

RANCANG BANGUN UMPAN BALIK EKSTERNAL UNTUK KENDALI SUDUT MOTOR SERVO BERBASIS ARDUINO

EXTERNAL FEEDBACK DESIGN TO CONTROL THE ANGULAR POSITION OF SERVO MOTOR BASED ON ARDUINO

Hendri Maja Saputra^{1*}, Totok Agung Pambudi², Dalmasius Ganjar Subagjo¹

¹ Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik - LIPI,
Kompleks LIPI Jl Sangkuriang, Gd 20, Lt 2, Bandung, Jawa Barat 40135, Indonesia

² Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik Caltex Riau,
Jl. Umban Sari (Patin), No. 1, Rumbai Pekanbaru – Riau 28265, Indonesia

*Email: hend018@lipi.go.id

Diterima: 8 Agustus 2016

Direvisi: 3 Oktober 2016

Disetujui: 25 Oktober 2016

ABSTRAK

Rancang bangun umpan balik eksternal untuk kendali posisi sudut AC motor servo berbasis Arduino menggunakan sensor *rotary encoder* telah dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk meminimalisir kesalahan posisi sudut absolut dari poros motor. Kendali posisi pada AC motor servo tipe MHMD022G1U diamati bersifat relatif, sehingga peluang terjadinya kesalahan penentuan posisi sudut sangat besar, terutama pada saat terjadi distorsi pulsa atau saat suplai daya hilang. Sensor *rotary encoder* tipe EP50S8-1024-2F-P-24 dikopel dengan poros motor untuk membaca sudut aktual yang kemudian dijadikan sebagai umpan balik eksternal. *Rotary encoder* yang menggambarkan position sudut actual dari of AC servo motor menghasilkan digital code 10-bit yang kemudian dikonversi menjadi data desimal dengan rentang 0-1023 menggunakan sebuah mikrokontroler Arduino Nano V3. Data umpan balik yang diterima oleh mikrokontroler Arduino digunakan untuk menyesuaikan posisi atau sudut dari putaran poros motor servo AC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kendali sudut motor servo AC terdapat osilasi pada semua variasi frekuensi atau kecepatan yang diberikan dengan standar deviasi 1,62° pada 1 kHz, 1,92° pada 5 kHz, 2,29° pada 10 kHz, dan 19,01° pada 50 kHz. Walaupun demikian, nilai rata-rata posisi sudut putaran motor tetap dapat mengikuti referensi yang diberikan oleh potensiometer.

Keywords: motor servo AC, *rotary encoder*, arduino, kendali sudut

ABSTRACT

The design of external feedback to control the angular position AC servo motor Arduino-based using rotary encoder sensor has been done. The objective of this research was to minimize the error of the absolute angle of the motor shaft. Position control in AC servo motors MHMD022G1U model was relative, so the chances of mistake in the angle position would be relative very large, especially at the times of pulse distortion or when the power supply has lost. Sensor rotary encoder EP50S8-1024-2F-P-24 type coupled to the motor shaft to read the actual angle was used as an external feedback. A rotary encoder which describes the actual angle position of the AC servo motor generated digital code 10-bit, which was then converted into decimal data in the range of 0-1023 using a microcontroller Arduino Nano V3. Feedback data received by Arduino microcontroller was used to adjust the position or angle of the shaft from AC servo motors. The results showed that the control angle AC servo motors on all variations of a frequency or speed contained oscillation, where the standard deviations were 1.62° at 1 kHz, 1.92° at 5 kHz, 2.29° at 10 kHz, and 19.01° at 50 kHz. However, the average value of the angular position of motor rotation could follow the reference given by the potentiometer.

Keywords: AC servo motor, *rotary encoder*, arduino, angle control

PENDAHULUAN

Pada saat ini teknologi pengendalian pada motor servo sudah banyak dimanfaatkan didalam dunia robotika maupun industri. Motor servo DC kecil untuk aplikasi miniatur robot (contoh aplikasi lihat Lee [1]) dengan motor servo AC untuk industri (contoh aplikasi lihat Ku [2]) sangat berbeda. Pengaturan sudut motor servo DC kecil umumnya bersifat absolut, sedangkan pada motor servo AC bersifat relatif. Untuk menghindari kesalahan penentuan posisi sudut pada motor servo AC maka harus dipasang sensor eksternal sebagai tambahan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Saputra [3], motor servo DC yang kecil dan umum dipasaran diaplikasikan untuk alat pelatuk robot bersenjata. Motor servo tersebut dapat secara optimal berfungsi dengan sangat baik. Paul and Lasrado [4] menjelaskan kendali posisi sudut yang presisi untuk motor servo motor DC. Mereka menjelaskan cara baru yaitu mengendalikan motor DC berdasarkan masukan dari sensor IR untuk umpan balik dengan hasil yg cukup baik.

Pada penelitian Andani [5], sistem kendali servo posisi dan kecepatan motor dibantu dengan *programmable logic control* (PLC). Pengontrolan dengan PLC dalam menggerakkan motor servo juga sudah banyak digunakan dalam bidang industri. Namun biaya penggunaan PLC lebih besar dibandingkan mikrokontroler Arduino, sehingga lebih hemat dalam biaya.

Penelitian terkait tentang kendali sudut motor servo AC telah dilakukan oleh Syamsudin [6] menggunakan metode pengaturan volt/hertz. Sedangkan penelitian terkait pengendalian motor servo DC dua arah berbasis mikrokontroler Atmega32 dan *software* LabVIEW telah dilakukan oleh Talavaru [7]. Motor servo juga memerlukan sinyal PWM untuk dapat digerakkan, seperti yang dijelaskan oleh Pinckney [8].

Motor servo pada dasarnya telah memiliki umpan balik internal dan yang dibentuk dengan beberapa metode. Pada penelitian Sadun [9], tiga metode telah diuji coba yaitu menggunakan *Arduino Integrated Drive Electronics* (IDE), *Support target for Simulink* (*Support Package*), dan *Arduino Input/Output* (*IO*) *Package*. Penelitian beliau membandingkan ketiga metode

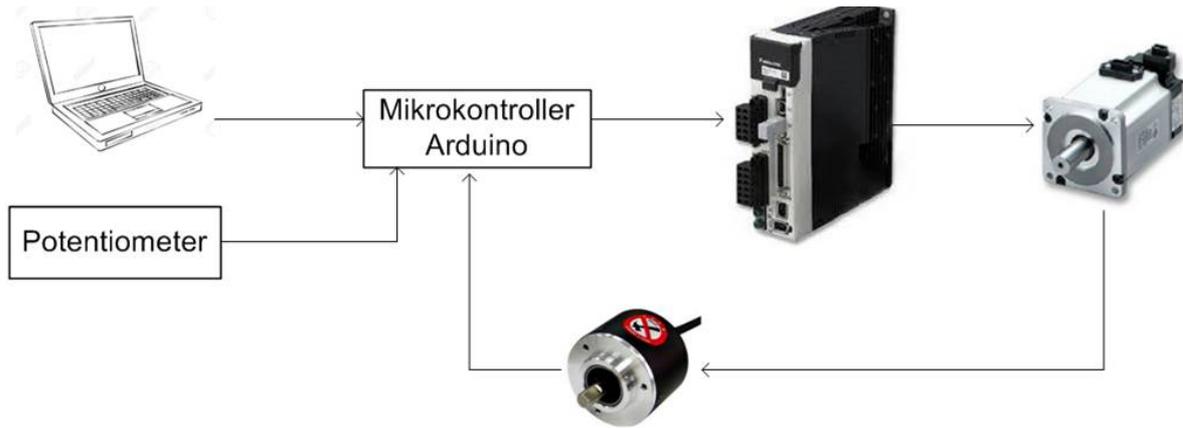
tersebut dalam menganalisa kendali posisi motor DC umpan balik internal menggunakan Arduino.

Makalah ini membahas tentang rancang bangun umpan balik eksternal untuk kendali sudut motor servo berbasis Arduino. Sensor sudut yang digunakan sebagai penentu sudut dan umpan balik adalah sensor *rotary encoder* dengan tipe EP50S8-1024-2F-P-24 [10]. Mikrokontroler Arduino menerima pembacaan umpan balik dari sensor *rotary encoder*, kemudian motor servo akan bergerak hingga sesuai dengan referensi yang ditentukan. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk meminimalisir kesalahan posisi sudut absolut dari poros motor.

BAHAN DAN METODE

Pada penelitian ini, motor servo AC yang digunakan adalah tipe MHMD022G1U [11] yang dikopel dengan *rotary encoder* absolut model EP50S81024-2P-P24 [10]. Putaran motor servo AC akan dikontrol oleh mikrokontroler Arduino melalui *port digital* pada konektor X4 yang terdapat pada servo drive AC dengan tipe MADHT1507. Saat motor servo AC berputar maka *rotary encoder* membaca setiap sudut putaran yang terjadi, dimana keluaran dari *rotary encoder* adalah kode biner yang dikirim ke mikrokontroler Arduino untuk diproses dan menentukan sudut sesuai dengan nilai referensi yang diinginkan. Nilai referensi merupakan keluaran dari potensiometer yang memiliki jangkauan 10 bit (0–1023) dan diproses ke mikrokontroler. Data dari mikrokontroler kemudian ditampilkan dan disimpan kedalam laptop (lihat Gambar 1).

Motor servo AC yang digunakan memiliki beberapa mode pengaturan, antara lain: pengaturan posisi, pengaturan kecepatan, pengaturan torsi, dan *full-closed*. Pada penelitian ini mode tipe pengaturan yang digunakan adalah pengaturan posisi, dimana kontrol posisi sudut dari motor berdasarkan perintah posisi (*pulse train*) yang diberikan oleh *host controller*. Proses memasukan pulsa untuk menggerakkan motor atau mengatur posisi sudut menggunakan tipe *pulse train plus sign*. Tipe masukan pulsa tersebut sudah ada didalam parameter dari servo drive (lihat pada Tabel 1, [11]).



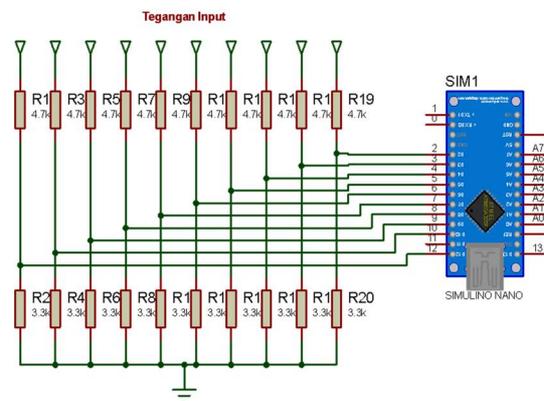
Gambar 1. Set-up Pengujian

Tabel 1. Format Masukan Pulsa

Tipe masukan pulsa	Fungsi sinyal	Positif direction command	Negative direction command
Pulse train plus Signal	PULS		
	SIGN		

Pada Tabel 1 dapat dilihat cara kerja dari tipe masukan *pulse train plus signal*. Pada sinyal PULS, diberikan PWM untuk memutar motor servo dan kecepatan dari motor servo tergantung dari frekuensi. Sedangkan pada sinyal SIGN diberikan masukan digital HIGH atau LOW. Jika pada sinyal SIGN diberikan masukan HIGH, maka arah putaran dari motor servo akan CW, sedangkan jika masukan LOW maka arah putaran motor akan CCW. Seluruh perintah ini diberikan oleh mikrokontroler Arduino.

Sensor *rotary encoder* tipe EP50S8-1024-2F-P-24 diaktifkan dengan sumber tegangan 12 – 24 VDC, sehingga tegangan keluaran dari sensor tersebut sama dengan sumber tegangan. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino nano yang memiliki tegangan I/O maksimum 5 Volt [12]. Oleh karena itu, pada sensor *rotary encoder* ditambahkan sebuah rangkaian pembagi tegangan untuk merubah tegangan sumber dari 24 V menjadi 5 V agar dapat diproses. Skematik rangkaian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Pembagi Tegangan

Masukan tegangan pada rangkaian (Gambar 2) tersebut menggunakan sumber tegangan 12 VDC. R1 memiliki nilai tahanan sebesar 4,7 kΩ, sedangkan R2 sebesar 3,3 kΩ. Keluaran dari rangkaian ini diambil antara R1 dan R2 yang akan menghasilkan nilai tegangan yang tergantung dari nilai resistor R1 dan R2. Tegangan yang sesuai dengan masukan Arduino diperoleh dengan menggunakan persamaan (1).

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in} \quad (1)$$

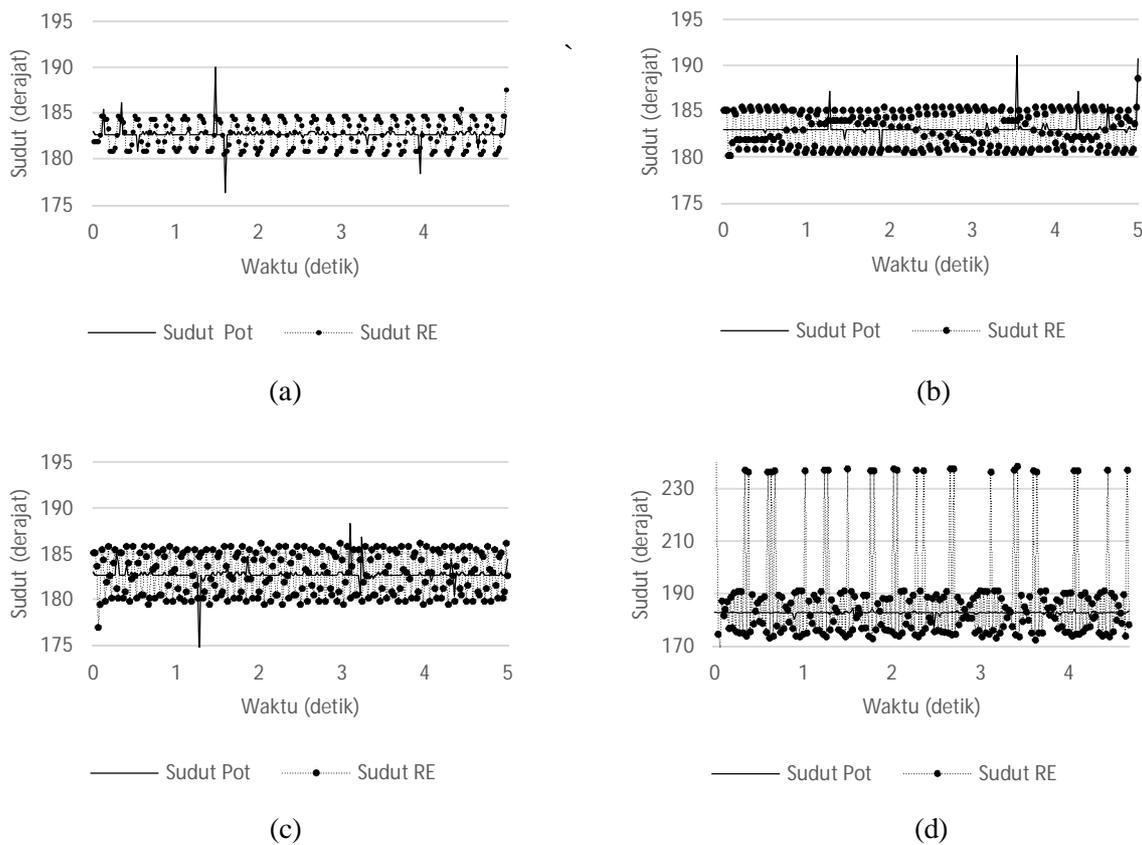
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data dilakukan pada hasil sudut aktual yang dibaca oleh *rotary encoder* (Sudut RE) berdasarkan nilai referensi sudut dari mikrokontroller Arduino. Nilai referensi berasal dari potensiometer (Sudut Pot) yang dimasukkan ke dalam pin ADC 10 bit dengan range 0 – 1023, kemudian dari nilai tersebut dikonversikan menjadi nilai sudut $0^{\circ} - 360^{\circ}$.

Pengujian dilakukan dua tahap yaitu: (1) nilai referensi tetap dengan kecepatan bervariasi

dan (2) nilai referensi berubah dengan kecepatan tetap. Dua tahap pengujian tersebut dilakukan untuk melihat secara jelas pengaruh kecepatan terhadap osilasi dari sudut aktual motor servo.

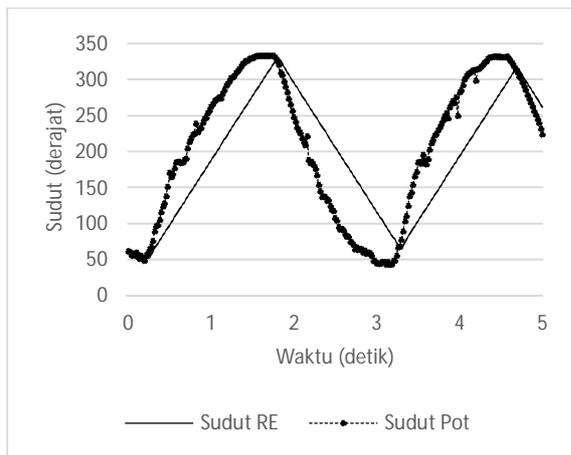
Hasil pengujian tahap pertama nilai kecepatan diatur oleh frekuensi yang diberikan ke motor servo, dimana frekuensi yang dipilih pada pengujian ini adalah 1 kHz (6 rpm), 5 kHz (10 rpm), 10 kHz (60 rpm), dan 50 kHz (300 rpm). Nilai sudut ditentukan sebesar $182,8^{\circ}$. Data pengujian untuk tahap pertama dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Respon Masukan (Sudut Pot) Terhadap Keluaran (Sudut RE) pada Frekuensi: (a) 1 kHz; (b) 5 kHz; (c) 10 kHz; dan (d) 50 kHz.

Hasil percobaan tahap pertama, terdapat osilasi pada semua variasi frekuensi atau kecepatan yang diberikan dengan standar deviasi yang diperoleh untuk frekuensi 1 kHz adalah $1,62^{\circ}$, 5 kHz adalah $1,92^{\circ}$, 10 kHz adalah $2,29^{\circ}$, dan 50 kHz adalah $19,01^{\circ}$. Semakin besar kecepatan atau frekuensi yang diberikan oleh mikrokontroller adruino maka semakin besar osilasi sudut dari *rotary encoder* yang didapat.

Pada pengujian tahap dua, kecepatan sudut yang diberikan konstan yaitu sesuai dengan kecepatan 30 rpm dan frekuensi 5 KHz. Nilai sudut yang diberikan bervariasi di rentang $0^{\circ} - 360^{\circ}$. Data hasil pengujian pada tahap dua dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan bahwa respon dari keluaran sensor sudut *rotary encoder* lebih lambat daripada masukan sudut yang diberikan oleh potentiometer sebagai referensi.



Gambar 4. Respon keluaran (sudut RE) terhadap masukan (sudut Pot) pada frekuensi 5 kHz dengan sudut bervariasi.

Grafik pada Gambar 4 tidak menunjukkan keakuratan dari pada hasil uji coba, tetapi menggambarkan waktu respon dari hasil keluaran motor servo setelah mendapat referensi secara waktu nyata. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa respon motor lebih lambat dari masukan yang diberikan. Bentuk respon motor terlihat lebih bagus, meskipun pada sinyal masukan dari potensiometer terdapat banyak galat.

KESIMPULAN

Pengujian membuktikan bahwa motor dapat berputar sesuai dengan referensi sudut yang diberikan terutama pada saat referensi posisi dari potensiometer digerakan perlahan walaupun terdapat osilasi. Standar deviasi osilasi yang di peroleh pada kendali sudut untuk frekuensi 1 kHz adalah $1,62^\circ$, 5 kHz adalah $1,92^\circ$, 10 kHz adalah $2,29^\circ$, dan 50 kHz adalah $19,01^\circ$. Penambahan sensor eksternal dapat menjadikan motor servo lebih terjaga terhadap kesalahan, sehingga meminimalisir kesalahan posisi sudut absolut dari poros motor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dr. Eng. Budi Prawara selaku Kepala Puslit Telimek - LIPI dan Prof. Dr. Eng. Estiko Rijanto selaku Kepala kelompok penelitian bidang mekatronik yang telah memberikan kesempatan dan mengizinkan untuk menggunakan fasilitas yang ada sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lee, C. dan Yang, H. "A Context-Awareness System that Uses a Thermographic Camera to Monitor Energy Waste in Buildings," *Energy and Buildings*, vol. 135, pp. 148-155, January 2017.
- [2] Ku, N. Ha S. dan Roh, M.I., "Design of Controller for Mobile Robot in Welding Process of Shipbuilding Engineering," *Journal of Computational Design and Engineering*, vol. 1, no. 4, pp. 243-255, 2014.
- [3] Saputra H. M. dan dkk., "Analisis Metode Pembangkitan Sinyal PWM Motor Servo pada Sistem Pemicu Senjata Softgun M4A1 Otomatis," dalam Seminar Nasional Rekayasa Energi, Mekatronik, dan Teknik Kendaraan, Bandung, 2013.
- [4] Paul H. dan Lasrado, S. "Precise Control of Angular Position of Geared DC Motors for Low Cost Applications," *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, vol. 5, no. 9, pp. 574-578, May 2016.
- [5] Andani, C. Y, I. Zakariah dan Husnah, A. N., "Sistem Kendali Servo Posisi dan Kecepatan Motor dengan Programmable Logic Control (PLC)," *Jurnal Ilmiah Foristek*, vol. 1, no. 102-112, 2011.
- [6] Syarkawi, S. Refdinal, N. dan Saputra, S., "Pengontrolan (Posisi) Motor Servo AC dengan Metode Pengaturan "Volt/Hertz"," *Teknika Unand*, vol. 2, no. 27, pp. 52-61, 2007.
- [7] Talavaru, P. Naik, N. dan Reddy, V. K. K., "Microcontroller Based Closed Loop Speed and Position Control of DC Motor," *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, vol. 3, no. 5, pp. 280-285, 2014.
- [8] Pinckney, N. "Pulse-width Modulation for Microcontroller Servo Control," *IEEE Potentials*, vol. 25, no. 1, pp. 27-29, February 2006.
- [9] Sadun, A. S. Jalani, J. dan Sukor, J. A., "A Comparative Study on the Position Control Method of DC Servo Motor with Position Feedback by using Arduino," in *Proceedings of Engineering Technology International Conference (ETIC 2015)*, Bali, 2015.

- [10] *Autonics Catalog_EP50S Series, Pages: F48-F52*[Online]. Available: <http://www.giden.ru/data/PDF/emkoderu/EP50S.pdf>. [Diakses 08 August 2016].
- [11] *Panasonic Operating Instructions (Overall)_AC Servo Motor & Driver_MINAS A5 Series* [Online]. Available: https://industrial.panasonic.com/content/data/MT/PDF/Manual/en/acs/minas-a5-2_manu_e.pdf. [Diakses 08 August 2016].
- [12] *Arduino Nano (V3.0) User Manual* [Online]. Available: http://www.mouser.com/pdfdocs/Gravitech_Arduino_Nano3_0.pdf. [Diakses 08 August 2016].