

Perbaikan Unjuk Kerja Motor 3 Fasa Sebagai Penggerak Konveyor Menggunakan Kontrol PID Fuzzy Logic

Moch.Rivaldo

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email : moch.rivaldo.19062@mhs.unesa.ac.id

Endryandsyah, Parama Diptya Widayaka, Puput Wanarti Rusimamto

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email : endryansyah@unesa.ac.id, paramawidayaka@unesa.ac.id, puputwanarti@unesa.ac.id

Abstrak

Salah satu kegunaan dari motor induksi tiga fasa adalah dapat bekerja dengan konveyor. Konveyor berguna untuk transfer dan mengangkat barang dari satu tempat ke tempat lain. Meskipun demikian, terdapat beberapa tantangan yang dapat dihadapi oleh motor induksi 3 fasa, seperti osilasi, ketidakstabilan, dan waktu respons yang lambat saat beroperasi dengan beban dari konveyor. Oleh sebab itu, untuk menjaga kecepatan dengan konstan, tegangan dan frekuensi diatur dengan sesuai. Penelitian ini bertujuan agar dapat mengembangkan sistem kendali untuk motor induksi tiga fasa yang digunakan sebagai penggerak konveyor dengan kontrol PID fuzzy logic. Proses penelitian dimulai seperti perancangan kontrol PID, perancangan kontrol fuzzy logic, menggabungkan kedua jenis kontrol tersebut menjadi kontrol PID fuzzy logic, menyusun simulasi menggunakan perangkat lunak matlab. Untuk mengetahui parameter dari kontrol PID dengan metode trial dan error serta parameter fuzzy logic dengan metode mamdani. Pada penelitian menggunakan kontrol PID *fuzzy logic* agar dapat mengendalikan motor tiga fasa dengan mesin konveyor menghasilkan waktu stabilisasi mencapai 0,508 detik dan dapat mengurangi kesalahan stabilisasi hingga 0,1698% ketika beban konstan sebesar 100 gram (0,98 N.cm) diberikan. Tanpa kontrol, waktu stabilisasi yang tercapai adalah 0,670 detik pada kecepatan 1575 rpm pada 1 detik, dengan kesalahan stabilisasi sebesar 12,5%

Kata Kunci: Sistem Kendali, Motor Induksi, Kontrol PID, Kontrol Fuzzy Logic, Konveyor.

Abstract

One of the applications of three-phase induction motors is their ability to operate with conveyors, which are used to transport goods from one place to another. However, three-phase induction motors face several challenges, such as oscillation, instability, and slow response time when operating under conveyor loads. Therefore, to maintain a constant speed, voltage and frequency must be regulated. This study aims to develop a control system for three-phase induction motors used as conveyor drives using PID fuzzy logic control. The research process begins with steps such as designing PID control, designing fuzzy logic control, integrating both types of control into PID fuzzy logic control, and setting up simulations using MATLAB software. The parameters of PID control are determined using a trial and error method, while fuzzy logic parameters are determined using the Mamdani method. In this research, PID fuzzy logic control is employed to regulate the three-phase motor as a conveyor drive, settling time reached 0.508 seconds and could reduce the steady-state error to 0.1698% when a constant load of 100 grams (0.98 N.cm) was applied. Without control, the settling time achieved was 0.670 seconds at a speed of 1575 rpm, with a steady-state error of 12.5%.

Keywords: Control System, Induction Motor, PID Control, Fuzzy Logic Control, Conveyor

PENDAHULUAN

Motor tiga fasa memiliki kapasitas untuk memberikan daya yang besar dan mencapai tingkat efisiensi yang tinggi. Tetapi, dalam situasi tertentu, motor ini mungkin mengalami kendala dalam kinerjanya, seperti respons lajunya lambat, osilasi, atau ketidakstabilan pada saat beroperasi dengan beban. Metode kontrol PID

merupakan pendekatan umum yang digunakan untuk mengatur sistem dinamis pada motor tiga fasa. (Wildan, 2016).

Dengan perkembangan teknologi yang semakin cepat, berbagai jenis teknologi baru mulai bermunculan, terutama dalam industri mesin. Teknologi yang sedang berkembang dengan cepat adalah sistem konveyor, yang telah mengubah proses mesin dengan memungkinkan

transfer barang dari satu lokasi ke lokasi lain tanpa perlu menggunakan kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan mengatur kecepatan motor DC pada mini konveyor memakai pengendali logika fuzzy. Metode ini menggunakan perangkat lunak Labview 2014 untuk merancang pengendali logika fuzzy, melakukan pengujian dengan dan tanpa beban, dan memonitor hasilnya dalam bentuk grafik. (Maulana, 2018)

Sebuah sistem kendali yang efektif harus memiliki kemampuan untuk menangani gangguan dan memberikan respons yang cepat serta akurat. Kendala seringkali muncul dalam sistem kendali Proporsional Integral Derivative (PID) ketika kepekaannya terlalu tinggi, menyebabkan respons sistem terhadap gangguan mengalami overshoot/undershoot yang signifikan, yang meningkatkan risiko terjadinya osilasi. Namun, jika kepekaannya terlalu rendah, meskipun overshoot/undershoot yang terjadi kecil, ini dapat memperpanjang waktu pemulihan. Untuk mengatasi permasalahan ini, telah dikembangkan pendekatan sistem kendali hibrida yang menggabungkan kendali PID dengan logika fuzzy. Dalam pendekatan ini, kendali utama masih dipegang oleh PID, sementara logika fuzzy bekerja sebagai pendukung untuk mengurangi overshoot/undershoot dan memperpendek waktu pemulihan sistem. Sistem kendali logika fuzzy yang dikembangkan memiliki dua input, yaitu kesalahan (error) dan perubahan kesalahan (delta error), serta output berupa kecepatan motor. (Bachri, 2004)

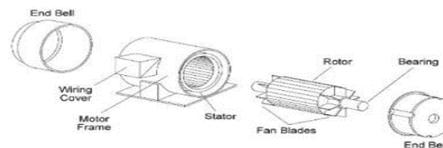
Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja motor tiga fasa sebagai penggerak konveyor dengan menambahkan pengendali. Pendekatan yang digunakan adalah kombinasi PID logika fuzzy untuk mengurangi overshoot, mempercepat pencapaian kondisi steady state, serta mengurangi kesalahan steady state.

KAJIAN PUSTAKA

Motor Induksi 3 Fasa

Penggunaan motor induksi yang sudah lama dapat menyebabkan penurunan torsi dan efisiensi karena degradasi material. Hal ini dapat berdampak pada kinerja motor tersebut. Jika situasi ini dibiarkan dengan waktu yang lama, dapat mengakibatkan gangguan pada kinerja motor secara keseluruhan, menyebabkan masalah mekanis dan elektris, serta mengurangi efisiensi motor induksi. Motor induksi tiga fasa merupakan sebuah perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik melalui prinsip induksi. Terdapat dua jenis motor induksi berdasarkan jumlah fasanya, yakni motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Setiap jenis motor dan generator listrik memiliki rotor dan stator, di mana rotor berputar sementara stator tetap diam (statis).

sehingga bagian-bagian dari motor induksi dapat ditunjukkan pada Gambar 1. (Novianto, 2022).



Gambar 1. Bagian-bagian Motor Induksi (Sumber: Novianto, 2022)

Dalam konstruksi mesin listrik secara prinsip, motor induksi adalah yang paling sederhana, dan menjadi dasar bagi pengembangan mesin listrik lainnya seperti motor sinkron serta motor arus searah untuk dapat menemukan perhitungan kecepatan dari motor tiga fasa dapat dinyatakan pada Persamaan 1. (Krishnan, 2001)

$$n_s = \frac{120 f}{p} \quad (1)$$

Keterangan :

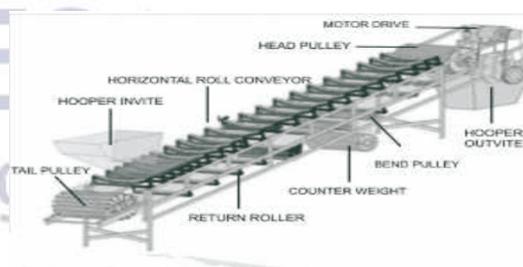
n_s = kecepatan sinkron (rpm)

f = frekuensi (Hz)

P = jumlah kutub

Konveyor

Pada Gambar 2 komponen konstruksi seperti sebuah mesin pemindah materi yang sering digunakan di sektor perakitan dan proses industri adalah konveyor. Mesin ini bertugas mengangkut bahan atau hasil produksi dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Konveyor hadir dalam berbagai bentuk dan dapat menangani dua jenis muatan: muatan curah dan muatan satuan. Salah satu bentuk konveyor yang umum adalah screw konveyor, yang bisa dianalisis kekuatannya. (Utomo, 2019)

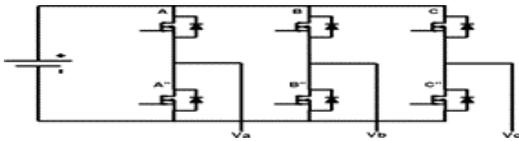


Gambar 2. Komponen konstruksi pada belt konveyor (Sumber: Syafri, 2017)

Inverter Tiga Fasa

Inverter adalah sebuah perangkat yang berfungsi mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC). Jenis inverter yang umum digunakan adalah voltage source inverter (VSI). Inverter tiga fasa banyak dipakai dalam peralatan yang memerlukan daya tinggi. Rangkaian dasar dari inverter tiga fasa terdiri dari enam saklar. Komponen elektronika yang sesuai untuk

digunakan sebagai saklar harus memiliki kapasitas daya yang besar dan mampu beroperasi pada frekuensi tinggi. Maka dari itu, Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) menjadi pilihan yang cocok untuk desain inverter tiga fasa seperti pada Gambar 3. (Muntashir, 2020)



Gambar 3. Konfigurasi inverter 3 fasa
(Sumber: Nugroho, 2018)

Sensor Kecepatan RPM (Encoder)

Rotary encoder adalah perangkat transduser elektromekanik yang digunakan untuk mengukur pergerakan rotasi pada motor. Perangkat ini memiliki bentuk piringan dengan sejumlah bagian transparan dan tidak tembus cahaya yang disusun sepanjang tepinya untuk digunakan dalam mengukur kecepatan. Dalam penggunaannya, putaran output dari sensor tersebut diterjemahkan oleh encoder dan dikirim sebagai umpan balik digital ke mikrokontroler. Pada konteks ini, sensor rotary encoder digunakan untuk mengatur kecepatan rotasi motor. (Qomaruddin, 2020).

Metode Simulasi Menggunakan Komputer

Keberadaan perangkat lunak komputer telah memberikan kontribusi besar dalam mempermudah perhitungan dan analisis respons sistem terhadap sinyal masukan serta kontrolnya. Dibandingkan dengan perhitungan manual yang kompleks dan memakan waktu, menggunakan perangkat lunak komputer membuat proses tersebut lebih mudah, cepat, dan akurat. Salah satu contohnya adalah matlab, suatu perangkat lunak yang disusun khusus untuk keperluan pengaturan sistem dengan menyertakan kontrol Toolbox. Toolbox ini menyajikan beragam fungsi bantu yang berguna dalam menganalisis sistem kendali. Fungsi bantu yang sering dipakai dalam analisis sistem antara lain feedback, step, rlocus, series, dan sebagainya. (Ali, 2004)

Kontrol PID

Kontrol PID adalah bentuk kontrol konvensional yang relatif sederhana dan efektif dalam menangani berbagai masalah, namun, masih memiliki kelemahan terutama dalam proses penyetelan (tuning). Input dari kontrol PID, yang merupakan error (e), dihitung dari selisih dengan setpoint dan keluaran aktual sistem, sementara delta error (de) diperoleh dari perbedaan antara error saat ini dan error sebelumnya. Untuk menyederhanakan model matematis dengan error dan delta error, digunakan scaling factor. (Gunawan, 2020).

Kontrol PID merupakan suatu mekanisme kendali loop dengan banyak sistem menggunakan kontrol untuk

industri memerlukan pengaturan yang terus-menerus disesuaikan, pengendali PID sangat umum digunakan dengan menggunakan umpan balik. Kendali PID secara terus-menerus menghitung error dengan perbedaan antara setpoint sesuai (SP) dan variabel proses agar diukur (PV), lalu mengaplikasikan koreksi berdasarkan komponen parameter proporsional, parameter integral, dan parameter derivative pada Persamaan 2 :

$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

dengan nilai :

mv(t) = output dari kontrol PID

e(t) = error (selisih dari antara set point dengan nilai aktual).

K_p = nilai proporsional

T_i = nilai integral

T_d = nilai derivatif (Ahmed Fattah, 2015).

Kontrol Fuzzy Logic

FLC telah diadopsi dalam berbagai sistem dinamis, dari yang sederhana hingga yang kompleks. Keunggulan utama FLC adalah tidak memerlukan model matematis dari sistem yang akan dikendalikan. Pengambilan keputusan tertanam dalam kendali sebagai aturan dasar selama proses kendali berlangsung. (Mughtar, 2021)

Metode Mamdani adalah metode inferensi fuzzy yang pertama kali diperkenalkan Ibrahim Mamdani pada tahun 1975. Pendekatan ini dianggap sebagai salah satu teknik yang paling dasar dan sering digunakan dalam penelitian, dibandingkan dengan metode lainnya. Dalam metode Mamdani, input dan output direpresentasikan sebagai himpunan fuzzy. (Sri, 2002)

METODE

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan menggunakan metode kuantitatif, dijelaskan oleh Sugiyono (2007). Pendekatan ini dipilih berdasarkan jenis permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini. Dengan demikian, penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan suatu proses untuk memperoleh pengetahuan yang digunakan dalam meneliti populasi atau sampel tertentu.

Perancangan Penelitian

Pada penelitian memiliki tahapan secara garis besar tahapan tersebut terbagi atas studi literatur lalu desain sistem dikembangkan untuk dapat merancang software menggunakan MATLAB dan pengujian alat. Adapun dibawah ini merupakan bagian dan tahap awal sampai tahap akhir penelitian tahap rancangan penelitian dijelaskan dengan Gambar 4.



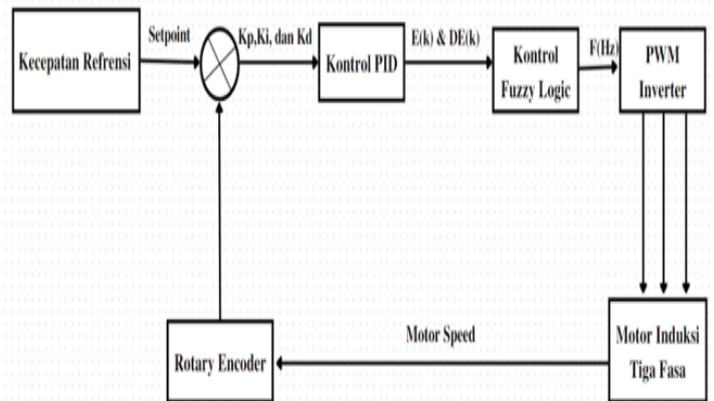
Gambar 4. Flowchart langkah-langkah penelitian

Desain Sistem

Pada penelitian ini memiliki desain sistem motor digunakan untuk Perencanaan sistem kontrol kecepatan mesin dari motor 3 fasa menggunakan inverter dengan kontroler PID-Logic Fuzzy seperti pada Gambar 3.2 dari Sumber tegangan DC bertindak sebagai input untuk inverter diubah menjadi tegangan AC dengan kontrol frekuensi yang dapat disesuaikan untuk mengoperasikan motor tiga fasa. Kecepatan sebenarnya dari motor induksi kemudian dibandingkan dengan kecepatan referensi, perbedaan dengan referensi kecepatan motor dikembalikan ke pengontrol PID-Logic Fuzzy.penggerak konveyor dengan kontrol PID fuzzy logic terhadap Gambar 5.

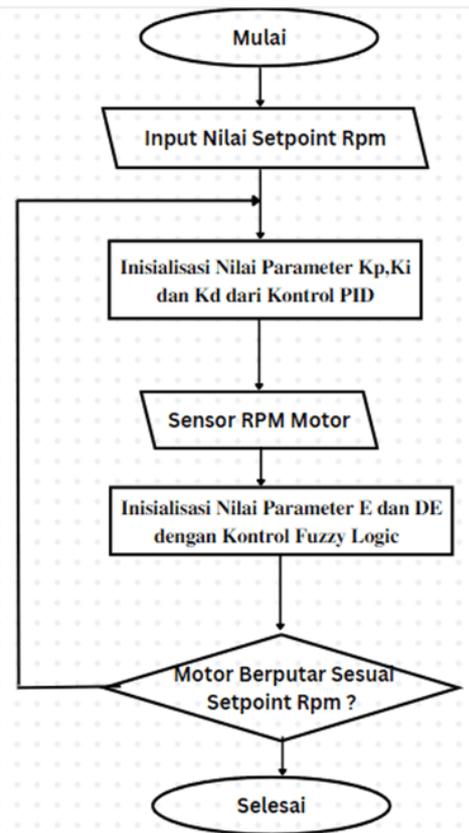
Rancangan Bangun Software

Pada perancangan software dapat menunjukkan dari merancang dan mengembangkan perangkat lunak yang berfungsi sebagai program simulasi untuk meningkatkan kinerja motor yang berguna untuk menggerakkan mesin konveyor dengan menerapkan kontrol PID-Logika Fuzzy Pada flowchart rancang bangun software diatas dimulai dengan menetapkan set point yang diinginkan. Kemudian motor berjalan, sensor putaran yang dipasang pada motor menyediakan pengontrol PID dan logic fuzzy dengan pulsa RPM untuk memberikan umpan balik sehingga kecepatan motor dapat disesuaikan. Jika tidak sesuai dengan setpoint maka proses diulang sampai set point yang diinginkan tercapai.seperti dapat ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 5. Sistem motor digunakan untuk penggerak konveyor dengan kontrol PID fuzzy logic

Tidak Sesuai



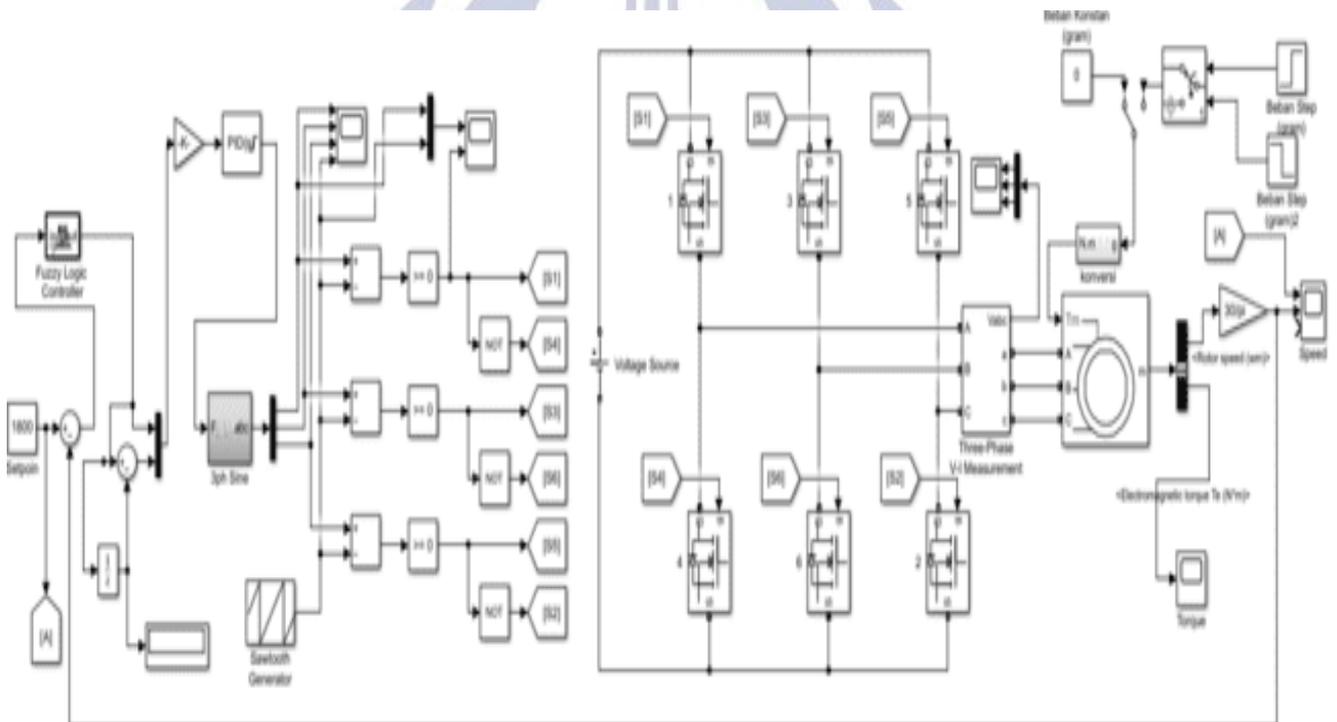
Gambar 6. Flowchart perancangan software

Salah satu pilihan perangkat lunak yang cocok untuk tujuan ini adalah matlab, yang dikembangkan oleh MathWorks, Inc. Perangkat lunak ini dilengkapi dengan sejumlah alat yang memudahkan dalam menghitung terkait. Sebagai tambahan, matlab memiliki alat khusus yang disebut Simulink, yang dirancang khusus untuk keperluan simulasi.

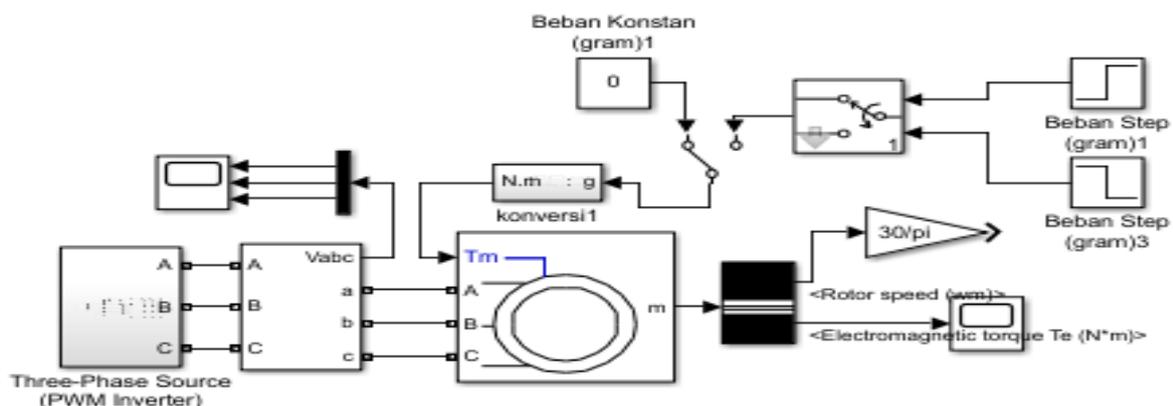
Simulasi dilakukan dengan menggunakan Simulink pada matlab R2022a, dengan memanfaatkan blok parameter mesin asynchronous unit SI. Spesifikasi motor induksi tiga fasa didapat dari plang nama motor yang berfungsi sebagai penggerak konveyor, kemudian diolah menggunakan fungsi-fungsi yang tersedia pada matlab. Proses perhitungan di matlab menghasilkan parameter-parameter yang kemudian diimplementasikan pada blok parameter mesin asynchronous unit SI dalam Simulink. Rincian parameter motor dapat ditemukan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi motor pada simulink

Parameter	Nilai
Nominal power	26 W
Voltage	230 V
Frequency	60 Hz
Speed	3600 rpm
Jumlah kutub	2
Arus (I)	0,17 A
Stator Resistance (Rs)	138,2300 ohm
Stator Inductance (Lis)	0,00013790 H
Rotor Resistance (Rr')	286,1364 ohm
Rotor Inductance (Llr')	2,5435 H
Mutual Inductance (Lm)	18,3191 H
Inertia (J)	0,0000206 kg.m ²



Gambar 7. Sistem motor tiga fasa dengan konveyor menggunakan kontrol



Gambar 8. Sistem motor tiga fasa dengan konveyor menggunakan tanpa kontrol

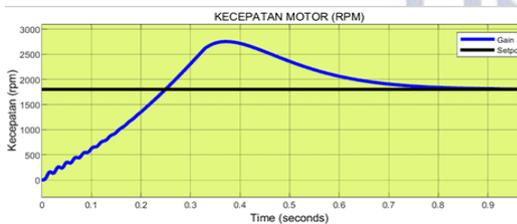
Dalam penelitian ini, sistem kerja motor tiga fasa dipelajari melalui permodelan dengan kontrol PID Fuzzy Logic. Simulasi dilakukan menggunakan simulink matlab R2022a. Permodelan sistem dilakukan dengan menerapkan teknik sampling saat motor diuji dengan dan tanpa beban. Input sistem permodelan diberikan melalui sinyal kesalahan, yang dihitung dari perbedaan antara kecepatan referensi (set point) dan nilai konstan 1800 rpm. Hasil dari kecepatan aktual motor saat diuji dengan beban dan tanpa beban diamati melalui sensor encoder pada motor. Berikut Gambar 7 sistem motor yang digunakan melalui matlab dengan kontrol dan tanpa kontrol pada Gambar 8.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Kontrol PID

Dalam merancang penggunaan kontrol PID, penting untuk memastikan bahwa kriteria performansi respons dari sistem sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Salah satu metode yang umum digunakan untuk menemukan parameter PID adalah pendekatan Ziegler-Nichols, dengan mencakup pencarian parameter proporsional, integral, dan derivative.

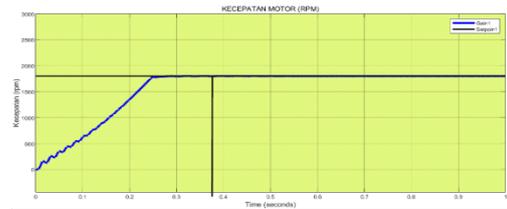
Dalam pengujian ini, dengan setpoint 1800 rpm digunakan sebagai referensi kecepatan motor, sehingga motor berupaya mencapai kecepatan set yang ditetapkan. Hasil eksperimen untuk menentukan parameter Kcr dan Pcr serta penerapan metode Ziegler-Nichols 2 telah dilakukan. Setelah mengidentifikasi nilai Kcr dan Pcr serta melakukan perhitungan sesuai dengan formula tuning Ziegler-Nichols 2, diperoleh nilai proporsional sebesar 69, nilai integral sebesar 418,18, dan nilai derivatif sebesar 2,84625. Setelah memperoleh parameter-parameter tersebut, respon sistem seperti yang tergambar pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik putaran motor dengan menggunakan kontrol PID metode Ziegler-nichols

Meskipun parameter-parameter yang disebutkan sebelumnya diperoleh, respon sistem masih belum memuaskan. Oleh karena itu, parameter Kp, Ki, dan Kd di-subjekkan kembali pada proses penyesuaian melalui metode trial and error, di mana nilai-nilai ini disesuaikan secara berulang hingga diperoleh respon yang diinginkan. Proses mencari nilai Kp, Ki, dan Kd ini melibatkan metode trial and error, di mana nilai-nilai parameter diuji dengan

berbagai nilai tertentu untuk mencapai hasil yang diharapkan.



Gambar 10. Grafik putaran motor dengan menggunakan kontrol PID metode Trial and error

Sehingga menghasilkan respon grafik putaran motor menggunakan kontrol PID dengan parameter metode Ziegler-Nichols dan parameter dari Trial and error dengan nilai Kp 69, Ki 7.4, Kd 0.3 dapat menghasilkan hasil Grafik dari Gambar 10. Dapat hasil Hasil respon motor menggunakan kontrol PID menunjukkan terhadap Tabel 2.

Tabel 2. Hasil respon motor menggunakan kontrol PID

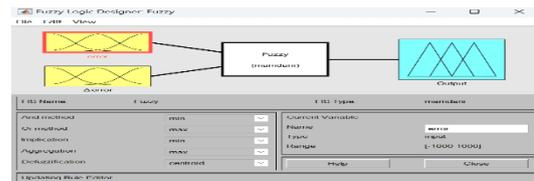
Parameter	Ziegler Nichols	Trial and error
Overshoot	52,7%	0%
Settling time	0,967 S	0,391 S
Error steady state	0%	0%

Perancangan Kontrol Fuzzy Logic

Dalam penelitian ini, perancangan kontrol fuzzy menggunakan metode mandani digunakan. Logika fuzzy diterapkan dalam sistem untuk mengendalikan kecepatan motor yang berguna untuk menggerakkan mesin konveyor.

$$DE(k) = E(k) - E(k - 1) \tag{3}$$

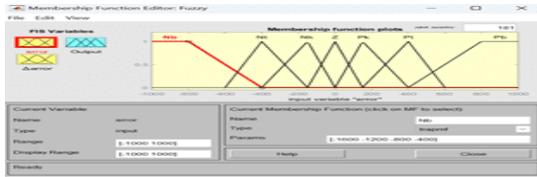
Dengan pengujian ini bertujuan untuk mengamati respons dinamis motor dengan memasukkan setpoint referensi kecepatan (rpm). Dalam sistem ini, error dan delta error (Δ error) dijadikan input seperti pada Persamaan 3, sedangkan output dari sistem fuzzy dengan metode mamdani seperti pada Gambar 13 digunakan agar dapat mengatur frekuensi yang masuk ke PWM untuk mengendalikan kecepatan dari motor.



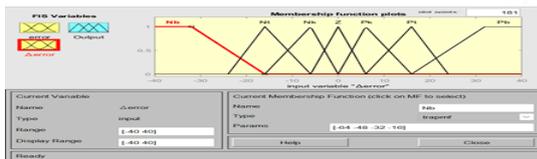
Gambar 11. Fuzzy Inference System (FIS) metode Mamdani

Sistem menggunakan sepoin (kecepatan referensi) dan y (keluaran) sebagai variabel utama. Variabel lainnya termasuk k (kejadian urutan pencuplikan data sistem) dan

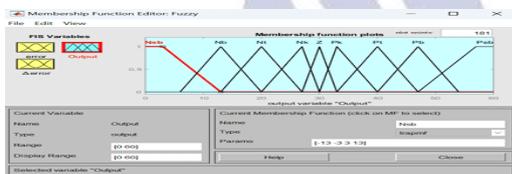
(k-1). Output sistem terdiri dari beberapa fungsi keanggotaan yang dipengaruhi oleh frekuensi pada motor induksi (dalam rentang 1-60 Hz). Input error dan Δ error memiliki 7 fungsi keanggotaan masing-masing, seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14.



Gambar 12. Fungsi keanggotaan *input error*



Gambar 13. Fungsi keanggotaan *input Δerror*



Gambar 14. Fungsi keanggotaan *output*

Pada saat merancang kontrol fuzzy logic ada tahap seperti *rule base* (if-then rule) mempunyai total 49 aturan (7 x 7) dengan memiliki setiap variable input serta punya tujuh fungsi keanggotaan. Susunan *rule base* logika fuzzy ini dijelaskan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rule fuzzy logic

e/ Δ e	Nb	Nt	Nk	Z	Pk	Pt	Pb
Nb	Nsb	Nsb	Nsb	Nb	Nt	Nk	Z
Nt	Nsb	Nsb	Nb	Nt	Nk	Z	Pk
Nk	Nsb	Nb	Nt	Nk	Z	Pk	Pt
Z	Nb	Nt	Nk	Z	Pk	Pt	Pb
Pk	Nt	Nk	Z	Pk	Pt	Pb	Psb
Pt	Nk	Z	Pk	Pt	Pb	Psb	Psb
Pb	Z	Pk	Pt	Pb	Psb	Psb	Psb

Keterangan:

- Nb : Negatif Besar
- Nt : Negatif Tengah
- Nk : Negatif Kecil
- Z : Zero
- Pk : Positif Kecil
- Pt : Positif Tengah
- Pb : Positif Besar
- Nsb: Negatif Sangat Besar
- Psb: Positif Sangat Besar

Pengujian Sistem dan Hasil Simulasi

Pada pengujian ini grafik putaran motor menggunakan kontrol PID dengan Trial and error memiliki nilai K_p 69, K_i 7.4, K_d 0.3 Setelah data terkumpul kemudian dianalisis menggunakan metode perhitungan manual dengan menggunakan persamaan atau rumus yang relevan, serta dibandingkan dengan standar pengujian yang berlaku. Untuk sistem ini, error dan delta error (Δ error) dijadikan input dalam basis pengetahuan fuzzy, sedangkan output dari sistem fuzzy dengan metode mamdani digunakan agar dapat mengatur frekuensi yang masuk ke PWM untuk mengendalikan kecepatan dari motor.

Pada pengujian ini dilaksanakan pada kecepatan putaran 1800 rpm dengan tanpa beban selama satu detik. Output simulasi matlab akan disajikan dalam Gambar 15 memiliki Grafik respon dari motor tiga fasa dengan konveyor serta tanpa beban menggunakan kontrol dan tanpa kontrol.



Gambar 15. Grafik putaran motor dengan kontrol PID fuzzy logic dan tanpa kontrol serta tanpa beban

Pada pengujian yang dilakukan dapat menghasilkan respon dari Grafik putaran motor dengan menggunakan kontrol PID fuzzy logic dan tanpa kontrol serta tanpa beban menunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil respon pengujian motor tanpa beban

Parameter	Waktu Tunak (s)	Error Steady State	Overshoot
Tanpa Controller	0,440 S	0%	0%
PID-Fuzzy Logic	0,264 S	0%	0%

Pengujian ini dilaksanakan pada kecepatan putaran 1800 rpm dengan beban 100 gram (0,98N.cm) serta diberi waktu satu detik. Output simulasi matlab akan disajikan dalam Gambar 16 memiliki Grafik respon dari motor tiga fasa dengan konveyor serta beban konstan 100 gram (0,98N.cm) menggunakan kontrol dan tanpa kontrol.



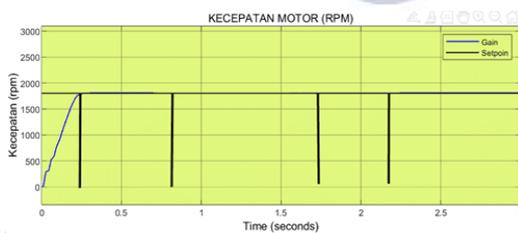
Gambar 16. Grafik putaran motor dengan kontrol PID fuzzy logic dan tanpa kontrol serta beban konstan

Pada pengujian yang dilakukan dapat menghasilkan respon dari Grafik putaran motor dengan kontrol PID fuzzy logic dan tanpa kontrol serta tanpa beban menunjukkan di Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian beban 100 gram (0, 98N.cm)

Parameter	Waktu	Error	Overshoot	Undershoot
	Tunak (s)	Steady State		
Controler 0 - 0,7 s	0,265 S	0%	0%	0%
Controler 0,7 - 1,5 S	0,868 S	0,17%	0%	0,18%
Controler 1,5 - 2,2 S	1,724 S	0,13%	0%	0,10%
Controler 2,2 - 3 S	2,242 S	0%	0%	0%
Tanpa Controller	0,670 S	12,50 %	Belum mencapai setpoint	na
PID-Fuzzy Logic	0,508 S	0,17%	0%	na

Pada pengujian ini dilaksanakan pada kecepatan putaran 1800 rpm dengan awal tanpa beban, beban 100 gram pada 0,7 detik, beban 110 gram pada 1,5 detik, dan saat pada 2,2 detik diberi beban 50 gram. Output simulasi matlab akan disajikan dalam Gambar 17 memiliki Grafik respon dari motor tiga fasa dengan konveyor serta beban berubah menggunakan kontrol .



Gambar 17. Grafik putaran motor dengan menggunakan kontrol PID fuzzy logic serta beban berubah

Tabel 6. Hasil respon dari pengujian motor beban berubah

Parameter	Waktu Tunak (s)	Error Steady State	Overshoot
Tanpa Controller	0,670 S	12,5%	Belum mencapai setpoint
PID-Fuzzy Logic	0,508 S	0,1698%	0%

Pada pengujian yang dilakukan dapat menghasilkan respon dari Grafik putaran motor dengan menggunakan kontrol PID fuzzy logic beban berubah menunjukkan pada Tabel 6.

PENUTUP
Simpulan

Dalam pengembangan simulasi dari perbaikan unjuk kerja motor tiga fasa sebagai penggerak konveyor menggunakan kontrol PID fuzzy logic diterapkan dengan bantuan perangkat lunak matlab R2022a dan alat khusus Simulink. Saat pengujian simulasi, parameter disesuaikan untuk mengoptimalkan respons sistem. Metode Ziegler-Nichols tipe 2 digunakan untuk menentukan parameter kontroler PID (Kp, Ki, dan Kd), sementara metode Mamdani digunakan untuk menentukan parameter fuzzy logic dengan menggunakan masukan logika dari error dan Δerror pada putaran motor. Output dari sistem ini adalah frekuensi dari motor induksi tiga fasa.

Pada penelitian ini, penerapan kontrol PID fuzzy logic pada motor tiga fasa dengan mesin konveyor menghasilkan waktu stabilisasi mencapai 0,508 detik dan dapat mengurangi kesalahan stabilisasi hingga 0,1698% ketika beban konstan sebesar 100 gram (0,98 N.cm) diberikan. Tanpa kontrol, waktu stabilisasi yang tercapai adalah 0,670 detik pada kecepatan 1575 rpm detik, dengan kesalahan stabilisasi sebesar 12,5%. Penggunaan kontrol PID fuzzy logic dapat mempercepat steady state dan memperkecil error terhadap steady state pada motor tiga fasa sebagai penggerak konveyor.

Saran

Dari penelitian yang dilakukan pada sistem ini mempunyai suatu kekurangan yaitu sistem kontrol motor induksi tiga fasa sebagai penggerak konveyor sebenarnya dapat diperluas untuk penerapan langsung (real plant) pada alat yang akan digunakan dan dapat menggunakan software lain.

Daftar Pustaka

Ali, Muhammad. (2004). *Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID Dengan Software Matlab*. Jurnal Edukasi Elektro, 1(1), 1–8.

Alva. (2020). *Kontrol Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Metode Field Orientation Control (FOC) Berbasis Fuzzy-PID*. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.

Bahri, Saeful, Muchtar, Husnibes, Samsinar, Riza., Fadliandi, Fadliandi, & Bayuardi, Mochammad. (2022). *Implementasi Sistem Kontrol Sorotan Lampu Depan Otomatis Menggunakan Fuzzy Logic Controller*. RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer), 5(2), 113.

Bachri, H. Samsul. M. (2010). *Sistem Kendali Hybrid Pid - Logika Fuzzy Pada Pengaturan Kecepatan Motor Dc*. MAKARA of technology series 8 (1).

- Krishnan, R. (2001). *ELECTRIC MOTOR DRIVES Modeling, Analysis, and Control*. Prentice Hall dan Upper Saddle River.
- Maulana, Achmad Riza (2018). *Desain Sistem Pengendalian Kecepatan Motor DC Pada Rancang Bangun Mini Konveyor Berbasis Fuzzy Logic Controller*. Jurnal Teknik : Universitas Negeri Surabaya, 7, 2–3.
- Muntashir, Abdillah Aziz, Purwanto, Era, & Nugraha, Syechu Dwitya. (2020). *Pengembangan Sugeno Fuzzy Model Dalam Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan V/F Scalar Control*. PoliGrid Vol. 1 No. 2. 1(2), 65.
- Novianto, Deka, Yuwendius, Hazra, dan Zondra, Elvira. (2022). *Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Penggerak Vacuum Di PT. Pindo Deli Perawang*. SainETIn: Jurnal Sains,4(2),73–80.
- Nugroho, Emmanuel Agung. (2018). *Implementasi Sistem Kendali Variable Speed Drive Pada Inverter 3 Fasa Menggunakan Mikrokontrol At89S52*. Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer, 9(1), 413–424.
- Ogata. (2010). *Modern Control Engineering Fifth Edition*. Prentice Hall, ISBN 10: 0- 13-615673-8
- Utomo, Sigit Nugroho, Winarso, Rochmad, dan Qomaruddin (2019) “*Rancang Bangun Conveyor mesin planer kayu dengan system penggerak motor stepper*”. Jurnal UMK
- Wildan, Fatih Mutamimul. (2016). *Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Kontroler PID Berbasis Genetic Algorithm*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang

