

MONITORING DAN KENDALI KECEPATAN MOTOR UNIVERSAL MENGUNAKAN HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)

Abdul Muis Prasetya¹, Totok Hariyanto², Abil Huda³, Linda Sartika⁴, Fitriani⁵
^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

*Totok54321@gmail.com

Abstract— Along with the development of increasingly advanced technology, many tools are created that can facilitate human work. For example, in the industrial world, tools are needed that can increase the efficiency of the production process. Electrical equipment with universal motor propulsion is generally equipped with a speed regulation that is limited to several choices of certain levels. The purpose of the Human Machine Interface (HMI) is to increase the interaction between the machine and the operator through a computer screen display so that the user's need for the system information provided makes physical work easier. The motor speed value (rpm) is read by the microcontroller and then instructs the mosfet driver to change the pwm (duty cycle) value that is read and responds to the universal motor. The encoder sensor reads the universal motor speed and then displays the speed value (rpm) with a graph on the Labview monitor. HMI in industry has a very important role in the monitoring and control system of a production system so that with this system it can save time and labor for observing and controlling each production work station. For the final stage in testing the monitoring and speed control tools the system works well, and has also obtained the gain determination of $K_p = 0.25$, $K_i = 0.2$ and $K_d = 0$ to get the desired set point and response. Then the last experiment was carried out by operating a universal motor from a speed of 1500 rpm, a speed of 2000 rpm and a speed of 2500 rpm. After that the rpm is returned to the point of 2000 rpm.

Keywords— Control, HMI, Universal Motor.

Intisari— Seiring dengan perkembangan teknologi semakin maju, banyak tercipta alat-alat yang dapat mempermudah pekerjaan manusia. Misalnya pada dunia industri, diperlukan alat-alat yang dapat meningkatkan efisiensi proses produksi. Peralatan listrik dengan tenaga penggerak motor universal umumnya dilengkapi dengan pengaturan kecepatan yang terbatas pada beberapa pilihan level tertentu. Tujuan dari Human Machine Interface (HMI) adalah untuk meningkatkan interaksi antara mesin dengan operator melalui tampilan layar komputer sehingga kebutuhan pengguna terhadap informasi sistem yang diberikan mempermudah pekerjaan fisik. Nilai kecepatan (rpm) motor dan dibaca oleh mikrokontroler lalu menginstruksikan driver mosfet untuk mengubah nilai pwm (duty cycle) yang terbaca dan memberikan respons pada motor universal. Sensor encoder membaca kecepatan motor universal lalu menampilkan nilai kecepatan (rpm) dengan grafik pada monitor Labview. HMI dalam industri sangat penting perannya dalam sistem monitoring dan kendali suatu sistem produksi sehingga dengan sistem ini dapat menghemat waktu tenaga kerja untuk pengamatan dan pengendalian setiap stasiun kerja produksi. Untuk tahap akhir dalam pengujian alat monitoring dan kendali kecepatan sistem bekerja dengan baik, dan juga telah mendapatkan penetapan gain $K_p = 0.25$, $K_i = 0.2$ dan $K_d = 0$ hingga mendapatkan set point dan respons yang diinginkan. Kemudian dilakukan percobaan terakhir dengan

mengoperasikan motor universal dari kecepatan 1500 rpm, kecepatan 2000 rpm dan kecepatan 2500 rpm. Setelah itu rpm dikembalikan ke titik 2000 rpm.

Kata Kunci— Kendali, HMI, Motor Universal.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi semakin maju, banyak tercipta alat-alat yang dapat mempermudah pekerjaan manusia. Misalnya pada dunia industri, diperlukan alat-alat yang dapat meningkatkan efisiensi proses produksi. Saat ini komputer tidak hanya difungsikan untuk menjalankan perangkat lunak ataupun untuk mengerjakan pekerjaan kantor. Komputer telah banyak mengalami perkembangan dalam hal fungsionalitas, baik itu perangkat lunak maupun perangkat keras.

Sistem pengkendali di industri adalah kebutuhan untuk pengambilan dan pengolahan data menjadi semakin kompleks dan variatif. Salah satu piranti yang menangani keperluan tersebut adalah sistem akuisisi data. Sistem akuisisi data dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data hingga memprosesnya untuk menghasilkan data yang dikehendaki. Tugas utama dari sistem akuisisi data adalah mengakuisisi sinyal sensor yang biasanya berupa sinyal analog, mengubah menjadi sinyal digital dan mengirimkan kepada sistem monitoring ataupun sistem pengendalian. Pertumbuhan pesat dunia perindustrian membutuhkan peralatan proses produksi maupun pendukungnya yang menggunakan motor, baik motor DC (*Direct Current*) maupun AC (*Alternating Current*) yang bekerja dengan kecepatan putar konstan maupun bervariasi [1].

Peralatan listrik dengan tenaga penggerak motor universal umumnya dilengkapi dengan pengaturan kecepatan yang terbatas pada beberapa pilihan level tertentu. Pemilihan kecepatan penggerak motor universal sangat bergantung pada jenis pekerjaan dan bahan yang akan diolah. Namun pada suatu pengolahan bahan kerja lainnya dan menuntut hasil kinerja terbaik tentu harus menggunakan kecepatan tenaga penggerak yang tepat. Sehingga untuk pekerjaan ini dibutuhkan tenaga penggerak motor universal yang mampu memberikan variasi kecepatannya [2].

Tujuan dari Human Machine Interface (HMI) adalah untuk meningkatkan interaksi antara mesin dengan operator melalui tampilan layar komputer sehingga memenuhi kebutuhan pengguna terhadap informasi sistem yang diberikan sehingga mempermudah pekerjaan fisik.

HMI dalam industri sangat penting peranannya dalam sistem monitoring dan kendali suatu sistem produksi sehingga dengan sistem ini dapat menghemat waktu dan tenaga kerja untuk pengamatan dan pengendalian setiap stasiun kerja produksi. Sistem HMI yang dirancang berupa tampilan Graphic User Interface (GUI) pada suatu tampilan layar komputer yang akan dihadapi oleh operator mesin (pengguna) [3].

II. LANDASAN TEORI

A. Human Machine Interface

Human Machine Interface (HMI) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat real time. Sistem HMI biasanya bekerja secara online dan real time dengan membaca data yang dikirimkan melalui I/O port yang digunakan oleh sistem kontrol-nya.

B. Labview

National Instruments LabView adalah bahasa pemrograman komputer yang berbasis grafik. Pemrograman LabView tidak menggunakan basis text seperti pada Visual Basic atau Delphi misalnya. Dengan memakai pemrograman grafik ini maka membangun suatu aplikasi akuisisi data dan instrumentasi lebih mudah dan cepat. LabView digunakan untuk membangun berbagai aplikasi akuisisi data dan sistem instrumentasi dan kontrol.

C. Mikrokontroler (Arduino UNO)

Arduino adalah perangkat lunak dan perangkat keras yang ditujukan untuk memudahkan siapa saja agar dapat membuat proyek-proyek elektronika dengan mudah dan cepat. Dalam hal ini, papan arduino menyatakan perangkat keras dan arduino *Integrated Development Environment* (IDE) perangkat lunak yang digunakan untuk memprogram perangkat keras.



Gambar 1. Board Arduino UNO

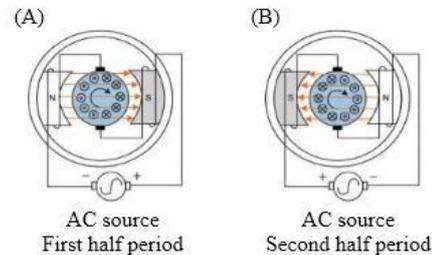
D. Motor Universal

Motor *universal* adalah salah satu motor listrik yang bekerja pada sumber tegangan listrik arus AC dan DC. karena memiliki konstruksi yang sama dengan motor DC seri. Adapun konstruksi dari motor *universal* seperti tampak pada Gambar 2.



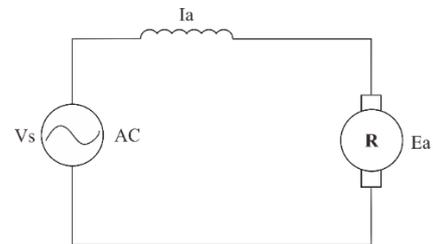
Gambar 2. Konstruksi Motor *Universal*

Prinsip kerja motor *universal* dapat dijelaskan pada gambar 3 dimana sumber tegangan AC membangkitkan medan magnet AC pada inti besi stator yang berubah arah sesuai dengan polaritas sumber tegangan. Pada kumparan rotor mengalir arus dan membangkitkan medan magnet rotor yang juga berubah sesuai dengan perubahan arah polaritas sumber. Interaksi kedua medan magnet tersebut menyebabkan timbul gaya gerak yang mengakibatkan rotor berputar.



Gambar 3. Prinsip Kerja Motor *Universal*

Konstruksi motor *universal* dapat dinyatakan dalam bentuk rangkaian *equivalen* seperti tampak pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian *Equivalen* Motor *Universal*

Berdasarkan rangkaian tersebut dapat dinyatakan persamaan tegangan sumber dari motor *universal* sebagai berikut :

$$Vs = Ea + Ia (Rs + jXs) \tag{1}$$

dengan :

- Vs = Tegangan sumber
- Ea = Tegangan rotor
- Ia = Arus jangkar
- Rs = Resistansi kumparan medan stator
- Xs = Reaktansi kumparan medan stator

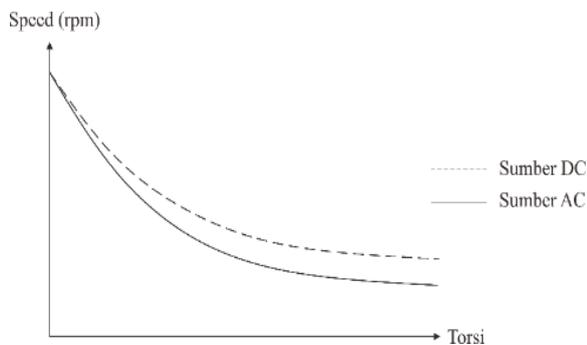
Sehingga kecepatan motor universal dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$N = \frac{Ea}{c\phi} + \frac{Vs - Ia(Rs + jXs)}{c\omega} \tag{2}$$

Dengan :

- N = Kecepatan motor universal
- Vs = Tegangan sumber
- Ea = Tegangan rotor
- Ia = Arus jangkar
- Rs = Resistansi kumparan medan stator
- Xs = Reaktansi kumparan medan stator
- Φ = Fluks medan magnet stator
- c = Konstanta motor

Berdasarkan persamaan tersebut di atas maka kecepatan (*rpm*) putaran motor *universal* dipengaruhi oleh besarnya tegangan sumber dan arus jangkar. Besarnya arus jangkar dipengaruhi oleh faktor pembebanan atau torsi beban sehingga jika semakin besar beban maka kecepatannya akan menurun seperti tampak pada Gambar 5. Pada gambar terlihat bahwa kecepatan motor *universal* merosot tajam seiring dengan perubahan beban, namun pada operasi sumber tegangan DC memiliki kecepatan yang lebih besar dibandingkan pada sumber tegangan AC.

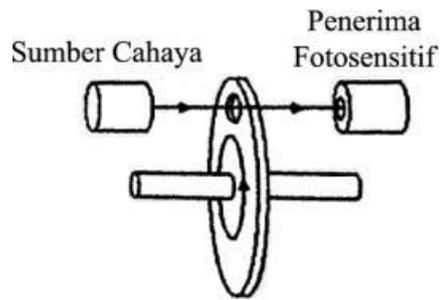


Gambar 5. Karakteristik Motor *Universal*

Pengaturan kecepatan motor *universal* dapat dilakukan dengan mengatur variabel tegangan sumber. Dari persamaan kecepatan motor diatas, dapat diketahui semakin besar tegangan sumber maka kecepatan motor *universal* akan semakin meningkat demikian pula sebaliknya. Dengan demikian pengaturan kecepatan motor *universal* hanya dapat dilakukan dengan mengatur tegangan sumber yang menuju ke motor *universal* [4].

E. Sensor Ebcoder

Encoder adalah divais elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. Encoder umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat di olah menjadi informasi berupa kode digital oleh rotary encoder untuk diteruskan oleh rangkaian kendali. Pada umumnya encoder digunakan sebagai sensor pengukur kecepatan pada sebuah motor [5]. Berikut adalah gambar desain mekanik dari sebuah encoder.

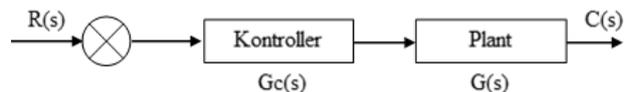


Gambar 7. Module Optocoupler (Sumber: Google)

Sensor ini menggunakan sel peka cahaya. Cahaya dari sumber cahaya ditransmisikan ke penerima (receiver) saat melewati lubang piringan dan dipantulkan saat tidak melewati lubang, sehingga dihasilkannya pulsa untuk setiap putaran, Pulsa tersebut kemudian dihitung selama waktu yang tetap dan kecepatan yang diperoleh. Proses elektronik diperlukan untuk waktu pulsa dan mengubah hasilnya menjadi sinyal analog [4].

F. Sistem *Open Loop*

Sistem *open loop* adalah suatu sistem yang keluarannya tidak mempunyai pengaruh terhadap aksi kontrol. Dalam suatu sistem *open loop*, keluaran tidak dapat dibandingkan dengan masukan acuan. Untuk setiap masukan acuan berhubungan dengan operasi tertentu, sebagai akibat ketetapan dari sistem. Dengan adanya gangguan, Sistem kontrol *open loop* tidak dapat melaksanakan tugas sesuai

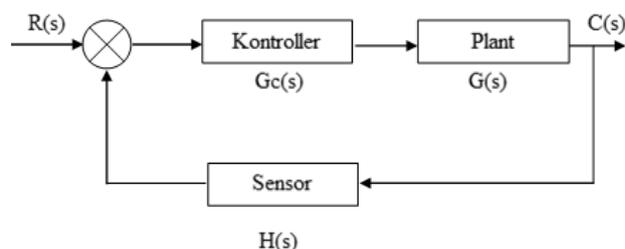


yang diharapkan. Sistem kontrol *open loop* dapat digunakan hanya jika hubungan antara masukan dan keluaran diketahui.

Gambar 8. Diagram Blok Sistem *Open loop*

G. Sistem *Close Loop*

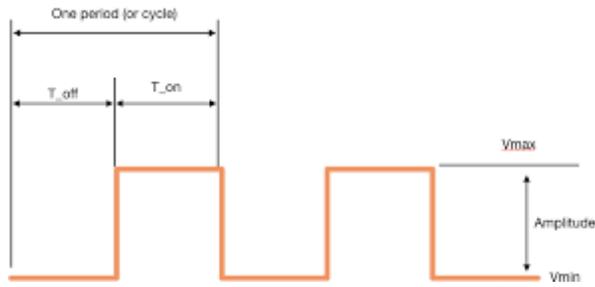
Sistem *close loop* adalah suatu sistem yang keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi kontrol. sistem *close loop* juga merupakan sistem kontrol berumpan balik. Sinyal kesalahan penggerak, yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik yang dapat berupa sinyal keluaran atau suatu fungsi sinyal keluaran atau turunannya, diumpan balik ke kontroler untuk memperkecil kesalahan agar keluaran sistem mendekati harga yang diinginkan.



Gambar 9. Diagram Blok Sistem *Close loop*

H. Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) adalah suatu teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa (Duty cycle) dengan



nilai frekuensi dan amplitudo yang tetap [6]. Satu siklus pulsa merupakan kondisi tertinggi kemudian berada di zona transisi ke kondisi terendah.

Gambar 10. Sinyal Pulse Width Modulation (PWM)

III. METODE PENELITIAN

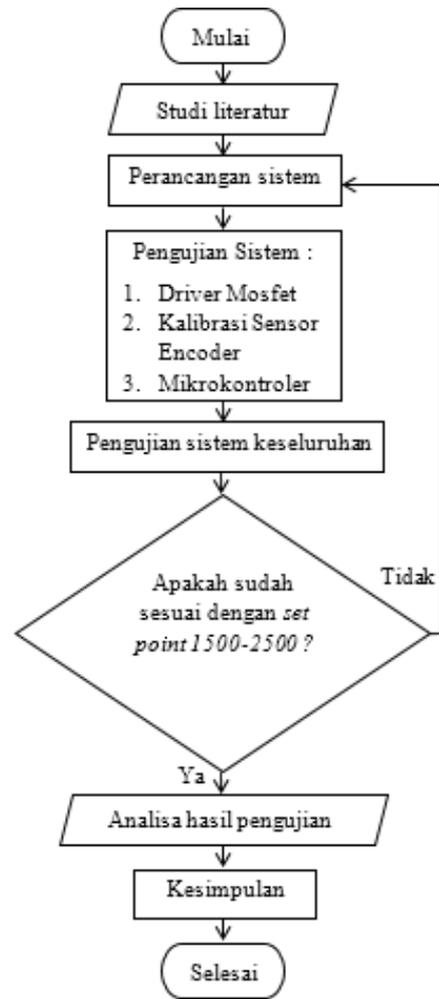
A. Metode Penelitian

Dalam pengerjaan penelitian tugas akhir skripsi ini dilakukan dengan beberapa tahapan, diantaranya :

- Studi literatur
Mengumpulkan beberapa literatur yang berkaitan dengan penelitian ini diantaranya adalah jurnal ilmiah, buku dan sumber referensi lainnya.
- Perancangan sistem
Pada perancangan sistem ini difokuskan pada tampilan sistem HMI dan perancangan alat untuk melakukan *monitoring* dan kedali kecepatan motor *universal*.
- Pengujian sistem
Dari hasil perancangan sistem akan diuji dengan kriteria yang tercantum pada sub bab tahapan pengujian.
- Pengujian sistem keseluruhan
Dari sistem yang telah dirancang penulis melakukan pengujian secara keseluruhan untuk membuktikan bahwa sistem telah bekerja dengan yang di harapkan. Penulis juga melakukan pengambilan data untuk penyusunan hasil.
- Analisa hasil pengujian
Melakukan analisis hasil pengujian untuk memperoleh kinerja sistem secara keseluruhan dan mengklarifikasi hasil tersebut terhadap tujuan yang telah ditetapkan. Apabila belum memenuhi tujuan maka perlu dikajilebih lanjut mengenai gagasan alternatif agar tujuan yang telah ditetapkan dapat dicapai.
- Kesimpulan
Jika hasil evaluasi menunjukkan bahwa tujuan penelitian telah tercapai maka akan ditarik kesimpulan untuk menegaskan bahwa gagasan yang di usulkantelah berhasil menyelesaikan permasalahan dan memenuhi tujuan penelitian.
- Hasil
Hasil menunjukkan bahwa penelitian telah tercapai dan melakukan penulisan akhir pada skripsi.

B. Diagram Alir Penelitian

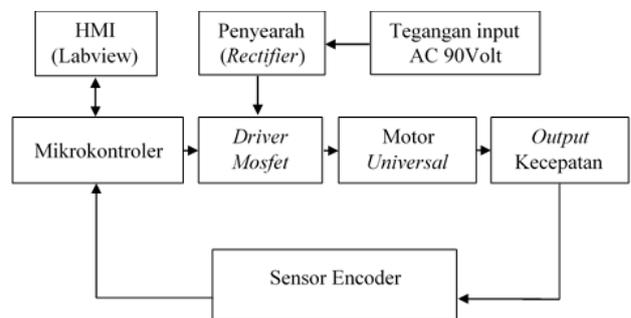
Berikut merupakan diagram alir penelitian yang berupa langkah-langkah dari penelitian yang akan dikerjakan agar dapat sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 11. Diagram Alir Penelitian

C. Rancangan Sistem

Adapun rancangan sistem untuk *monitoring* dan kendali kecepatan motor *universal* pada Gambar 12 :



Gambar 12. Diagram Sistem *Monitoring* dan Kendali Kecepatan Motor *Universal*

Gambar diagram diatas adalah sistem monitoring dan kendali kecepatan motor universal menggunakan sistem HMI. Kecepatan motor dikendalikan menggunakan mikrokontroler dengan driver mosfet. Sensor berfungsi untuk membaca output kecepatan motor universal dan menampilkan hasil pada sistem HMI.

D. Tahapan Pengujian

Tahapan pengujian adalah penulis melakukan serangkain pengujian dan pembuktian teori melalui

pengamatan pada hasil yang dicapai dari desain sistem yang dirancang. Beberapa pengujian yang dilakukan sebagai berikut :

- Pengujian Driver Mosfet

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh keluaran sinyal PWM terhadap *output* tegangan. Dimana penulis menggunakan digital DCV meter dan Osiloskop untuk melihat keluaran sinyal *output* PWM.

- Kalibrasi Sensor Encoder

Kalibrasi dilakukan untuk membandingkan nilai pembacaan kecepatan motor pada sensor kecepatan dengan *digital* rpm meter untuk menentukan tingkat linieritas sensor.

- Pengujian Secara *Open Loop*

Pengujian *open loop* dilakukan untuk mengetahui pengaruh *input* nilai PWM terhadap nilai kecepatan pada motor *universal*.

- Pengujian Secara *Close Loop*

Pengujian *close loop* dilakukan untuk mengetahui nilai kecepatan yang terbaca pada *digital* rpm meter dengan hasil pembacaan sensor apakah sudah sesuai dengan *input set point*.

- Pengujian Secara Keseluruhan

Pengujian secara keseluruhan dilakukan dari sistem HMI dengan memberikan set point pada sistem dan melihat *respons output* kecepatan, lalu menampilkan *respons* kecepatan dengan grafik tersebut pada sistem HMI yang telah di desain.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Driver Mosfet

Pada tahapan pengujian driver mosfet dilakukan dengan memberikan tegangan *input* 90 volt. perubahan tegangan *output* berdasarkan padaperubahan nilai PWM. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel I.

Tabel I
Hasil Pengujian Driver Mosfet

No	Tegangan sumber (V)	Nilai PWM	Duty Cycle (%)	Tegangan keluaran (V)
1	90	255	100	90
2	90	229.5	90	90
3	90	204	80	88
4	90	178.5	70	82
5	90	153	60	75
6	90	127.5	50	66
7	90	102	40	58
8	90	76.5	30	48
9	90	51	20	39
10	90	25.5	10	30

Semakin kecil nilai PWM yang di berikan maka tegangan output juga menurun dari tegangan input, begitu juga ketika nilai PWM dinaikan tegangan output akan naik. Disini penulis merubah nilai PWM (duty cycle) dengan range 10% tanpa menggunakan beban.

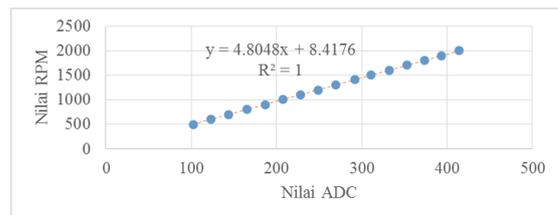
B. Kalibrasi Sensor

Analog To Digital Converter (ADC) adalah perubahan input analog menjadi kode-kode digital. Pada tahapan ini penulis memberikan variasi kecepatan terhadap sensor. Range yang digunakan adalah 500rpm-2000rpm dengan bertahap per 100rpm. Dengan melihat nilai output ADC disetiap tahap perubahan rpm hasil yang didapatkan sebagai berikut.

Tabel II
Hasil Kalibrasi Sensor Encoder

No	ADC (<i>Analog to Digital Converter</i>)	RPM (<i>Rotasi PerMenit</i>)
1	102	502
2	123	601
3	144	702
4	165	800
5	187	906
6	207	1002
7	228	1104
8	249	1202
9	269	1300
10	292	1407
11	311	1501
12	332	1603
13	353	1704
14	373	1800
15	393	1901
16	414	2001

Berdasarkan Tabel II diatas diatas didapatkan grafik linieritas sensor dan persamaan linieritas dengan menggunakan Microsoft Exel. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui output kecepatan sensor encoder terhadap kecepatan input yang diberikan.



Gambar 13. Grafik Linieritas Sensor Encoder

Dari gambar 13 didapat nilai R2 atau nilai korelasi untuk sensor yaitu 1, memiliki hubungan linieritas yang sangat baik. Dikatakan nilai yang sangat baik karena nilai atau hubungan antara dua variabel yang dibandingkan antara nilai input rpm dengan pembacaan sensor memiliki nilai korelasi antara 0.8 sampai dengan 1. Berdasarkan grafik didapatkan persamaan $y = 4.8048x + 8.4176$ yang

digunakan untuk mengakses pembacaan sensor encoder pada program Arduino.

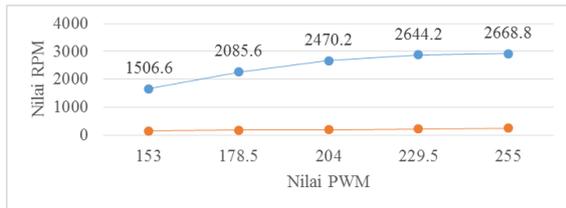
C. Pengujian Secara *Open loop*

Pengujian open loop dilakukan untuk mengetahui pengaruh nilai PWM terhadap nilai kecepatan. Pada pengujian ini nilai PWM diberikan dengan bervariasi untuk mendapatkan nilai kecepatan yang diinginkan. Berdasarkan hasil dari pengujian didapatkan sebagai berikut.

Tabel III
Hasil Pengujian *Open loop*

No	Tegangan sumber AC (V)	Tegangan keluaran DC (V)	Nilai PWM	Duty Cycle (%)	Digital RPM Meter
1	90	91	255	100	2668.8
2	90	90	229.5	90	2644.2
3	90	82	204	80	2470.2
4	90	66	178.5	70	2085.6
5	90	45	153	60	1506.6

Berdasarkan Tabel III diatas didapatkan grafik pengaruh nilai PWM terhadap nilai rpm. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui output kecepatan terhadap nilai PWM diberikan.



Gambar 14. Grafik Nilai PWM Terhadap Nilai RPM

Dari Gambar 14 semakin besar nilai PWM yang di berikan maka nilai kecepatan yang terbaca pada Digital RPM Meter juga naik begitu sebaliknya ketika nilai PWM diturunkan nilai kecepatan akan turun. Disini penulis merubah nilai PWM (duty cycle) dengan range 10%.

D. Pengujian Secara *Close loop*

Pada tahap pengujian close loop dilakukan dengan memberikan input set point dan melihat respons pada kecepatan motor lalu membandingkan pembacaan rpm meter dengan sensor apakah sudah sesuai dengan input set point. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel IV.

Tabel IV
Hasil Pengujian *Close Loop*

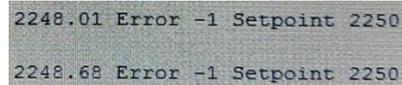
No	Tegangan sumber AC (V)	Tegangan keluaran DC (V)	Set point (RPM)	Sensor Encoder (RPM)	Digital RPM Meter	Error (%)
1	90	84	2500	2465	2490	1.00
2	90	74	2250	2248	2241	0.31
3	90	63	2000	1998	1998	0.00
4	90	53	1700	1719	1699	1.16
5	90	48	1500	1515	1519	0.26
Error rata-rata RPM						0.02

$$Error = \frac{(b - a)}{b} 100\%$$

$$Error = \frac{(9947 - 9945)}{9947} 100\%$$

$$Error = 0.02\%$$

Data hasil Tabel IV menunjukkan bahwa nilai set point yang telah ditetapkan dan respons yang terbaca pada sensorencoder mengalami selisih yang relative kecil dan didapatkan error rata-rata antara pembacaan sensor encoder dengan digital RPM meter yaitu 0.02 %. Berikut ini Gambar 4.3 menunjukkan proses monitoring kecepatan motor universal dengan salah satu nilai set point yaitu 2250 rpm.



Gambar 15. Serial Monitor

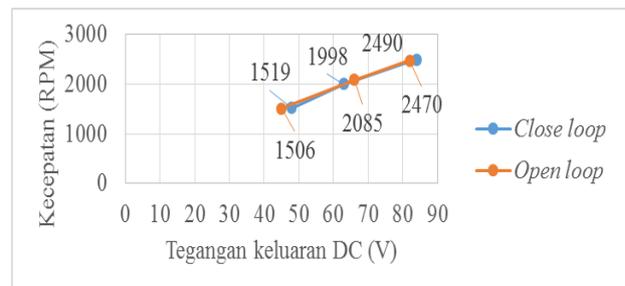
E. Perbandingan Pengujian Open loop dengan Close loop

Pada tahap ini penulis melakukan perbandingan antara pengujian open loop dengan pengujian close loop pembacaan digital RPM meter dan tegangan output. Tabel V di bawah adalah hasil perbandingan tersebut.

Tabel V
Perbandingan Pengujian Open loop dengan Close loop

No	Tegangan keluaran DC(V)		Kecepatan (RPM)	
	Close loop	Open loop	Close loop	Open loop
1	84	82	2490	2470
2	63	66	1998	2085
3	48	45	1519	1506

Data hasil Tabel V menunjukkan bahwa sistem telah berkerja sesuai dengan yang di harapkan dimana, pengujian open loop dan pengujian close loop telah sama dan tegangan keluaran berbanding lurus dengan kecepatan (RPM) pada motor universal. Dapat dilihat pada Gambar 15 Perbandingan Pengujian Close loop dengan Pengujian Open loop.



Gambar 16. Perbandingan Pengujian *Close loop* dengan Pengujian *Open loop*

Dari gambar 15 pengujian open loop dan pengujian close loop telah sama dan tegangan keluaran berbanding lurus dengan kecepatan (RPM) pada motor universal. dimana pengujian close loop lebih linier dan signifikan dari pengujian open loop.

F. Pengujian Keseluruhan

Pada pengujian ini pemilihan nilai set point yang telah ditetapkan 1500rpm-2500rpm. Sistem dijalankan pada kondisi awal motor universal dalam keadaan mati. Berikut pengujian dengan beberapa nilai set point :

- Pengujian dengan Nilai *Set point* 1500 RPM

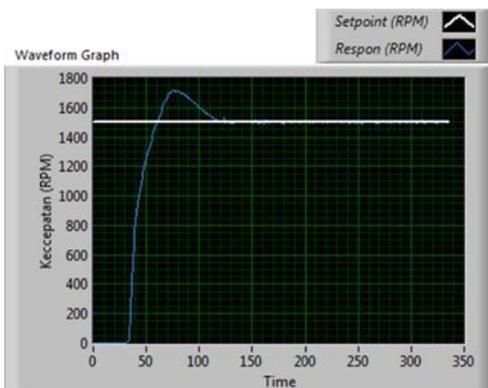
Pada pengujian ini diberikan nilai set point 1500rpm dengan kondisi awal motor dalam keadaan mati. Motor universal berputar dengan pembacaan sensor yang berubah-ubah sampai pada dalam keadaan stabil. Berikut Tabel VI nilai set point pembacaan respons kecepatan.

Tabel VI

Nilai Set point 1500rpm Pembacaan Respons Kecepatan

No	Set point (RPM)	Respons (RPM)	Digital RPM Meter	Error (%)
1	1500	1496	1481	1.00

Data hasil Tabel VI menunjukkan bahwa pembacaan sensor mengalami lonjakan hingga 1700 rpm dan menurun hingga mencapai nilai set point. Hasil pembacaan sensor memiliki selisih yang relative kecil dan didapatkan error antara pembacaan sensor encoder dengan digital RPM meter yaitu 1.00 %. Berikut ini Gambar 17 menunjukkan proses monitoring kecepatan motor universal dengan set point 1500 rpm.



Gambar 17. Respons Set point 1500rpm

- Pengujian dengan Nilai *Set point* 2000 RPM

Pada pengujian ini diberikan nilai set point 2000rpm dengan kondisi awal motor dalam keadaan mati. Motor universal berputar dengan pembacaan sensor yang berubah-ubah sampai pada dalam keadaan stabil. Berikut Tabel VII nilai set point pembacaan respons kecepatan.

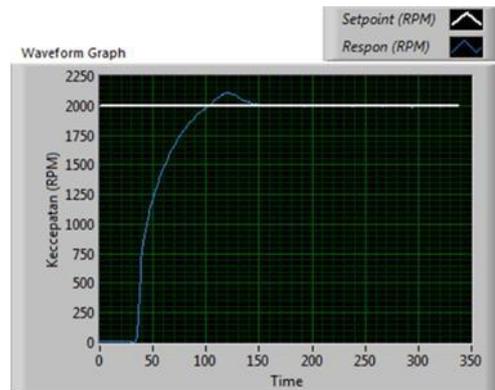
Tabel VII

Nilai Set point 2000rpm Pembacaan Respons Kecepatan

No	Set point (RPM)	Respons (RPM)	Digital RPM Meter	Error (%)
1	2000	1999	1981	0.90

Data hasil Tabel VII menunjukkan bahwa pembacaan sensor mengalami lonjakan hingga 2100 rpm dan menurun hingga mencapai nilai set point. Hasil pembacaan sensor

juga memiliki selisih yang relative kecil dan didapatkan error antara pembacaan sensor encoder dengan digital RPM meter yaitu 0.90 %. Berikut ini Gambar 4.6 menunjukkan proses monitoring kecepatan motor universal dengan set point 2000 rpm.



Gambar 18. Respons Set point 2000rpm

- Pengujian dengan Nilai *Set point* 2500 RPM

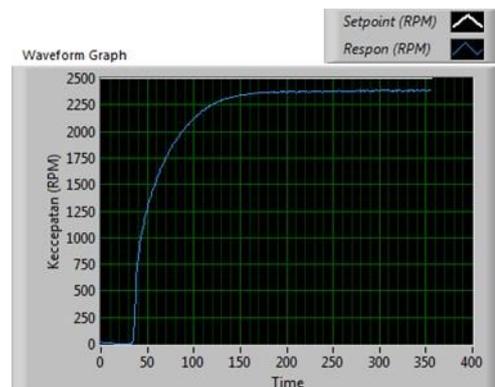
Pada pengujian ini diberikan nilai set point 2500rpm dengan kondisi awal motor dalam keadaan mati. Motor universal berputar dengan pembacaan sensor yang berubah-ubah sampai pada dalam keadaan stabil. Berikut Tabel V nilai set point pembacaan respons kecepatan.

Tabel VIII

Nilai Set point 1500rpm Pembacaan Respons Kecepatan

No	Set point (RPM)	Respons (RPM)	Digital RPM Meter	Error (%)
1	2500	2384	2520	5.40

Data hasil Tabel VIII menunjukkan bahwa pembacaan sensor tidak mengalami lonjakan dan tidak mencapai nilai set point. Hasil pembacaan sensor memiliki selisih relative kecil dari nilai set point dan didapatkan error antara pembacaan sensor encoder dengan digital RPM meter yaitu 5.40 %. Berikut ini Gambar 19. menunjukkan proses monitoring kecepatan motor universal dengan set point 2500 rpm.



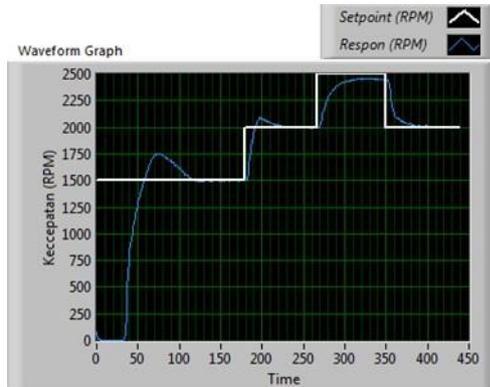
Gambar 19. Respons Set point 2500rpm

- Pengujian dengan Variasi Nilai Set point

Untuk tahap akhir dalam pengujian alat monitoring dan kendali kecepatan sistem bekerja dengan baik, dan juga

telah mendapatkan penetapan gain $K_p = 0.25$, $K_i = 0.2$ dan $K_d = 0$ hingga mendapatkan set point dan respons yang diinginkan. Kemudian dilakukan percobaan terakhir dengan mengoperasikan motor universal dari kecepatan 1500 rpm, kecepatan 2000 rpm dan kecepatan 2500 rpm. Setelah itu rpm dikembalikan ke titik 2000 rpm. Berikut adalah respons sistem akhir yang ditampilkan:

- [6] Ujang Wiharja, G. H. (2019). Sistem Pengendali Kecepatan Putar Motor DC Dengan Arduino Berbasis LabView. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna VOLUME 7*, 41-50.



Gambar 20. Respons Set point 1500rpm, 2000rpm dan 2500rpm

V. KESIMPULAN

Dari percobaan dan pembahasan pada bab sebelumnya didapatkan kesimpulan antara lain :

- Pengaturan PWM mempengaruhi kecepatan pada motor universal. Dengan merubah nilai PWM dari 10 hingga 255. Nilai PWM berbanding lurus dengan kecepatan (rpm) pada motor universal.
- Dengan menggunakan National Instrument LabView mampu memonitor dan mengendalikan kecepatan dari 1500rpm hingga 2500rpm pada motor universal.
- Telah diimplementasikan dengan baik sesuai dengan perancangan sistem monitoring dan kendali kecepatan motor universal dengan HMI dan board Arduino Uno sebagai akuisisi data.
- Monitoring dan kendali kecepatan motor universal dengan PID sudah mampu bekerja menstabilkan kecepatan dimana, dari kendali 1500rpm sampai dengan kendali 2500rpm didapatkan nilai error rata-rata 0.02% dengan nilai $K_p = 0.25$; $K_i = 0.2$; $K_d = 0$.

REFERENSI

- [1] Agus Zuhendri, A. T. (2012). Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Pengendalian Level Cairan dengan LabView Berbasis Mikrokontroler Mbed NXP LPC1768. *JITET VOLUME 1*, 7-15.
- [2] Heri Haryanto, S. H. (2012). Perancangan Sistem (Human Machine Interface) Untuk Pengendalian Kecepatan Motor DC. *SETRUM VOLUME 1*, 9-16.
- [3] Kadir, A. (2017). Pemogram Arduino dan Processing. PT. Elek Media Komputindo.
- [4] Nurhayata, I. G. (2015). Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Universal Satu Fasa Dengan Metode Kontrol Sudut Fasa Berbasis Mikrokontroler AT89S52. *JPTK VOLUME 2*, 75- 88.
- [5] Tissos, N. P. (2014). Pembuatan Sistem Pengukuran Viskositas Efek Hall UGN3503 Berbasis Arduino UNO328 . *SAINTEK VOL.VI NO.1*, 71-83.