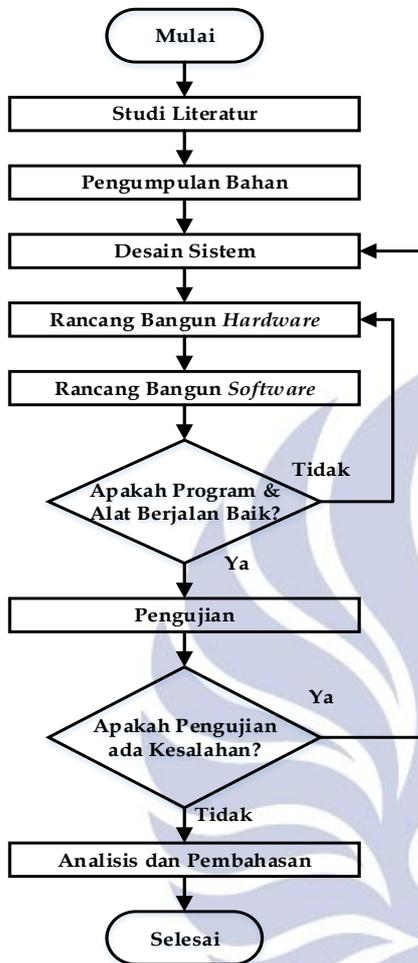
Pendekatan Penelitian

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan suatu metode yang relevan dengan tujuan yang ingin dicapai. Metode penelitian yang digunakan penulis adalah eksperimen.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sistem *monitoring* kelistrikan industri untuk memonitor kecepatan putar, arus lebih, dan suhu motor DC secara *wireless* menggunakan MATLAB berbasis arduino.

Rancangan Penelitian

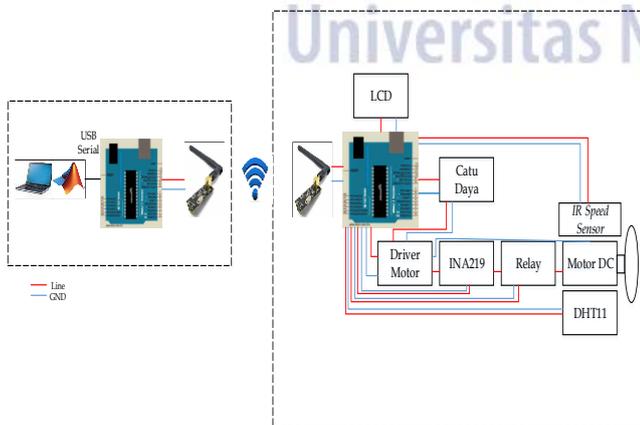
Rancangan penelitian ini secara garis besar di jelaskan dalam langkah-langkah penelitian pada Gambar 2



Gambar 2. Langkah-Langkah Penelitian (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Diagram Hardware Sistem

Hardware dari sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Sistem *Monitoring* Keseluruhan (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

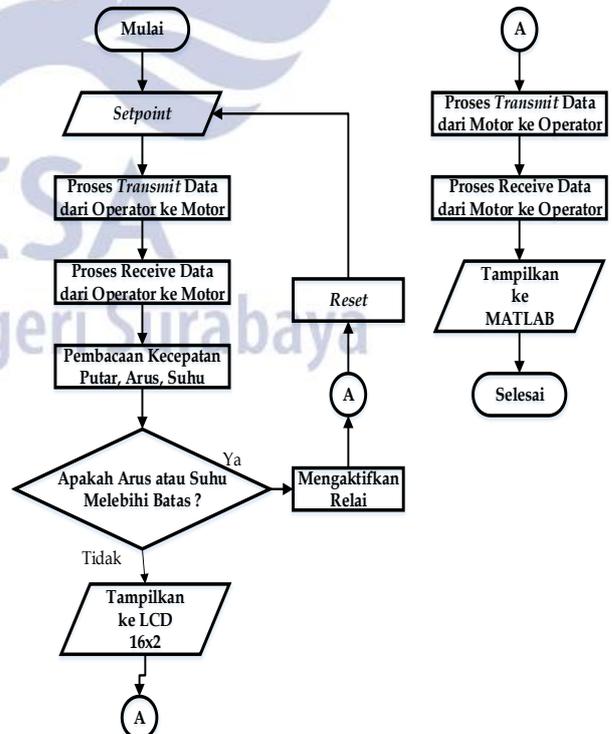
Pada Gambar 3 terdapat dua bagian yaitu operator dan motor. Pada bagian operator terdapat PC/Laptop yang sudah terinstal arduino IDE, MATLAB, arduino uno, dan modul telemetri. Arduino digunakan sebagai penulisan program yang digunakan untuk mengirim dan menerima data. MATLAB digunakan sebagai pemberi perintah ke arduino melalui komunikasi serial dan juga menerima data dari arduino kemudian ditampilkan ke PC/Laptop. Arduino uno dan modul telemetri sebagai *hardware* yang digunakan untuk mengirim dan menerima data, operator akan mengirimkan perintah berupa nilai *duty cycle* dari MATLAB kemudian dikirimkan ke arduino uno dan diteruskan ke bagian motor menggunakan modul telemetri

Pada bagian motor terdapat modul telemetri, arduino uno, sensor-sensor, dan motor DC. Data yang dikirimkan dari operator akan diterima oleh modul telemetri dan diteruskan ke arduino sehingga arduino memberikan nilai *duty cycle* yang dikirim ke motor. Motor akan berputar sesuai dengan nilai *duty cycle* yang diterima, selama motor berputar sensor arus, suhu, dan kecepatan putar akan membaca kemudian mengirimkan hasilnya ke arduino yang akan diproses sebelum dikirim balik ke operator. Setelah diproses di arduino data dikirimkan kembali ke operator menggunakan modul telemetri, dan ditampilkan di LCD 16x2 pada bagian motor.

Pada bagian motor juga terdapat *relay* yang berfungsi sebagai pengaman motor yaitu memutus sambungan dari *driver* ke motor apabila nilai arus dan suhu melebihi batas yang sudah ditentukan.

Diagram Alir Program Arduino UNO

Diagram alir untuk program yang diberikan pada arduino UNO dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Diagram Alir Program Arduino Uno (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

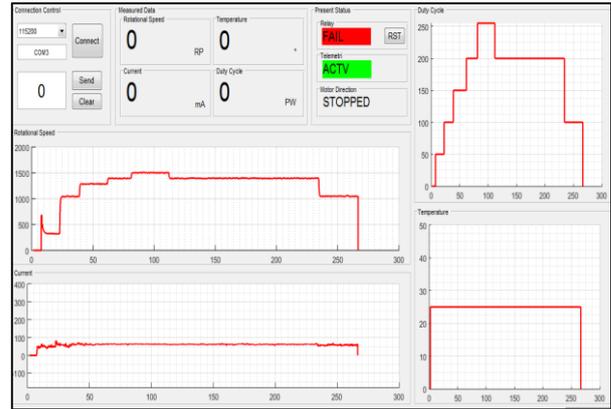
HASIL DAN PEMBAHASAN
Pengujian Keseluruhan Sistem

Dari seluruh pengujian blok sistem yang sudah dijalankan ini merupakan rangkaian keseluruhan saat sistem dijalankan bertujuan untuk mengetahui akurasi sistem untuk memonitor kecepatan putar, arus, dan suhu motor DC serta melakukan pembatasan arus dan suhu kemudian hasil akan ditampilkan ke LCD dan dikirimkan ke bagian operator untuk ditampilkan di MATLAB. Ketika terjadi arus lebih atau suhu lebih maka *relay* diaktifkan dan indikasi *relay* pada matlab ditulis *fail*. Berikut adalah hasil pengujian keseluruhan sistem yang dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem
 (Sumber: Data Primer, 2018)

Duty cycle (%)	Hasil Pembacaan Sensor			Hasil Pembacaan Alat ukur		
	Kecepatan Putar (RPM)	Arus (mA)	Suhu (°C)	Kecepatan Putar (RPM)	Arus (mA)	Suhu (°C)
10	0	18,04	28	0	19,1	28,3
20	366	39,37	28	343	40,8	28,3
30	781	44,74	28	765	45,5	28,4
40	1014	46,64	28	1003	46,3	28,5
50	1139	49,88	28	1125	47,6	28,4
60	1216	49,52	28	1210	48,5	28,5
70	1217	49,11	28	1255	49,5	28,5
80	1309	50,9	28	1303	50,8	28,5
90	1338	51,57	28	1333	50,6	28,6
100	1384	53,26	28	1380	50,7	28,6

Pengujian diatas menggunakan nilai *duty cycle* yang bervariasi dari 10-100 %. Pengaman motor berjalan dengan baik sesuai batas arus atau suhu yang diinputkan. Ketika nilai arus melebihi 100 mA atau suhu lebih dari 40 °C maka *relay* akan aktif untuk memutuskan sambungan pada motor dan mengirimkan status yang ditampilkan pada MATLAB berupa tulisan *fail*. Status *relay* yang ditampilkan dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Tampilan Status Relay
 (Sumber: Data Primer, 2018)

Hasil pembacaan sistem berbeda dengan hasil pembacaan alat ukur terstandarisasi. Dari hasil pengujian tersebut dapat dihitung nilai *error* untuk menganalisis keakurasian dari sistem. Nilai *error* dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\%Error = \left| \frac{[(\text{Nilai sebenarnya}) - (\text{Nilai terbaca})]}{\text{Nilai sebenarnya}} \right| \times 100 \quad (4)$$

Keterangan:

Nilai sebenarnya: Hasil pembacaan alat ukur

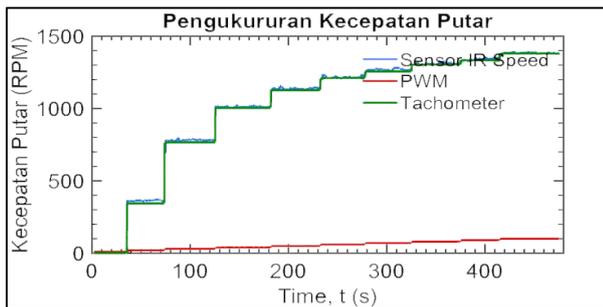
Nilai terbaca: Hasil pengujian sistem *monitoring* motor DC

Dari hasil perhitungan *error* pembacaan kecepatan putar motor DC menggunakan sistem dan alat ukur dengan *duty cycle* bervariasi mendapatkan hasil rata-rata *error* sebesar 1,57%, semua hasil perhitungan *error* pembacaan kecepatan putar dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Hasil Perhitungan Error Kecepatan Putar Keseluruhan Sistem
 (Sumber: Data Primer, 2018)

Duty cycle (%)	Hasil Pembacaan Sensor	Hasil Pembacaan Alat Ukur	Error (%)
	Kecepatan Putar (RPM)	Tachometer (RPM)	
10	0	0	0
20	366	343	6,7
30	781	765	2,09
40	1014	1003	1,09
50	1139	1125	1,24
60	1216	1210	0,49
70	1217	1255	3,02
80	1309	1303	0,46
90	1338	1333	0,37
100	1384	1380	0,28
Rerata			1,57

Grafik kenaikan nilai *duty cycle* dengan kecepatan putar terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 6



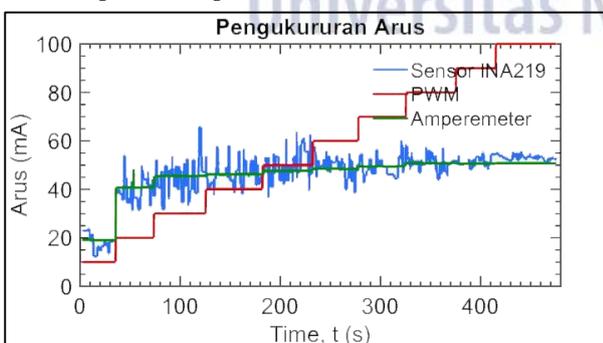
Gambar 6. Grafik Kenaikan Kecepatan Putar
(Sumber: Data *Primer*, 2018)

Dari hasil perhitungan *error* pembacaan arus motor DC menggunakan sistem dan alat ukur dengan *duty cycle* bervariasi mendapatkan hasil rata-rata *error* sebesar 2,75%, semua hasil perhitungan *error* pembacaan kecepatan putar dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Error* Arus Keseluruhan Sistem
(Sumber: Data *Primer*, 2018)

<i>Duty cycle</i> (%)	Hasil Pembacaan Sensor	Hasil Pembacaan Alat Ukur	<i>Error</i> (%)
	Arus (mA)	Amperemeter (mA)	
10	18,04	19,1	5,5
20	39,37	40,8	3,5
30	44,74	45,5	1,67
40	46,64	46,3	0,73
50	49,88	47,6	4,78
60	49,52	48,5	2,16
70	49,11	49,5	0,78
80	50,9	50,8	0,19
90	51,57	50,6	1,91
100	53,26	50,7	6,29
Rerata			2,75

Grafik kenaikan nilai *duty cycle* dengan arus terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 7



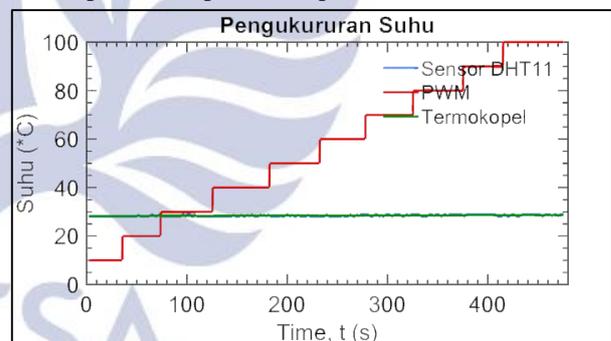
Gambar 7. Grafik Kenaikan Arus
(Sumber: Data *Primer*, 2018)

Dari hasil perhitungan *error* pembacaan suhu motor DC menggunakan sistem dan alat ukur dengan *duty cycle* bervariasi mendapatkan hasil rata-rata *error* sebesar 1,54%, semua hasil perhitungan *error* pembacaan kecepatan putar dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Error* Suhu Keseluruhan Sistem
(Sumber: Data *Primer*, 2018)

<i>Duty cycle</i> (%)	Hasil Pembacaan Sensor	Hasil Pembacaan Alat Ukur	<i>Error</i> (%)
	Suhu (°C)	Termokopel (°C)	
10	28	28,3	1,06
20	28	28,3	1,06
30	28	28,3	1,06
40	28	28,4	1,4
50	28	28,5	1,75
60	28	28,4	1,4
70	28	28,5	1,75
80	28	28,5	1,75
90	28	28,6	2,09
100	28	28,6	2,09
Rerata			1,54

Grafik kenaikan nilai *duty cycle* dengan suhu terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 8



Gambar 8. Grafik Kenaikan Suhu
(Sumber: Data *Primer*, 2018)

Analisis Kerja Sistem dengan Kondisi *Indoor* dan *Outdoor*

Pengujian pada plant motor DC dilakukan dengan kondisi *indoor* (berpenghalang) dan *outdoor* (tidak berpenghalang). Motor DC diuji dengan nilai *duty cycle* yang sama yaitu 100% dengan jarak antara 10-120 m.

Hasil pembacaan kecepatan putar, arus, dan suhu motor DC tanpa beban dengan kondisi *indoor* dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5. Hasil Pembacaan Kecepatan Putar, Arus, dan Suhu Kondisi *Indoor*
(Sumber: Data *Primer*, 2018)

No.	Jarak (meter)	Duty cycle (%)	Pembacaan Sensor			Keterangan
			Kecepatan Putar (RPM)	Arus (mA)	Suhu (°C)	
1.	10	100	1436	49,88	32	Terkirim
2.	20	100	1432	48,77	32	Terkirim
3.	30	100	1440	49,60	32	Terkirim
4.	40	100	1438	49,62	32	Terkirim
5.	50	100	1437	48,84	33	Terkirim
6.	60	100	-	-	-	Tidak Terkirim
7.	70	100	-	-	-	Tidak Terkirim
8.	80	100	-	-	-	Tidak Terkirim
9.	90	100	-	-	-	Tidak Terkirim
10.	100	100	-	-	-	Tidak Terkirim
11.	110	100	-	-	-	Tidak Terkirim
12.	120	100	-	-	-	Tidak Terkirim

Pada jarak 10-50 m hasil *monitoring* kecepatan putar berhasil terkirim dengan rerata 1436 rpm, rerata hasil *monitoring* arus yang berhasil terkirim dengan jarak 10-50 m adalah 49,34%, dan rerata suhu yang berhasil terkirim pada jarak 10-50 m adalah 32 °C. Dari Tabel 7 dapat dilihat pada keadaan *indoor* hasil *monitoring* kecepatan putar, arus, dan suhu motor DC dengan nilai *duty cycle* 100% berhasil terkirim dari jarak 10-50 m, pada jarak 60-120 m hasil *monitoring* tidak terkirim ke operator.

Hasil pembacaan kecepatan putar, arus, dan suhu motor DC tanpa beban dengan kondisi *outdoor* dapat dilihat pada Tabel 6 Pada jarak 10-120 m hasil *monitoring* kecepatan putar berhasil terkirim dengan rerata 1437 rpm, rerata hasil *monitoring* arus yang berhasil terkirim dengan jarak 10-120 m adalah 49,46%, dan rerata suhu yang berhasil terkirim pada jarak 10-120 m adalah 33 °C.

Tabel 6. Hasil Pembacaan Kecepatan Putar, Arus, dan Suhu Kondisi *Outdoor*
(Sumber: Data *Primer*, 2018)

No.	Jarak (meter)	Duty cycle (%)	Pembacaan Sensor			Keterangan
			Kecepatan Putar (RPM)	Arus (mA)	Suhu (°C)	
1.	10	100	1434	49,11	33	Terkirim
2.	20	100	1437	49,50	33	Terkirim
3.	30	100	1433	49,62	33	Terkirim
4.	40	100	1437	49,42	33	Terkirim
5.	50	100	1443	50,40	33	Terkirim
6.	60	100	1447	50,10	33	Terkirim
7.	70	100	1433	49,26	33	Terkirim

Lanjutan Tabel 6. Hasil Pembacaan Kecepatan Putar, Arus, dan Suhu Kondisi *Outdoor*

No.	Jarak (meter)	Duty cycle (%)	Pembacaan Sensor			Keterangan
			Kecepatan Putar (RPM)	Arus (mA)	Suhu (°C)	
8.	80	100	1434	49,12	33	Terkirim
9.	90	100	1443	49,48	33	Terkirim
10.	100	100	1436	49,43	33	Terkirim
11.	110	100	1440	49,01	33	Terkirim
12.	120	100	1432	48,87	33	Terkirim

Dari Tabel 6 dapat dilihat pada keadaan *outdoor* hasil *monitoring* kecepatan putar, arus, dan suhu motor DC dengan nilai *duty cycle* 100% berhasil terkirim dari jarak 10-120 m.

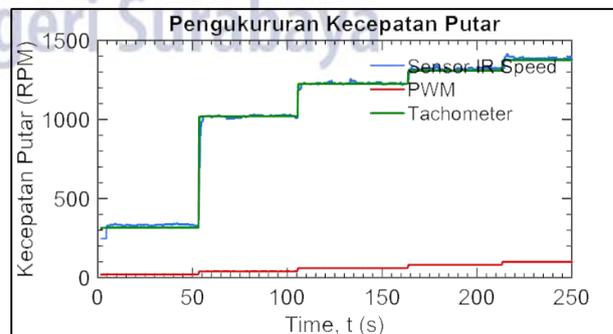
Analisis Kerja Sistem dengan Beban

Pengujian pada plant motor DC dilakukan dengan beban mekanik berupa lempengan dengan berat 66 gram dan 200 gram. Hasil rata-rata *error* pembacaan kecepatan putar dengan beban mekanik berupa lempengan 66 gram sebesar 1,47% dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7. Hasil Pembacaan Kecepatan Putar dengan Beban Mekanik 66 Gram
(Sumber: Data *Primer*, 2018)

Duty cycle (%)	Hasil Pembacaan Sensor Kecepatan Putar (RPM)	Hasil Pembacaan Alat Ukur Tachometer (RPM)	Error (%)
	Beban Mekanik Lempengan 66 gram	Beban Mekanik Lempengan 66 gram	
	20	330	
40	1013	1020	0,68
60	1228	1225	0,24
80	1318	1308	0,76
100	1387	1374	0,94
Error rerata			1,47

Grafik kenaikan kecepatan putar dengan beban mekanik lempengan 66 gram dapat dilihat pada Gambar 9



Gambar 9. Grafik Kenaikan Kecepatan Putar dengan Beban Mekanik Lempengan 66 Gram
(Sumber: Data *Primer*, 2018)

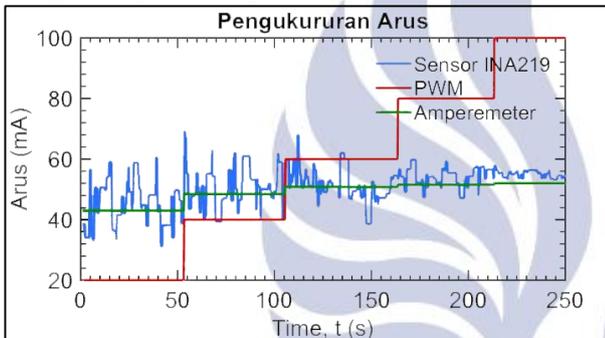
Hasil rata-rata *error* pembacaan arus dengan beban mekanik berupa lempengan 66 gram sebesar 4,42% dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel 8. Hasil Pembacaan Arus dengan Beban Mekanik 66 Gram

(Sumber: Data *Primer*, 2018)

Duty cycle (%)	Hasil Pembacaan Sensor Arus (mA)	Hasil Pembacaan Alat Ukur Amperemeter (mA)	Error (%)
	Beban Mekanik Lempengan 66 gram		
	Beban Mekanik Lempengan 66 gram	Beban Mekanik Lempengan 66 gram	
20	45,11	43	4,9
40	50,8	48,5	4,74
60	51,71	50,8	1,79
80	54,15	51,5	5,14
100	54,9	52	5,57
	<i>Error rerata</i>		4,42

Grafik kenaikan arus dengan beban mekanik lempengan 66 gram dapat dilihat pada Gambar 10



Gambar 10. Grafik Kenaikan Arus dengan Beban Mekanik Lempengan 66 Gram

(Sumber: Data *Primer*, 2018)

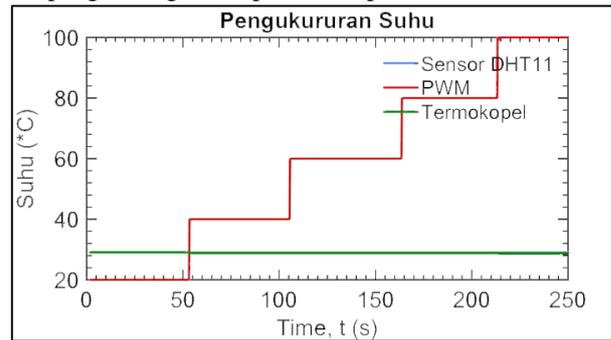
Hasil rata-rata *error* pembacaan suhu dengan beban mekanik berupa lempengan 66 gram sebesar 0,69% dapat dilihat pada Tabel 9

Tabel 9. Hasil Pembacaan Suhu dengan Beban Mekanik 66 Gram

(Sumber: Data *Primer*, 2018)

Duty cycle (%)	Hasil Pembacaan Sensor Suhu (°C)	Hasil Pembacaan Alat Ukur Termokopel (°C)	Error (%)
	Beban Mekanik Lempengan 66 gram		
	Beban Mekanik Lempengan 66 gram	Beban Mekanik Lempengan 66 gram	
20	29	29,1	0,34
40	29	28,8	0,69
60	29	28,8	0,69
80	29	28,8	0,69
100	29	28,7	1,04
	<i>Error rerata</i>		0,69

Grafik kenaikan nilai suhu dengan beban mekanik lempengan 66 gram dapat dilihat pada Gambar 11



Gambar 11. Grafik Kenaikan Suhu dengan Beban Mekanik Lempengan 66 Gram

(Sumber: Data *Primer*, 2018)

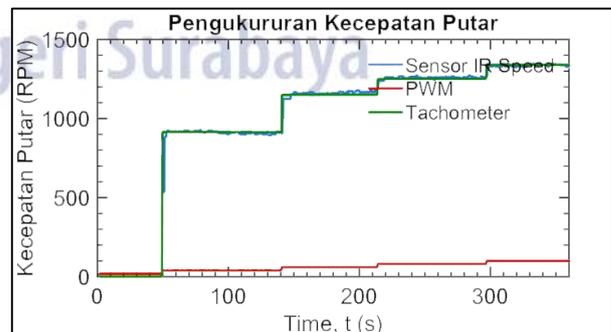
Hasil rata-rata *error* pembacaan kecepatan putar dengan beban mekanik berupa lempengan 200 gram sebesar 0,96% dapat dilihat pada Tabel 10

Tabel 10. Hasil Pembacaan Kecepatan Putar dengan Beban Mekanik 200 Gram

(Sumber: Data *Primer*, 2018)

Duty cycle (%)	Hasil Pembacaan Sensor Kecepatan Putar (RPM)	Hasil Pembacaan Alat Ukur Tachometer (RPM)	Error (%)
	Beban Mekanik Lempengan 200 gram		
	Beban Mekanik Lempengan 200 gram	Beban Mekanik Lempengan 200 gram	
20	0	0	0
40	902	915	1,42
60	1158	1150	0,69
80	1259	1250	0,72
100	1333	1340	0,52
	<i>Error rerata</i>		0,96

Grafik kenaikan kecepatan putar dengan beban mekanik lempengan 200 gram dapat dilihat pada Gambar 12



Gambar 12. Grafik Kenaikan Kecepatan Putar dengan Beban Mekanik Lempengan 200 Gram

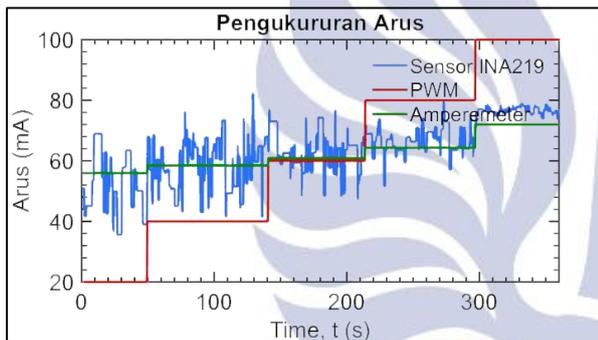
(Sumber: Data *Primer*, 2018)

Hasil rata-rata *error* pembacaan arus dengan beban mekanik berupa lempengan 200 gram sebesar 4,17% dapat dilihat pada Tabel 11

Tabel 11. Hasil Pembacaan Arus dengan Beban Mekanik 200 Gram
(Sumber: Data *Primer*, 2018)

Duty cycle (%)	Hasil Pembacaan Sensor Arus (mA)	Hasil Pembacaan Alat Ukur Amperemeter (mA)	Error (%)
	Beban Mekanik Lempengan 200 gram	Beban Mekanik Lempengan 200 gram	
	gram	gram	
20	52,2	56	6,78
40	58,96	58,5	0,78
60	63,04	60,9	3,51
80	66,48	64,3	3,3
100	76,68	72	6,5
Error rerata			4,17

Grafik kenaikan arus dengan beban mekanik lempengan 200 gram dapat dilihat pada Gambar 13



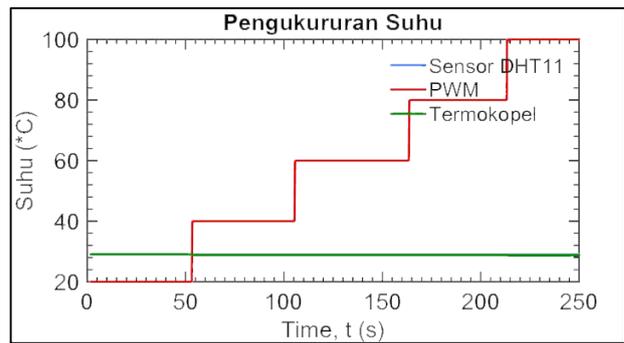
Gambar 13. Grafik Kenaikan Arus dengan Beban Mekanik Lempengan 200 Gram
(Sumber: Data *Primer*, 2018)

Hasil rata-rata *error* pembacaan suhu dengan beban mekanik berupa lempengan 200 gram sebesar 0,2% dapat dilihat pada Tabel 12

Tabel 12. Hasil Pembacaan Suhu dengan Beban Mekanik 200 Gram
(Sumber: Data *Primer*, 2018)

Duty cycle (%)	Hasil Pembacaan Sensor Suhu (°C)	Hasil Pembacaan Alat Ukur Termokopel (°C)	Error (%)
	Beban Mekanik Lempengan 200 gram	Beban Mekanik Lempengan 200 gram	
	gram	gram	
20	29	29	0
40	29	29	0
60	29	28,9	0,34
80	29	29	0
100	29	28,8	0,69
Error rerata			0,2

Grafik kenaikan suhu dengan beban mekanik lempengan 200 gram dapat dilihat pada Gambar 14



Gambar 14. Grafik Kenaikan Suhu dengan Beban Mekanik Lempengan 200 Gram
(Sumber: Data *Primer*, 2018)

Dari hasil pengujian dengan beban dapat dilihat bahwa semakin berat beban yang digunakan nilai kecepatan putar pada motor DC dengan *duty cycle* yang sama semakin kecil. Sedangkan nilai arus pada motor DC dengan *duty cycle* yang sama semakin besar, suhu motor DC tidak mengalami perubahan yang signifikan dikarenakan motor DC yang digunakan kapasitasnya kecil sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk perubahan suhu.

Analisis Kerja Pengaman Motor DC

Pada pengujian ini *relay* pada motor DC diatur dengan batasan arus 50 mA, 60 mA, 100 mA dan batasan suhu 28 °C, 30 °C, 33 °C. Motor DC akan dijalankan tanpa beban, beban satu, dan beban dua dengan *duty cycle* yang bervariasi. Pengaturan *relay* dalam membaca batasan arus atau suhu diatur selama 1 detik, jadi *relay* akan membaca arus lebih atau suhu lebih selama waktu yang ditentukan jika melebihi waktu yang ditentukan maka *relay* bekerja mematikan motor. Hasil pengujian pengaman motor DC dapat dilihat pada Tabel 13

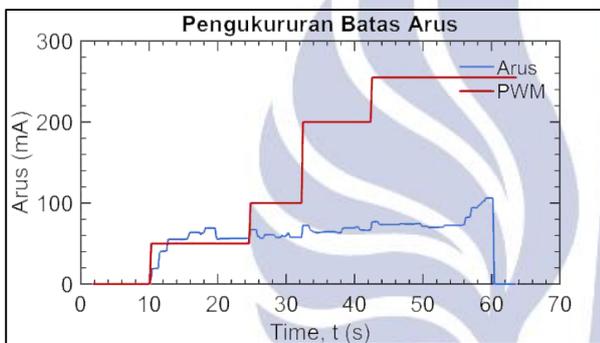
Tabel 13. Hasil Pengujian Pengaman Motor DC
(Sumber: Data *Primer*, 2018)

Duty Cycle (%)	Hasil Pembacaan Sistem	Waktu yang Ditentukan (Second)	Waktu Pembacaan Relay (Second)	Status Relay
50	55 mA	1 s	0.9 s	FAIL
100	60.14 mA	1 s	1.2 s	FAIL
100	106 mA	1 s	1.45 s	FAIL
Suhu (°C)				
50	29 °C	1 s	1.07 s	FAIL

Lanjutan Tabel 13. Hasil Pengujian Pengaman Motor DC

<i>Duty Cycle</i> (%)	Hasil Pembacaan Sistem	Waktu yang Ditetapkan (Second)	Waktu Pembacaan Relay (Second)	Status Relay
100	31 °C	1 s	0.7 s	FAIL
100	34 °C	1 s	1.44 s	FAIL

Dari hasil tabel 13 dapat dilihat sistem pengaman motor DC dari arus lebih atau suhu berjalan dengan baik. Dari waktu yang ditentukan untuk mematikan motor DC yakni 1 s waktu pembacaan *relay* 0.7-1.44 s untuk mematikan motor DC. Pengaturan waktu pembacaan dapat diatur sesuai dengan keinginan operator. Grafik pengaman motor DC dapat dilihat pada Gambar 15



Gambar 15. Grafik Pengaman Motor DC
(Sumber: Data Primer, 2018)

Dari gambar 15 dapat dilihat ketika nilai arus melebihi 100 mA maka *relay* mematikan motor dan nilai arus menjadi 0 pada gambar 18 *relay* aktif pada 59 s dan pada detik 60 sudah menjadi 0 arusnya.

PENUTUP

Simpulan

Setelah dilakukan pengujian sistem *monitoring* motor DC menggunakan MATLAB berbasis arduino dapat disimpulkan sistem *monitoring* kecepatan putar, arus lebih, dan suhu motor DC dapat mengirimkan data sejauh 50 meter dalam kondisi dalam ruangan dan 120 meter dalam kondisi diluar ruangan dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6. Hasil pembacaan kecepatan putar, arus dan suhu dengan beban mekanik lempengan 66 gram memiliki *error* rerata berurutan 1,47%, 4,42%, 0,69% dapat dilihat pada Tabel 7, Tabel 8, dan Tabel 9 sedangkan dengan beban mekanik lempengan 200 gram memiliki *error* rerata berurutan 0,96%, 4,17%, 0,2% dapat dilihat pada Tabel 10, Tabel 11, dan Tabel 12. Respon *relay* dari pembacaan arus dan suhu berjalan

dengan fungsinya . Secara keseluruhan hasil pembacaan sensor-sensor dan sistem pengaman motor berfungsi dengan baik, dari data hasil percobaan *prototype* yang dibuat memiliki tingkat keakurasian cukup baik.

Saran

Sistem yang dibuat menggunakan modul radio NRF24L01 yang hasil pengiriman data kurang baik, maka alangkah lebih baik menggunakan modul radio 3dr robotic. Hasil pembacaan arus masih memiliki *error* yang tinggi diakrenakan arus pada motor DC yang fluktuatif, sehingga bisa digunakan rangkaian filter untuk menstabilkan arus. Hasil *monitoring* dapat dilihat menggunakan *software* MATLAB yang dapat dibuka menggunakan PC/Laptop, alangkah lebih baik dikembangkan sistemnya berbasis IoT sehingga bisa dilihat menggunakan *smartphone* dan PC/Laptop.

DAFTAR PUSTAKA

- Boylestad, Robert L. 2013. *Introductory Circuit Analysis*. Tenth Edition. New York: Queensborough Community Collage.
- Faisal, Ridho,Dkk. 2015. *Sistem Monitoring Kecepatan Motor Dc Jarak Jauh Menggunakan Jaringan Nirkabel Zig Bee dan Arduino Uno Atmega 328p*. Jurnal Fakultas Teknik Industri Universitas Bung Hatta Vol. 7 No.1.
- Joko. 2015. *Mesin Arus Searah*. Surabaya: Unesa University Press.
- Muslim, Supari, Joko. 2009. *Teknik Perencanaan dan Pemasangan Instalasi Listrik*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- UNESA. 2000. *Pedoman Penulisan Artikel Jurnal*. Surabaya: Lembaga Penelitian Universitas Negeri Surabaya.
- Wardana, I Nyoman Kusuma. 2015. *Teknik Antarmuka MATLAB dan Arduino*. Denpasar: Vaikutha.