
Sistem Pengendali Kecepatan Motor DC Penguatan Terpisah Berbeban dengan Teknik Kontrol PWM Berbasis Arduino

Try Yudha Candra^{1*}, Ta'ali²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*Corresponding author, e-mail: yudhacandra230497@gmail.com

Abstrak

Motor *DC* merupakan salah satu jenis motor yang ada sampai saat sekarang ini. Keberadaan motor *DC* sendiri sangat membantu umat manusia terutama di bagian perindustrian. Pada motor *DC* dibutuhkan sistem untuk mengoperasikannya, mengatur kecepatan motor *DC* dengan sistem mengendalikan nilai *PWM* serta sistem antarmuka untuk mengontrol dan memonitoring pada saat pengoperasian. Perancangan alat ini menggunakan komponen *hardware* dan *software*. Adapun komponen *hardware* diantaranya rangkaian, *arduino Uno*, catu daya, sensor tegangan, sensor arus, *gate drive*, motor *DC*, dan *software Visual Basic*. Tahapan pengujian yang dilakukan yaitu dengan mengukur *output* tiap komponen, jika sudah sesuai persyaratan maka rangkaian siap dioperasikan. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa telah berhasil melakukan pengoperasian motor *DC* dengan pengontrolan lewat antarmuka (*PC*).

Kata kunci: Motor *DC*, *arduino Uno*, *PWM*, *Gate Drive*, *PC(Personal Computer)*.

Abstract

DC motor is one type of motor that exists until now. The existence of a DC motor itself is very helpful to humanity, especially in the industrial sector. The DC motor needs a system to operate it, regulate the speed of the DC motor with a system controlling the PWM value and an interface system to control and monitor when operating. The design of this tool uses hardware and software components. The hardware components include circuit, arduino Uno, power supply, voltage sensor, current sensor, gate drive, DC motor, and Visual Basic software. Stages of testing carried out by measuring the output of each component, if it meets the requirements the circuit is ready to operate. From the test results it has been concluded that it has successfully performed the operation of a DC motor by controlling it through the interface (PC).

Keywords: Motor *DC*, *arduino Uno*, *PWM*, *Gate Drive*, *PC(Personal Computer)*.

PENDAHULUAN

Motor arus searah atau biasa disebut juga motor *DC* merupakan salah satu jenis motor yang ada sampai saat ini, konstruksi motor *DC* sama dengan generator *DC*. Mesin ini bekerja baik sebagai motor baik pula bekerja sebagai generator. Suatu perbedaan didalam konstruksinya diperhatikan antara generaator dan motor. Sebab motor dijalankan dilokasi yang biasanya mudah mendapatkan kerusakan mekanis debu, lembab, dan korosif, maka motor biasanya lebih tertutup rapat dibandingkan generator [1]. Beberapa orang telah melakukan penelitian pengendalian kecepatan motor *DC* ini dengan metode seperti *PID* [2], selain itu juga ada juga metode *fuzzy logic* untuk pengontrolan motor *DC* ini tersendiri [3].

Pengendalian kecepatan motor *DC* sendiri bisa menggunakan teknik control *PWM* [4], dengan memanfaatkan memanipulasi sinyal maka motor *DC* dapat dikontrol kecepatannya baik pada saat motor *DC* tanpa beban maupun disaat berbeban. Memanfaatkan kemajuan teknologi maka pengendaliannya bisa dimonitoring langsung oleh pengguna menggunakan sebuah *personal computer*.

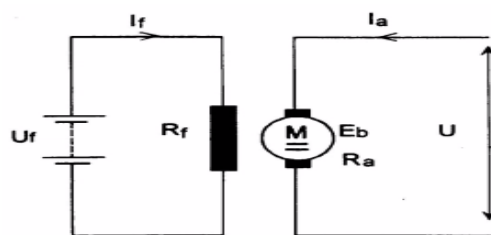
METODE

Penelitian ini melakukan perancangan kendali kecepatan motor DC menggunakan teknik control *PWM*. Dimana Arduino Uno digunakan sebagai kontroler yang diprogram menggunakan *Visual Studio 2013* untuk tampilan *set point*, rpm, arus, dan tegangan yang terbaca pada alat. Penelitian ini dilakukan dengan spesifikasi motor 2 KW 1400 rpm, excitation 220V 0.8 A, armature 220V 12A.

A. Motor DC

Motor listrik dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Kebanyakan motor listrik beroperasi saat terjadi interaksi medan magnet dan konduktor pembawa arus untuk menghasilkan putaran. Motor DC sendiri memiliki komponen penyusun seperti *rotor* dan *stator*, *rotor*. *Rotor* terdiri dari as, inti, kumparan jangkar dan komutator.

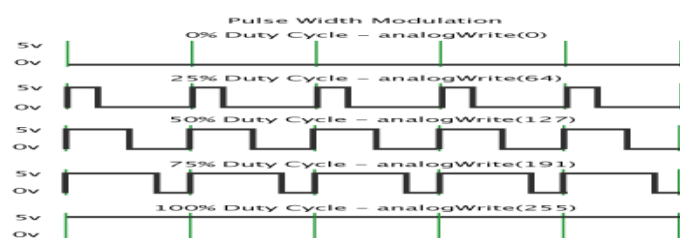
Motor *DC* yang dipakai untuk pembuatan tugas akhir ini adalah jenis motor *DC* penguatan terpisah. Motor *DC* penguatan terpisah, kerja dari motor ini dapat menambah kemampuan daya dan kecepatan karena memiliki *fluks* medan yang dihasilkan oleh kumparan medan, yang terletak secara terpisah dan mempunyai sumber. Jenis motor *DC* penguatan terpisah mempunyai kumparan medan yang disuplai oleh sumber lain yang bebas..



Gambar 1. Motor *DC* Penguatan Terpisah

B. PWM (Pulse Width Modulation)

PWM merupakan teknik memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, Amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi berbanding lurus dengan lebar pulsa *PWM*. Artinya, *duty cycle* bervariasi (antara 0% sampai 100%) sedangkan sinyal *PWM* memiliki frekuensi gelombang yang konstan.



Gambar 2. Duty Cycle

C. Catu Daya

Rangkaian ini berfungsi untuk penurunan tegangan dari sumber sebesar 220 Volt AC menjadi tegangan, 6 Volt, 9 Volt, 12 Volt dan 24 Volt pada bagian sekundernya. Peran transformator *step down* sebagai penurun tegangan dengan dibantu oleh rangkain penyearah gelombang yang mana nantinya rangkaian ini akan mengubah tegangan Volt AC menjadi Volt *DC*. Rangkaian catu daya dipasang juga beberapa kapasitor bertujuan meratakan riak tersebut dan memberikan suatu tegangan *DC* yang hampir murni, biasanya kapasitor *filter*.

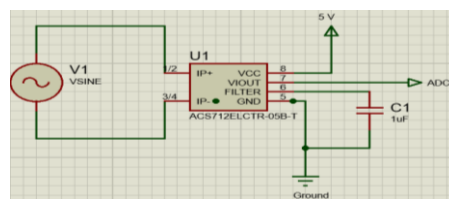
Kapasitor *filter* memiliki nilai yang besar, lalu penstabil atau *regulator*, contoh dari penstabil adalah rangkaian terpadu dengan tipe IC 7805, 7905, 78012, 7912 dan lainnya.

D. Arduino Uno

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware*nya memiliki prosesor Atmel AVR dan *software*nya memiliki bahasa pemrograman sendiri. *Arduino* dilengkapi dengan *library C/ C++*.

E. Sensor Arus

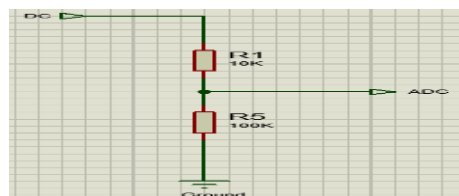
Penggunaan sensor arus sendiri bertujuan mengetahui arus AC atau DC berbagai bidang di industri. Kebanyakan digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, dan proteksi beban berlebih. Sensor arus yang dipakai untuk pembuatan tugas akhir ini bertipe ACS712.



Gambar 3. Sensor Arus ACS712

F. Sensor Tegangan

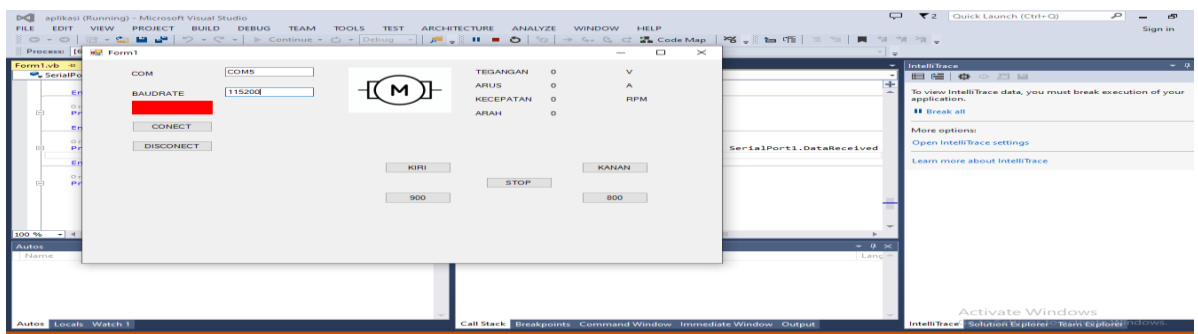
Sensor tegangan ini terdiri dari dua buah resistor, aturan pembagi tegangannya yaitu tegangan input dibagi secara proporsional sesuai dengan nilai resistensi dua resistor yang dirangkai seri.



Gambar 4. Sensor Tegangan

G. Visual Studio 2013

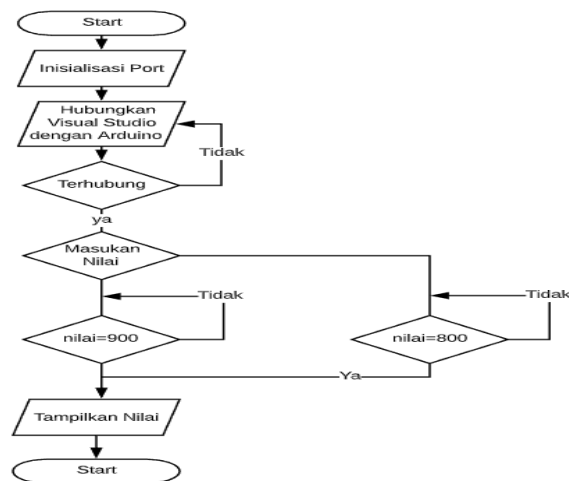
Aplikasi ini digunakan untuk *interface* dalam pengoperasian motor DC, dengan beberapa tombol nanti pengguna motor DC dapat langsung mengatur kerja motor DC sesuai kebutuhan.



Gambar 4. Tampilan Kerja Sistem

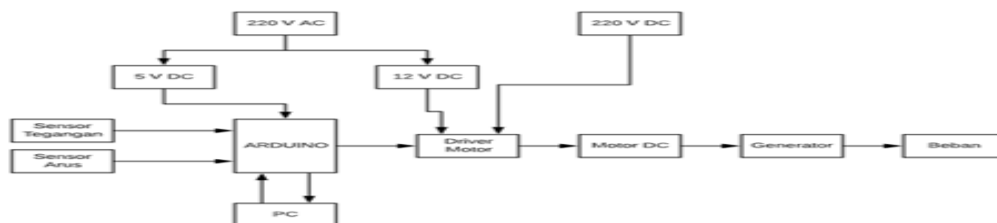
H. Flowchart dan Diagram Blok

Flowchart merupakan diagram alir yang mengilustrasikan alur atau proses kerja dari suatu *system*.



Gambar 5. Flowchart Kerja Sistem

Pada gambar 5 menjelaskan Diagram kerja alat secara keseluruhan, pertama *Arduino* dikoneksikan ke *Visual Studio 2013* yang nantinya bakal menjadi tempat memonitoring kerja alat (*interface*). Pada saat motor sedang beroperasi sensor- sensor nanti akan mendeteksi keluaran dari motor tersebut misalkan tegangan keluaran, arus keluaran dan kecepatan pada motor. Ketika pengoperasian motor yang di kasih beban akan memperlambatkan kecepatannya, maka *set point* akan mengembalikan kecepatan motor tadi seperti awalnya sebelum dikasih beban. Nantinya data dari beberapa input sensor akan di liat pada tampilan *Visual Studio 2013*.



Gambar 6. Blok Diagram Kerja Alat

Gambar 6 merupakan blok diagram kerja alat dimana tegangan 220 V AC akan masuk ke catu daya yang mana nanti akan di ubah menjadi 12 V DC, tegangan 12 V DC nanti akan menyuplai rangkaian *gate drive*. *Arduino* sendiri mendapatkan 5 V DC dari input PC yang mana sebagai otak dari tugas akhir ini, komponen sensor- sensor sendiri akan menerima sinyal dari keluaran generator yang nantinya akan di sampaikan ke arduino. *Driver motor* sendiri mendapatkan suplai tegangan 220 V DC dari *power pack*, setelah mendapatkan tegangan 220 V DC motor akan beroperasi sesuai perintah yang dilakukan oleh pengguna menggunakan *visual studio 2013*. Penggunaan pembacaan sensor tegangan disini generator adalah untuk menginput arduino supaya menghasilkan tegangan konstan pada generator, ini berfungsi supaya motor menambah atau menurunkan kecepatannya sesuai set point tegangan generator.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukan hasil akhir perancangan sesuai dengan kenyataan bahwa perangkat keras yang telah dibuat bias bekerja dengan baik dan dapat dilakukan *interface* oleh *user*.

A. Instrumen Pengujian Alat

1. Multimeter Digital

Multimeter ini berfungsi mengukur tegangan pada rangkaian catu daya, multimeter yang digunakan adalah multi meter Dekko.

Spesifikasi multimeter Dekko:

-max. display counts : 2000

-DC Voltage 0-200mV, 0-2V, 0-20V, 0-200V, 0-500V

-AC Voltage 0-200V, 0-500V

-DC Current 0-200mA, 0-2mA, 0-20mA, 10A

-Resistance 0-200 ohm, 0-2k ohm, 0-20k ohm, 0-200k ohm, 0-2M ohm

B. Pengujian dan Analisa Hardware

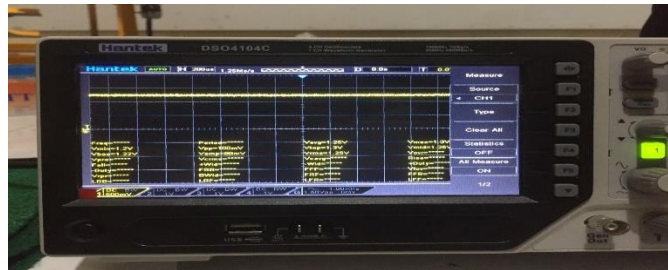
1. Catu Daya

Pengujian catu daya ini dilakukan menggunakan multimeter Dekko, tegangan yang dikeluarkan adalah 12 VDC.



Gambar 7. Pengujian Catu Daya

Pada pengujian nilai keluaran yang dihasilkan catu daya menghasilkan keluaran sesuai yang diinginkan, terlihat pada alat ukur multimeter menunjukkan hasil 12 VDC. Nilai 12 VDC didapatkan dikarenakan nilai-nilai pada setiap komponen tepat.



Gambar 8. Hasil Pengujian Gelombang Catu Daya

Hasil pengujian pada gambar 8 menunjukkan gelombang hasil keluaran catu daya, dimana alat untuk membaca gelombang keluaran dari catu daya adalah *oscilloscop*. Dapat dilihat hasil gelombang keluaran catu daya sudah garis lurus, tandanya keluarannya yang dihasilkan catu daya tadi sudah bersifat DC.

2. Pengujian Motor DC Berbeban dengan Arah Putaran Kiri dan Kanan

Pengujian ini dilakukan dengan cara memvariasikan nilai beban, dengan menggunakan lampu pijar 100 watt sebanyak 5 buah. Lampu ini dipasang secara parallel bertujuan untuk melihat setiap perubahan atau memvariasikan nilai beban itu sendiri.

Tabel 1. Pengujian Motor DC Arah Putar Kiri

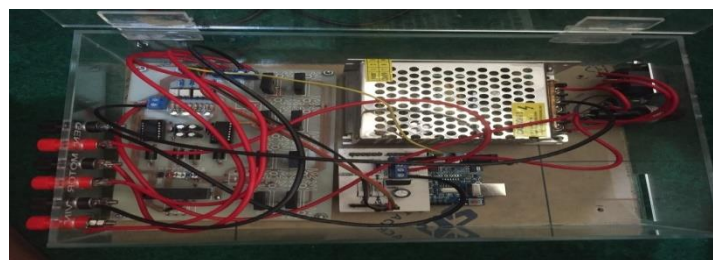
No	Banyak lampu	Vin (V)	Arus motor(A)	Arus generator(A)	Rpm(n)	Vout generator(V)	Vout motor(V)	Waktu prngonstanan (detik)
1	1	170	1	0,2	700	110	130	7
2	2	170	1,2	0,3	700	110	140	8
3	3	170	1,4	1,3	750	110	140	9
4	4	170	2	1,5	800	110	140	10
5	5	170	2,2	1,6	800	110	140	11

Tabel 1 merupakan pengujian motor DC dengan arah putar motor ke kiri atau berlawanan dengan arah jarum jam, dimana hasil pengukurannya terdapat beberapa point yang penting. Coba perhatikan setiap table pengukuran, perubahan nilai pada sisi beban membuat beberapa pengukuran mengalami perubahan,. Arus motor mengalami kenaikan dikarenakan pada sisi beban ditambahkan lampu pijar sebesar 100 watt, perubahan ini juga dialami oleh generator DC yang tadinya tidak terlalu besar menjadi besar pada saat lampu pijar dikeadaan on . Waktu penstabilan tegangan generator juga bervariasi ,semakin tinggi beban maka waktu penstabilannya juga lama.

Tabel 2. Pengujian Motor DC Arah Putar Kiri

No	Banyak lampu	Vin (V)	Arus motor(A)	Arus generator(A)	Rpm(n)	Vout generator(V)	Vout motor(V)	Waktu prngonstanan (detik)
1	1	170	0,1	0,1	680	100	120	7
2	2	170	1	0,2	690	98	130	8
3	3	170	1,4	1,4	700	98	130	9
4	4	170	1,6	2	700	98	130	10
5	5	170	2	2,2	700	98	130	11

Tabel 2 merupakan hasil pengukuran motor dengan arah putar ke kanan atau searah dengan arah jarum jam, disaat generator dibebani lampu pijar sebanyak 1 sampai 5 lampu arus mengalami kenaikan, motor kan berkurang kecepatannya dikarena beban yang diberikan tadi. Untuk mencapai titik set point yang telah diberikan motor harus menambah kecepatannya, demikian terjadi rentang waktu pengonstanan sesuai beban yang diberikan terhadap generator.



Gambar 9. Tampilan Alat

Pada gambar 9 menunjukkan tampak keseluruhan alat, pengambilan gambar ini dilakukan melalui kamera handphone dan di ambil dari titik atas alat tersebut. Ada beberapa komponen yang jelas dari atas, seperti rangkain catu daya, rangkaian *gate drive*, *driver* motor, *arduino uno* dan rangkaian sensor.



Gambar 10. Proses Pengujian

Gambar 10 memperlihatkan proses pengujian yang dilakukan oleh penulis, tempat pengambilan datanya sendiri dilakukan di labor. Pengujian ini langsung di pantau oleh dosen pembimbing dan teknisi labor untuk menjamin keselamatan alat- alat yang ada dilabor apabila terjadi kesalahan oleh penulis.

3. Pengujian Nilai Pembacaan Sensor Tegangan

Pengujian alat ini dilakukan untuk membandingkan referensi dengan yang terukur pada tegangan beban yaitu generator DC disaat peroperasiannya.

Tabel 3. Pengujian Sensor Tegangan Arah Putar Kiri

No	Vin (V)	Sensor tegangan (V)	Alatukur voltmeter(V)	Selisih	Error %
1	170	104	110	6	5,45%
2	170	105	110	5	4,54%
3	170	104	110	6	5,45%
4	170	106	110	4	3,63%
5	170	105	110	5	4,54%

Pengujian tugas akhir ini menggunakan beberapa sensor, salah satunya sensor tegangan dimana sensor ini berfungsi untuk mendeteksi tegangan keluaran pada generator DC. Sensor tegangan nantinya akan mengirim data hasil pembacaan ke Arduino Uno. Pada pengujian kali ini terdapat beberapa perbedaan antara alat ukur manual dengan pembacaan sensor tegangan dimana kejadian ini di sebut *error*. Dibawah ini akan menunjukkan nilai *error* pengukuran sensor tegangan:

$$\begin{aligned} \% Error &= \frac{V_{(alat ukur)} - V_{(sensor)}}{V_{(alat ukur)}} \times 100\% \\ &= \frac{110-104}{110} \times 100\% \\ &= 5,45 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% Error &= \frac{V_{(alat ukur)} - V_{(sensor)}}{V_{(alat ukur)}} \times 100\% \\ &= \frac{110-105}{110} \times 100\% \\ &= 4,54 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Error} &= \frac{V_{(\text{alat ukur})} - V_{(\text{sensor})}}{V_{(\text{alat ukur})}} \times 100\% \\ &= \frac{110-104}{110} \times 100\% \\ &= 5,45 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Error} &= \frac{V_{(\text{alat ukur})} - V_{(\text{sensor})}}{V_{(\text{alat ukur})}} \times 100\% \\ &= \frac{110-106}{110} \times 100\% \\ &= 3,63 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Error} &= \frac{V_{(\text{alat ukur})} - V_{(\text{sensor})}}{V_{(\text{alat ukur})}} \times 100\% \\ &= \frac{110-105}{110} \times 100\% \\ &= 4,54 \% \end{aligned}$$

Dari tabel 3 diatas dapat dilihat selisih pengukuran pling besar yaitu (5,45%) dan rata- rata kesalahan sebesar (4,72%), maka dapat disimpulkan bahwa sensor tegangan bekerja dengan baik.

Tabel 4. Pengujian Sensor Tegangan Arah Putar Kanan

No	Vin (V)	Sensor tegangan (V)	Alatukur voltmeter(V)	Selisih	Error %
1	170	99	100	1	1%
2	170	97	98	1	1%
3	170	95	98	3	3%
4	170	96	98	2	2%
5	170	95	98	3	3%

$$\begin{aligned} \% \text{ Error} &= \frac{V_{(\text{alat ukur})} - V_{(\text{sensor})}}{V_{(\text{alat ukur})}} \times 100\% \\ &= \frac{100-99}{100} \times 100\% \\ &= 1 \% \end{aligned}$$

$$\% \text{ Error} = \frac{V_{(\text{alat ukur})} - V_{(\text{sensor})}}{V_{(\text{alat ukur})}} \times 100\%$$

$$= \frac{98-97}{98} \times 100\%$$

$$= 1 \%$$

$$\% \text{ Error} = \frac{V_{(\text{alat ukur})} - V_{(\text{sensor})}}{V_{(\text{alat ukur})}} \times 100\%$$

$$= \frac{98-95}{98} \times 100\%$$

$$= 3 \%$$

$$\% \text{ Error} = \frac{V_{(\text{alat ukur})} - V_{(\text{sensor})}}{V_{(\text{alat ukur})}} \times 100\%$$

$$= \frac{98-96}{98} \times 100\%$$

$$= 2\%$$

$$\% \text{ Error} = \frac{V_{(\text{alat ukur})} - V_{(\text{sensor})}}{V_{(\text{alat ukur})}} \times 100\%$$

$$= \frac{98-95}{98} \times 100\%$$

$$= 3 \%$$

Dari tabel 4 diatas dapat dilihat selisih pengukuran pling besar yaitu (3%) dan rata- rata kesalahan sebesar (2%), maka dapat disimpulkan bahwa sensor tegangan bekerja dengan baik.

4. Pengujian Nilai Pembacaan Sensor Arus

Pengujian alat ini dilakukan untuk membandingkan referensi dengan yang terukur pada sensor beban yaitu generator DC disaat peroperasiannya.

Tabel 5. Pengujian Sensor Arah Arah Putar Kiri

No	Vin (V)	Sensor arus (A)	Alat ukur amperemeter (A)	Selisih	Error %
1	170	0,198	0,2	0,002	1%
2	170	0,273	0,3	0,027	9%
3	170	1,278	1,3	0,022	1,6%
4	170	1,463	1,5	0,037	2,4%
5	170	1,565	1,6	0,035	2,1%

$$\% \text{ Error} = \frac{V_{(\text{alat ukur})} - V_{(\text{sensor})}}{V_{(\text{alat ukur})}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2-0,198}{0,2} \times 100\%$$

$$= 1 \%$$

$$\% \text{ Error} = \frac{V_{(\text{alat ukur})} - V_{(\text{sensor})}}{V_{(\text{alat ukur})}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,3-0,273}{0,3} \times 100\%$$

$$= 9 \%$$

$$\% \text{ Error} = \frac{V_{(\text{alat ukur})} - V_{(\text{sensor})}}{V_{(\text{alat ukur})}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,3-1,278}{1,3} \times 100\%$$

$$= 1,6 \%$$

$$\% \text{ Error} = \frac{V_{(\text{alat ukur})} - V_{(\text{sensor})}}{V_{(\text{alat ukur})}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,5-1,463}{1,5} \times 100\%$$

$$= 2,4 \%$$

$$\% \text{ Error} = \frac{V_{(\text{alat ukur})} - V_{(\text{sensor})}}{V_{(\text{alat ukur})}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,6-1,565}{1,6} \times 100\%$$

$$= 2,1 \%$$

Dari tabel 5 diatas dapat dilihat selisih pengukuran pling besar yaitu (9%) dan rata- rata kesalahan sebesar (3,22%), maka dapat disimpulkan bahwa sensor tegangan bekerja dengan baik.

Tabel 6. Pengujian Sensor Arus Arah Putar Kanan

No	Vin (V)	Sensor arus (A)	Alat ukur amperemeter (A)	Selisih	Error %
1	170	0,098	0,1	0,002	2%
2	170	0,19	0,2	0,01	5%
3	170	1,3	1,4	0,1	7,14%
4	170	1,89	2	0,11	5,5%

No	Vin (V)	Sensor arus (A)	Alat ukur amperemeter (A)	Selisih	Error %
5	170	2,178	2,2	0,022	1,1%

$$\% Error = \frac{V_{(alat ukur)} - V_{(sensor)}}{V_{(alat ukur)}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,1 - 0,002}{0,1} \times 100\%$$

$$= 2\%$$

$$\% Error = \frac{V_{(alat ukur)} - V_{(sensor)}}{V_{(alat ukur)}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,2 - 0,01}{0,2} \times 100\%$$

$$= 5\%$$

$$\% Error = \frac{V_{(alat ukur)} - V_{(sensor)}}{V_{(alat ukur)}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,4 - 1,3}{1,4} \times 100\%$$

$$= 7,14\%$$

$$\% Error = \frac{V_{(alat ukur)} - V_{(sensor)}}{V_{(alat ukur)}} \times 100\%$$

$$= \frac{2 - 1,89}{2} \times 100\%$$

$$= 5,5\%$$

$$\% Error = \frac{V_{(alat ukur)} - V_{(sensor)}}{V_{(alat ukur)}} \times 100\%$$

$$= \frac{2,2 - 2,178}{2,2} \times 100\%$$

$$= 1,1\%$$

Dari tabel 6 diatas dapat dilihat selisih pengukuran pling besar yaitu (7,14%) dan rata-rata kesalahan sebesar (4,14%), maka dapat disimpulkan bahwa sensor tegangan bekerja dengan baik.

PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa alat kendali kecepatan motor DC yang dibuat telah dapat mengontrol kecepatan motor DC sesuai dengan yang diinginkan dan pengendali *PWM* pada alat ini dapat mengendalikan kecepatan motor DC yang membutuhkan waktu bervariasi sesuai besar beban yang diberikan untuk mencapai keadaan konstan. *Hardware* yang di rancang dapat berfungsi sesuai dengan perancangan pada saat pengujian. Mikrokontroler menjadi pusat pengendali mulai dari pembacaan sensor, dan penerimaan perintah dari *Visual Studio* 2013.

Bagi orang yang ingin melanjutkan tugas akhir ini sebaiknya mengganti *mosfet460* menjadi *IGBT* dikarenakan jika memakai *IGBT* tingkat alat menerima arus lebih besar ketimbang *mosfet460*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K Ogata, *Modern Control Systems*, University of Minnesota, Prentice Hall, 1987.
- [2] Ali, M. (2012). Kontrol Kecepatan Motor DC Menggunakan PID Kontroler Yang Dituning Dengan Firefly Algorithm. *Jurnal Intake: Jurnal Penelitian Ilmu Teknik dan Terapan*, 3(2), 1-10.
- [3] Yulianta, A. D., & Hadi, S. P. (2015). Pengendalian Kecepatan Motor Brushless DC (BLDC) menggunakan Metode Logika Fuzzy. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 8(1), 1-9.
- [4] Nataliana, D., Wahyudi, H., & Rusdiansyah, P. (2013). Perancangan dan Implementasi Pengendalian Kecepatan Motor DC Penguatan Terpisah Menggunakan Pwm Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535. *Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung*.

Biodata Penulis

Try Yudha Candra, lahir di Padang, 23 April 1997. Menyelesaikan studi DIV Teknik Elektro Industri pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dr. Ta'ali, M.T, lahir di Pekalongan, 16 Oktober 1963. Menyelesaikan studi S1 di IKIP Padang tahun 1989. Pendidikan S2 di Institut Teknologi Bandung tahun 1999. Pendidikan S3 di Universitas Negeri Yogyakarta tahun 2017 Staf pengajar pada jurusan teknik elektro FT UNP sejak tahun 2006 sampai sekarang.