



KONTROL PID PADA PENGATURAN KECEPATAN MOTOR AC BERBASIS ESP32

Dimas Kukuh Prasetyo¹, Mila Fauziyah², Supriatna Adhisuwignjo³

^{1,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9
Malang, Indonesia.
Email: dkukuh13@gmail.com

Abstract

Smoothing corn cobs using manual methods generally takes a long time and the use of motors has not been able to provide the appropriate speed and is less stable. Unstable motor rotation affects the level of precision in the smoothing process and the level of smoothness of each side. This research is carried out with the aim of maintaining the balance of motor rotation so that the resulting stumps are more precise and shorten production time. PID control is a suitable method for regulating AC motor rotation speed due to its ability to provide a fast, precise, and consistent response to changes in the control system. The microcontroller used is ESP32 which acts as a TRIAC dimmer controller according to the setpoint value and Zero Crossing Detector as a phase angle trigger when zero crossing occurs and the FC-03 sensor to read the AC motor speed which will be fed back to ESP32. PID control will correct motor speed errors that do not match the setpoint so that the speed is more stable. Setting the PID parameters using the Ziegler Nichols 2 tuning method by considering the characteristics of the motor, the appropriate PID parameter values are $K_p = 0.3$, $K_i = 0.15$, and $K_d = 0.15$ with a setpoint of 2600Rpm. The system is tested with parameters and the system response is obtained as follows t_d value = 4 seconds, T_r value = 11 seconds, T_p value = 16 seconds, $T_s = 20$ seconds, %Os = 4.42%.

Keywords: Corn cob, PID Control, AC Motor

Abstrak

Penghalusan bonggol jagung menggunakan metode manual umumnya membutuhkan waktu lama serta penggunaan motor belum mampu memberikan kecepatan yang sesuai dan kurang stabil. Putaran motor yang tidak stabil mempengaruhi tingkat presisi dalam proses penghalusan dan tingkat kehalusan tiap sisi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan menjaga keseimbangan putaran motor agar bonggol yang dihasilkan lebih presisi dan mempersingkat waktu produksi. Kontrol PID merupakan metode yang cocok untuk mengatur kecepatan putaran motor AC dikarenakan kemampuannya dalam memberikan respons yang cepat, tepat, dan konsisten terhadap perubahan dalam sistem pengendalian. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 yang berperan sebagai pengontrol dimmer TRIAC sesuai nilai setpoint yang ditetapkan dan Zero Crossing Detector sebagai pemicuan sudut fasa ketika terjadi persilangan nol serta sensor FC-03 untuk membaca kecepatan motor AC yang akan di umpan balik ke ESP32. Kontrol PID akan



mengoreksi kesalahan kecepatan motor yang tidak sesuai dengan setpoint sehingga kecepatan lebih stabil. Setting parameter PID menggunakan metode tuning *Ziegler Nichols 2* dengan memperhatikan karakteristik motor didapatkan nilai parameter PID yang sesuai yaitu $K_p = 0,3$, $K_i = 0,15$, dan $K_d = 0,15$ dengan setpoint 2600Rpm. System diujikan dengan parameter dan didapatkan respon system sebagai berikut nilai $t_d = 4$ detik, nilai $T_r = 11$ detik, nilai $T_p = 16$ detik, $T_r = 20$ detik, $\%Os = 4,42\%$.

Kata kunci: Bonggol Jagung, Kontrol PID, Motor AC

Copyright (c) 2024 Dimas

✉ Corresponding author:

Email Address: dkukuh13@gmail.com

Received Januari 2024, Accepted Januari 2024, Published Januari 2024

PENDAHULUAN

Motor induksi adalah salah satu perangkat penting dalam berbagai aplikasi industri dan komersial, digunakan untuk menggerakkan berbagai mesin, peralatan, dan sistem otomatisasi [1]. Motor induksi bekerja berdasarkan arus yang dihasilkan pada rotor akibat perbedaan relatif antara putaran stator dan medan putar. Medan putar menginduksi tegangan pada rotor, yang menciptakan medan magnet [2]. Pemilihan pemakaian motor induksi dikarenakan keunggulan jenis motor ini diantaranya adalah konstruksi yang sederhana, kuat, dan mudah untuk dipengoperasikan [3]. Kinerja yang optimal dari motor induksi memainkan peran kunci dalam efisiensi operasional dan produktivitas [4]. Karena keunggulan tersebut, motor induksi lebih banyak digunakan terutama untuk aplikasi yang memerlukan kecepatan konstan [5]. Pada aplikasinya motor induksi banyak dimanfaatkan sebagai penggerak belt conveyer [6], blower [7], pengering [8], pada peralatan elektronik untuk rumah tangga seperti kipas angin[9] dan mesin cuci [10].

Pada penelitian ini mesin penghalus memanfaatkan putaran motor induksi untuk proses penghalusan. Namun, salah satu kelemahan dari motor induksi adalah tidak mampu mempertahankan kecepatannya dengan stabil bila terjadi perubahan beban. Apabila terjadi perubahan beban maka kecepatan motor induksi akan



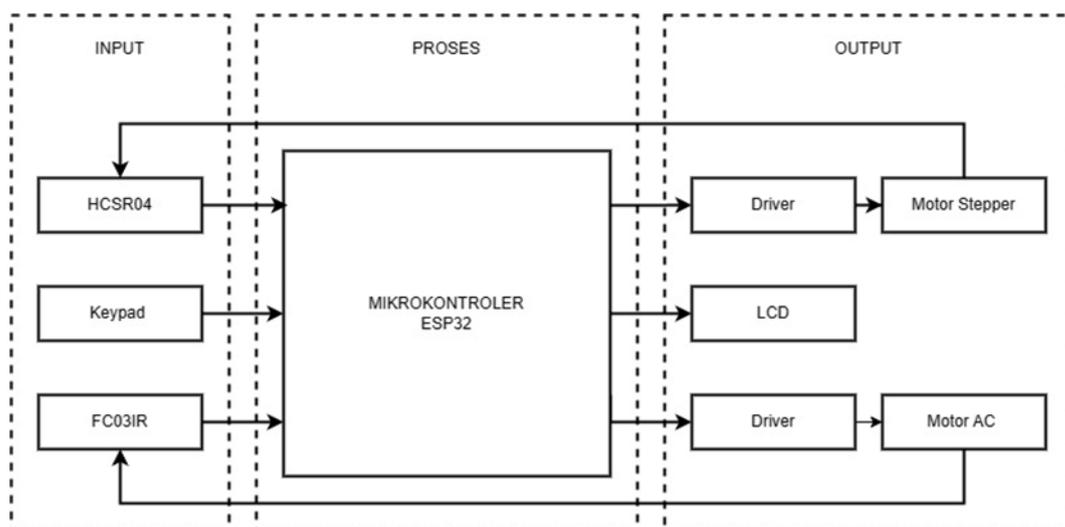
menurun [11]. Oleh karena itu, pengendalian yang akurat dan efisien dari motor induksi adalah hal yang sangat penting. Dalam penelitian sebelumnya telah dilakukan aksi kontrol untuk menstabilkan putaran kecepatan motor antara lain dengan pemanfaatan kontrol PI [12], kontrol PID [13], Kontrol Fuzzy [14] dan Kontrol Hybrid [15]. Pada kasus ini metode otomasi yang paling efektif untuk mengendalikan motor induksi adalah pengendalian PID..

Pengendalian PID adalah jenis kontrol umpan balik yang menggabungkan elemen proporsional dan integral untuk menghasilkan respons yang stabil dan tepat dalam mengatur kecepatan atau posisi motor [16]. Pengendalian PID telah menjadi pilihan dalam pengendalian motor induksi karena kemampuannya untuk menangani gangguan dan kesalahan dengan baik, serta kemudahan dalam pengaturan parameter yang sesuai [17]. Untuk mencapai kinerja yang optimal dalam sistem kendali, parameter kontrol seperti K_p , K_i , dan K_d harus diatur dengan cermat. Tuning nilai konstanta pada kontrol PID dapat dilakukan dengan dua pendekatan yang berbeda: uji coba eksperimen atau penggunaan metode berbasis aturan, seperti Ziegler-Nichols [18][19][20][21][22], Chien, Hrones, dan Reswick [23], Cohen-Coon [24], Kappa-tau, serta Lambda.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan kontrol PID dalam mengendalikan kecepatan motor induksi. Penentuan masing masing parameter kontrol PID pada motor AC dilakukan penyetelan menggunakan metode Ziegler-Nichols. Metode Ziegler-Nichols adalah salah satu pendekatan yang telah terbukti efektif dalam menentukan nilai-optimal parameter kontrol untuk berbagai jenis sistem kendali.

METODE

Prinsip Kerja Alat



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Prinsip kerja dari pengontrolan kecepatan putar motor AC pada proses pembentukan bonggol jagung adalah bonggol jagung dihubungkan ke motor stepper. Pemasangan pada motor stepper bertujuan untuk pemilihan bentuk bonggol yang ingin dihasilkan. Setelah itu, melakukan pengaturan masukan nilai *setpoint* berupa kecepatan motor AC yang diinginkan pada *keypad*. Jika nilai *setpoint* yang diberikan benar maka akan muncul pilihan bentuk antara prisma segieempat dan prisma segitiga. Pilihan ini menentukan derajat putar motor stepper. Jika nilai *setpoint* yang diberikan salah maka akan mengulang ke menu pemasukan nilai *setpoint*.

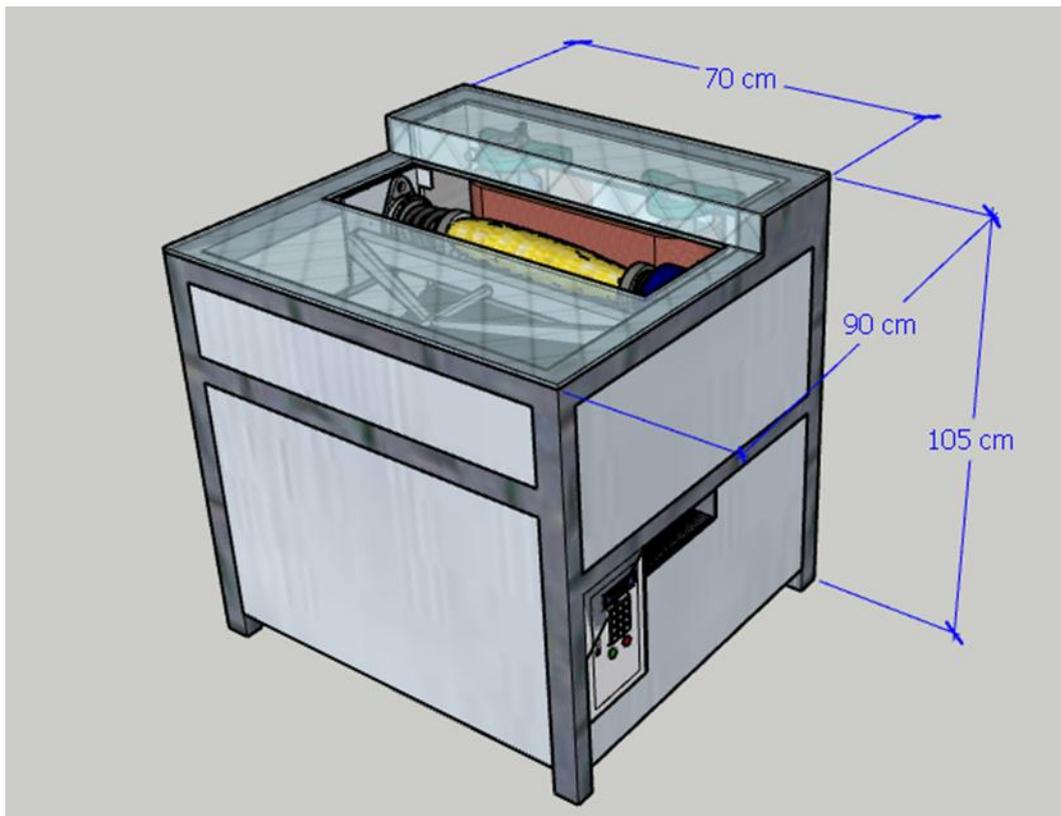
Kemudian motor dan sensor kecepatan akan membaca kecepatan motor AC yang sedang berjalan. Motor AC terhubung dengan ampas. Kecepatan motor tersebut



akan distabilkan dan disesuaikan kecepatannya oleh kontrol PID sesuai dengan *setpoint* yang diberikan. Mikrokontroler akan membandingkan nilai kesalahan atau error kecepatan yang dibaca oleh sensor FC03IR kemudian secara otomatis akan mengeluarkan perintah untuk menyesuaikan motor sesuai dengan *setpoint* yang diberikan. Kemudian bonggol jagung maju menuju amplas. Bonggol jagung tersebut menjadi beban pada putaran motor AC. Pemberian beban ini tentu menyebabkan proses terhambat karena motor penggerak menerima beban yang lebih besar. Sensor FC03IR akan membaca kembali kecepatan motor yang sedang berjalan kemudian mikrokontroler yang didalamnya terdapat kontrol PID akan membandingkan dan mengontrol keluaran kecepatan tetap sesuai dengan *setpoint*. Bonggol jagung akan terus teramplas sampai terdeteksi jarak tertentu yang dideteksi oleh sensor HC SR04.

Perancangan Mekanik

Penelitian ini dibutuhkan beberapa spesifikasi dan deta agar perancangan dapat sesuai dengan hasil yang ingin dicapai. Gambar 3.2 merupakan gambar perancangan alat yang dibuat dan adapun



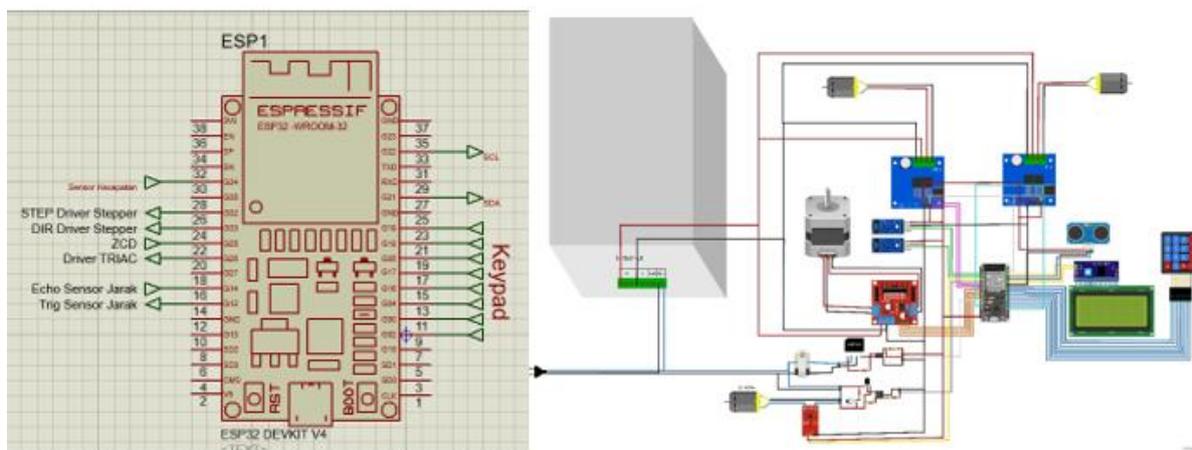
Gambar 2. Perancangan Mekanik Alat

Alat tersebut memiliki spesifikasi meliputi :

1. Panjang : 90cm
2. Lebar : 50cm
3. Tinggi : 105cm
4. Bahan base : Besi Hollow
5. Jenis motor : Motor AC 1 Fasa
6. Tegangan input : AC 220 V
7. Daya : 150 watt
8. Kecepatan maksimal : 1500 Rpm

Perancangan Elektrik

Pada sistem ini mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32. ESP32 memiliki banyak pin dan Sebagian besar dapat digunakan menjadi *input* maupun *output*. Selain itu, ESP32 dapat digunakan untuk komunikasi I2C. Dalam perancangan sistem ini menggunakan 2 motor, 3 sensor, LCD dan keypad sehingga memerlukan pin yang banyak untuk mengontrol keseluruhan sistem. Oleh karena itu digunakan mikrokontroler ESP32 karena memiliki banyak pin dan mampu dalam hal mengontrol sistem. Gambar ESP32 dapat dilihat pada gambar 3.2.

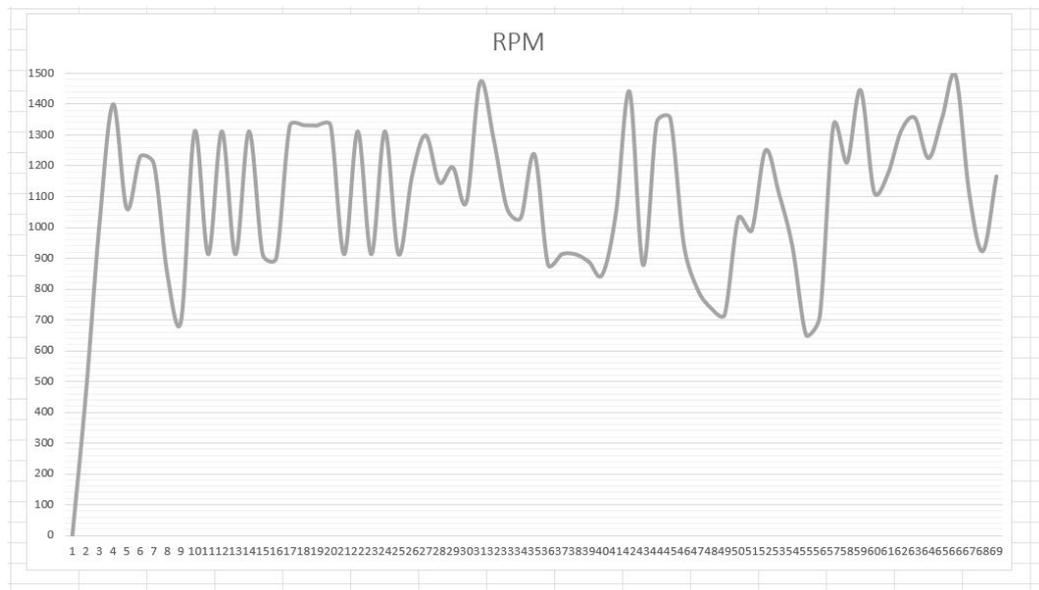


Gambar 3 Skema Elektrik

Pada gambar 3 mikrokontroler ESP32 tidak dapat langsung dihubungkan dengan motor sehingga diperlukan sebuah rangkaian driver sebagai pengondisi. Driver yang digunakan pada motor AC adalah rangkaian dimmer dan driver pada motor stepper adalah A4988 dengan arus maksimum sebesar 2A.

Perancangan PID

Pada metode ini dilakukan dengan cara meningkatkan nilai K_p dari 0 ke nilai kritis K_{cr} dimana *output* pertama menunjukkan osilasi berkelanjutan Setelah mendapatkan nilai K_{cr} kemudian menentukan nilai P_{cr} . Nilai P_{cr} adalah jarak antara puncak gelombang. Untuk mencari nilai K_p , T_i , T_d dengan metode ziegler- nichlos 2 5. Gambar 4 merupakan respon sistem berhasil saat diberikan nilai $K_{cr} = 0,5$.



Gambar 4. Tuning PID

Dari hasil penyetelan nilai K_p , didapatkan respon berosilasi saat diberi nilai $K_{cr} = 0,5$, dan didapatkan $t_1 = 10$ dan $t_2 = 14$. Sehingga nilai P_{cr} didapatkan sebagai berikut

$$P_{cr} = t_2 - t_1 \quad (1)$$

$$= 14 - 10$$

$$= 4$$

Sehingga untuk mencari nilai K_p , K_i , dan K_d sebagai berikut

- Mencari Nilai K_p

$$K_p = 0,6 \times K_{cr} \quad (2)$$

$$= 0,6 \times 0,5$$

$$= 0,3$$

- Mencari Nilai K_i

$$T_i = 0,5 \times P_{cr} \quad (3)$$

$$= 0,5 \times 4$$

$$= 2$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} \quad (4)$$



$$= 0,3/2$$
$$= 0,15$$

- Mencari Nilai Kd

$$Td = 0.125 \times Pcr \quad (5)$$

$$= 0,125 \times 4$$

$$= 0,5$$

$$Kd = Kp \times Td \quad (6)$$

$$= 03 \times 0,5$$

$$= 0,15$$

HASIL DAN DISKUSI

Pengujian Sensor Kecepatan

Tujuan pengujian sensor Kecepatan ini adalah untuk mengetahui apakah sensor bekerja dengan baik yaitu dapat membaca objek yang berputar sehingga dapat mengetahui nilai RPM dari sistem.



Gambar 5. Pengujian Sensor Kecepatan

Tabel 1 Hasil pengujian Sensor kecepatan



Pembacaan pada Sensor FC03IR	Pembacaan pada Tachometer	Error
1020	1035	1,4%
1197,5	1206	0,7%
1490	1495	0,33%
2022	2030	0,39%
2232	2255	1,02%
2297	2310	0,56%
2492	2512	0,79%
2765	2774	0,32%
Rata Rata	Error	0,69%

Dari hasil perhitungan *error* pada tabel 1 pada pengujian sensor kecepatan maka dapat dilihat bahwa terdapat selisih antara pembacaan sensor dan pembacaan tachometer. Setelah melakukan perhitungan selisih error dari pembacaan sensor maka didapatkan error maksimal yaitu 1,4% dan error minimal yaitu 0,32 % serta memiliki error rata-rata 0,69 %.

Pengujian Sensor Jarak

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai jarak yang terbaca pada LCD dengan penggaris. Penggaris digunakan sebagai pembanding dari pembacaan nilai jarak oleh sensor.



Gambar 6. Pengujian Sensor Jarak

Tabel 2 Hasil pengujian Sensor Ultrasonik

Pembacaan Sensor (cm)	Penggaris (cm)	Eror
2,1	2	5%
2,92	3	2,6%
3,95	4	1,25%
5,03	5	0,6%
6,05	6	0,83%
7,1	7	1,4%
8,06	8	0,75%
9,01	9	1,1%
10,82	11	1,6%
11,96	12	0,33%
12,84	13	1,23%
13,92	14	0,57 %
15,05	15	0,33 %
Eror Rata rata		1,31 %

Setelah melakukan perhitungan selisih *error* dari pembacaan sensor *jarak* dan penggaris diatas maka didapatkan *error* maksimal yaitu 5% dan *error* minimal yaitu 0,33 %. Dari perhitungan diatas dapat ditentukan nilai *error* rata-rata dari sensor



adalah 1,31%. *error* yang dihasilkan ini masih dalam rentang toleransi yang berarti sensor ini dapat digunakan sebagai feedback dari sistem dengan baik

Pengujian Driver Motor AC

Tujuan dari pengujian driver motor AC ini adalah untuk mengetahui respon motor terhadap delay off yang diberikan pada TRIAC. Delay off diberikan setiap persilangan titik 0. Delay off sebagai waktu delay dalam derajat sinusoida

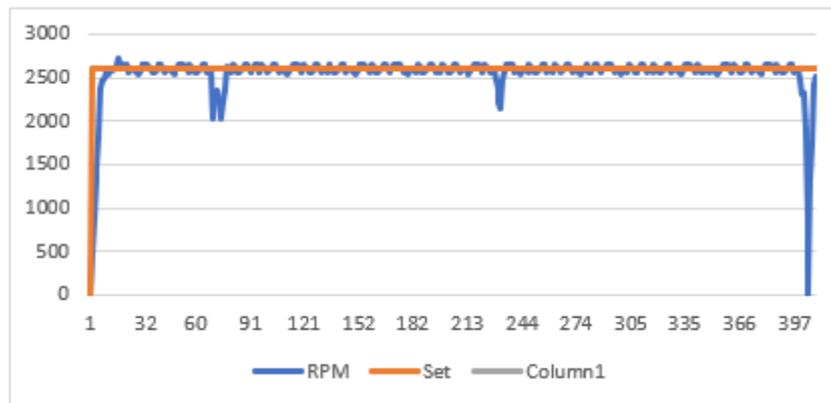
Tabel 3 Pengujian Driver motor AC

No	Phase Angel (derajat)	Tegangan (V)
1	0	0
2	10	100
3	20	118
4	30	151
5	40	178
6	60	180
7	80	223
8	100	230
9	140	231
10	180	231

Pada tabel 3 nilai phase angle yang diberikan mempengaruhi *output* tegangan dari motor AC. Semakin besar nilai phase angle yang diberikan maka *output* keluaran akan semakin besar. Namun pada percobaan ini nilai kenaikan tegangan terhadap phase angle tidak menentu. Terdapat kenaikan yang besar dan terdapat pula kenaikan tegangan yang kecil. Setelah tegangan mencapai 230, tidak ada perubahan meskipun nilai phase angle di naikan.



Pengujian Keseluruhan



Gambar 7. Respon PID saat ada beban

Dari hasil respon yang ditunjukkan pada gambar 7 dapat dianalisa respon sistem yang dihasilkan yaitu seperti berikut:

- *Delay time* (t_d) adalah waktu yang diperlukan respon untuk mencapai 50% dari *setpoint*. Pada grafik yang ditunjukkan gambar 7 nilai $t_d = 4$ detik
- *Rise time* (t_r) adalah waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai nilai *setpoint* mulai dari $t = 0$ hingga respon mencapai sumbu *setpoint* yang pertama. Pada grafik yang ditunjukkan gambar 7 nilai $T_r = 11$ detik.
- *Peak time* (t_p) adalah waktu puncak yang diperlukan respon menuju titik puncak pertama dari *overshoot*. Pada grafik yang ditunjukkan gambar 7 nilai $T_p = 16$ detik.
- *Settling time* (t_s) adalah waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai dan tetap berada dalam kriteria toleransi (2%) setelah *rise time*. Pada grafik yang ditunjukkan gambar 4.7 nilai $T_r = 20$ detik
- *Overshoot* maks (M_p) adalah perbandingan antara nilai maksimum respon (*Overshoot*) yang melebihi nilai *steady state* dimana nilai tersebut dikonversi dalam bentuk persentase. Adapun berdasarkan persamaan maka dapat menentukan nilai persentasi *overshoot* yaitu:

$$\%Os = \frac{2715 - 2600}{2600} \times 100\%$$



$$\%Os = \frac{115}{2600} \times 100\%$$

$$\%Os = 4,42\%$$

- *Error steady state* dapat ditentukan dengan mencari nilai puncak tertinggi dan terendah dari respon sistem. Berikut ini adalah rumus untuk menentukan nilai *error* atas dan bawah dari *steady state* sistem seperti pada persamaan .

$$\begin{aligned} ess (atas) &= \frac{2649 - 2600}{2600} \times 100\% \\ &= 1,88\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ess (bawah) &= \frac{2552 - 2600}{2600} \times 100\% \\ &= -1,84\% \end{aligned}$$



Gambar 8. Hasil Produk Akhir

KESIMPULAN

Dari hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan, yaitu pada alat penghalus bonggol jagung pengaturan kecepatan motor AC 1 fasa dapat menggunakan modul *dimmer* AC sebagai *driver* pengontrol kecepatan motor AC, dan juga menggunakan metode kontrol PID dengan nilai $K_p=0,3$ $K_i= 0,15$ dan $K_d = 0,15$ bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Akan tetapi, penggunaan modul *dimmer* sebagai *driver* motor AC 1 fasa memiliki kemampuan yang terbatas yaitu hanya dapat memutar kecepatan motor dalam variasi yang terbatas. Dari hasil pengujian untuk menghaluskan bonggol jagung pada sistem, kontrol PID



dapat berjalan dengan baik dengan input *setpoint* dan menghasilkan bonggol jagung yang lebih halus.

REFERENSI

- [1] Z. Anthony and E. Erhaneli, "Desain Lilitan Motor Induksi 1-Fasa dengan 4 Kumputan yang Tidak Identik Sama," *EECCIS*, vol. 12, no. 2, pp. 89–92, 2018.
- [2] Performa Motor Induksi Satu Fasa Sebagai Penggerak Mesin Pengereng
- [3] M. Soleimani, M. N. Alizadeh, and M. Moallem, "Economical replacement decision for induction motors in industry," in *2018 IEEE Texas Power and Energy Conference, TPEC 2018*, 2018, vol. 2018–Febru, pp. 1–6, doi: 10.1109/TPEC.2018.8312086
- [4] Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Akibat Perubahan Tegangan
- [5] Rancang Bangun Sistem Kendali Kecepatan Motor Induksi Berbasis Programmable Logic Controller
- [6] KONTROL KECEPATAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN TEGANGAN DAN FREKUENSI DENGAN MODULASI VEKTOR RUANG
- [7] EFISIENSI MOTOR INDUKSI JENIS SHADED POLE SEBAGAI PENGGERAK BLOWE
- [8] Performa Motor Induksi Satu Fasa Sebagai Penggerak Mesin Pengereng
- [9] Kontrol kecepatan motor induksi menggunakan teknologi IoT (Internet of Things)
- [10] PENGONTROLAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI PADA MESIN CUCI MENGGUNAKAN INVERTER BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 8535
- [11] Khasanah, U., Supari, & Heranurweni, S. (2017). Simulasi Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3phasa Dengan Direct Torque Control Menggunakan Matlab. *Elektrikal, Vol. 09 No.1.*



- [12] Sensorless Indirect Field-Oriented Control of Induction Motor using Intelligent PI Controller
- [13] Adaptive Partial PID Controller For Speed Control of Induction Motor
- [14] Self-Tuned Output Scaling Factor of Fuzzy Logic Speed Control of Induction Motor Drive
- [15] STABILITY ENHANCEMENT AND SPEED CONTROL OF DFOIM USING HYBRID PID PLUS FUZZY LOGIC CONTROLLER
- [16] PI Controller Untuk Mengatur Kecepatan Motor Induksi 1 Fasa
- [17] PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI DENGAN METODE V/f (Volt/Frequence) DAN KONTROL PI-FUZZY
- [18] R. Aisuwarya and Y. Hidayati, "Implementation of Ziegler-Nichols PID Tuning Method on Stabilizing Temperature of Hot-water Dispenser," 2019. <https://doi.org/10.1109/QIR.2019.8898259>.
- [19] H. M. Shariff, M. H. F. Rahiman, R. Adnan, M. H. Marzaki, M. Tajjudin, and M. H. A. Jalil, "The PID Integrated Anti-Windup Scheme by ZieglerNichols Tuning for Small-Scale Steam Distillation Process," 2019. <https://doi.org/10.1109/ICSEngT.2019.8906436>.
- [20] N. N. B. M. Mazlan, N. M. Thamrin, and N. A. Razak, "Comparison Between Ziegler-Nichols and AMIGO Tuning Techniques in Automated Steering Control System for Autonomous Vehicle". 2020 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS), 2020, pp. 7-12. <https://doi.org/10.1109/I2CACIS49202.2020.9140089>.
- [21] S. A. Bhatti, S. A. Malik, and A. Daraz, "Comparison of P-I and I-P Controller by Using Ziegler-Nichols Tuning Method for Speed Control of DC Motor," 2016. <https://doi.org/10.1109/INTELSE.2016.7475144>.
- [22] C. A. Aung, Y. V. Hote, G. Pillai, and S. Jain, "PID controller design for solar tracker via modified ziegler nichols rules," in 2020 2nd International Conference on



- Smart Power and Internet Energy Systems, SPIES 2020, Sep. 2020, pp. 531–536.
<https://doi.org/10.1109/SPIES48661.2020.9243009>.
- [23] N. Hambali, A. Masngut, A. A. Ishak, and Z. Janin, “Process Controllability for Flow Control System Using Ziegler-Nichols (ZN), Cohen-Coon (CC) and Chien-Hrones-Reswick (CHR) Tuning Methods,” 2014.
<https://doi.org/10.1109/ICSIMA.2014.7047432>.
- [24] A. A. Azman, M. H. F. Rahiman, N. N. Mohammad, M. H. Marzaki, M. N. Taib, and M. F. Ali, “Modeling and Comparative Study of PID Ziegler Nichols (ZN) and Cohen–Coon (CC) tuning method for Multi-Tube Aluminum Sulphate Water Filter (MTAS)”. 2017 IEEE 2nd International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS), 2017, pp. 25-30, 2017.
<https://doi.org/10.1109/I2CACIS.2017.8239027>.
- [25] DC motor PID control system for tamarind turmeric herb packaging on rotary cup sealer machine