

## Kontrol PI Pada Perbaikan Unjuk Kerja Motor 3 Fasa sebagai Penggerak Mini Konveyor

**Endika Budi Laksana**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: endikabudi.20048@mhs.unesa.ac.id

**Endryansyah, Subuh Isnur Haryudo, Puput Wanarti Rusimamto.**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: endryansyah@unesa.ac.id, subuhisnur@unesa.ac.id, puputwanarti@unesa.ac.id

### Abstrak

Konveyor merupakan suatu alat pemindah bahan yang umumnya menggunakan motor 3 fasa yang menggunakan sistem kendali dalam sistem kerjanya. Sistem kendali PI merupakan gabungan dari kendali proposional dan integral yang memiliki keunggulan dalam memperbaiki serta meningkatkan akurasi pada stabilitas sistem. Penelitian ini memiliki tujuan Merancang sistem kendali PI untuk perbaikan unjuk kerja kestabilan kecepatan motor 3 fasa sebagai penggerak mini konveyor, mengetahui implementasi sistem kendali PI, dan mengetahui pengaruh sistem kendali PI. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan metode pengumpulan data observasi, trial and error, dan penggunaan alat ukur. Pengujian sistem kendali PI untuk pengendali motor 3 fasa sebagai penggerak mini konveyor menggunakan mikrokontroler tipe ESP32 dan sensor encoder FC-03 sebagai *feedback* dari data sistem *close loop* serta penggunaan *AC Drive Motor Inverter* untuk menggerakkan motor 3 fasa. Beban yang mempengaruhi kinerja motor 3 fasa dapat diatasi dengan memasukkan variabel  $K_p$  0,42 dan  $K_i$  0,08 pada *Setpoint* 2700 RPM. Kontroler yang telah diprogram memberikan nilai PWM secara otomatis pada input *AC drive motor inverter* untuk menghasilkan frekuensi tertentu dari pembacaan RPM sehingga penggerak memiliki respon kecepatan yang optimal. Pengujian beban 150g dengan *Setpoint* 2700 RPM menghasilkan *RiseTime* 1,49 detik, *SettlingTime* 14,5 detik, *Overshoot* 4,33 untuk sistem kendali PI, sedangkan sistem tanpa kendali di angka 3,16 detik, tidak memiliki *SettlingTime* dan *Overshoot* dikarenakan belum melewati *Setpoint* sehingga sistem kendali PI memiliki respon serta kestabilan kecepatan yang lebih baik.

**Kata Kunci:** RPM, PI, Motor 3 Fasa, PWM.

### Abstract

Conveyor is a material transfer device that generally uses a 3-phase motor that uses a control system in its work system. The PI control system is a combination of proportional and integral control which has the advantage of improving and increasing accuracy in system stability. This research has the aim of designing a PI control system for improving the performance of 3-phase motor speed stability as a mini conveyor drive, knowing the implementation of the PI control system, and knowing the effect of the PI control system. This research uses quantitative research with data collection methods of observation, trial and error, and the use of measuring instruments. Testing the PI control system for controlling a 3-phase motor as a mini conveyor drive using an ESP32 type microcontroller and FC-03 encoder sensor as feedback from close loop system data and the use of an AC Drive Motor Inverter to drive a 3-phase motor. The load that affects the performance of the 3-phase motor can be overcome by entering the variables  $K_p$  0.42 and  $K_i$  0.08 at *Setpoint* 2700 RPM. The controller that has been programmed provides the PWM value automatically at the input of the AC inverter motor drive to generate a certain frequency from the RPM reading so that the drive has an optimal speed response. Testing a 150g load with a *Setpoint* of 2700 RPM produces a *Rise Time* of 1.49 seconds, *Settling Time* of 14.5 seconds, *Overshoot* of 4.33 for the PI control system, while the system without control is at 3.16 seconds, has no *SettlingTime* and *Overshoot* because it has not passed the *Setpoint* so that the PI control system has a better speed response and stability.

**Keywords:** RPM, PI, 3 Phase Motor, PWM.

**PENDAHULUAN**

Perkembangan sistem otomasi industri dimulai pada abad ke-20, dimana sebagian besar perusahaan yang bergerak di industri manufaktur dituntut untuk dapat melakukan otomasi pada sistem produksi demi tercapainya aktivitas produksi yang aman dan efisien secara berkelanjutan (Wulansari dkk., 2020). Otomasi adalah suatu teknologi yang berkaitan dengan aplikasi mekanik, elektronik, dan komputer didasarkan pada sistem untuk beroperasi dan mengendalikan produksi (Dewantara & Kholil, 2017)

Konveyor merupakan suatu mesin pemindah bahan yang umumnya dipakai dalam industri perakitan maupun industri proses untuk mengangkut bahan produksi setengah jadi maupun hasil produksi dari satu bagian ke bagian yang lain. (Rasdian dkk., 2023)

Motor 3 fasa merupakan motor dengan arus AC (*Alternating Current*) yang sering digunakan karena konstruksinya yang kuat dan karakteristik kerja yang baik. motor 3 fasa menggunakan sistem kendali dalam sistem kerjanya (Kurniawati, 2017). Sistem kendali tersebut memiliki fungsi sebagai pengendali atau pengatur suatu sistem. Sistem kendali yang dapat digunakan sistem kendali PI (Dhiya' Ushofa dkk., 2022).

**Mikrokontroler ESP32**

ESP32 merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266 yang memiliki keunggulan yaitu sistem yang memiliki biaya rendah dan berdaya rendah dengan modul WiFi yang terintegrasi dengan chip mikrokontroler dan memiliki koneksi bluetooth dengan mode ganda sehingga menjadikan ESP32 lebih fleksibel (Putu dkk., 2024). Mikrokontroler ini mampu digunakan sebagai sistem mandiri yang lengkap dan dapat dioperasikan sebagai perangkat pendukung mikrokontroler host (Zenhadi, 2020).

**AC Drive Motor Inverter SC-A2200U**

*AC Drive Motor Inverter Mitsubishi SC-A2200U* memiliki beberapa pin untuk menggerakkan sebuah motor AC 3 fasa, dengan input sumber utama 1 fasa 220V AC dan input DC dengan maksimal 5V DC sebagai pengontrolnya yang nantinya akan mengeluarkan output 3 fasa untuk motor pada pin U, V dan W (Bangun dkk., 2023).

*Drive Motor* memiliki prinsip kerja menghasilkan tegangan bolak-balik dari tegangan searah dengan proses pembentukan gelombang yang berbentuk persegi. Pergantian dari DC (*Direct Current*) ke AC (*Alternating Current*) terdapat pada output untuk mengatur tegangan dan tidak lepas dari modulasi lebar pulsa sinusoidal yang biasa disebut

PWM (*Pulse Width Modulation*) (Istanto W. Djatmiko, 2010).

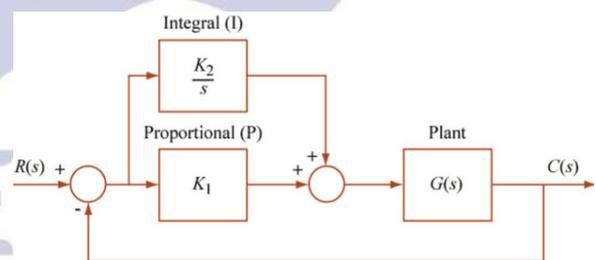
**Sensor Encoder FC-03.**

*Rotary encoder* merupakan perangkat elektronik yang mampu memonitor gerakan dan posisi. Sensor ini menggunakan sensor *optic* untuk menghasilkan serial pulsa yang selanjutnya diartikan menjadi Gerakan, posisi, dan arah. *Rotary encoder* tersusun dari piringan yang memiliki beberapa lubang pada bagian lingkaran piringan (Pustaka dkk., 2010).

Terdapat sebuah LED (*Light Emitting Diode*) dan *phototransistor* pada bagian sisi piringan. Lubang pada sisi piringan memiliki fungsi untuk menghantarkan cahaya LED ke *phototransistor*. Apabila cahaya LED tidak menembus lubang pada piringan tersebut maka cahaya akan tertahan (Yunita Auliani Rainard, 2023).

**Kontrol PI**

Kontrol PI adalah sebuah sistem untuk mengatur atau mengendalikan suatu proses pada perangkat. Respon cepat terhadap perubahan sistem dan memiliki kesalahan yang minim serta dapat mencapai setpoint meskipun terdapat beberapa gangguan adalah sebuah sistem kendali yang baik (Suryatini & Firasanti, 2018). Kontrol PI merupakan gabungan dari kendali *proporsional* dan *integral* yang membentuk tindakan kendali *proporsional-integral* (kontrol PI). Diagram kontrol PI terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Kontrol PI

Gabungan dari tindakan ini memiliki keunggulan dapat memperbaiki serta meningkatkan akurasi pada stabilitas sistem. Berdasarkan hal tersebut, semua elemen kontrol P dan I memiliki respons yang cepat dan mengurangi kesalahan hingga mencapai setpoint yang diinginkan (Suryatini & Firasanti, 2018).

Kontrol PI memiliki karakteristik yaitu *output* nilai  $K_i$  memiliki respon waktu yang lambat. Ketika terdapat kesalahan, output memberikan kenaikan atau penurunan dari sinyal kesalahan dan nilai  $K_i$ . Jika tidak terdapat kesalahan, output dari nilai  $K_i$  akan mempertahankan nilai sebelumnya (Wardhana, 2016). Nilai  $K_i$  yang besar dapat menghilangkan *offset*,

namun semakin besar nilai tersebut maka mengakibatkan peningkatan osilasi pada respon sistem (Juanda, 2009).

Kontrol PI memiliki *RiseTime* dan *SettlingTime* yang cepat yang sangat berguna untuk sistem pemrosesan dikarenakan keunggulan yang dibutuhkan dapat mempercepat suatu proses kerja pada perangkat (Rahmani dkk., 2023).

Penelitian ini dilakukan untuk menerapkan sistem kontrol PI pada perbaikan unjuk kerja motor 3 fasa sebagai penggerak mini konveyor untuk memperbaiki nilai *RiseTime* dan *SettlingTime* agar memiliki respon dan kestabilan yang lebih baik dari sistem yang tanpa menggunakan kontrol. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler ESP32, *AC Drive Motor Inverter SC-A2200U*, dan sensor *encoder FC-03*.

## METODE

### Pendekatan Penelitian

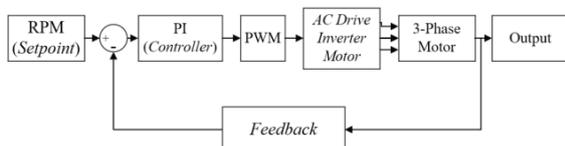
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan perancangan *prototype* kontrol untuk percobaan langsung dalam menjawab rumusan masalah. Penelitian kuantitatif merupakan penelitian yang dapat diukur dan dihitung secara pasti serta diuji berdasarkan perencanaan untuk perhitungan ilmiah (Jannah, 2016).

### Tahapan Penelitian

Rancangan penelitian Penerapan Sistem Kendali PI Pada Perbaikan Unjuk Kerja Motor 3 Fasa Sebagai Penggerak Mini Konveyor terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dari studi literatur beberapa artikel atau jurnal sebagai tahap sebelum melakukan pengumpulan data. Setelah data terkumpul, dilakukan pembuatan desain sistem, perancangan alat dan sistem kendali untuk diuji coba. Hasil dari uji coba penelitian nantinya dianalisis agar dapat disimpulkan.

### Desain Sistem

Desain sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem kendali *closeloop*. Sistem *closeloop* memiliki bagian antara lain input, proses, hasil dan *feedback*. Fungsi dari *feedback* sebagai informasi ke kontrol untuk diproses agar hasil dari pemrosesan sesuai dengan yang dibutuhkan. Sistem ini sebagai penegasan dari kontrol PI dalam mengatur kecepatan motor 3 fasa seperti Gambar 3.

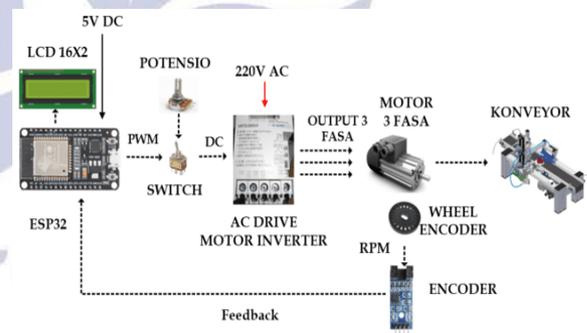


Gambar 2. Diagram Sistem Kendali

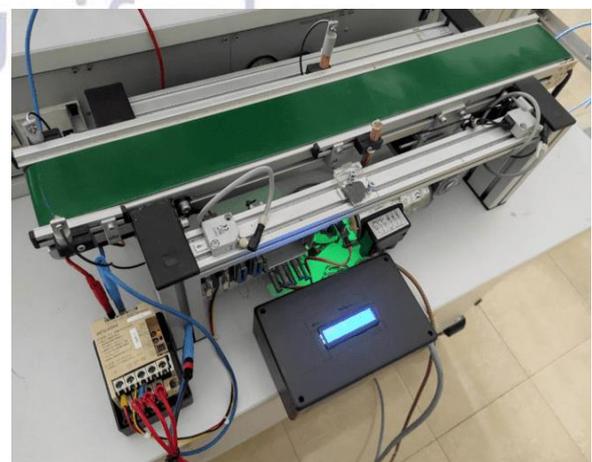
Kendali PI mengatur PWM untuk inverter motor sehingga didapatkan nilai tegangan yang mempengaruhi kecepatan motor untuk menuju ke *Setpoint*. Perbedaan keluaran kecepatan motor 3 fasa akan di-*feedback* ke kendali PI dan melakukan perbandingan secara otomatis hingga kecepatan motor tersebut mencapai ke *Setpoint* dengan ideal.

### Perancangan Hardware

Perancangan Hardware dimulai dari Mikrokontroler ESP32 memberikan sinyal PWM berupa tegangan DC ke input *AC Motor Driver Inverter*. Sebelum masuk ke *AC Motor Driver Inverter* terdapat *switch* sebagai pilihan penerima input DC dari potensio atau PWM dari ESP. Fungsi potensio untuk mengatur input DC secara manual tanpa kontroler. Input AC dari sumber 220V AC ke *AC Motor Driver Inverter* ke pin R dan S. Output *AC Motor Driver Inverter* berupa U, V dan W dihubungkan ke motor 3 fasa pada konveyor. *Wheel Encoder* dipasang pada poros motor agar sensor *encoder FC-03* dapat membaca putaran motor yang nantinya menjadi *feedback* ke ESP32 untuk diproses. LCD 16X2 dihubungkan ke ESP32 untuk menampilkan RPM motor 3 fasa. Keseluruhan perancangan hardware dapat dilihat pada Gambar 4 dan hasil perancangan alat secara langsung pada Gambar 5.



Gambar 3. Perancangan Hardware



Gambar 4. Hasil Perancangan Hardware

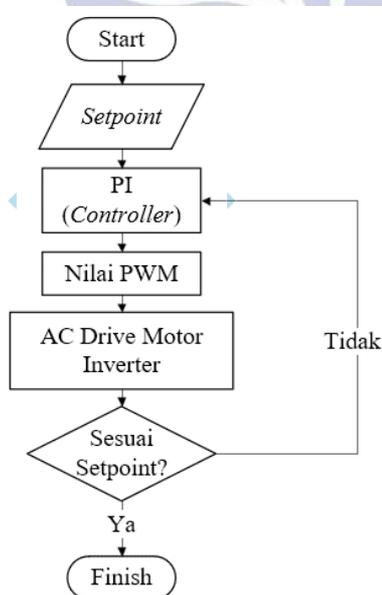
### Perancangan Sistem

Perancangan sistem berupa alur proses dari kendali PI untuk mengendalikan kestabilan kecepatan motor 3 fasa agar tetap berada pada *Setpoint*. Dalam penelitian ini RPM dengan nilai tertentu sebagai *Setpoint* yang menjadi acuan kestabilan kecepatan motor 3 fasa.

Setelah nilai *Setpoint* ditentukan, kontroler memberikan PWM berupa nilai VDC ke *AC Drive Motor Inverter* untuk menggerakkan motor 3 fasa. Kecepatan dari motor 3 fasa dibaca oleh *encoder* dan menghasilkan nilai RPM yang dikirimkan ke kontroler.

Kontroler akan memproses apakah nilai RPM sesuai dengan *Setpoint* atau tidak, jika tidak sistem akan melakukan penyesuaian dengan memberikan nilai PWM tertentu secara adaptif hingga kecepatan motor sesuai dengan *Setpoint*. Penyesuaian ini menggunakan metode kendali PI (*proportional-integral*).

Penggunaan sistem kendali PI dengan cara memasukkan nilai *proportional* dan *integral* hingga mendapatkan nilai *RiseTime* dan *SettlingTime* yang optimal melalui *trial and error* dengan menyesuaikan kondisi *plant* yang dikontrol. *Flowchart* dari perancangan sistem dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Flowchat Perancangan Sistem

### Pengujian

Pengujian diawali dengan menguji *AC Drive Motor Inverter* dan motor 3 fasa pada konveyor, pengujian sensor dan menjalankan alat tanpa sistem kendali maupun menjalankan alat dengan sistem kendali PI serta masing-masing diberi parameter beban yang sama.

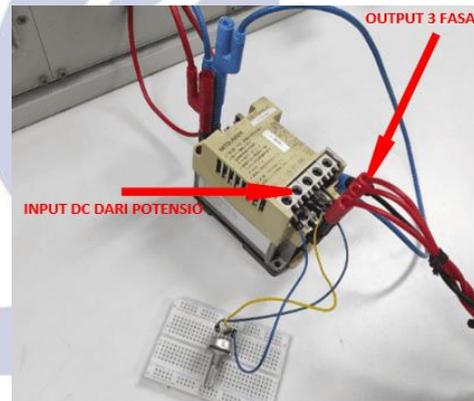
### Analisis

Setelah dilakukan pengujian, kemudian berlanjut untuk pengambilan data beserta analisis. Pengambilan data berupa nilai *RiseTime* dan *SettlingTime* optimal dari hasil percobaan alat tanpa sistem kendali dan dengan kendali PI beserta parameter 3 beban. Adapun pengujian dilakukan menjadi 2 tahap yaitu pengujian tanpa kontroler dan pengujian dengan kontroler. Kedua pengujian tersebut dilakukan menggunakan beban. Beban yang digunakan adalah beban dengan berat 0g (tanpa beban), 150g, 300g, dan 450g. Data yang telah didapatkan selanjutnya diolah untuk mendapatkan hasil *RiseTime*, *Overshoot* dan *SettlingTime* pada alat.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

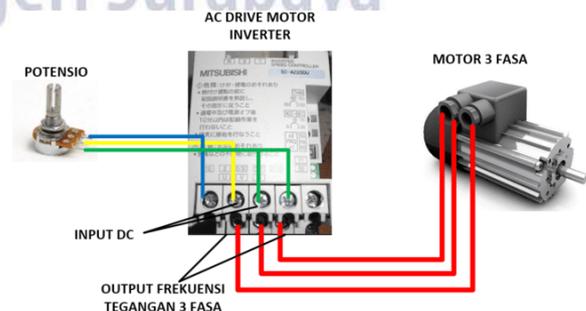
#### Hasil Pengujian AC Drive Motor Inverter dan Motor 3 Fasa

Pengujian ini dimulai dengan mengatur tegangan input DC ke *AC Drive Motor Inverter* secara manual menggunakan potensio hingga mendapatkan hasil output frekuensi antar fasa pada pin 3 fasa inverter seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Pin Input dan Output AC Drive Motor Inverter

Frekuensi yang berasal dari output motor 3 fasa nantinya akan mempengaruhi kecepatan motor 3 fasa. Hubungan antara AC Drive Motor Inverter dan motor 3 fasa terdapat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan AC Drive Motor Inverter dan Motor 3 Fasa

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan potensio ke pin *input* pada *drive motor*. *Input* maksimal yang dapat diterima oleh drive motor sebesar 5V DC. Potensio berperan sebagai pengatur input agar output motor dapat disesuaikan. Motor 3 fasa pada konveyor yang telah terhubung dengan *AC Drive Motor Inverter* pada pin 3 fasa dilakukan pengujian untuk mengetahui maksimal frekuensi yang dapat diterima oleh motor. Pengujian ini mendapatkan hasil bahwa motor 3 fasa pada konveyor hanya sanggup menerima *input* 3 fasa maksimal 50,85hz seperti pada Gambar 8



Gambar 8. Pengujian Frekuensi Maksimal Motor 3 Fasa

Hasil pengujian frekuensi dengan multimeter menghasilkan sedikit selisih dengan data pada spesifikasi, sebesar 50hz dengan nilai error 1,7%. Nilai tersebut kemudian dimasukkan kedalam persamaan dibawah ini.

$$\text{Persentase error} = \frac{\text{data pengujian} - \text{data spec}}{\text{data spec}} \times 100\% \quad (1)$$

Hasil dari persamaan diatas menunjukkan pengujian tersebut dapat dikatakan akurat karena hanya memiliki nilai eror kurang dari 2%. Nilai frekuensi tersebut berada pada input 3,6V DC di Gambar 9.



Gambar 9. Input DC

### Pengujian Sensor Encoder FC-03 (RPM)

Pengujian *encoder* dilakukan melakukan pemrograman RPM (*Revolution Per Minute*) atau kecepatan menggunakan aplikasi ArduinoIDE. Selanjutnya menjalankan motor 3 fasa pada kecepatan penuh. Kecepatan penuh didapat dari frekuensi maksimal motor 3 fasa sebesar 50hz dan nilai pada Serial Monitor, selanjutnya dilakukan kalibrasi dalam program pada percobaan pertama dengan frekuensi 50hz untuk menghasilkan nilai 3600 RPM. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Perbandingan RPM

Percobaan	I	F	P	H	Error
1	3,627	50	3595	3600	0,13
2	3,311	46	3274	3300	0,78
3	2,904	40	2953	2880	2,53
4	2,636	36	2760	2592	6,48
5	2,465	33	2632	2400	9,66
6	0	0	0	0	0
Rata-rata nilai error					3,26%

I merupakan input DC pada drive motor, F adalah frekuensi output drive motor. Sedangkan P merupakan hasil RPM dari percobaan secara langsung dan H adalah hasil RPM dari perhitungan.

Pengujian pada sensor encoder didapat hasil error sebesar 3,26%, maka dapat disimpulkan tingkat akurasi sensor encoder FC – 03 dengan penyesuaian kondisi mekanik pada perangkat konveyor dan performa AC Drive Motor Inverter sebesar 96,74%.

### Pengujian Alat Keseluruhan

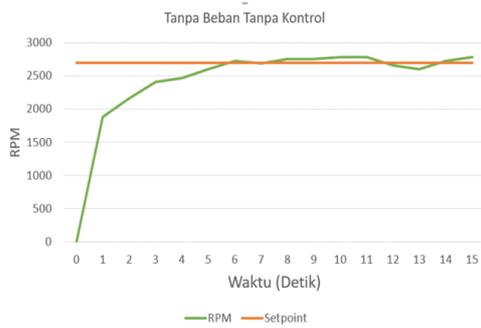
Pengujian ini menggunakan *Setpoint* di 2700 dikarenakan penentuan *Setpoint* dengan mempertimbangkan respons dan output frekuensi agar tidak melebihi batas maksimal pada motor saat dikontrol secara adaptif. RPM tersebut didapat dari input 2,7V DC dan menghasilkan output 37,5hz pada rentang waktu percobaan 15 detik. Pengujian pertama dilakukan pada alat yang tanpa menggunakan sistem kontrol PI. Terdapat tahap uji tanpa beban dan dengan beban pada respon alat keseluruhan

#### 1. Tanpa beban

Percobaan pertama menguji keseluruhan alat tanpa pemberian beban dan tanpa sistem kontrol mendapatkan hasil data RPM pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Percobaan Tanpa Beban Tanpa Kontrol

Detik	RPM T.Kontrol
0	0
1	1878
2	2159
3	2411
4	2472
5	2597
6	2723
7	2691
8	2754
9	2754
10	2785
11	2785
12	2660
13	2597
14	2723
15	2785



RiseTime: 3.1677  
 TransientTime: NaN  
 SettlingTime: NaN  
 SettlingMin: 2472  
 SettlingMax: 2785  
 Overshoot: 3.1481  
 Undershoot: 0  
 Peak: 2785  
 PeakTime: 10

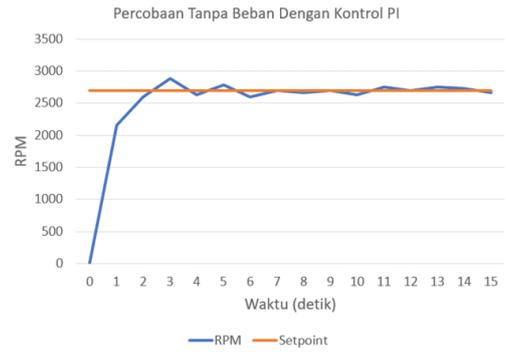
Gambar 10. Detail Grafik Sistem Tanpa Beban Tanpa Kontrol

Hasil pengujian tanpa beban dan sistem tanpa kontrol pada Gambar 10 mendapatkan *Risetime* = 3,1677 detik, *SettlingTime* = NaN (*Not A Number*) karena tidak stabil pada Setpoint dan *Overshoot* = 3,1481.

Percobaan tanpa beban selanjutnya pada sistem dengan kontrol PI. Penentuan variabel *Kp* dan *Ki* dilakukan metode *trial and error* dengan menyesuaikan kondisi pada alat pada Setpoint 2700 RPM. Hasil dari percobaan tersebut mendapatkan hasil yang paling baik dan stabil dengan *Kp* = 0,42 dan *Ki* = 0,08. Pengujian alat menggunakan kontrol PI mendapat hasil respons sistem berupa RPM pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Tanpa Beban Dengan Kontrol PI

Detik	RPM Kontrol PI
0	0
1	2159
2	2597
3	2879
4	2629
5	2785
6	2597
7	2691
8	2660
9	2691
10	2629
11	2754
12	2691
13	2754
14	2723
15	2660



RiseTime: 1.4937  
 TransientTime: 10.1360  
 SettlingTime: 10.1360  
 SettlingMin: 2597  
 SettlingMax: 2879  
 Overshoot: 6.6296  
 Undershoot: 0  
 Peak: 2879  
 PeakTime: 3

Gambar 11. Detail Grafik Hasil Percobaan Tanpa Beban Pada Kontrol PI

Detail grafik pada gambar 11 memaparkan hasil percobaan tanpa beban pada sistem kontrol PI memiliki *Risetime* = 1,4937 detik, *SettlingTime* = 10,1360 detik dan *Overshoot* = 6,6296. Hasil pengujian tanpa beban menunjukkan bahwa sistem dengan kontrol PI memiliki *Risetime* yang lebih cepat dan memiliki nilai meskipun memiliki *Overshoot* yang lebih besar.

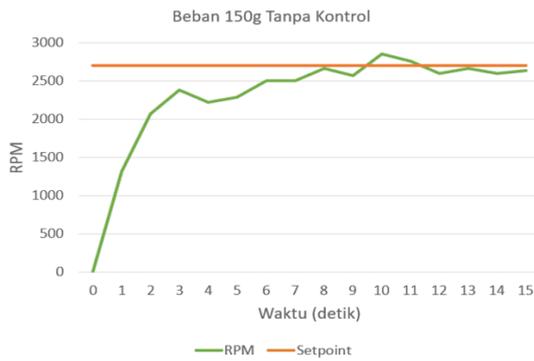
## 2. Beban 150g

Percobaan menggunakan beban 150g pada alat tanpa menggunakan sistem kontrol mendapatkan hasil data RPM pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Percobaan dengan Beban 150g Tanpa Kontrol

Detik	RPM Tanpa Kontrol
0	0
1	1314
2	2065
3	2378
4	2222
5	2284
6	2504
7	2504
8	2660
9	2566
10	2848
11	2754
12	2597
13	2660
14	2595
15	2629

## Kontrol PI Pada Perbaikan Unjuk Kerja Motor 3 Fasa sebagai Penggerak Mini Konveyor



**RiseTime: 5.4582**  
**TransientTime: NaN**  
**SettlingTime: NaN**  
**SettlingMin: 2504**  
**SettlingMax: 2848**  
**Overshoot: 5.4815**  
**Undershoot: 0**  
**Peak: 2848**  
**PeakTime: 10**

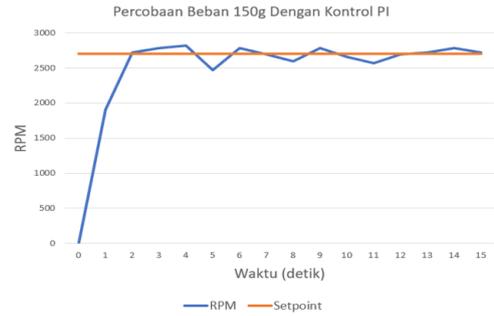
Gambar 12. Detail Grafik Hasil Percobaan Beban 150g Tanpa Kontrol

Hasil pengujian alat tanpa sistem kontrol dengan beban 150g mendapatkan nilai *RiseTime* 5,45 detik, *SettlingTime* NaN (*Not a Number*) dan *Overshoot* 5,48. Nilai *RiseTime* pada pengujian beban 150g sedikit lebih lambat dikarenakan terdapat beban pada konveyor namun tidak memiliki nilai *SettlingTime* karena kecepatan motor tidak stabil pada *Setpoint*.

Percobaan selanjutnya dengan beban 150 menggunakan sistem kontrol PI

Tabel 5. Hasil Percobaan dengan Beban 150g Dengan Kontrol PI

Detik	RPM Tanpa Kontrol
0	0
1	1909
2	2723
3	2785
4	2817
5	2472
6	2785
7	2691
8	2597
9	2785
10	2660
11	2566
12	2691
13	2723
14	2785
15	2723



**RiseTime: 1.4986**  
**TransientTime: 14.5000**  
**SettlingTime: 14.5000**  
**SettlingMin: 2472**  
**SettlingMax: 2817**  
**Overshoot: 4.3333**  
**Undershoot: 0**  
**Peak: 2817**  
**PeakTime: 4**

Gambar 13. Detail Grafik hasil Percobaan Beban 150g Dengan Kontrol PI

Percobaan dengan beban 150g pada sistem kontrol PI memiliki *Risetime* = 1,4986 detik, *SettlingTime* = 14,5000 detik dan *Overshoot* = 4,3333 sehingga sistem dengan kontrol PI memiliki *Risetime* yang lebih cepat dan memiliki nilai kestabilan sistem namun pada percobaan dengan beban 150g kontrol PI memiliki *Overshoot* yang lebih kecil.

Data dari hasil pengujian pada percobaan yang telah dilakukan memaparkan bahwa sistem dengan kontrol PI memiliki respons lebih cepat dan kestabilan sistem yang lebih baik daripada sistem tanpa menggunakan kontrol sehingga sistem dengan kontrol PI dapat memperbaiki unjuk kerja motor 3 fasa terkait kestabilan kecepatan.

### PENUTUP

#### Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan data yang diperoleh, maka didapatkan simpulan pada perancangan sistem kendali PI untuk pengendali motor 3 fasa sebagai penggerak mini konveyor menggunakan mikrokontroler tipe ESP32 dan sensor *encoder* FC-03 sebagai *feedback* dari data sistem *closeloop* serta penggunaan *AC Drive Motor Inverter* untuk menggerakkan motor 3 fasa. Implementasi sistem kendali PI pada motor 3 fasa saat terdapat beban yang mempengaruhi kinerja motor 3 fasa dapat diatasi dengan memasukkan variabel *Kp* dan *Ki* pada program sistem. Kontroler yang telah diprogram memberikan nilai PWM secara otomatis pada *input AC drive motor inverter* untuk menghasilkan frekuensi

tertentu dengan membaca nilai RPM sehingga motor 3 fasa tetap memiliki respons kecepatan yang optimal.

Respons yang didapatkan dari pengujian tanpa beban dengan nilai *RiseTime* 1,49 detik dan *SettlingTime* 10,13 detik untuk sistem kendali PI, sedangkan sistem tanpa kendali menghasilkan respons yang lebih lambat di angka 3,1677 detik dan tidak memiliki nilai kestabilan, Pengujian dengan beban 150g juga memiliki hasil yang sama serta pada system control PI memiliki nilai *Overshoot* yang lebih kecil.

#### Saran

Terdapat beberapa hal yang penulis sarankan untuk mendukung penelitian selanjutnya agar menjadi lebih baik seperti memperbaiki struktur mekanik pada penyetelan belt konveyor agar putaran motor tidak mudah terhambat.

Penyesuaian penempatan sensor dan penggunaan *Absolute Rotary Encoder* untuk mendapatkan hasil pembacaan *feedback* yang lebih stabil.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Sanjaya, Rozi. (2023). *Jurnal Teknik Elektro Metode Sinusoidal Pulse Width Modulation ( SPWM ) Dengan Modul EGS002. Jurnal Teknik Elektro. 13(2)*, 19–26.
- Dewantara, Alex., & Kholil, Muhammad. (2017). *Sistem Otomasi Sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Dengan Metode Spc Pada Line Finishing. Jurnal Ilmiah Teknik Industri, 3(3)*, 141–149.  
<https://doi.org/10.24912/jitiuntar.v3i3.465>
- Dhiya' Ushofa, Baroroh., Anifah, Lilik., Buditjahjanto, Gusti., & Endryansyah. (2022). *Sistem Kendali Kecepatan Putaran Motor DC pada Conveyor dengan Metode Kontrol PID. Jurnal Teknik Elektro, 11*(Universitas Negeri Surabaya), 332–342.
- Djarmiko, Istanto. (2010). *Semikonduktor Daya. Universitas Negeri Yogyakarta*, 1–12.
- Jannah. (2016). *Metodologi Penelitian Kuantitatif. In PT Rajagrafindo Persada (Vol. 3, Issue 2)*.
- Juanda. (2009). *Perancangan Self-Tuning PID. 5–23*.  
[https://elib.unikom.ac.id/files/disk1/365/jbptuni\\_kompp-gdl-anggajuand-18247-4-babii.pdf](https://elib.unikom.ac.id/files/disk1/365/jbptuni_kompp-gdl-anggajuand-18247-4-babii.pdf)
- Pratama, Putu Yoga Adi., Mukhtar, Husneni., Istiqomah. (2024). *Implementasi Komunikasi BLE pada Arduino Nano 33 BLE (peripheral) dengan Dongle ESP32 (central) Dalam Sistem Pendeteksian Gerakan. 11(1)*, 168.
- Rahmani, Salma., Rosana, Suci Aulia., Tian, Gina Hanin. (2023). *Sistem Kontrol Level Air Dengan Pengontrol PID. Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali Dan Elektronika Terapan, 10(2)*, 174–181.
- Rasdian, Aang Khunaefi., Hermawan, Dudung., Anwar, Syahrul., Farudin, Tugiman. (2023). *Perancangan Ulang Conveyor Otomatis Pada Mesin Pencacah Botol Plastik Auto Conveyor Redesign on Plastic Bottle Crushing Machine. Jurnal Baut Dan Manufaktur, 5(1)*, 44–53.
- Suryatini, Fitria., & Firasanti, Annisa. (2018). *Kendali P, Pi, Dan Pid Analog Pada Pengaturan Kecepatan Motor Dc Dengan Penalaan Ziegler-Nichols. Journal of Electrical and Electronics, 6(1)*, 65–80.
- Wardhana, Danu Wardhana. (2016). *Perancangan Sistem Kontrol PID Pengendali Sumbu Azimuth Turret Pada Turret-Gun Kaliber 20MM. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 7*, 88.  
<https://repository.its.ac.id/41789>
- Arifin, Zaenul., Sulityowati, Wiwik. (2020). *Pengendalian Kualitas Produk Pakan Ayam Menggunakan Statistical Process Control (SPC) dan Fault Tree Analisis (FTA). Prosiding IENACO 2020 Teknik Industri UMS (18 Maret 2020) 185. 185–193*.
- Reinard, Claudia Yunita Auliani. (2023). *Rotary Encoder Sebagai Aktivator Deteksi Objek Pada Mobil Listrik Tugas Akhir. Program Studi SI Teknik Komputer Oleh. 12–13*.