

SISTEM KENDALI KECEPATAN KONVEYOR DENGAN BEBAN BERUBAH BERBASIS HIBRID FUZZY LOGIC-PID

Rizky Abdillah^{1*}, Rosdiana²

Jurusan Teknik Elektro Universitas Malikussaleh, Jalan Batam, Muara Satu, Lhokseumawe, 24353 Indonesia.

Riwayat artikel:

Received: 18 Juli 2023

Accepted: 30 Juli 2023

Published: 1 Agustus 2023

Keywords:

Hybrid Fuzzy Logic-PID;
Konveyor; Kecepatan;
Motor DC.

Correspondent Email:

rizky.180150082@mhs.unimal.ac.id

© 2023 JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstrak. Teknologi kontrol otomatis sangat dibutuhkan untuk memberikan kemudahan dalam perancangan alat kontrol. Salah satu penerapannya dalam perancangan alat pengontrol kecepatan putar motor DC pada konveyor penyortir barang. Motor listrik DC adalah alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi kinetik/gerak. Sebuah motor DC membutuhkan tegangan arus searah (DC) untuk beroperasi. Tujuan dari skripsi ini yaitu membuat pengontrol kecepatan (RPM) motor DC pada konveyor penyortir barang, mengendalikan kecepatan motor DC agar tetap terjaga kestabilan meskipun dengan beban yang berubah, mengaplikasikan Hibrid Fuzzy Logic-PID pada pengendali kecepatan motor DC pada konveyor penyortir barang. Penelitian ini menggunakan 3 sensor sebagai feedback yaitu sensor kecepatan, sensor tegangan dan sensor arus. Kontrol PID dibuat dengan menggunakan PID tuner pada matlab dan mendapatkan hasil parameter $K_p=0,2$ $K_i=0,072$ $K_d=0,03036$. Pada fuzzy logic memiliki nilai output sebanyak 5 yaitu $SK=0,2$ $K=0,25$ $Sd=0,3$ $B=0,35$ $SB=0,4$. Hasil penelitian menunjukkan sistem dapat terealisasi, konveyor dapat tetap stabil pada setpoint dengan beban berubah sebanyak 5 kali perubahan. Pada perbandingan metode pengontrolan PID dengan Hibrid Fuzzy Logic-PID, metode PID cepat mendapatkan nilai settling time namun terjadi overshoot yang cukup tinggi, berbeda dengan Hibrid Fuzzy Logic-PID yang mendapatkan nilai settling time yang sedikit lambat namun mendapatkan hasil overshoot yang rendah.

Abstract. Automatic control technology is needed to provide convenience in designing control devices. One of its applications is in the design of a DC motor rotating speed controller on a goods sorting conveyor. The purpose of this thesis is to make a DC motor speed controller (RPM) on a goods sorting conveyor, to control the speed of a DC motor to maintain stability even with changing loads, to apply Hybrid Fuzzy Logic-PID to controlling the speed of a DC motor on a goods sorting conveyor. This study uses 3 sensors as feedback, namely speed sensor, voltage sensor and current sensor. PID control is made using the PID tuner in matlab and obtains the parameter $K_p=0.2$ $K_i=0.072$ $K_d=0.03036$. In fuzzy logic, it has an output value of 5, namely $SK=0.2$ $K=0.25$ $SD=0.3$ $B=0.35$ $SB=0.4$. The results showed that the system can be realized, namely the conveyor can remain stable at the set point with a change in load of 5 times the change in load weight. In a comparison of the PID control method with the Hybrid Fuzzy Logic-PID method, the PID quickly obtains a settling time value but a fairly high overshoot occurs, in contrast to the Fuzzy Logic-PID Hybrid which obtains a slightly slower settling time value but obtains a low overshoot.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sistem kendali saat ini begitu pesat, salah satunya adalah teknik kendali otomatis, baik secara teori maupun praktek. Teknik kontrol otomatis diperlukan untuk memberikan kemudahan dalam perancangan alat kontrol. Sehingga didapatkan suatu desain kontrol dengan stabilitas dan performa yang tinggi pada sistem kontrol. Salah satu aplikasinya adalah pada perancangan alat sebagai alat pengontrol kecepatan putar motor DC pada konveyor pemilah barang[1][2].

Dalam sistem kendali dunia, motor DC sangat dikenal dan dihormati. Motor listrik DC merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Itu bisa disebut motor arus searah. Motor DC membutuhkan tegangan arus searah (DC) untuk beroperasi. Motor DC merupakan motor yang mudah digunakan sehingga sering diaplikasikan dalam berbagai keperluan, seperti peralatan industri dan rumah tangga. Namun pada saat mengaplikasikan kecepatan motor DC sering terjadi pengurangan beban yang ada sehingga kecepatannya tidak konstan[3][4].

Fuzzy Logic Controller (FLC) memberikan alternatif metode kontrol, dimana kelemahan dari kontrol PID seperti kontrol untuk sistem non-linier kompleks dapat dilakukan bahkan pada sistem non-linier yang tidak jelas. tidak seperti PID, dimana untuk mengontrol, pertama-tama Anda harus memodelkan sistem sebagai fungsi transfer, FLC bertindak seperti bagaimana manusia mempelajari dan membandingkan semua input dengan batasan tertentu untuk menghasilkan sebuah output. Dari latar belakang diatas maka penulis melakukan penelitian ini dengan judul skripsi "Kontrol Kecepatan Carrier Conveyor Dengan Perubahan Beban Berbasis Hybrid Fuzzy Logic-PID"[5][6].

2. TINJAUAN PUSTAKA

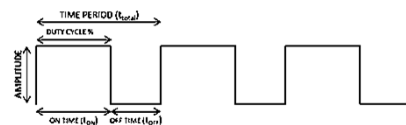
2.1 Motor DC

Motor DC adalah jenis motor listrik yang bekerja menggunakan sumber tegangan DC. Arah putaran motor DC ditentukan oleh arus maju atau arus balik atau tegangan positif dan tegangan negatif pada motor DC. Sedangkan kecepatan motor DC ditentukan oleh

perubahan tegangan kumparan pada motor DC. Biasanya rangkaian H bridge digunakan untuk mengubah arah putaran motor sedangkan untuk kecepatan menggunakan variable resistor atau potensiometer. Kendali manual ini terkadang tidak dapat diterapkan pada kondisi tertentu seperti pintu otomatis, garasi otomatis, pagar otomatis, dan lain-lain yang membutuhkan gerak yang dikendalikan oleh aktuator, sehingga diperlukan sistem kendali[7].

2.2 Pulse Width Modulation (PWM)

PWM adalah proses perbandingan antara sinyal pembawa dan sinyal modulasi sehingga menghasilkan sinyal persegi dengan lebar pulsa yang berbeda. Lebar pulsa dapat disesuaikan dengan siklus tugas. Duty cycle adalah persentase periode sinyal high dan periode sinyal low, persentase duty cycle akan berbanding lurus dengan tegangan rata-rata yang dihasilkan. Sinyal PWM memiliki lebar pulsa yang bervariasi dengan siklus tugas. Di bawah ini adalah penjelasan tentang sinyal PWM[8].



Gbr 1. Sinyal PWM

Secara umum, sinyal PWM akan tetap ON (High) untuk waktu yang ditentukan, kemudian akan OFF (Low) selama sisa periodenya. Sebagai pengguna, Anda dapat menentukan berapa lama PWM dalam posisi ON. Caranya adalah dengan mengontrol duty cycle dari PWM. Pada saat PWM dalam posisi ON maka duty cycle atau duty cycle memiliki nilai 100%. Sedangkan pada saat PWM OFF disebut juga PWM pada posisi duty cycle 0%. Untuk menghitung siklus tugas PWM, Anda dapat menggunakan rumus berikut:

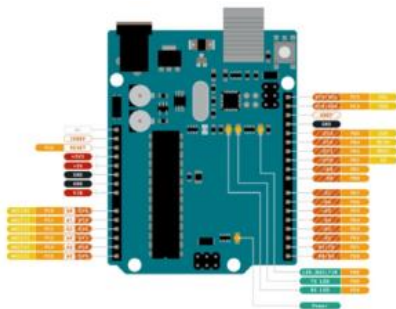
$$\text{Duty Cycle} = t_{ON} / (t_{ON} + t_{OFF})$$

2.3 Konveyor

Konveyor adalah suatu sistem mekanik yang berfungsi untuk memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain. Konveyor banyak digunakan di industri untuk pengangkutan barang dalam jumlah besar dan secara berkelanjutan. Pada kondisi tertentu konveyor banyak digunakan karena memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi dibandingkan alat transportasi berat seperti truk dan mobil pengangkut. Konveyor membuat penanganan material lebih mudah dan lebih efektif. Konveyor dapat memobilisasi barang dalam jumlah banyak dan terus menerus dari satu tempat ke tempat lain. Pemindahan tempat harus memiliki lokasi yang tetap agar sistem konveyor memiliki nilai ekonomis. Kelemahan dari sistem ini adalah tidak memiliki fleksibilitas ketika lokasi barang yang dimobilisasi tidak tetap dan jumlah barang yang masuk tidak kontinu[9].

2.4 Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328. Arduino UNO memiliki 14 pin input dan output digital, 6 diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM yaitu pin 5, 6, 7, 8, 9, 10 dan 11 dan 3 dengan resolusi 8 bit.

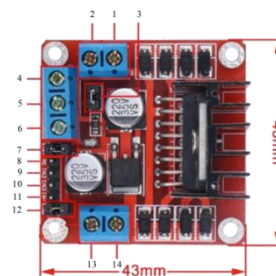


Gbr 2. Arduino Uno R3

Arduino UNO juga memiliki 6 pin analog input yaitu pada pin A0-A5 dengan resolusi 10 bit, 16 MHz orcrystal oscillation, koneksi USB, power jack, ICSP header, dan tombol reset. Arduino UNO berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, dengan mudah menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau memasoknya dengan adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulai[10].

2.5 Motor Driver

Driver motor digunakan sebagai penghubung antara mikrokontroler dan motor DC. Driver motor ini digunakan karena arus yang keluar dari mikrokontroler tidak mampu memenuhi kebutuhan motor DC. IC L298N dapat digunakan untuk menggerakkan empat motor DC setengah jembatan atau dua motor DC jembatan penuh. IC ini memiliki 4 pin input yang sesuai dengan 4 pin output. Selain itu juga terdapat 2 pin enable untuk pin output 1,2 dan pin output 3,4[11].



Gbr 3. Motor Driver L298N

2.6 Sensor Optocoupler

Optocoupler adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai penghubung berdasarkan cahaya optik. Pada dasarnya Optocoupler terdiri dari 2 bagian utama yaitu Transmitter yang berfungsi sebagai pengirim cahaya optik dan Receiver yang berfungsi sebagai pendeteksi sumber cahaya. Setiap bagian Transmitter dan Receiver Optocoupler tidak memiliki hubungan penghantar rangkaian langsung, melainkan dibuat sedemikian rupa dalam satu paket komponen[12].

2.7 Sensor Arus

Sensor arus adalah perangkat yang mengukur jumlah arus dalam perangkat elektronik. Sensor arus biasanya terdiri dari rangkaian elektronik yang mengubah arus menjadi tegangan listrik. Sensor arus yang biasa digunakan adalah chip ACS712. Sensor arus bekerja dengan melewati arus melalui tembaga yang didalamnya menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh IC Hall terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional[13].

2.8 Sensor Tegangan

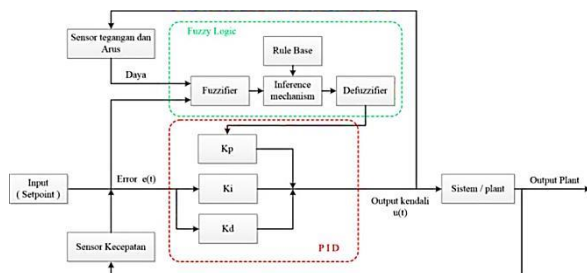
Sensor tegangan adalah perangkat yang mengukur tegangan pada perangkat elektronik. Sensor tegangan pada umumnya

berupa rangkaian pembagi tegangan atau yang biasa disebut dengan pembagi tegangan. Sensor ini didasarkan pada prinsip redaman resistansi dan dapat membuat tegangan input dari terminal berkurang menjadi seperlima dari tegangan aslinya[14].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Sistem Kerja Alat

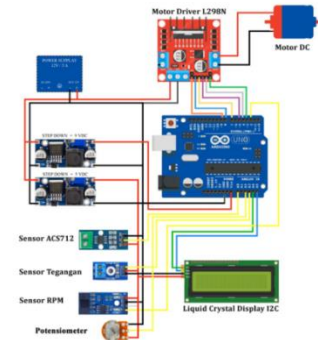
Diagram menunjukkan cara kerja perangkat kontrol kecepatan motor konveyor. Dengan starting dan input berupa input kecepatan berupa nilai Setpoint, kemudian motor akan berputar dan sensor rpm membaca nilai rpm, kemudian didapatkan input baru berupa nilai error. kemudian nilai error menjadi parameter untuk menentukan nilai K_i , K_d pada kontroler PID dan juga nilai K_p pada Logika Fuzzy. masukan kedua pada logika fuzzy adalah nilai daya yang diperoleh dari keluaran pengontrol yaitu sensor arus dan tegangan. Selanjutnya sistem akan berjalan sesuai dengan setpoint yang diinginkan, jika tidak sesuai maka sensor akan terus mengirimkan nilai error sebagai input system.



Gbr 4. Blok Diagram Sistem Kerja Alat

3.2 Rancangan Alat

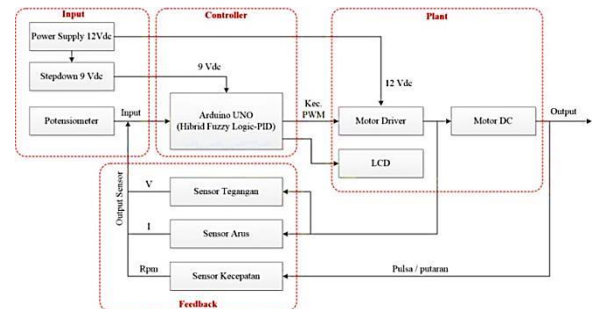
Untuk membangun alat ini diperlukan komponen utama yaitu pada bagian input terdapat catu daya, stepdown, dan juga potensiometer sebagai pengatur setpoint. Selanjutnya pada controller adalah Arduino Uno, kemudian plant membutuhkan driver motor sebagai penguat motor dc dan juga membutuhkan motor dc itu sendiri. Dan terakhir dibutuhkan tiga buah sensor untuk umpan balik yaitu sensor kecepatan, sensor tegangan, dan sensor arus.



Gbr 5. Blok Diagram Sistem Kerja Alat

3.3 Rancangan Keseluruhan Alat

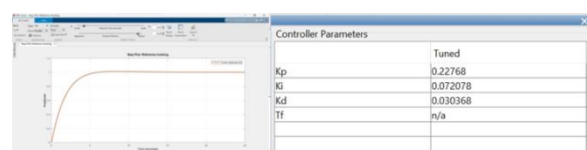
Pada perancangan ini yaitu menyatukan semua komponen sambil melakukan percobaan pada setiap komponen yang telah dipasang menjadi satu kesatuan, berikut adalah gambar rancangan secara keseluruhan.



Gbr 6. Rangkaian Keseluruhan Alat

3.4 Rancangan Algoritma PID

Pada penelitian ini, tahap perancangan algoritma kontrol PID dimulai dari pencarian fungsi transfer plant menggunakan Matlab. Tahapan selanjutnya adalah pencarian parameter PID menggunakan PID tuner block di matlab. Berikut adalah hasil tuning menggunakan tuner PID. Dari hasil tuning dengan beberapa kali percobaan pada matlab didapatkan nilai K_p , K_i dan K_d pada PID Tuner. Berikut adalah nilai parameter yang didapatkan.



Gbr 7. Tuning Pada Matlab dengan PID Tuner

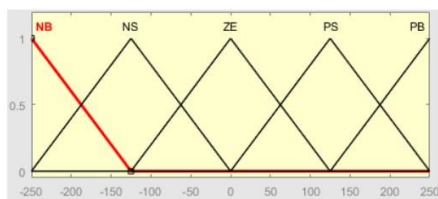
3.5 Rancangan Fuzzy Logic

3.5.1 Fuzzifier Design

Dalam penelitian ini, untuk memudahkan pembuatan fungsi keanggotaan dan basis aturan, kami menggunakan toolbox fuzzy di Matlab. Dalam penelitian ini fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi segitiga. Jumlah anggota baik input maupun output masing-masing adalah 5 buah. Untuk speed error input antara lain sebagai berikut.

Tabel 1. Batas Keanggotaan Error

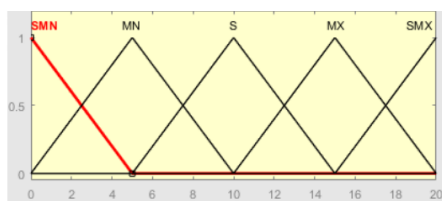
keanggotaan	Variabel	Nilai
Negatif Big	NB	-250
Negatif Small	NS	-125
Zero Error	ZE	0
Positif Small	PS	125
Positif Big	PB	250



Gbr 8. Fungsi Keanggotaan Segitiga Untuk Error

Tabel 2. Batas Keanggotaan Daya

Keanggotaan	Variable	Value
Sangat minimal	SMN	0
Minimal	MN	5
Sedang	S	10
Maximum	MX	15
Sangat maximum	SMX	20

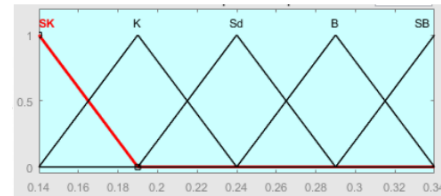


Gbr 9. Fungsi Keanggotaan Segitiga Untuk Daya

Tabel 3. Batas Keanggotaan Kp

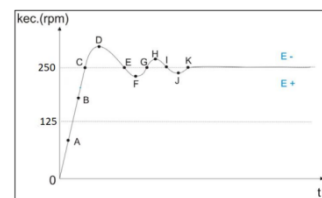
Keanggotaan	Variable	Value
Sangat Kecil	SK	0.2
Kecil	K	0.25

Sedang	Sd	0.3
Besar	B	0.35
Sangat Besar	SB	0.4



Gbr 10. Fungsi Keanggotaan Segitiga Untuk Kp

3.5.2 Rulle Base Design



Gbr 11. Transient Response

Grafik diatas menunjukkan dua overshoot , yaitu overshoot tinggi (D) dan rendah (H). Acuan yang dipakai untuk menentukan titik yang ada pada gambar adalah nilai error E dan daya. Error bernilai positif ketika kurva dibawah nilai setpoint dan negatif ketika kurva di atas setpoint , sedangkan daya bernilai besar saat menuju puncak dan akan kecil jika menuruni lembah, berikut adalah penjelasanya.

- Titik A

E dan daya kecil, untuk itu diperlukan nilai Kp yang besar agar segera mencapai setpoint.

- Titik B

E mulai mengecil dan daya mulai membesar, untuk itu nilai Kp perlu dikurangi untuk mencegah overshoot.

- Titik C,E,G,I dan K

E bernilai 0, daya memiliki nilai yang sangat bagus, maka Kp di set di titik tengah nilai Kp (ZE)

- Titik D dan H

E memiliki nilai yang tidak terlalu besar, daya memiliki nilai yang cukup besar, disini Kp di set kecil untuk mengurangi overshoot,

- Titik F dan J

E memiliki nilai yang tidak terlalu besar, daya memiliki nilai sedang, disini Kp di set sedang untuk menghentikan undershoot.

3.5.3 Inference Mechanism dan Defuzzification

Pada penelitian ini fungsi aplikasi yang digunakan adalah fungsi MIN, sedangkan komposisi aturan yang digunakan adalah MAX. Metode ini sering disebut sebagai MAX-MIN atau metode Mamdani.

Defuzzifier melakukan defuzzifikasi untuk mengubah keluaran proses kontrol fuzzy dari besaran fuzzy menjadi besaran real. Pada penelitian ini metode defuzzifikasi yang digunakan adalah Center of Gravity karena kemudahan dalam penulisan program dan juga output keanggotaan fuzzy yang digunakan bersifat simetris.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Rancangan Mekanik

Wujud desain mekanik yang dibuat berfungsi sebagai wadah komponen atau panel kontrol. Panel kendali dibuat menggunakan proyek kotak dengan ukuran panjang 25 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm. Tampilan atas panel adalah LCD 16x2 seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

Dan selanjutnya adalah conveyor untuk mengangkut barang dengan panjang 150 cm, lebar 20 cm dan tinggi 15 cm. Pada conveyor terdapat motor DC 12 volt dan sensor optocoupler sebagai pembaca rpm dari motor yang dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.

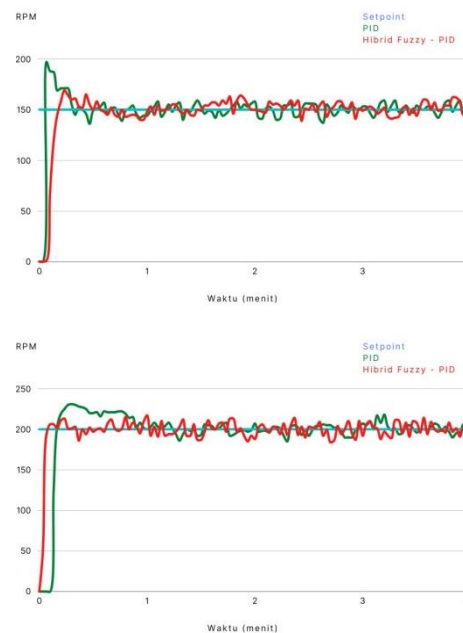
Perwujudan desain elektronik dibuat sesuai dengan desain sistem yang terdiri dari beberapa komponen. Komponen yang digunakan adalah sensor optocoupler, potensiometer, sensor tegangan, sensor arus, driver L298n, buck converter, arduino uno r3 dan power supply.



Gbr 12. Panel Box dan Konveyor Belt

4.2 Pengujian Tanpa Beban

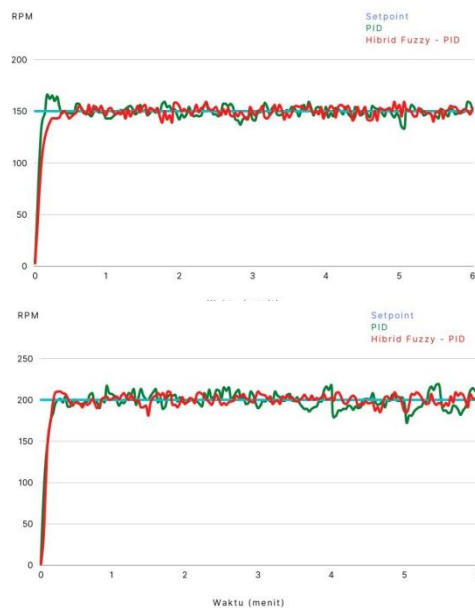
Pada pengujian tanpa beban ini digunakan 2 metode pembanding yaitu PID dan Hybrid Fuzzy Logic-PID dengan setpoint 150 rpm dan 200 rpm. Grafik berikut dihasilkan oleh kedua metode.



Gbr 13. Grafik Pengujian 150 dan 200 Rpm Tanpa beban

4.3 Pengujian Dengan Berbeban

Pada penelitian ini load test memiliki 5 variasi beban yang berbeda setiap 60 detik yaitu 1kg, 2kg, 3kg, 4kg dan 5kg, karena beban maksimum untuk model conveyor ini adalah 5 kg. Pengujian ini dilakukan selama 360 detik atau 6 menit dengan setpoint 150 rpm dan 200 rpm. Berikut adalah hasil pengujian PID dan kontrol sebagai pembanding.



Gbr 14. Grafik Pengujian 150 dan 200 Rpm Tanpa beban

4.4 Analisa Hasil Pengujian

Berdasarkan Tabel 4 dengan setpoint 150 rpm pada percobaan tanpa beban dan dengan beban kedua metode berhasil namun metode PID mendapatkan Overshoot yang tinggi, sedangkan Fuzzy Logic-PID Hybrid mendapatkan Overshoot yang kecil, sehingga Hybrid Fuzzy Logic -PID lebih unggul dari metode PID.

Tabel 4. Analisa Pada Pengujian 150 Rpm

Method	Setpoint	Settling Time (second)	C max	Overshoot (%)
PID	150 Rpm No Load	12	197	0,31%
Hybrid Fuzzy Logic-PID		18	191	0,27%
PID	150 Rpm With Load	5	166	0,11%
Hybrid Fuzzy Logic-PID		12	158	0,05%

Berdasarkan Tabel 5 dengan setpoint 200 rpm pada percobaan tanpa beban dan dengan beban kedua metode berhasil namun metode PID mendapatkan Overshoot yang tinggi, sedangkan Fuzzy Logic-PID

Hybrid mendapatkan Overshoot yang kecil, sehingga Fuzzy Logic- PID Hybrid lebih unggul dari metode PID.

Tabel 5. Analisa Pada Pengujian 200 Rpm

Metode	Setpoint	Settling Time (second)	C max	Overshoot (%)
PID	200 Rpm No Load	6	257	0,28%
Hybrid Fuzzy Logic-PID		6	223	0,11%
PID	200 Rpm With Load	7	219	0,10%
Hybrid Fuzzy Logic-PID		6	210	0,05%

5. KESIMPULAN

- Sistem pengatur kecepatan (rpm) motor DC pada konveyor untuk pengangkutan barang telah berhasil direalisasikan dan sesuai dengan tujuan awal yaitu kecepatan dapat tetap stabil dengan beban yang berubah-ubah
- Pada metode perbandingan kontrol PID dengan Hybrid Fuzzy Logic-PID, metode PID dengan cepat mendapatkan nilai settling time namun terjadi overshoot yang cukup tinggi, berbeda dengan Hybrid Fuzzy Logic-PID yang mendapatkan nilai settling time sedikit lebih lambat namun mendapatkan hasil overshoot yang rendah.
- Selama uji beban, Fuzzy Logic-PID Hybrid Controller berhasil menjaga kestabilan rpm pada setpoint yang telah ditentukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama mengerjakan penelitian ini, penulis mendapatkan bantuan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Malikussaleh, Teman-teman Angkatan 2018 dan Bapak dan Ibu di rumah tak henti memberikan semangat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Q. Hidayati and M. E. Prasetyo, "Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Fuzzy-PID," *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 4, no. 1, pp. 12–17, 2016, doi: 10.32487/jtt.v4i1.123.
- [2] A. Ramya, A. Imthiaz, and M. Balaji, "Hybrid Self Tuned Fuzzy PID controller for speed control of Brushless DC Motor," *Automatika*, vol. 57, no. 3, pp. 672–679, 2017, doi: 10.7305/automatika.2017.02.1769.
- [3] H. Jigang, W. Jie, and F. Hui, "An anti-windup self-tuning fuzzy pid controller for speed control of brushless dc motor," *Automatika*, vol. 58, no. 3, pp. 321–335, 2017, doi: 10.1080/00051144.2018.1423724.
- [4] Diarsyah Amarullah, Mochammad Djaohar, and Massus Subekti, "Pengaturan Kecepatan Motor Dc Seri Berbasis Arduino Uno," *J. Electr. Vocat. Educ. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 8–11, 2020, doi: 10.21009/jevet.0042.02.
- [5] H. Maghfiroh, R. Martfuadi, and M. H. Ibrahim, "Optimal energy control of DC motor using fuzzy logic controller to supervise PID control," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2217, no. 1, 2020, doi: 10.1063/5.0000617.
- [6] Lilik, G. Putu, and Buditjahjanto, "Sistem Kendali Kecepatan Putaran Motor DC pada Conveyor dengan Metode Kontrol PID 332 Sistem Kendali Kecepatan Putaran Motor DC pada Conveyor," pp. 332–342, 2022.
- [7] D. Setiawan, "Sistem Kontrol Motor DC Menggunakan PWM Arduino Berbasis Android System," *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 15, no. 1, pp. 7–14, 2017.
- [8] M. Susanti, "Sistem Penunjang Keputusan Untuk Penilaian Guru Menggunakan Model Logika Fuzzy Tahani," *Swabumi*, vol. 5, no. 1, pp. 90–98, 2017.
- [9] A. Hanafie, A. C. Darti Akhsa, N. Alam, and A. Sandy, "Rancang Bangun Sistem Konveyor Penghitung Telur Otomatis," *ILTEK J. Teknol.*, vol. 15, no. 01, pp. 1–4, 2020, doi: 10.47398/iltek.v15i01.498.
- [10] U. I. Gorontalo and A. Uno, "Sistem kontrol penerangan menggunakan arduino uno pada universitas ichsan gorontalo," vol. 9, 2017.
- [11] N. Ro, "Kendali Kecepatan Motor DC Dengan Metode PID Berbasis Arduino UNO," vol. 05, 2018.
- [12] N. Yanti, Y. Yulkifli, and Z. Kamus, "Pembuatan Alat Ukur Kelajuan Angin Menggunakan Sensor Optocoupler Dengan Display Pc," *Sainstek J. Sains dan Teknol.*, vol. 7, no. 2, p. 95, 2016, doi: 10.31958/js.v7i2.131.
- [13] D. T. Arif, "Kendali Kecepatan Motor DC Penguat Terpisah Berbeban Berbasis Arduino," vol. 06, no. 02, pp. 33–43, 2020.
- [14] M. Sensor and A. Acs, "PENGUKURAN DAYA LISTRIK REAL TIME DENGAN," vol. 12, no. 1, pp. 17–23, 2016.