

RANCANG BANGUN PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN METODE FUZZY GAIN SCHEDULING PID CONTROL

¹Moch Renaldy Hardiansyah, ²Belly Yan Dewantara, ^{3*}Iradiratu Diah Prahmana Karyatanti

^{1,2,3}, Teknik Elektro, Fakultas Teknik Dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah, Surabaya

¹renaldyhardiansyah98@gmail.com, ²bellyyandewantara@hangtuah.ac.id, ^{3*}iradiratu@hangtuah.ac.id

DOI: 10.36040/alinier.v5i1.5103

Kata Kunci :

Motor DC
speed control
Fuzzy Gain Scheduling-PID
control

ABSTRAK

Motor DC (Direct Current) atau sering disebut juga motor listrik arus searah merupakan suatu perangkat yang dapat mengubah energi listrik searah menjadi energi mekanik. Dalam kehidupan sehari-hari baik di industri dan rumah tangga, motor DC lebih sering digunakan untuk keperluan aplikasi yang membutuhkan variasi kecepatan. Beberapa kelebihan yang dimiliki motor DC diantaranya yaitu stabil dan tidak mempunyai kerugian daya reaktif. Variasi kecepatan motor DC dikembangkan dengan beberapa metode. Salah satu teknik dalam sistem kontrol untuk mengatasi permasalahan ini adalah menggunakan metode Fuzzy Gain Scheduling-PID control. Dimana parameter kontrol diubah secara otomatis jika terjadi perubahan kondisi operasi yang menyebabkan perubahan kinerja kontrol. Fuzzy Gain Scheduling-PID control merupakan metode hybrid dimana fuzzy berfungsi menghitung parameter kontrol PID (K_p , T_i dan T_d), berdasarkan kondisi sinyal error dan delta error. Dengan pengembangan aplikasi Fuzzy Gain Scheduling-PID control untuk memvariasikan kecepatan didapatkan kecepatan motor DC smooth sesuai yang diinginkan.

1. Pendahuluan

Motor DC (*Direct Current*) atau sering disebut juga motor listrik arus searah merupakan suatu perangkat yang dapat mengubah energi listrik searah menjadi energi mekanik. Dalam kehidupan sehari-hari baik di industri dan rumah tangga, motor DC lebih sering digunakan untuk keperluan aplikasi yang membutuhkan variasi kecepatan. Beberapa kelebihan yang dimiliki motor DC diantaranya yaitu stabil dan tidak mempunyai kerugian daya reaktif, memiliki torsi yang tinggi, dan tidak menimbulkan harmonisa pada sistem tenaga listrik yang mensuplainya (Nadhif, M. *et al*, 2015). Motor DC merupakan jenis motor

listrik yang bekerja menggunakan sumber tegangan searah. Arus maju atau tegangan positif dan tegangan negatif pada motor DC menentukan arah putaran dari motor DC. Sedangkan perubahan tegangan kumparan pada motor DC menentukan kecepatan motor DC (Setiawan, D, 2017).

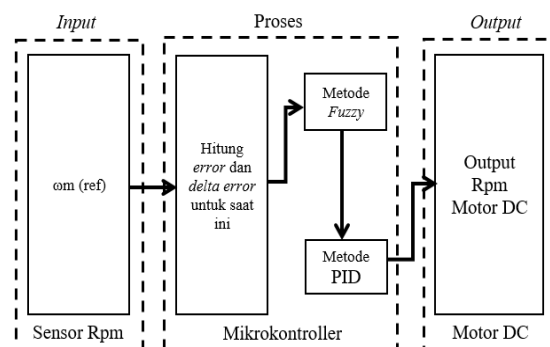
Sistem suspensi pasif memiliki dua komponen utama Kontrol PID merupakan algoritma kontrol yang banyak digunakan di industri proses karena bentuknya yang sederhana dan mudah diimplementasikan. Pada kondisi operasi tertentu (seperti misalnya sering terjadi gangguan pada proses atau parameter proses yang berubah-ubah), parameter kontrol ini harus sering di-tune agar kinerjanya tetap baik. Salah satu teknik dalam sistem kontrol yang sering dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan menggunakan metode *Fuzzy-PID* (Muhammad Mukhlis Syeichu, 2021).

Berdasarkan latar belakang diatas maka pada penelitian ini akan membuat rancang bangun pengendalian motor DC menggunakan *Fuzzy gain scheduling PID control*. Rancang bangun yang dikembangkan merupakan implementasi dari DC drive motor. Pengujian dilakukan pada kecepatan motor sesuai dengan kecepatan motor sesuai dengan referensi yang bervariasi dan diharapkan lebih *smooth*. Dengan adanya pengaturan kecepatan ini diharapkan kecepatan motor DC dapat disesuaikan dengan kecepatan yang diinginkan. Selain itu pada penelitian ini akan membandingkan performansi kecepatan motor menggunakan control PI dan control cerdas yaitu *Fuzzy gain scheduling PID control*. Hasil control cerdas yang diaplikasikan menghasilkan respon yang lebih *smooth*.

2. Bahan dan metode

A. Skema Perancangan

Terdapat beberapa rencana yang disajikan dalam diagram blok yang mempunyai alur untuk membedakan antara metode pada *software* dan *hardware*. Perencanaan *input* mengacu pada sensor kecepatan yang telah disetting pada mikrokontroller dengan acuan *setpoint* kecepatan yang diinginkan. Nilai *error* dan *delta error* dijadikan sebagai referensi masukkan *Fuzzy logic*. *Delta error* diperoleh dari data kecepatan motor antara nilai *error* sekarang dengan nilai *error* sebelumnya. Nilai konstanta PID telah ditentukan melalui sistem *Fuzzy Logic*.



Gambar 1. Diagram blok sistem pemrosesan.

Pada kondisi kecepatan motor yang berbeda terus mengalami *error* terhadap kecepatan yang tidak sesuai dengan *setpoint* yang telah diatur, *Fuzzy gain scheduling PID control* telah lama digunakan sebagai metode yang memiliki tingkat efisien yang baik akan tetapi meskipun

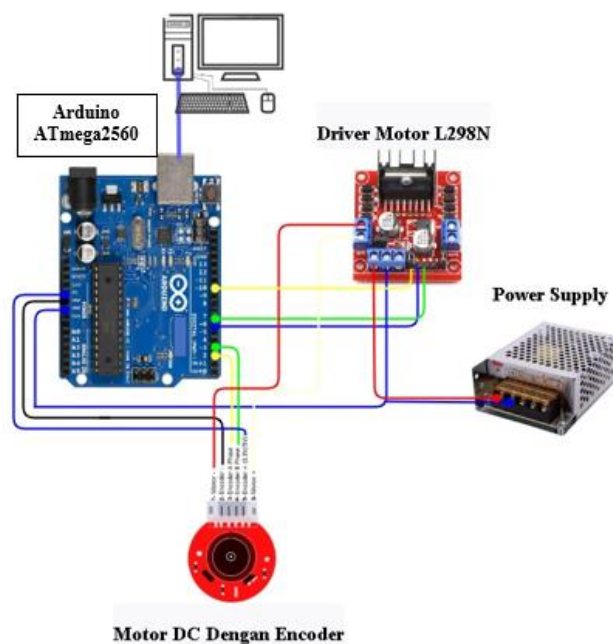
mempunyai tingkat efisien yang baik tentunya terdapat kekurangan yaitu pada penentuan K_p , K_i dan K_d . Pada setiap konstanta tersebut sangat besar kemungkinan mewakili setiap fungsi pada setiap parameter PID sebagai kontrol sehingga kontrol *Fuzzy* sebagai koreksi untuk konstanta PID.

Dari skema perancangan yang ditunjukkan pada Gambar 1 penelitian ini terdiri dari perancangan dan pemasangan *hardware* serta perancangan dan pembuatan algoritma pengaturan kecepatan motor DC menggunakan *Fuzzy gain scheduling PID control*. Prinsip kerja sistem secara garis besar adalah mengatur kecepatan motor DC dengan *Fuzzy gain scheduling PID control* dan ditampilkan secara *real time* pada personal komputer dalam bentuk grafik kecepatan motor DC. Pada sistem ini parameter-parameter *Fuzzy gain scheduling PID control* di inputkan melalui arduino menghasilkan nilai output yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor DC. Sensor kecepatan akan membaca kecepatan motor yang kemudian akan di umpan balik ke set point yang sudah di setting di komputer. Selain sebagai pentransfer, komputer juga berfungsi sebagai tampilan grafik hasil pengujian kecepatan motor DC.

B. Perancangan Sistem *Hardware*

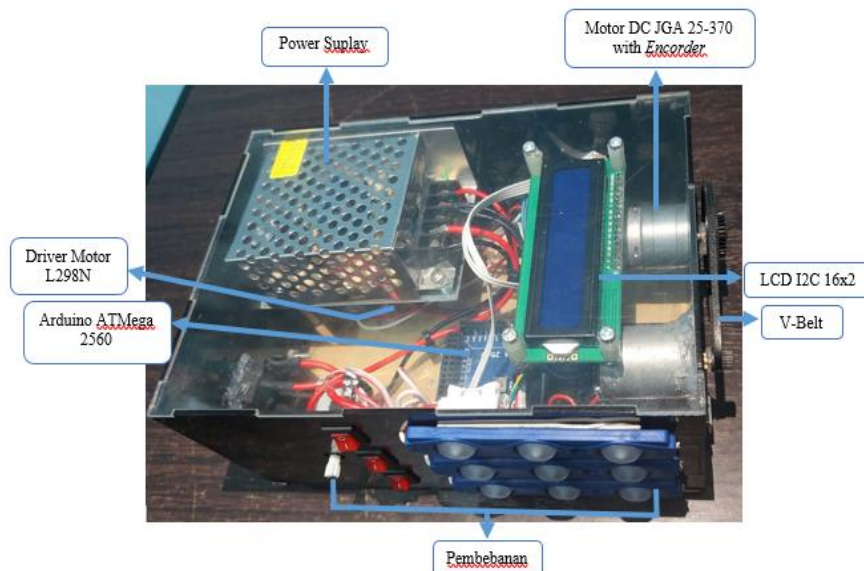
Dalam perencanaan sistem kerja pengaturan motor DC yang menggunakan *fuzzy gain scheduling PID control*, diperlukan perancangan sistem hardware sebagai penunjang kerja sistem pengaturan motor DC di antaranya:

1. Power Supply
2. Microcontroler Arduino ATmega2560
3. Driver Motor L298N
4. Motor DC JGA 25- 370 1000 RPM With Encoder
5. Kabel Transfer
6. Kabel Jumper



Gambar 2. Skema Perancangan Sistem Hardware

Untuk mengatur kecepatan motor DC dibutuhkan sebuah arduino ATmega2560 sebagai mikrokontroler yang nantinya didalam arduino ATmega2560 diberi program *fuzzy gain scheduling PID control* untuk mengatur kecepatan motor. Didalam arduino terdapat USB-B port untuk disambungkan ke komputer agar program yang telah dibuat bisa dijalankan, Didalam penelitian ini digunakan pin digital 2 sebagai pin interrupt digunakan untuk membaca output channel A *rotary encoder*, pin digital 3 sebagai pin interrupt digunakan untuk membaca output channel B *rotary encoder*, pin digital 6 digunakan untuk membaca input1 dari driver motor, pin digital 7 digunakan untuk membaca input2 dari driver motor, pin digital 10 digunakan untuk membaca output enable A dari driver motor, pin power GND digunakan sebagai ground yang disambungkan ke motor DC dan driver motor, dan pin power 5V digunakan sebagai sumber untuk motor DC. Sumber tegangan diperoleh dari *Power Supply Unit* (PSU) dengan tegangan 12V. Sensor *encoder* membutuhkan tegangan 3,3V, yang diperoleh dari sistem minimum Arduino Mega. Driver Motor L298 membutuhkan sumber tegangan 5V dan 12V. Pada driver motor tegangan 5V berfungsi sebagai sumber tegangan rangkaian elektronik, sedangkan tegangan 12V sebagai sumber tegangan motor DC.



Gambar 3. Implementasi Sistem

Pada penelitian ini menggunakan motor DC type JGA 25-370 *with* encoder memiliki tegangan 12 volt dan arus 0,45A dengan kecepatan 1000 rpm dan torsi 0,1 kg. Berikut adalah spesifikasi motor DC yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4 dan Tabel 1.



Gambar 4. Motor DC JGA 25-370 with Encoder

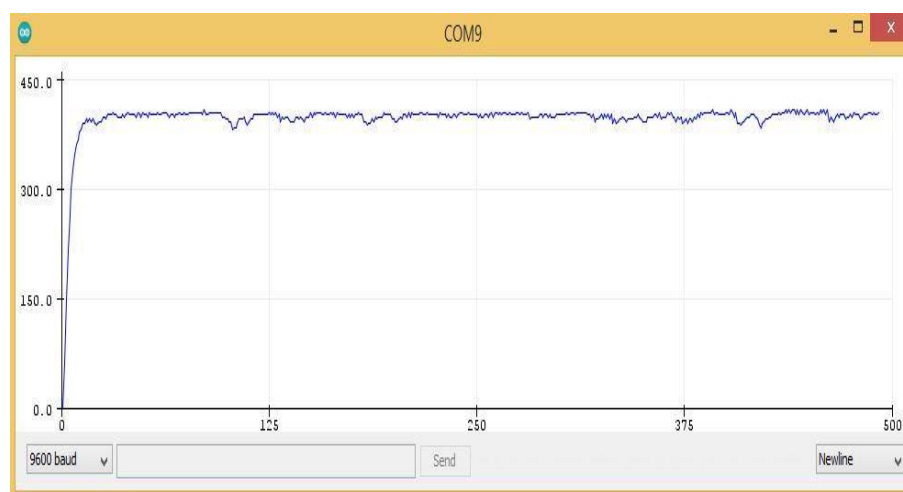
Tabel 1. Spesifikasi Motor DC

Spesifikasi	Keterangan
Merk	JGA 25-370 with Encoder
Tegangan	12 V
Arus	0,45 A
Kecepatan	1000 rpm
Torsi	0,1 kgcm

3. Hasil dan pembahasan

A. Pengujian Motor DC Tanpa Kontroller Dengan Kecepatan (400 Rpm) Tanpa Beban

Pada pengujian ini digunakan kecepatan motor kategori rendah dengan nilai target sebesar 400 Rpm untuk mengetahui karakteristik respon kecepatan yang dihasilkan oleh motor dapat diamati pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengujian Motor DC Tanpa kontroller Kecepatan (400 Rpm) Tanpa Beban

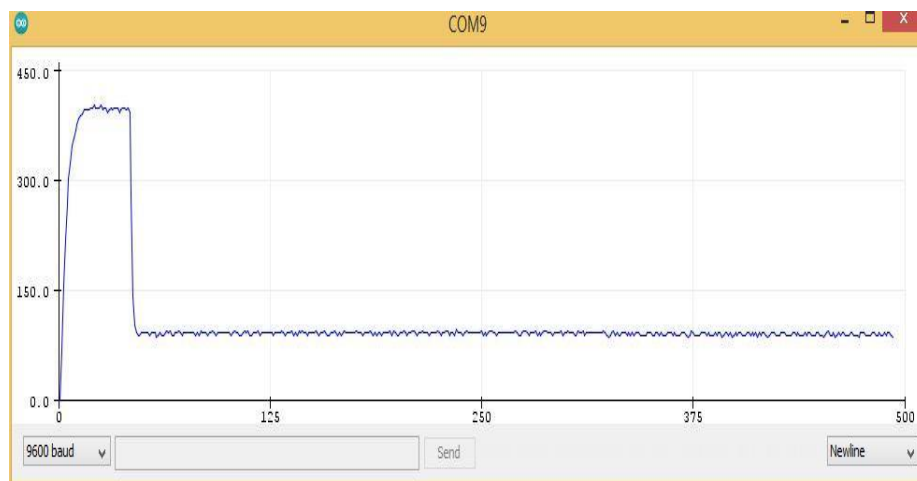
Dari Gambar 5. diketahui tidak mengalami *overshoot* namun kecepatan tidak sesuai *setpoint* dan mengalami *steady state* yang agak besar, dengan nilai *setpoint* 400rpm nilai kecepatan yang terbaca pada sensor didapatkan nilai galat diperlukan data rata-rata kecepatan motor setelah mencapai *reset time*, maka dari itu dirangkum dalam bentuk Tabel 2.

Tabel 2. Data Kecepatan 400 Rpm Tanpa Kontroller

Percobaan ke	Tanpa fuzzy gain scheduling PID control (400 Rpm) Tanpa Beban
1.	400
2.	397,06
3.	397,06
4.	400
5.	397,06
6.	400
7.	400
8.	400
9.	402,94
10.	397,06
Rata-rata =	399,118
galat =	0,220 %

B. Pengujian Motor DC Tanpa Kontroller Kecepatan (400 Rpm) Dengan Beban

Pada pengujian ini digunakan kecepatan motor kategori rendah dengan nilai target sebesar 400 Rpm untuk mengetahui karakteristik respon kecepatan yang dihasilkan oleh motor dapat diamati pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian Motor DC Tanpa kontroller Kecepatan (400 Rpm) beban

Berdasarkan Gambar 6 diketahui kecepatan motor dc dapat berjalan dengan stabil tanpa terjadi *overshoot*, namun saat beban 1 di aktifkan kecepatan motor dc turun menjadi 91,18 Rpm, tidak dapat kembali ke *setpoint* yang awal di karenakan tidak menggunakan

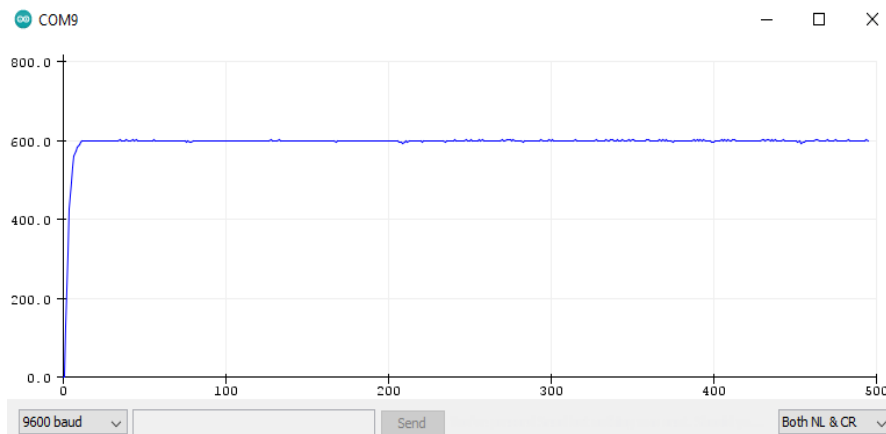
controller hanya mengatur pwmnya saja. Nilai kecepatan yang terbaca pada sensor didapatkan nilai galat diperlukan data rata-rata kecepatan motor, maka dari itu di rangkum dalam bentuk Tabel 3.

Tabel 3. Data Kecepatan 400 Rpm Dengan Kontroller

Percobaan ke	Dengan fuzzy gain scheduling PID control (400 Rpm) Dengan Beban
1.	400
2.	400
3.	402,94
4.	308,82
5.	152,94
6.	105,88
7.	94,12
8.	88,24
9.	91,18
10.	88,24
Rata-rata =	213,236
galat =	46,691 %

C. Pengujian Motor DC Tanpa Kontroller Dengan Kecepatan (600 Rpm) Tanpa Beban

Pada pengujian ini digunakan kecepatan motor kategori sedang dengan nilai target sebesar 600 Rpm untuk dapat mengetahui karakteristik respon kecepatan yang dihasilkan oleh motor dapat diamati pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian Motor DC Tanpa kontroller Kecepatan (600 Rpm) Tanpa Beban

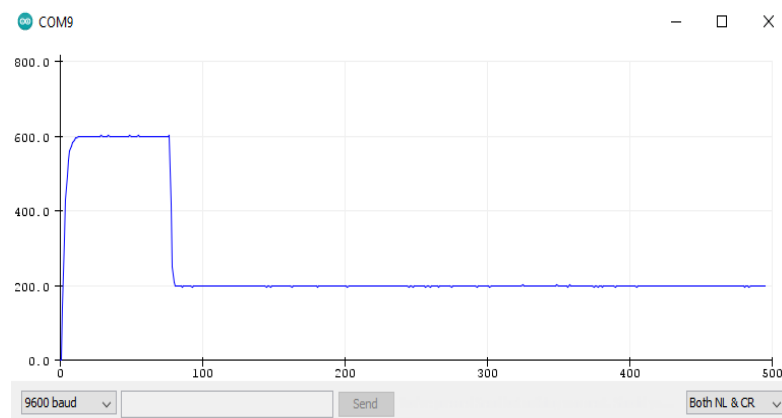
Berdasarkan Gambar 7. diketahui kecepatan motor dapat berjalan dengan stabil tanpa terjadi *overshoot*, pada *setpoint* 600 Rpm. Nilai kecepatan yang terbaca pada sensor didapatkan nilai galat diperlukan data rata-rata kecepatan motor setelah mencapai *riset time*, maka dari itu dirangkum dalam bentuk Tabel 4,

Tabel 4 Data Kecepatan 600 Rpm Tanpa Kontroller

Percobaan ke	Tanpa fuzzy gain scheduling PID control (600 Rpm) Tanpa Beban
1.	597,06
2.	600
3.	600
4.	600
5.	602,94
6.	602,94
7.	605,88
8.	602,94
9.	600
10.	600
Rata-rata =	601,176
galat =	0,196 %

D. Pengujian Motor DC Tanpa Kontroller Kecepatan (600 Rpm) Dengan Beban

Pada pengujian ini digunakan kecepatan motor kategori sedang dengan nilai target sebesar 600 Rpm untuk dapat mengetahui karakteristik respon kecepatan yang dihasilkan oleh motor dapat diamati pada Gambar 8.

**Gambar 8. Pengujian Motor DC Tanpa Kontroller Kecepatan (600 Rpm) Dengan Beban 1**

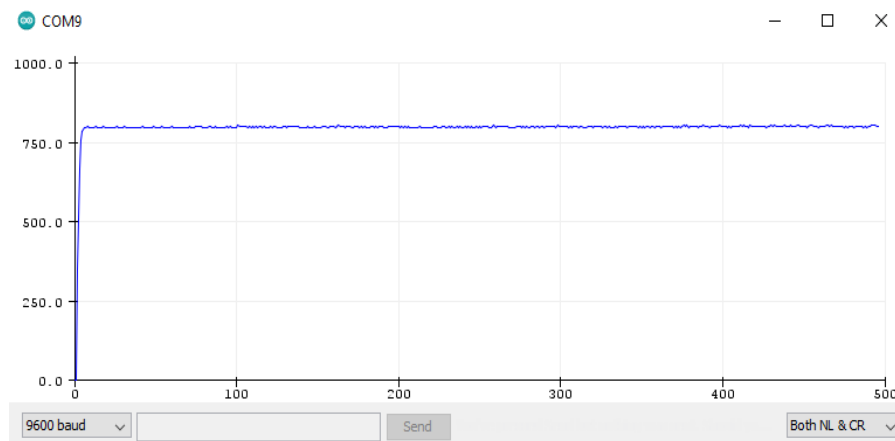
Berdasarkan Gambar 8. diketahui kecepatan motor dc dapat berjalan dengan stabil tanpa terjadi overshoot, namun saat beban 1 di aktifkan kecepatan motor dc turun menjadi 197,06 Rpm, tidak dapat kembali ke setpoint yang awal di karenakan tidak menggunakan controller hanya mengatur pwmnya saja. Nilai kecepatan yang terbaca pada sensor didapatkan nilai galat diperlukan data rata-rata kecepatan motor, maka dari itu di rangkum dalam bentuk Tabel 5.

Tabel 5. Data Kecepatan 600 Rpm tanpa Fuzzy Gain Scheduling PID Control Tanpa Beban

Percobaan ke	Dengan fuzzy gain scheduling PID control (600 Rpm) Dengan Beban
1.	600
2.	600
3.	602,94
4.	602,94
5.	605,88
6.	491,18
7.	217,65
8.	200
9.	197,06
10.	600
Rata-rata =	411,765
galat =	31,372 %

E. Pengujian Motor DC Tanpa Kontroller Dengan Kecepatan (800 Rpm) Tanpa Beban

Pada pengujian ini digunakan kecepatan motor dc sebesar 800 Rpm untuk dapat mengetahui karakteristik respon kecepatan yang dihasilkan oleh motor dapat diamati pada Gambar 3.5.

**Gambar 9. Pengujian Motor DC Tanpa kontroller Kecepatan (800 Rpm) Tanpa Beban**

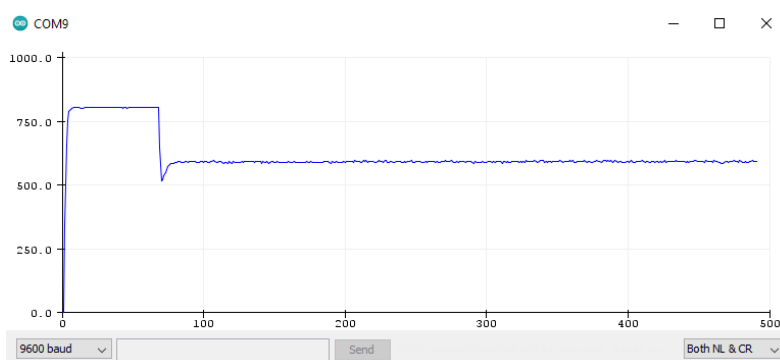
Berdasarkan Gambar 9. diketahui kecepatan motor dapat berjalan dengan stabil tanpa terjadi *overshoot*, pada *setpoint* 800 Rpm. Nilai kecepatan yang terbaca pada sensor didapatkan nilai galat diperlukan data rata-rata kecepatan motor setelah mencapai *riset time*, maka dari itu dirangkum dalam bentuk Tabel 6.

Tabel 6. Data Kecepatan 800 Rpm Tanpa Kontroller

Percobaan ke	Tanpa fuzzy gain scheduling PID control (800 Rpm) Tanpa Beban
1.	797,06
2.	800
3.	797,06
4.	800
5.	800
6.	802,94
7.	802,94
8.	800
9.	800
10.	802,94
Rata-rata =	800,294
galat =	0,036 %

F. Pengujian Motor DC Tanpa Kontroller Kecepatan (800 Rpm) Dengan Beban

Pada pengujian ini digunakan kecepatan motor dc sebesar 800 Rpm untuk dapat mengetahui karakteristik respon kecepatan yang dihasilkan oleh motor dapat diamati pada Gambar 3.6.

**Gambar 10. Pengujian Motor DC Tanpa Kontroller Kecepatan (800 Rpm) Dengan Beban**

Dari Gambar 3.6. diketahui tidak mengalami overshoot namun kecepatan motor dc, namun saat beban 1 di aktifkan kecepatan motor dc turun menjadi 523,53 Rpm, tidak dapat kembali ke setpoint yang awal di karenakan tidak menggunakan controller hanya mengatur pwmnya saja. Nilai kecepatan yang terbaca pada sensor didapatkan nilai galat dipelukan data rata-rata kecepatan motor, maka dari itu di rangkum dalam bentuk Tabel 7.

Tabel 7. Data Kecepatan 800 Rpm Tanpa Fuzzy Gain Scheduling PID Control Tanpa Beban

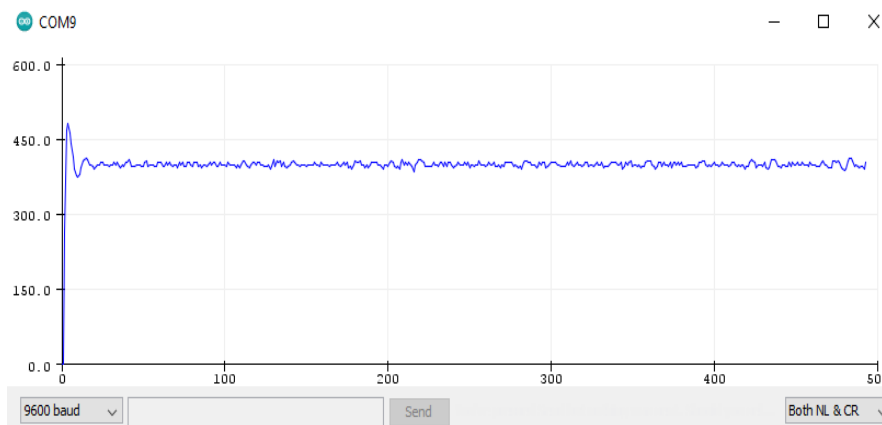
Percobaan ke	Dengan fuzzy gain scheduling PID control (800 Rpm) Dengan Beban
1.	800
2.	802,94
3.	802,94
4.	555,88
5.	523,53
6.	579,41
7.	585,29
8.	585,29
9.	591,18
10.	591,18
Rata-rata =	641,764
galat =	19,779 %

G. Pengujian Kecepatan Motor DC Dengan Sistem Fuzzy Gain Scheduling PID Control.

Pengujian sistem dengan fuzzy gain scheduling PID control dilakukan dengan cara mengatur nilai pwm untuk mendapatkan kecepatan secara otomatis dengan menggunakan *fuzzy gain scheduling PID control*, setelah desain sistem kontrol diimplementasikan, selanjutnya diuji pada sistem real. Pengujian dengan kecepatan bervariasi nilai yang berbeda dilakukan dengan memberikan nilai referensi rendah sebesar 400 Rpm, sedang sebesar 600 Rpm, dan tinggi sebesar 800 Rpm.

H. Pengujian Motor DC Dengan Fuzzy Gain Scheduling PID Control (400 Rpm) Tanpa Beban

Hasil respon kecepatan dari pengujian dengan nilai 400 rpm yang telah dilakukan untuk dapat mengetahui karakteristik respon kecepatan yang dihasilkan oleh motor dc dapat diamati yang disajikan dalam bentuk Gambar 11.



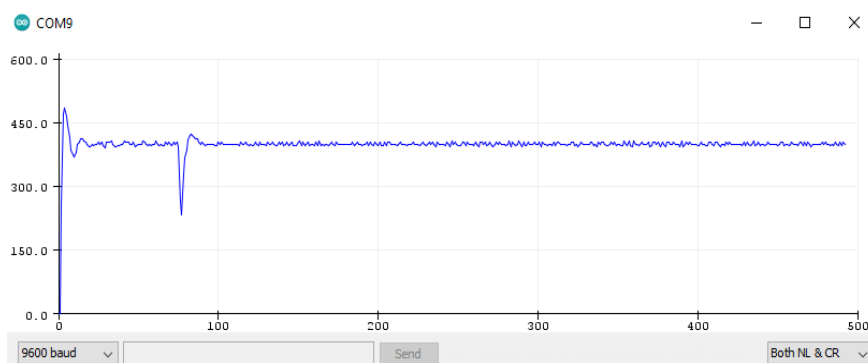
Gambar 11. Pengujian Motor DC Dengan Fuzzy Gain Scheduling PID Control (400 Rpm) Tanpa Beban

Gambar grafik 11. dapat diketahui kecepatan motor dc dengan sistem *Fuzzy Gain Scheduling PID Control* dapat berjalan dengan stabil dan *smooth* namun mengalami *overshoot* dan dapat kembali di kecepatan *setpoint* yang diatur pada kecepatan 400rpm. nilai kecepatan yang terbaca pada sensor didapatkan nilai galat diperlukan data rata-rata kecepatan motor setelah mencapai *riset time*, maka dari itu di bentuk dalam Tabel 8.

Tabel 8. Data Kecepatan 400 Rpm Dengan Fuzzy Gain Scheduling PID Control.

Percobaan ke	Dengan fuzzy gain scheduling PID control (400 Rpm) Tanpa Beban
1.	408,82
2.	400
3.	402,94
4.	402,94
5.	400
6.	397,06
7.	391,18
8.	394,12
9.	397,06
10.	397,06
Rata-rata =	399,118
galat =	0,2205

I. Pengujian Motor DC Dengan Kontroller Kecepatan (400 Rpm) Dengan Beban



Gambar 12. Pengujian Motor DC Dengan Fuzzy Gain Scheduling PID Control (400 Rpm) Dengan Beban

Hasil respon kecepatan dari pengujian dengan nilai 400 rpm yang telah dilakukan untuk dapat mengetahui karakteristik respon kecepatan yang dihasilkan oleh motor dc dapat diamati yang disajikan dalam bentuk Gambar 12. Dari Gambar 12 diketahui tidak mengalami *overshoot* namun kecepatan motor dc, namun saat beban 1 di aktifkan kecepatan motor dc turun paling rendah menjadi 235,29 Rpm, lalu kembali lagi ke setpoint yang awal di

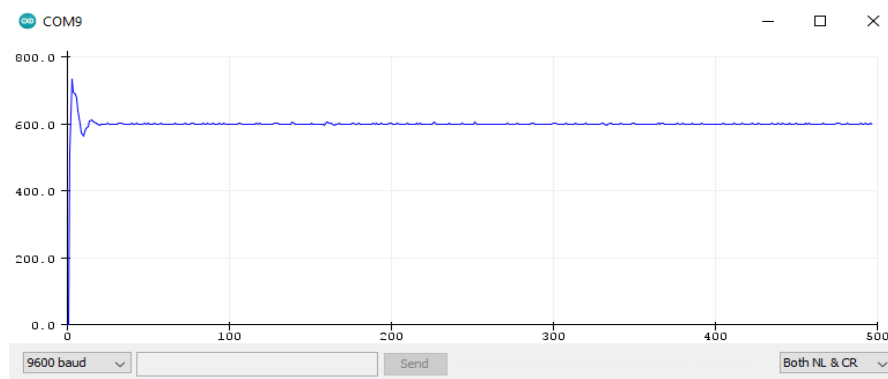
karenakan menggunakan metode *fuzzy gain scheduling PID control*. Nilai kecepatan yang terbaca pada sensor didapatkan nilai galat dipelukan data rata-rata kecepatan motor, maka dari itu di rangkum dalam bentuk Tabel 9.

Tabel 9. Data Kecepatan 400 Rpm Dengan *Fuzzy Gain Scheduling PID Control* Dengan Beban

Percobaan ke	Dengan fuzzy gain scheduling PID control (400 Rpm) Dengan Beban
1.	408,82
2.	405,88
3.	402,94
4.	400
5.	402,94
6.	397,06
7.	235,29
8.	317,65
9.	397,06
10.	400
Rata-rata =	376,764
galat =	5,809

J. Pengujian Motor DC Degan *Fuzzy Gain Scheduling PID Control* (600 Rpm) Tanpa Beban

Pada pengujian kecepatan dengan nilai 600 rpm yang telah dilakukan untuk dapat mengetahui karakteristik respon kecepatan yang dihasilkan oleh motor dc dapat diamati yang disajikan dalam bentuk Gambar 3.9.



Gambar 13. Pengujian Motor DC Dengan *Fuzzy Gain Scheduling PID Control* (600 Rpm) Tanpa Beban

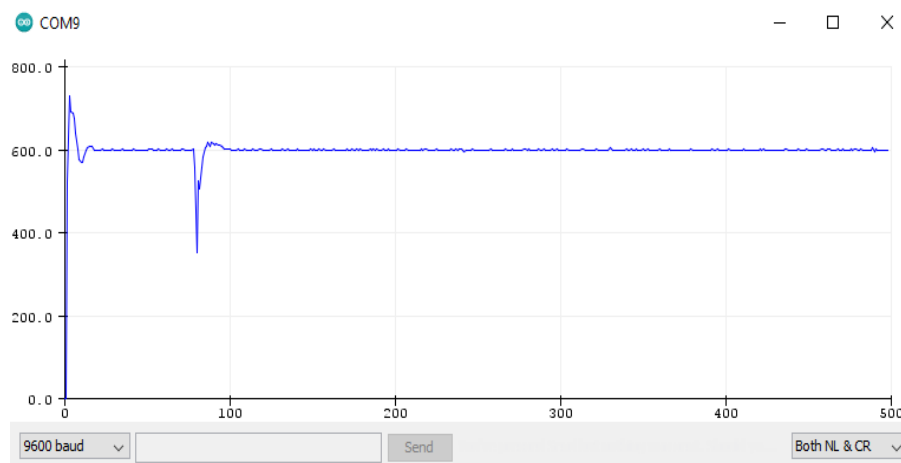
Gambar 13. dapat diketahui kecepatan motor dc dengan sistem kontrol *Fuzzy Gain Scheduling PID Control* dapat berjalan dengan stabil tetapi mengalami *overshoot* dan dapat kembali di kecepatan *setpoint* yang diatur pada kecepatan 600 Rpm. Nilai kecepatan yang terbaca pada sensor didapatkan nilai galat diperlukan data rata-rata kecepatan motor setelah mencapai *reset time*, maka dari itu di bentuk dalam Tabel 10.

Tabel 10. Data Kecepatan 600 Rpm Dengan *Fuzzy Gain Scheduling PID Control*.

Percobaan ke	Dengan fuzzy gain scheduling PID control (600 Rpm) Tanpa Beban
1.	582,35
2.	597,06
3.	605,88
4.	608,82
5.	608,82
6.	608,82
7.	602,94
8.	597,06
9.	597,06
10.	600
Rata-rata =	600,881
galat =	0,146 %

K. Pengujian Motor DC Dengan Kontroller Kecepatan (600 Rpm) Dengan Beban

Pada pengujian kecepatan dengan nilai 600 rpm yang telah dilakukan untuk dapat mengetahui karakteristik respon kecepatan yang dihasilkan oleh motor dc dapat diamati yang disajikan dalam bentuk Gambar 14.

**Gambar 14. Pengujian Motor DC Dengan *Fuzzy Gain Scheduling PID Control* (600 Rpm) Dengan Beban**

Berdasarkan Gambar 14. diketahui tidak mengalami overshoot namun kecepatan motor dc, namun saat beban 1 di aktifkan kecepatan motor dc turun menjadi 358,82 Rpm, lalu kembali lagi ke setpoint yang awal di karenakan menggunakan metode *fuzzy gain scheduling*

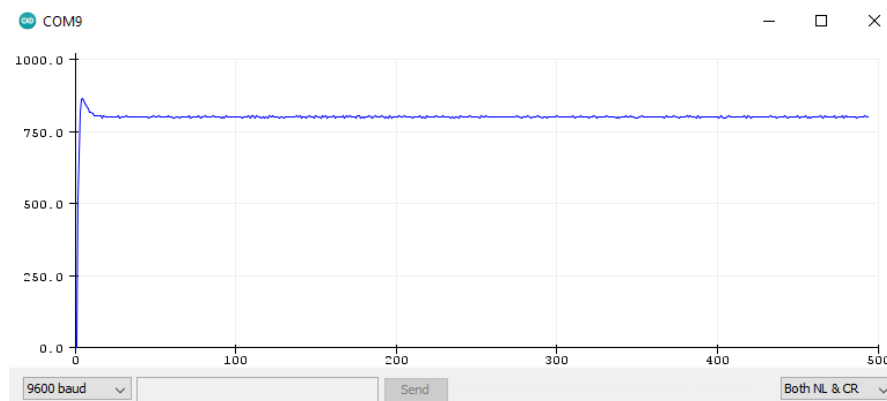
PID control. Nilai kecepatan yang terbaca pada sensor didapatkan nilai galat dipelukan data rata-rata kecepatan motor, maka dari itu di rangkum dalam bentuk Tabel 11.

Tabel 11. Data Kecepatan 600 Rpm Dengan Fuzzy Gain Scheduling PID Control Dengan Beban

Percobaan ke	Dengan fuzzy gain scheduling PID control (600 Rpm) Dengan Beban
1.	600
2.	594,12
3.	597,06
4.	600
5.	532,35
6.	358,82
7.	455,88
8.	529,41
9.	573,53
10.	600
Rata-rata =	544,117
galat =	9,313 %

L. Pengujian Motor DC Degan Fuzzy Gain Scheduling PID Control (800 Rpm) Tanpa Beban

Pada pengujian kecepatan dengan nilai 800 rpm yang telah dilakukan untuk dapat mengetahui karakteristik respon kecepatan yang dihasilkan oleh motor dc dapat diamati yang disajikan dalam bentuk Gambar 15.



Gambar 15. Pengujian Motor DC Dengan Fuzzy Gain Scheduling PID Control (800 Rpm) Tanpa Beban

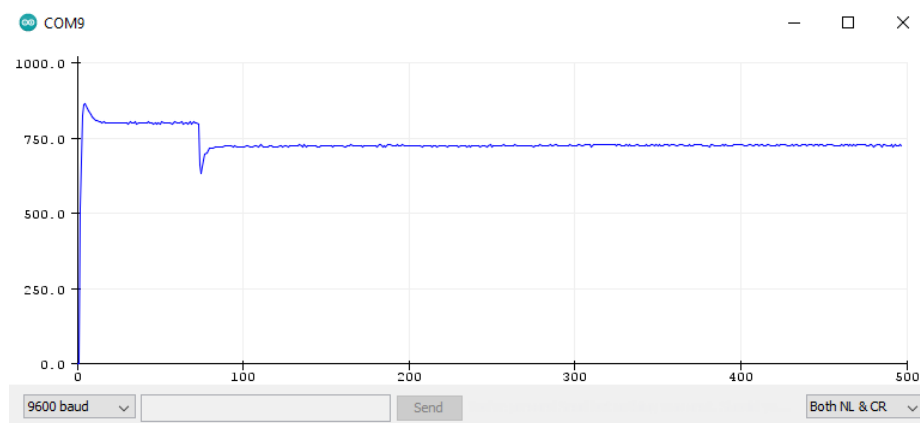
Gambar 15. dapat diketahui kecepatan motor dc dengan sistem kontrol *Fuzzy Gain Scheduling PID Control* dapat berjalan dengan stabil tetapi mengalami *overshoot* dan dapat kembali di kecepatan *setpoint* yang diatur pada kecepatan 800 Rpm. Nilai kecepatan yang terbaca pada sensor didapatkan nilai galat diperlukan data rata-rata kecepatan motor setelah mencapai *reset time*, maka dari itu di bentuk dalam Tabel 12.

Tabel 12. Data Kecepatan 900 Rpm Dengan Fuzzy Gain Scheduling PID Control.

Percobaan ke	Dengan fuzzy gain scheduling PID control (900 Rpm) Tanpa Beban
1.	800
2.	800
3.	802,94
4.	797,06
5.	800
6.	800
7.	800
8.	797,06
9.	800
10.	797,06
Rata-rata =	799,412
galat =	0,073 %

M. Pengujian Motor DC Dengan Kontroller Kecepatan (800 Rpm) Dengan Beban

Pada pengujian kecepatan dengan nilai 800 rpm yang telah dilakukan untuk dapat mengetahui karakteristik respon kecepatan yang dihasilkan oleh motor dc dapat diamati yang disajikan dalam bentuk Gambar 16.

**Gambar 3.12. Pengujian Motor DC Dengan Fuzzy Gain Scheduling PID Control (800 Rpm) Dengan Beban**

Pada Gambar 16. diketahui tidak mengalami overshoot namun kecepatan motor dc, namun saat beban 1 di aktifkan kecepatan motor dc turun menjadi 620,59 Rpm, tidak dapat kembali lagi ke setpoint yang awal di karenakan pwm melebihi batas maksimal, Gambar 3.12. ini menggunakan metode *fuzzy gain scheduling PID control*. Nilai kecepatan yang terbaca pada sensor didapatkan nilai galat dipelukan data rata-rata kecepatan motor, maka dari itu di rangkum dalam bentuk Tabel 13.

Tabel 13. Data Kecepatan 800 Rpm Dengan *Fuzzy Gain Scheduling PID Control* Dengan Beban

Percobaan ke	Dengan fuzzy gain scheduling PID control (800 Rpm) Dengan Beban
1.	797,06
2.	800
3.	802,94
4.	773,53
5.	620,59
6.	664,71
7.	688,24
8.	697,06
9.	700
10.	702,94
Rata-rata =	724,707
galat =	9,411 %

4. Kesimpulan

Hasil dari percobaan implementasi sistem *Fuzzy Gain Scheduling PID Control* pada kecepatan motor dc menggunakan variasi kecepatan didapatkan bahwa sistem *Fuzzy Gain Scheduling PID Control* dapat mempengaruhi kecepatan motor dc dan jika dibebani akan kembali ke setpoint yang di setting awal. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa variasi kecepatan motor dc sangat berpengaruh dikarenakan menggunakan *Fuzzy Gain Scheduling PID Control* lebih banyak menghasilkan respon overshoot dan *steady state* yang lebih rendah dan stabil, sebaliknya pada motor dc yang tanpa menggunakan controller *Fuzzy Gain Scheduling PID Control* menghasilkan respon yang tidak stabil dan jika diberi beban tidak akan kembali ke kecepatan yang di setting.

Daftar Pustaka

- [1] Arsyahadij, M., Setiawan, I. And Christyono, Y., Simulasi Kendali Tekanan Kompresor Pada Electrically Assisted Turbocharger Dengan Metode Pi-Gain Scheduling. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 20(2), Pp.85-90.
- [2] Ashari, A. B., Suprianto, B., & Hermawan, A. C. (2020). Kontrol Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Metode Field Orientation Control (FOC) Berbasis Fuzzy-PID. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(3), 763-771.
- [3] Chaudhary, H., Khatoon, S. And Singh, R, 2017, ANFIS Based Speed Control Of DC Motor, 2nd IEEE International Conference On Innovative Applications Of Computational Intelligence On Power, Energy And Controls With Their Impact On Humanity, CIPECH 2016, Pp. 63–67. Doi: 10.1109/CIPECH.2016.7918738

- [4] Dzulfikar, M. D., & Widodo, N. S. (2019). Implementasi PID Navigasi Pelacakan Titik Api dengan Sensor Flame Array pada Robot Hexapod untuk Kontes Robot Pemadam Api Indonesia. *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, 1(3), 131-143.
- [5] Ferdiansyah, I., Purwanto, E. And Windarko, N.A., 2016. Fuzzy Gain Scheduling Of PID (FGS-PID) For Speed Control Three Phase Induction Motor Based On Indirect Field Oriented Control (IFOC). *EMITTER International Journal Of Engineering Technology*, 4(2), Pp.237-258.
- [6] Hidayati, Q., & Prasetyo, M. E. (2016). Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Fuzzy-PID. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 4(1).
- [7] Kesuma, P.C., Rahmat, B. And Romdlony, M.Z., 2022. Sistem Kontrol Motor Dc Penggerak Panel Photovoltaic Dengan Metode Gain-Schedulling Model Predictive Control (Gs-Mpc). *Eproceedings Of Engineering*, 9(2).
- [8] Priyanto, Y. T. K., Safarudin, Y. M., & Giyantara, A. (2021, December). Sistem Pengendalian Kecepatan Motor Dc Menggunakan Fuzzy Logic. In *Prosiding Seminar Nasional NCIET* (Vol. 2, No. 1, Pp. 105-113).
- [9] Ridwan, R., Purwanto, E., Oktavianto, H., Rusli, M. R., & Toar, H. (2019). Desain Kontrol Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Fuzzy Pid Berbasis Idirect Field Oriented Control. *Jurnal Integrasi*, 11(2), 146-155.
- [10] Setiawan, D. (2017). Sistem Kontrol Motor DC Menggunakan Pwm Arduino Berbasis Android System. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 15(1), 7-14.
- [11] Syeichu, M. M., Rusimamto, P. W., & Buditjahjanto, I. G. P. A. (2021). Desain Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Dc Pada Prototipe Elevator Menggunakan Hybrid Fuzzy-Pid Controller. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(2), 405-4012.
- [12] Tianur, T., Happyanto, D. C., Gunawan, A. I., & Widodo, R. T. (2011). Kontrol kecepatan motor induksi menggunakan metode PID-fuzzy. *EEPIS Final Project*.
- [13] Wang, Z. S., Liu, C. Y., Song, X. L., Song, Z. Y., & Yang, Z. K. (2016, July). Improved Variable Universe Fuzzy PID Application In Brushless DC Motor Speed Regulation System. In *2016 International Conference On Machine Learning And Cybernetics (ICMLC)* (Vol. 1, Pp. 459-463). IEEE.
- [14] Yanti, N., Rachman, F. Z., & Suhaedi, S. (2018). Pengendalian Kestabilan Terbang Robot Penjelajah Udara Dengan Metode Hybrid PID-FUZZY. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 5(6), 705.