

KENDALI PUTARAN MOTOR UNIVERSAL MENGGUNAKAN KONTROL SUDUT FASA

Sahri Shalahuddin¹, Sapto Nisworo², Hery Teguh Setiawan³

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Magelang, Jawa Tengah

sahrishalahuddin10@gmail.com¹, saptonisworo@untidar.ac.id²,

heryteguhsetiawan@untidar.ac.id³

ABSTRAK

Proses kendali putaran pada motor universal seringkali mengalami perubahan gelombang sinus yang dihasilkan yaitu gelombang terpotong karena penggunaan thyristor. Dengan terpotongnya gelombang sinus mengakibatkan kecepatan putaran dari motor menjadi berkurang. Penelitian ini bertujuan merancang alat pengendali motor universal dengan metode kontrol sudut fasa berbasis Arduino Uno dimana alat yang dirancang ditujukan untuk dapat mengendalikan motor listrik secara otomatis dan dapat menampilkan data-data kecepatan motor yang ada pada interface LCD sehingga dapat mengurangi *human error* serta menerapkan sistem otomasi pada motor listrik. Hasil dari penelitian ini adalah alat yang telah berhasil dibuat menghasilkan sistem otomasi kendali motor listrik dengan beberapa pengujian yang dilakukan yaitu tegangan berbanding lurus dengan arus listrik pada motor, semakin besar arus listrik pada motor maka kecepatan akan naik hingga kecepatan nominal akan tetapi ketika sudah mencapai kecepatan nominal, arus listrik pada motor dinaikan maka torsi akan naik dan RPM akan turun. Selain itu, didapatkan rata-rata eror kecepatan 0,0518% dan hubungan torsi dengan arus linear, sesuai dengan persamaan $T=K \times I_a \times F$, pada percobaan pertama dengan hasil torsi yang didapatkan sebesar 0,0032 Nm.

Kata kunci : Arduino uno, kontrol sudut fasa, LCD, RPM

ABSTRACT

The rotation control process in universal motors often experiences changes in the resulting sine wave, which is a truncated wave due to the use of thyristors. With the truncation of the sine wave, the rotation speed of the motor is reduced. This research aims to design a universal motor controller with the Arduino Uno-based phase angle control method where the designed tool is intended to be able to control electric motors automatically and can display motor speed data on the LCD interface so as to reduce human error and implement an automation system on electric motors. The result of this research is a tool that has been successfully made to produce an electric motor control automation system with several tests carried out, namely the voltage is directly proportional to the electric current in the motor, the greater the electric current in the motor, the speed will increase to the nominal speed but when it reaches the nominal speed, the electric current in the motor is increased, the torque will increase and the RPM will decrease. In addition, the average speed error is 0.0518% and the relationship between torque and current is linear, according to the equation $T = K \times I_a \times F$, in the first experiment with the results of the torque obtained of 0.0032 Nm..

Keywords : Arduino uno, phase angle control, LCD, RPM

PENDAHULUAN

Motor listrik banyak berperan dalam perkembangan industri serta membawa pembaruan di segala bidang. Berbagai macam motor listrik yang telah dibuat dan dijalankan dengan menggunakan arus searah dan bolak-balik. Motor arus bolak-balik adalah motor yang banyak digunakan untuk bermacam-macam keperluan industri.

menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik, dimana tenaga mekanik tersebut berupa putaran dari pada motor [1]. Beberapa jenis motor listrik dimanfaatkan untuk keperluan industri rumah tangga dan kuliner skala kecil, menengah dan besar. Diantaranya memanfaatkan motor diesel untuk penggilingan kedelai, menggunakan motor sinkron untuk penggilingan kopi dan menggunakan motor universal dan memanfaatkan motor DC

sebagai pengering pada simulasi pengendalian suhu menggunakan kontroller PID pada protipe mesin pengering gabah. Salah satu jenis motor listrik sebagai tenaga penggerak yang hampir sebagian besar digunakan pada peralatan mesin industri maupun rumah tangga [2]. Belitan dirangkai seri (armatur dan belitan medan) melalui dua buah sikat arang, sehingga dihasilkan arah arus medan dan arus armatur yang sama meskipun motor disuplay dengan arus AC. Torsi yang dihasilkan dari motor universal berbentuk pulsa yang dihasilkan setiap setengah siklus (90°) ketika arus berubah arah melewati komutator. Motor universal tanpa beban memiliki putaran sangat tinggi yaitu 2000-20.000 rpm bila tanpa beban, namun seiring bertumbuhnya beban putaran akan turun hingga 50-80%. [3].

Zero crossing merupakan rangkaian elektronika daya yang memiliki fungsi untuk mendeteksi titik persilangan nol disuatu sinyal AC baik sinusoidal maupun sinyal AC lainnya. Rangkaian tersebut sering digunakan untuk mengendalikan beban resistif, kapasitif ataupun induktif pada tegangan AC dan menggunakan eksekutor berupa triac. Titik persilangan dengan nol tegangan sumber untuk beban yang dikendalikan dengan komponen saklar berupa triac. Titik persilangan dengan nol tegangan sumber untuk beban yang dikendalikan dengan komponen saklar yaitu triac diperlukan untuk menentukan waktu mulai trigger atau sinyal kontrol triac tersebut. Pemberian sinyal input pada triac yang tepat pada titik persilangan nol akan meningkatkan efektifitas dan efisiensi daya output dari pengendalian beban listrik dua arah. [4].

Motor universal beroperasi pada sistem tenaga, arus pada kumparan utama akan meningkat seiring dengan penambahan beban. Sistem kontrol yang dapat digunakan untuk mengontrol arus kumparan bantu pada motor universal ini dapat dilakukan dengan berbagai macam cara, diantaranya adalah dengan menggunakan Arduino. Arduino ini merupakan salah satu peralatan berupa mikrokontroler yang biasa digunakan untuk mengontrol suatu sistem secara terprogram. Setelah dilakukan pengujian maka diperoleh hasil. Semakin besar tegangan input PWM yang diberikan maka tegangan keluaran PWM juga semakin besar tetapi hubungan kenaikan tegangan ini tidak linear. Sistem kendali PWM tidak dapat digunakan

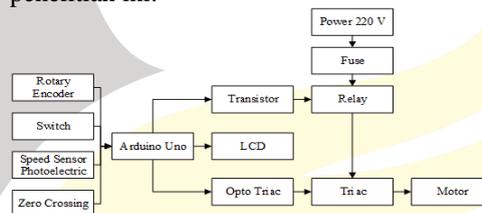
mengontrol arus pada kumparan bantu motor universal. [5].

Berdasarkan latar belakang maka tujuan dari penelitian ini adalah merancang alat pengendali motor universal dengan metode kontrol sudut fasa yang dapat digunakan pengguna untuk mengetahui cara tracking *variable speed*, serta kendali motor listrik secara otomatis menggunakan *Arduino* yang ditampilkan pada *interface LCD* maka diperlukan *Arduino Uno* untuk menerima data-data yang dikirim agar bisa diprogram untuk melakukan kendali motor listrik berdasarkan perintah yang telah ditentukan.

METODE

Penelitian ini memerlukan tempat untuk proses perancangan sistem monitoring dan kendali motor induksi berbasis arduino uno. Lokasi penelitian untuk menyelesaikan tugas akhir dengan judul kendali motor universal menggunakan kontrol sudut fasa berbasis Arduino Uno dilaksanakan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Tidar.

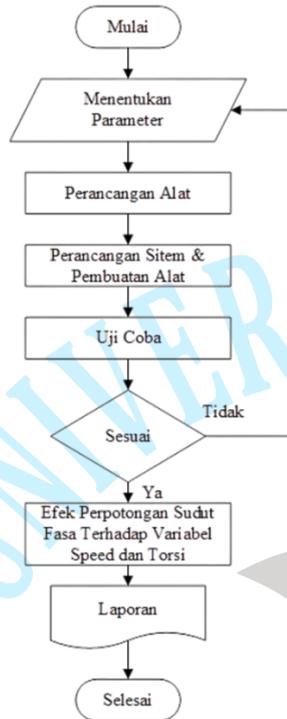
Gambar 1 merupakan diagram blok penelitian ini.



Gambar 1. Skema Perancangan Sistem

Berdasarkan gambar 1 Rangkaian blok diagram terdiri berasal dari Arduino yang dipergunakan menjadi input pengendali asal keseluruhan. *Rotary Encoder* menjadi inputan untuk kecepatan putaran motor listrik, *Optocoupler* dan *Triac* sebagai penerima perintah dari Arduino untuk mengatur tegangan sumber *optocoupler*, *optocoupler* sebagai pengatur tegangan gate *triac* dan LCD untuk menampilkan kondisi kecepatan, pada motor listrik.

Penelitian ini melakukan beberapa tahapan dalam proses pembuatan sistem monitoring dan kendali motor listrik menggunakan arduino dengan interface LED dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat bahwa model akan dikatakan sukses dibuat jika uji coba dan pengambilan data dilakukan penulis menyelesaikan proses perancangan kendali motor listrik menggunakan Arduino dengan *interface LED* memakai software arduino yang bisa beroperasi dengan baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian tugas akhir dalam pembuatan kendali putaran motor universal menggunakan kontrol sudut fasa diperlukan data dalam proses penyusunan laporan penelitian. Data penelitian yang diperlukan dalam penyusunan laporan penelitian ini antara lain:

a. Pemasangan Komponen Elektronika pada PCB

Komponen-komponen elektronika dipasang pada papan PCB dan direkatkan menggunakan solder.



Gambar 3. Papan PCB yang telah dipasang komponen elektronika

b. Koding Program Mikrokontroler

Koding program mikrokontroler dilakukan untuk menyusun algoritma atau langkah-langkah yang akan dilakukan oleh mikrokontroler sebagai sistem pengendali pada alat. Parameter kendali pada penelitian ini adalah pengaturan kendali putaran motor universal menggunakan kontrol sudut fasa.

c. Pengujian Tampilan LCD

Pengujian tampilan LCD dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara tampilan pada LCD dengan program yang dimasukkan pada mikrokontroler. Gambar 4. Menunjukkan tampilan LCD untuk pengaturan range RPM 1 dan juga range RPM 2. Menunjukkan tampilan LCD untuk keadaan alat dalam kondisi *on* atau *off*, sehingga tampilan pada LCD dapat membantu pengguna dalam menentukan pengendalian alat kendali putaran motor induksi 1 fasa.



Gambar 4. Pengujian LCD

d. Pengujian Rotary Encoder

Pengujian *rotary encoder* dilakukan untuk mengetahui serta mengendalikan alat, dapat mengontrol range RPM 1 dan range RPM 2 dengan mempunyai dua rentang kecepatan untuk perubahan RPM yang diinginkan lebih cepat dengan menekan tombol *encoder* yang digunakan sebagai memulai dan menghentikan motor yang ditampilkan pada layar LCD 2x16 untuk tampilan status dan RPM.



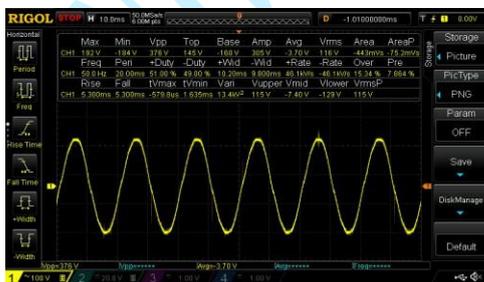
Gambar 5. Pengujian *rotary encoder*

e. Pengujian Kendali Putaran Motor

Pengujian kendali putaran motor dilakukan agar dapat mengetahui

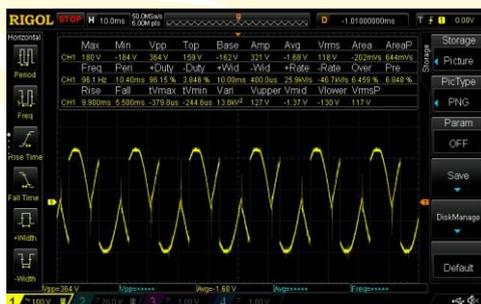
keberhasilan alat dalam mengendalikan putaran motor. Hasil yang diperoleh yaitu perubahan putaran pada motor, tegangan output dan juga perpotongan sudut fasa, dengan mendeteksi silang nol pada setiap kali garis AC melewati titik nol, mikrokontroler menerima sinyal. Rangkaian tegangan tinggi diisolasi dari mikrokontroler dengan menggunakan *optocoupler*.

Hasil yang diperoleh yaitu perubahan putaran pada motor, tegangan output dan juga perpotongan sudut fasa. Pada gambar 6 menunjukkan dalam keadaan *off* dalam keadaan 0 dan gelombang sinus masih belum terpotong.



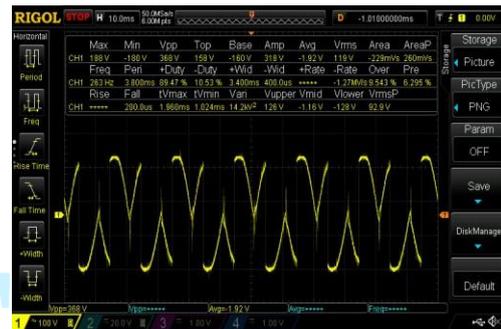
Gambar 6. Gambar tampilan 0

Setelah proses tampilan kendali putaran motor berjalan dengan baik, Pada gambar 7 menunjukkan putaran RPM 0-1200 putaran pada motor menunjukkan keadaan pelan dan menampilkan tegangan sebesar 110 volt.



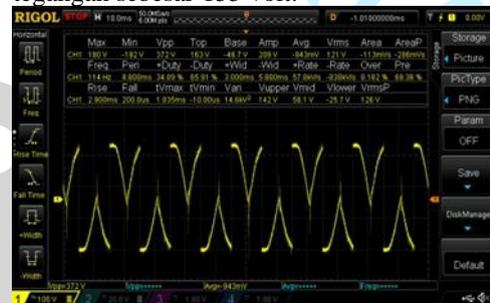
Gambar 7. Gambar pengujian dengan tampilan 1200

Pada gambar 8 menunjukkan proses 1200-1500 RPM putaran pada motor menunjukkan keadaan dengan cukup kencang dan menampilkan tegangan sebesar 125 volt.



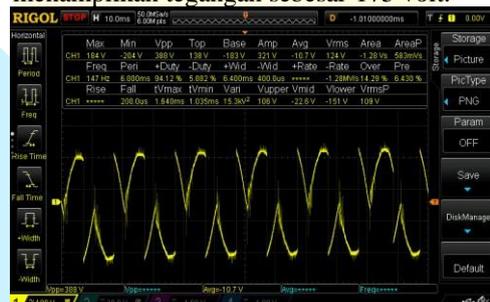
Gambar 8. Gambar pengujian dengan tampilan 1500

Pada gambar 9 menunjukkan percobaan RPM 1500-2500 putaran pada motor menunjukkan keadaan dengan kencang dan menampilkan tegangan sebesar 155 volt.



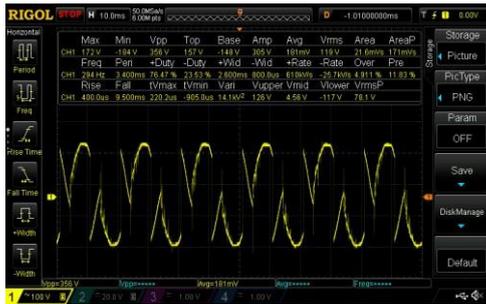
Gambar 9. Gambar pengujian dengan tampilan 2500

Pada gambar 10 menunjukkan percobaan RPM 2500-3200 putaran pada motor menunjukkan keadaan dengan kencang dan menampilkan tegangan sebesar 175 volt.



Gambar 10. Gambar pengujian dengan tampilan 3200

Pada gambar 11 menunjukkan percobaan RPM 6500 putaran pada motor menunjukkan keadaan paling kencang dan menampilkan tegangan sebesar 200 volt. Tetapi ada kesalahan dalam pembacaan sensor dimana sensor tidak dapat merekam dalam putaran paling kencang.



Gambar 11. Gambar pengujian dengan tampilan 6500

Tabel 2. Hasil Pengujian Torsi

K	Ia (A)	F (Wb)	T (Nm)
330	0,1651	0,00005934	0,0032
330	0,1876	0,00005934	0,0037
330	0,2326	0,00005934	0,0046
330	0,2626	0,00005934	0,0051
330	0,3002	0,00005934	0,0059

f. Hasil Pengujian

1. Berdasarkan karakteristik motor universal DC seri, ketika arus dinaikkan maka kecepatan akan naik sampai kecepatan nominal. Pada tabel hasil pengujian kecepatan dengan beberapa seting kecepatan menghasilkan real kecepatan yang relative mendekati sehingga erornya kecil. Pengujian data kecepatan putaran motor universal dengan merubah tegangan sumber pada frekuensi 50 Hz dari hasil pengujian didapatkan dengan menggunakan rumus:

$$N = \frac{Vt - Ia \cdot (Ra + j\omega L)}{K \cdot \phi} \dots \dots \dots (1)$$

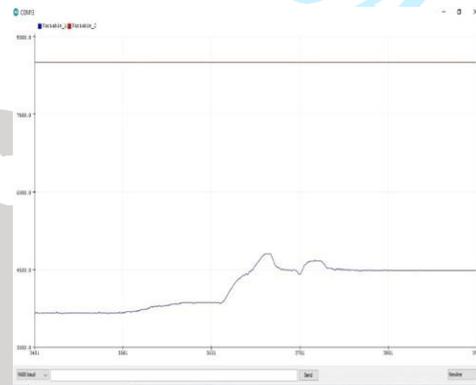
Tabel 1. Hasil Pengujian Kecepatan

Vt (Volt)	Ia (A)	Ra (Ω)	Jwl (Ω)	Hasil Penel itian (RPM)	Hasil Perhit ungan (RPM)	Error (%)
110	0,1651	44,88	471	1200	1268	0,053
125	0,1876	44,88	471	1500	1639	0,084
155	0,2326	44,88	471	2500	2680	0,067
175	0,2626	44,88	471	3200	3328	0,038
200	0,3002	44,88	471	6500	6616	0,017

2. Pengujian torsi dilakukan dimana semakin besar arus yang di suplai menghasilkan torsi semakin besar, arus digunakan sebagai pengalih dari konstanta dan flux. Pengujiandata RPM dengan torsi pada motor universal dengan rumus:

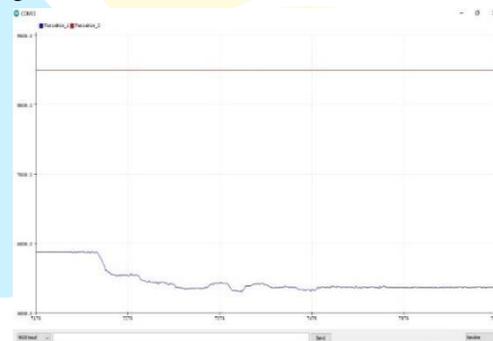
$$T = K \times Ia \times F \dots \dots \dots (2)$$

3. Serial plotter digunakan untuk mempresentasikan perubahan kecepatan terhadap input tegangan dalam bentuk grafik. Ketika tegangan dinaikkan maka kecepatan akan naik dan terjadi isolasi sesaat sebelum kondisi steady ditunjukkan pada gambar 12



Gambar 12. Pengujian respon menggunakan serial plotter

4. Ketika tegangan diturunkan maka kecepatan akan turun dan terjadi isolasi sesaat sebelum pada kondisi steady ditunjukkan pada gambar 13



Gambar 13. Terjadi isolasi sesaat ketika tegangan diturunkan

SIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan penelitian ini maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Kontrol sudut fasa dapat memotong gelombang sinus yang mempengaruhi besar tegangan keluar pada output pengendalian. Besar tegangan mempengaruhi putaran motor universal.
- b. Berdasarkan pengujian terlihat bahwa tegangan berbanding lurus dengan arus listrik pada motor, semakin besar arus listrik pada motor maka kecepatan akan naik hingga kecepatan nominal.
- c. Ketika sudah mencapai kecepatan nominal, arus listrik pada motor dinaikan maka torsi akan naik dan RPM akan turun.
- d. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, didapatkan rata-rata eror kecepatan 0,0518%
- e. Kemudian hubungan torsi dengan arus linear, sesuai dengan persamaan $T=K \times I_a \times F$, pada percobaan pertama dengan hasil torsi yang didapatkan sebesar 0,0032 Nm

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Uno, A. (2019) 'Asy Syahid Fisabili, 2019 Rancang Bangun Sistem Proteksi Arus Lebih Dan Temperature Pada Motor Induksi 1 Fasa Berbasis Arduino Uno Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu'.
- [2] Sugandi,. (2018) 'Pengendalian Suhu Menggunakan Kontroler Pid Pada Prototipe Mesin Pengering Fluidisasi Gabah' *IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific, ITEC Asia-Pacific 2017*, pp. 2–7. doi: 10.1109/ITEC-AP.2017.8080993.
- [3] Prihanto (2020) *Karakteristik Motor Universal dan Motor Compound*, Semarang: Universitas Diponegoro.
- [4] Faizi, M. F. *dkk.* (2017), p. 43. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [5] Anthony, Z. dan Saputra (2019) 'Kajian Penggunaan Sistem Kendali Pwm Untuk Mengontrol Arus Kumparan Bantu Motor Universal Abstrak Seminar Nasional PIMIMD-5 ITP Padang'.doi:10.21063/PIMIMD5.2019.20.