

Kendali Kecepatan Motor DC dengan Metode *Pulse Width Modulation* menggunakan *N-channel Mosfet*

Tonny Suhendra^{1,*}, Alena Uperiati², Dwi Amalia Purnamasari³, Anton Hekso Yunianto⁴

^{1,4}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji

^{2,3}Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji

^{1,2}Jl. Politeknik Senggarang, Tanjungpinang 29100

*Corresponding Author: tonny@umrah.ac.id

Abstract—Many things can affect a person's ability to design DC motor controller, one of which is the development of science, especially computer science, the use of algorithms to achieve the effectiveness of DC motor movements is very necessary today, so that the robot can move well and according to what is desired. The algorithm requires some information from the system that is built either as input or output so that the algorithm can perform the control process properly. In this study the motor speed controller circuit has been designed using transistor IR630, in this study the motor speed controller circuit has been designed using transistor IR630, the potentiometer is used as an analog input on the microcontroller and then converted to a PWM signal which will be used as input to the controller circuit to drive a DC motor. In the tests that have been carried out, the results obtained that the motor can be controlled properly, the use of resistors with a certain amount (220 ohms) can increase the resulting motor rotation and at what voltage the motor starts to spin at a voltage of 0.436 V, and continues to increase and the maximum voltage recorded at 6.40 V.

Keywords— Motor DC, pulse width modulation, mikrokontrol.

Intisari—Banyak hal yang dapat mempengaruhi kemampuan seseorang dalam merancang kendali motor DC, salah satunya adalah berkembangnya ilmu pengetahuan, khususnya ilmu komputer, penggunaan algoritma untuk mencapai efektifitas pergerakan motor DC menjadi hal yang sangat diperlukan saat ini, sehingga robot dapat bergerak dengan baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Algoritma memerlukan beberapa informasi dari sistem yang dibangun baik itu sebagai masukan maupun keluaran sehingga algoritma dapat melakukan proses pengendalian dengan baik. Pada penelitian ini telah dirancang rangkaian pengendali kecepatan motor dengan menggunakan transistor IR630, potensiometer digunakan sebagai masukan analog pada mikrokontrol dan kemudian dirubah menjadi sinyal PWM yang akan digunakan sebagai masukan pada rangkaian pengendali untuk menggerakkan motor DC. Pada pengujian yang telah dilakukan, hasil yang didapat bahwa motor dapat dikendalikan dengan baik, penggunaan resistor dengan besaran tertentu (220 ohm) dapat mempengaruhi putaran motor yang dihasilkan dan pada tegangan berapa motor mulai berputar pada tegangan 0.436 V, dan terus meningkat dan tegangan maksimal yang tercatat sebesar 6.40 V.

Kata kunci—Motor DC, *pulse width modulation*, mikrokontrol, *n-channel mosfet*

I. PENDAHULUAN

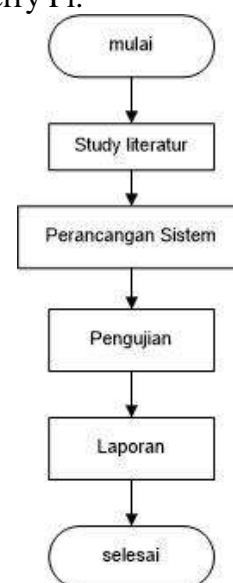
Dunia robotika merupakan salah satu teknologi yang sangat cepat perkembangannya, seiring dengan semakin cepatnya perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (ICT), sehingga robot dapat di kendalikan tidak terbatas ruang dan waktu, kapan saja dan dimana saja robot dapat dikendalikan, dengan syarat bahwa media komunikasi sebagai penghubung antara *end user* dan robot berjalan dengan baik, salah satunya adalah perkembangan *internet of think* (IOT). Pada saat ini sudah banyak perusahaan yang menawarkan sistem kendali berbasis *cloud computing*, yaitu pemanfaatan teknologi komputer (komputasi) dengan pengembangan berbasis internet (*cloud*), sehingga membantu untuk perkembangan dari konsep *smart city*, *smart travel*, *smart health*, *smart energy*, *smart agriculture*, dan lainnya [1]

Sistem kontrol atau sistem kendali merupakan kebutuhan yang harus dipenuhi pada era teknologi saat ini, sehingga kemampuan untuk membangun sebuah sistem kendali yang baik sangat diperlukan. Secanggih apapun teknologi yang digunakan, jika kendali dasar (sistem kendali) yang digunakan tidak baik maka akan sangat mempengaruhi kemampuan sistem secara keseluruhan. Begitu juga dengan dunia robotika, secanggih apapun teknologi yang digunakan untuk mengendalikan robot, jika kendali dasar yang digunakan tidak baik maka robot tidak akan dapat bergerak dengan sempurna dan tidak akan bisa melakukan pekerjaan dengan baik. Pengatur untuk pergerakan robot, baik itu robot berkaki maupun beroda adalah pada sistem kendali motor, strategi yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor dapat menggunakan mikrokontrol [2]. Mikrokontrol merupakan salah satu media kendali bersifat *embedded system*, untuk dapat mengatur atau mengendalikan alat tertentu tergantung pada keluaran analog. Salah satu keluaran analog yang digunakan pada mikrokontrol adalah *pulse width modulation* (PWM).

Pada dasarnya PWM biasanya digunakan untuk telekomunikasi (modulasi data), penguat (*amplifier*), pengatur daya dan juga sebagai

regulator tegangan. Pada penelitian ini PWM digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor. PWM merupakan sinyal analog yang memiliki *amplitude* dan frekuensi dasar tetap, yang mengalami perubahan hanya pada lebar pulsa dan memiliki *duty cycle* bervariasi antara 0% sampai 100% sesuai dengan kecepatan yang diinginkan, semakin besar persentasi maka semakin cepat perputaran motor tersebut. PWM digunakan untuk menghasilkan tegangan keluaran yang bervariasi, mulai dari tegangan 0 volt sampai dengan tegangan maksimal, sifat kenaikan tegangan adalah linier, menaikkan dan menurunkan lebar pulsa, dapat digunakan untuk mengatur aliran arus yang akan mengalir pada motor.

[3] Melakukan penelitian menggunakan mikrokontrol dengan tipe *single chip AT89S51*, PWM digunakan untuk mengatur pergerakan motor DC, dengan tujuan untuk meningkatkan presisi kendali yang bisa diterapkan pada sistem kendali motor kecil. Sistem kendali kecepatan motor sangat penting pada robotika baik itu pada *mobile robot* maupun pada robot manipulator, dengan mengatur kecepatan maka robot dapat bergerak dengan halus dan memiliki presisi yang tinggi untuk menentukan lokasinya dan sistem kendali atau kontrol dibangun dengan menggunakan mikrokontrol murni berbasis *mebedded system* seperti Arduino dan juga bisa menggunakan kontrol berbasis mini komputer seperti Raspberry Pi.



Gambar 1. Metode Penelitian

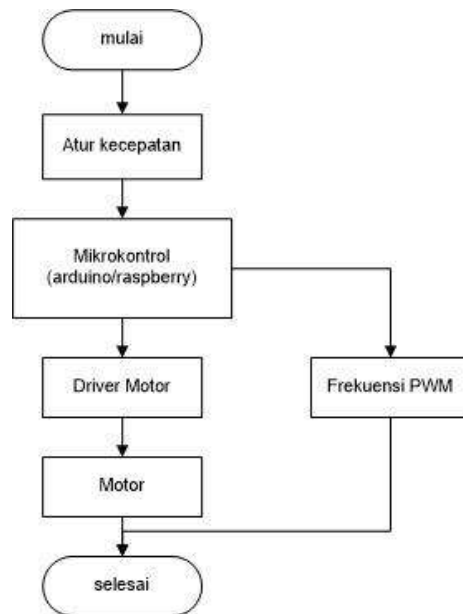
Salah satu penggunaan PWM sebagai sistem kontrol juga pernah dilakukan oleh [4], digunakan untuk mengendalikan keluaran *duty cycle* dalam mengatur temperature pemanas elektrik, sehingga pemanas dapat mencapai temperature tertentu dan tetap menjaga temperature tetap stabil. Kapasitor yang diparalel digunakan untuk menurunkan *current rating* dari semikonduktor dan tidak memberikan batasan pada rentang operasi *duty cycle* sehingga meningkatkan kemampuan pengendalian panas.

II. METODE PENELITIAN

Sistem kontrol terus kedepannya akan terus berkembang mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Saat ini manusia dimudahkan dengan berbagai macam peralatan elektronik yang sistemnya bekerja secara otomatis, salah satu kontrol dapat dilakukan dengan mengirim data (sinyal) secara komputerisasi dengan mengatur bentuk sinyal yang akan dikirim. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan pulsa yang biasa disebut *pulse width modulation*. PWM digunakan untuk mengubah kecepatan pada motor dengan mengatur *duty ratio* pada sinyal tersebut [5].

Gambar 1 merupakan metode yang akan digunakan pada penelitian ini, setelah tahap awal (*study literature*), maka tahap selanjutnya yang sangat penting adalah melakukan perancangan sistem dan juga melakukan pengujian untuk mendapatkan data yang diinginkan. Tahap perancangan terdiri dari dua aspek utama, yaitu perancangan perangkat lunak (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras yaitu merancang perangkat yang akan digunakan pada pengujian, terdiri dari komponen elektronika dan mikrokontrol, sementara itu perancangan perangkat lunak merupakan merancang program yang akan digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor DC dimana mikrokontrol sebagai pusat pengendali. Pengujian ini akan menggunakan Arduino sebagai pusat kendalinya, Gambar 2 merupakan diagram alir sistem kontrol kecepatan motor DC

Pengendalian motor DC yang sangat berperan adalah pada *Driver* motornya, bagaimana *driver* mampu mensuplai daya yang dibutuhkan oleh motor, misalnya bagaimana *driver* menyediakan arus berdasarkan kebutuhan motor yang dipengaruhui oleh beban, jika beban motor besar atau berat maka akan menarik arus lebih besar. Penelitian ini akan melakukan sebuah pengujian sederhana menggunakan komponen elektronik yang berfungsi sebagai *driver* motor.



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Kontrol Motor DC

Tabel 1 merupakan perangkat elektronik yang akan digunakan pada pengujian kali ini.

Tabel 1. Perangkat Elektronik Kontrol Motor DC

No	Nama Perangkat	Jumlah
1	Arduino	1
2	Motor DC	1
3	Potensiometer 10 Kohm	1
4	Transistor N- channel	1
5	Transistor p-channel	1
6	Dioda 1N4001	1
7	External power supply	1
8	Resistor 1 Kohm	1
9	Jack plug	1

A. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan sistem pengujian kontrol kecepatan motor DC menggunakan mikrokontrol Arduino Uno seperti yang terlihat pada Gambar 3, menggunakan IC ATmega328 yang bekerja

pada sistem 16-bit atau 32-bit (prosesor) yang terhubung ke komputer melalui integrasi IDE (*integrated development environment*) yang dapat bekerja pada sistem Linux, Mac OS dan Windows.



Gambar 3. Arduino Uno

<http://Arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

Komponen elektronik utama yang akan digunakan yaitu transistor, dioda, resistor, kapasitor yang memiliki fungsi masing-masing sehingga sebuah rangkaian elektronik dapat bekerja. Sistem kerjanya adalah saling mendukung dengan komponen lainnya sehingga rangkaian elektronik tersebut dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Jika salah satu komponen rusak karena sebab tertentu maka rangkaian bisa berhenti beroperasi sebagaimana mestinya dan perlu ada pergantian komponen yang rusak agar dapat berfungsi seperti sedia kala.

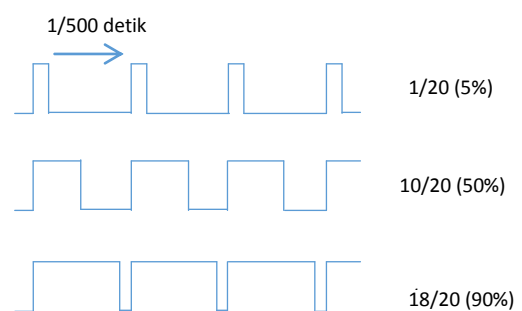
Transistor merupakan semikonduktor, yang dalam rangkaian elektronik modern merupakan jenis komponen aktif. Transistor memiliki beberapa kegunaan yaitu sebagai pensaklaran / *switching* elektronik, sebagai penstabil tegangan, *modulator*, dan penguat amplitudo. Dioda sama halnya dengan transistor, yaitu merupakan komponen aktif dan bersifat semikonduktor, dioda memiliki 2 pin/kutub yang masing-masing memiliki sifat berlawanan. Satu kutub dioda memperbolehkan arus mengalir satu arah dan satunya menghambat arus dari arah yang sebaliknya. Beberapa jenis dioda yang umum kita kenal yaitu dioda silikon, LED, diode Zener, diode foto, diode varaktor, SCR, dll.

Resistor berdasarkan hukum ohm, dimana nilai tegangan resistansi berbanding

lurus dengan arus yang mengalir, merupakan salah satu komponen elektronika yang paling sering digunakan pada sirkuit rangkaian, yang dibuat dari bermacam-macam termasuk film dan kawat beresistansi. Kebutuhan daya resistor harus cukup dan disesuaikan dengan kebutuhan arus pada rangkaian agar tidak panas dan terbakar. Resistor atau sering disebut juga sebagai tahanan, merupakan komponen elektronika pasif yang memiliki 2 pin yang bekerja untuk mengatur tegangan listrik.

B. *Pulse Width Modulation*

Pulse width modulation (PWM) merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk mengendalikan kekuatan (*power*) biasanya mengatur berapa besar tegangan yang akan digunakan dengan mengirim isyarat atau pulsa dalam bentuk sinyal. PWM pada penelitian ini akan digunakan untuk mengendalikan *duty cycle* pada sinyal yang akan digunakan untuk menggerakkan motor sehingga kecepatan motor dapat dikendalikan.



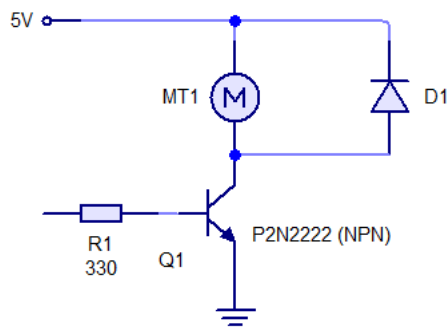
Gambar 4. *Duty Cycle* Sinyal PWM

Bentuk sinyal PWM dapat dilihat pada Gambar 4, pulsa dihasilkan oleh sinyal PWM setiap 1/500 detik, panjang pulsa akan mengendalikan jumlah tegangan yang diterima oleh motor, jika tidak ada pulsa yang masuk maka motor tidak akan berputar sampai pulsa berikutnya sampai.

C. *Perancangan Rangkaian Pengujian*

Transistor merupakan semikonduktor yang dapat dipakai sebagai penguat, atau sebagai

saklar (*switch*), bahkan bisa digunakan untuk penstabil tegangan dan modulasi sinyal. Gambar 5 merupakan rangkaian yang akan digunakan dalam pengujian, menggunakan transistor jenis *N-Channel* yang berfungsi sebagai saklar (*switch*) dan juga berfungsi sebagai penguat untuk mengalirkan arus lebih dari apa yang dikeluarkan oleh Arduino. Sumber energi (*power supply*) dari luar juga dibutuhkan supaya motor dapat berputar dengan baik.



Gambar 5. Transistor N-channel sebagai Saklar

```

No  PWM motor driver
1  // gunakan masukan potensiometer untuk
    mengatur kecepatan motor DC
2  // keluaran ke motor merupakan PWM
3
4  Int motorPin = 3;          //pin terhubung ke
    motor DC
5  Int potPin = 1;           //masukan analog
    terhubung ke potensiometer
6
7  void setup() {
8      pinMode(motorPin, OUTPUT);
9  }
10 void loop() {
11     Int PWMoutput, potReading;
12     potReading = analogRead(potPin);
13     PWMoutput = map(potReading, 0, 1023,
14                     0, 255);
14     analogWrite(motorPin, PWMoutput); }
    
```

Gambar 6. Listing Program Kecepatan Motor

Power supply akan menggunakan sumber dari baterai 9 Volt disesuaikan dengan motor DC yang digunakan. Rangkaian pada Gambar 6 dapat menggerakkan motor satu arah, digital *output* pada Arduino dalam bentuk sinyal (*current*) 0.001 Amp pada 5 Volts, kemudian masuk ke kaki *gate* (transistor) dan pada kaki *source* akan mengalirkan arus sebesar 1-10 Amp pada 24 Volts, sumber energy diambil dari kaki

drain. Sinyal *output* dari Arduino inilah yang disebut sebagai PWM, informasi (sinyal) tersebut yang akan masuk ke transistor, rasio kondisi *on/off* disebut sebagai *duty cycle* bernilai antara 0 sampai 255, dimana 0 merupakan kondisi 100% *off*, 128 merupakan kondisi 50% dan nilai 255 merupakan kondisi 100% *on*.

D. Perancangan Program Pengujian

Pergerakan motor DC akan dikendalikan melalui mikrokontrol Arduino uno, Potensiometer akan digunakan untuk mengatur lebar pulsa yang akan dikirim ke motor, masukan dari potensiometer akan dibaca oleh Arduino dan selanjutnya diterjemahkan sebagai masukan analog. Listing program perancangan pengujian dapat dilihat pada Gambar 6, potensiometer digunakan sebagai masukan untuk menentukan kecepatan putar motor DC.

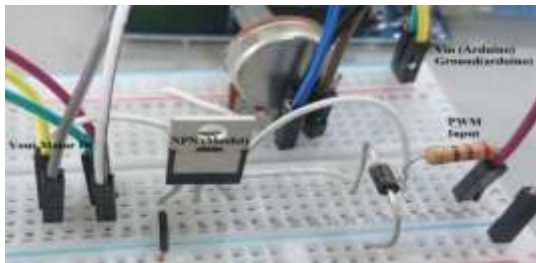
Dari program pada Gambar 6, pada baris 11 (*void loop*) merupakan proses identifikasi variabel pulsa (sinyal) PWM (*PWMoutput*) dari variabel potensiometer (*potReading*). Baris 14 merupakan proses kalibrasi masukan, dimana potensiometer akan dibaca dengan nilai masukan (*input value*) integer 10-bit maksimum bernilai 1023, kemudian direpresentasikan kedalam bentuk pulsa PWM dengan nilai masukan integer 8-bit maksimum bernilai 255. Nilai masukan 0-1023 merupakan rentang yang digunakan pada pembacaan potensiometer (*potReading*) dan nilai masukan 0-255 merupakan rentang yang digunakan pada pembacaan PWM (*PWMoutput*). Kombinasi dari masukan tersebut akan menghasilkan pola pergerakan yang diinginkan.

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS

A. Pengujian Sederhana (*N-Channel Mosfet*)

Pengujian sederhana pada tahap ini dilakukan menggunakan transistor tipe N (*mosfet N-channel*) dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Senggarang, Tanjungpinang. Pengujian menggunakan resistor dengan ukuran yang berbeda 330 ohm, transistor MOSFET

(*metal oxide semiconductor field effect*) NPN dan PNP digunakan sebagai penguat saklar elektronik atau pembagi tegangan masukan ke motor DC, bisa juga berfungsi untuk menaikkan tegangan atau menurunkan tegangan. Potensiometer digunakan untuk mengatur kecepatan motor.



Gambar 7. Pengujian menggunakan N-channel Mosfet

Pengujian ini menggunakan N-Channel Mosfet atau bertipe N terlihat pada Gambar 7, jenis yang digunakan dengan nomor seri IRF 630 berfungsi untuk menaikkan tegangan sehingga menghasilkan tegangan tinggi untuk dapat menggerakkan motor, mosfet juga disebut sebagai *voltage controlled device*, hal ini karena pada mosfet arus *drain* (I_d) dikendalikan oleh tegangan antara *gate* dan *source* (V_{gs}), dan arus *gate* sangat kecil sehingga membuat mosfet juga berfungsi sebagai *switch*.

Gambar 8 merupakan proses pemberian tegangan pada rangkaian, diketahui bahwa tegangan operasional motor DC antara 1.5 V sampai dengan 24 V tergantung dengan berapa kecepatan maksimal atau RPM (*revolutions per minute*) yang dapat dihasilkan oleh motor. Terlihat pada gambar bahwa tegangan masukan yang terukur sebesar 0.484 Volt sinyal PWM sudah terbentuk namun masih kecil (<10%), karena tegangan yang terukur masih dibawah tegangan operasional motor DC (<50% tegangan operasional) sehingga tidak menghasilkan putaran pada motor.



Gambar 8. Pengujian N-channel Mosfet (<1.5 Volt)

Apabila tegangan yang diberikan ke motor rendah dari tegangan operasionalnya maka akan mengakibatkan perputaran rotasi motor DC menjadi lambat, jika tegangan yang diberikan lebih besar dari tegangan operasional maka perputaran motor akan menjadi lebih cepat.

Pada pengujian selanjutnya untuk melihat berapa besar tegangan yang diperlukan untuk menaikkan sinyal PWM. Seperti yang terlihat pada Gambar 9, ketika potensiometer diputar untuk menaikkan tegangan masukan maka sinyal PWM juga akan mulai bergerak ($\pm 40\%$) dan tegangan yang terukur sebesar 2.010 volt dan motor DC mulai berputar. Pada pengujian ini nilai transistor yang digunakan sebesar 330 ohm, motor mulai berputar ketika tegangan mencapai 2 volt dan terus meningkat hingga mencapai tegangan maksimal.



Gambar 9. Pengujian N-channel Mosfet (>1.5 Volt)



Gambar 10. Pengujian N-channel Mosfet (Maksimal)

Tegangan yang masuk kerangkaian kontrol dan yang keluar menuju motor DC terlihat pada Gambar 10, tegangan yang terukur sebesar 4,390 volt dan sinyal PWM sudah mendekati bentuk sempurna (90%). Pada pengujian ini pengaturan PWM dilakukan dengan menggunakan potensiometer, pengujian menggunakan resistor yang memiliki resistansi sebesar 220 ohm.

Tabel 2 merupakan tabel hasil pengujian rangkaian kendali motor DC dengan menggunakan transistor N-channel (IR-630) dan resistor (330-ohm). Terlihat bahwa motor mulai

berputar ketika tegangan output pada motor telah mencapai 0,0436 volt dan mencapai puncaknya pada tegangan 6.40 volt, keadaan ini dipengaruhi oleh besarnya resistansi yang menghambat arus masuk sehingga mempengaruhi pembagian tegangan yang akan masuk ke motor DC sebagai tegangan referensi (8,54 Volt), tugas dari transistor adalah membagi tegangan yang akan dikirim ke motor DC, semakin besar arus positif yang masuk ke basis transistor maka semakin besar tegangan yang akan dilepas oleh transistor.

arus yang masuk atau arus yang mengalir (sinyal positif) digunakan sebagai pemicu pada transistor

IV. KESIMPULAN

Perancangan dan pengujian rangkaian pengendalian kecepatan motor DC telah dilakukan dengan menggunakan transistor *N-channel Mosfet* (IR-630) sebagai pengatur pembagian tegangan yang akan masuk ke motor DC. Motor mulai berputar pada tegangan 0.436 Volt, dan terus meningkat berdasarkan pada sinyal masukan yang dikirim oleh potensiometer dan sehingga mencapai tegangan maksimal yang tercatat sebesar 6.40 Volt. Fungsi transistor sebagai pembagi tegangan berhasil dilakukan, dimana pemberian daya (tegangan) ke motor diatur dengan menggunakan sinyal PWM, yang mengakibatkan motor dapat berputar sesuai dengan yang diinginkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Universitas Maritim Raja Ali Haji melalui Lembaga Penelitian, Pengabdian Masyarakat, dan Penjaminan Mutu (LP3M) yang telah membiayai penelitian ini dalam skema Penelitian Dosen Muda.

REFERENSI

- [1] Dhiriani, et al., (2017), "Cloud Computing and Internet of Things Fusion : Cost Issues", *Eleventh International Conference on Sensing Technology (ICST)*, 978-1-5090-6526-4/17 Crown.
- [2] Kumar, R., et al., (2015), "Microprocessor Based Closed Loop Speed Control of DC Motor Using PWM", *International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT)*, 978-1-4673-9825-1/1/15@2015, IEEE.
- [3] Liu, Z., Jiang, L., (2011) "PWM speed Control System of DC Motor Based on AT89S51", *International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and*

Tabel 2. Hasil Pengujian Transistor N-channel

No	Resistor (ohm)		Potensiometer (Volt)		Baterai (Volt)	
	Terhitung	Terukur	Terhitung	Terukur	Terhitung	Terukur
1	330	219,1	5	4,99	9	8,09

No	Potensiometer (Volt)	Transistor (Volt)	Kondisi Motor	Dioda (Volt)	Motor (V)	
					Vin	Vout
1	0,002	8,81	tidak	8,64	8,54	0,000
2	0,495	8,48	tidak	7,11	8,54	0,139
3	0,993	7,28	sgt.pelan	6,29	8,54	0,436
4	0,516	5,06	pelan	4,302	8,54	2,233
5	2,096	3,285	sedang	3,095	8,54	3,320
6	3,031	1,823	cepat	1,659	8,54	4,117
7	4,017	0,953	sgt.cepat	0,846	8,54	4,34
8	4,99	0,045	cepat.skali	0,058	8,54	6,40

Pengaturan kecepatan motor dengan cara mengirim sinyal informasi analog atau PWM (*Pulse width modulation*) yang akan digunakan untuk mengatur tegangan yang akan masuk ke motor, kecepatan motor tidak akan maksimal jika tegangan yang masuk pada motor tidak sesuai dengan seharusnya, yang disebabkan oleh tidak meratanya pembagian tegangan yang masuk dari sumber (baterai) atau *eksternal power supply*. PWM dihasilkan dari gelombang kotak yang memiliki *duty cycle* (siklus kerja) yang bisa dirubah sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang bervariasi berdasarkan nilai rata-rata dari gelombang kotak yang dibangkitkan. Transistor *N-channel mosfet* yang digunakan dapat bekerja dengan baik, dengan dibantu oleh hambatan dari resistor sehingga

Informatic Technology, 978-1-61284-088-8/11/@2011 IEEE.

- [4] N. Sanajit & A. Jangwanitlert., 2010 “A Fixed Frequency PWM Induction Shower Using the Duty Cycle” ICSET, Kandy, Sri Lanka, 978-1-4244-7191-1/10/ IEEE
- [5] Jie, S & Qinfang, S., “Design and Simulation of PWM DC Motor Speed Regulator Based

on Proteus”, *International Conference on Fluid Power and Mechatronics*, Harbin,m China, 978-1-4-4799-8770-2/15/ IEEE. 1210-1213.