

## **Desain Optimasi Kecepatan Motor Dc Menggunakan PID (Proportional Integral Derivative) Cotroller Dengan Metode Auto-Tuning Matlab**

<sup>1</sup>Muhlasin,<sup>2</sup> Machrus Ali, <sup>3</sup>Rukslin

[mohlasin\\_pascasarjana@yahoo.com](mailto:mohlasin_pascasarjana@yahoo.com), [machrus7@gmail.com](mailto:machrus7@gmail.com), [rukslin@gmail.com](mailto:rukslin@gmail.com)

<sup>1,2,3</sup> *Teknik Elektro, Universitas Darul 'Ulum, Jombang, Indonesia*

### **Abstract**

Kekurangannya model dinamis non linier motor DC adalah memiliki keterbatasan pada perancangan pengendali umpan balik loop tertutup rangkaian. Saturasi dan gesekan dapat menurunkan kinerja dan standar kontrol konvensional. Kontroler PID sering digunakan untuk aplikasi kontrol motor karena strukturnya dan algoritma kontrol sederhana yang mudah dimengerti. Parameter Controller umumnya menggunakan Try And Error. Metode ini memiliki hasil yang sukses namun cukup lama dan untuk mendapatkan sistem respon yang memuaskan.

Model kontrol kecepatan motor DC ini dirancang dengan menggunakan beberapa kontrol, seperti pengendali PID, PID Ziegler-Nichols dan Auto-tuning PID control Matlab. Hasil kinerja model Kontrol kecepatan motor DC dengan menggunakan Matlab Auto-tuning ditemukan memiliki error steady state terkecil, settling time dan overshoot lebih baik dari PID Controller dan PID-ZN (Ziegler Nichols PID). Dari hasil running program Auto-tuning Matlab dalam penelitian ini adalah pengendali terbaik dengan settling time tercepat yaitu 0.2656 detik dan overshoot terkecil adalah 1.0591

***Kata Kunci: Motor DC, PID, PID Auto-Tuning.***

### **PENDAHULUAN**

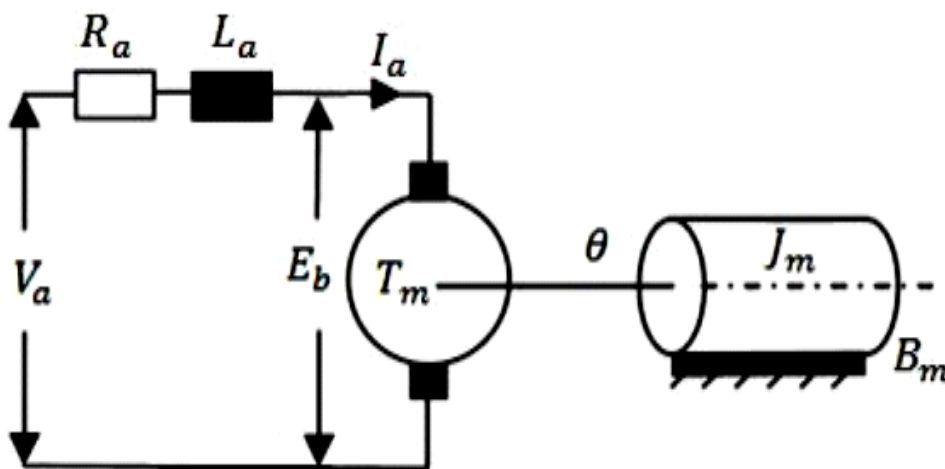
Saat ini perindustrian dinegara kita mengalami perkembangan yang cukup pesat, baik pada perindustrian besar maupun industri kecil sejalan dengan perkembangan industri tersebut kebutuhan akan motor-motor listrik meningkat pula sesuai dengan kebutuhan pasar. Motor arus searah ialah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah (listrik DC) menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik, dimana tenaga gerak tersebut berupa putaran dari pada rotor. Meski memiliki torsi yang relatif tinggi, karakteristik kecepatan putarnya tidak linier. Ketidaklinearan dari motor DC akan mempersulit dalam aplikasi yang membutuhkan kecepatan kontrol secara otomatis. Karakteristik non linear dari motor DC seperti gesekan dan saturasi dapat menurunkan kinerja dari konvensional Kontrol (Dwi Hartanto, 2001). Kontroler PID biasanya

digunakan untuk aplikasi kontrol motor karena struktur sederhana dan algoritma kontrol mudah untuk dipahami. Parameter kontroler umumnya menggunakan *Try And Error* atau metode respon frekuensi *Ziegler-Nichols*. Kedua metode ini memiliki hasil yang sukses tapi cukup lama dan untuk mendapatkan respon sistem yang memuaskan. Dua masalah utama yang dihadapi dalam kontrol motor adalah sifat waktu bervariasi parameter motor dalam kondisi operasi dan adanya noise dalam sistem loop.

## KAJIAN PUSTAKA

### A. Motor DC

Pada motor DC seri, kumparan medan dihubungkan seri dengan kumparan jangkar dimana kedua arus medan dan arus jangkar adalah identik atau sama. Pada motor DC seri memiliki karakteristik starting torsi yang tinggi yang membuatnya cocok untuk aplikasi yang memiliki inerti serta sistem traksi tinggi dan memiliki non linear model yang dinamik. Rangkaian equivalen dari motor DC ditunjukkan oleh Gambar 1 sebagai berikut:



*Gambar 1. rangkaian equivalen motor DC*

Armature resistance ( $R_a$ ) diseri dengan Armatur inductance ( $L_a$ ), dengan demikian nilai  $I_a$  akan sama. Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$V_a = R_a \cdot i_a(t) + L_a \cdot \frac{di_a(t)}{dt} + e_b(t)$$

Dengan data penelitian sebelumnya (Walaa M Strogly, 2013) diperoleh besaran nilai sebagai berikut:  $R_a$  (Armature resistance) =  $2.45\Omega$ ,  $L_a$  (Armature inductance) =  $0.035H$ ,  $K_b$  (Back emf) =  $1.2Vs/rad$ ,  $J_m$  (Moment of inertia) =  $0.022 \text{ kgm}^2$ ,  $B_m$  (Frictional constant) =  $0.5 \text{ (Nms/rad)}$ , (Walaa M Strogly, 2013)

Dengan memasukkan konstanta diatas didapatkan transfer function sebagai berikut:

**Transfer Function :**

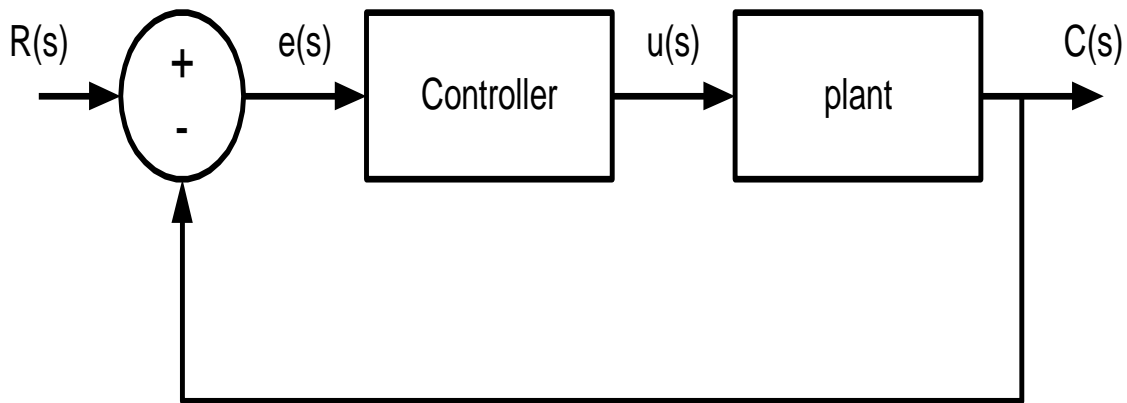
$$\frac{\theta(s)}{Va(s)} = \frac{Kb}{J.La.s^3 + Ra.J.s^2 + (Kb^2 + Ra.B)s}$$

Sehingga didapatkan transfer function:

$$\frac{\theta(s)}{Va(s)} = \frac{1,2}{0,0007s^3 + 0,0539s^2 + 1,441s}$$

**B. PID Controller**

Pada gambar 2 diperlihatkan bahwa: *Controller* merupakan suatu unit yang didesain untuk mengontrol tingkah laku secara menyeluruh dari sistem plant. Sedangkan, plant adalah unit yang dikontrol.



**Gambar 2 Sistem control feedback**

Fungsi alih controller P(Proportional):

$$G_c(s) = K_p$$

Fungsi alih controller PI(Proportional Integral):

$$Gc(s) = K_p + \frac{K_I}{s} = \frac{K_p s + K_I}{s}$$

Fungsi alih controller PID (Proportional Integral Derivative):

$$Gc(s) = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s = \frac{K_D s^2 + K_p s + K_I}{s}$$

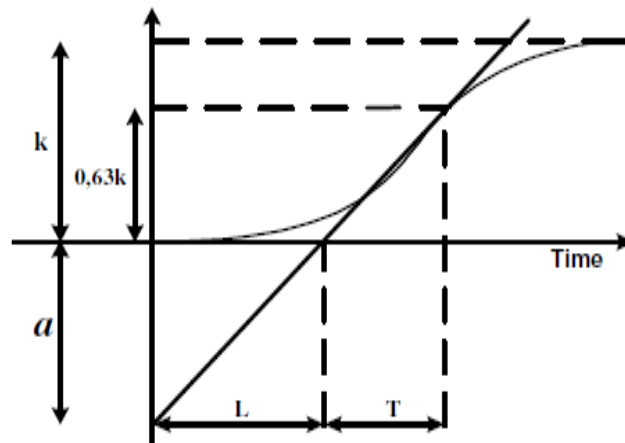
Nilai kritis  $K_p$  ini disebut sebagai *ultimated gain*. Nilai *ultimated period* dan nilai  $T_u$  diperoleh setelah keluaran sistem mencapai kondisi yang terus menerus beresilasi.

### C. Metode Ziegler-Nichols

Metode dasar penalaan Ziegler-Nichols dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

#### a. Metode ke-1 Ziegler-Nichols

Metode ke-1 didasarkan pada respon plant terhadap masukan tangga dalam kalang terbuka. Plant yang tidak mempunyai integrator, menghasilkan kurva tanggapan terhadap masukan tangga seperti kurva huruf S pada Gambar 3. Kurva tanggapan plant digunakan untuk mencari waktu tunda  $L$  dan konstanta waktu  $T$ .



Gambar 3. Kurva tanggapan berbentuk S.

Parameter-parameter yang didapat dari kurva reaksi digunakan untuk menentukan parameterparameter pengendali PID berdasarkan tetapan empiris Zielger-Nichols. Rumus-rumus untuk parameter pengendali menggunakan metode kurva reaksi ditabelkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Penalaan Ziegler-Nichols metode ke-1.

Pengendali	Kp	Ti	Td
P	$1/a$	-	-
PI	$0,9/a$	$3L$	-
PID	$1,2/a$	$2L$	$L/2$

b. Metode ke-2 Ziegler-Nichols

Pada metode ke-2, penalaan dilakukan dalam kalang tertutup dimana masukan referensi yang digunakan adalah fungsi tangga (step). Pengendali pada metode ini hanya pengendali proporsional. Kp, dinaikkan dari 0 hingga nilai kritis Kp, sehingga diperoleh keluaran yang terus-menerus berosilasi dengan amplitudo yang sama. Nilai kritis Kp ini disebut sebagai ultimated gain.

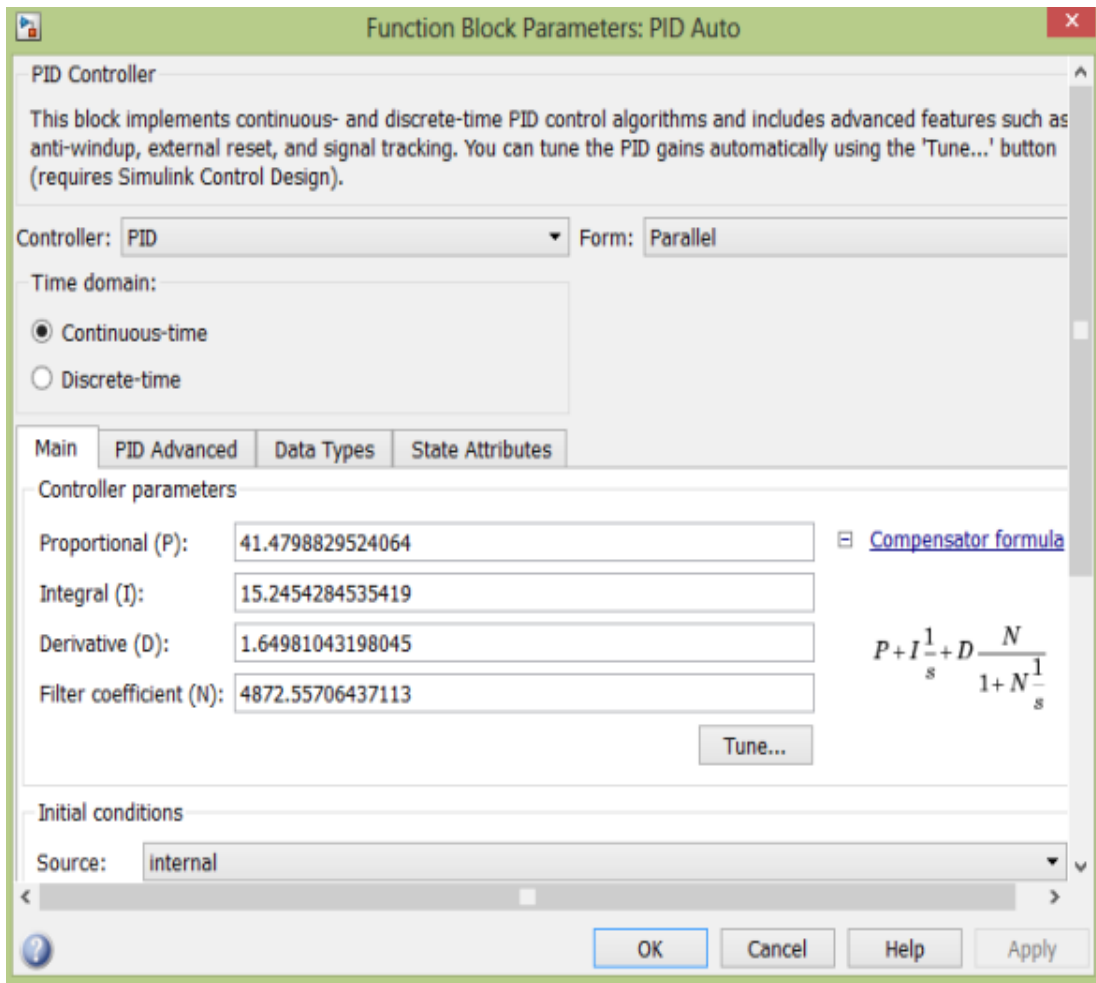
Nilai ultimated period, Tu, diperoleh setelah keluaran sistem mencapai kondisi yang terus menerus *berosilasi*. Nilai perioda dasar, Tu, dan penguatan dasar, Ku, digunakan untuk menentukan konstanta-konstanta pengendali sesuai dengan tetapan empiris Ziegler-Nichols pada Tabel 2.

Tabel 2. Penalaan Ziegler-Nichols metode ke- 2

Pengendali	Kp	Ti	Td
P	$K_u/2$	-	-
PI	$2K_u/5$	$4T_u/5$	-
PID	$3K_u/5$	$T_u/2$	$3T_u/25$

**D. Metode Auto-tuning Matlab**

Metode Auto-tuning Matlab dengan menggunakan menu Auto Tune yang disediakan Matlab secara otomatis mencari nilai konstanta PID (Kp, Ki dan Kd). Nilai ini diperoleh dengan *Try And Error* oleh program Matlab sesuai dengan Plan yang digunakan. Metode Auto tune dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini:

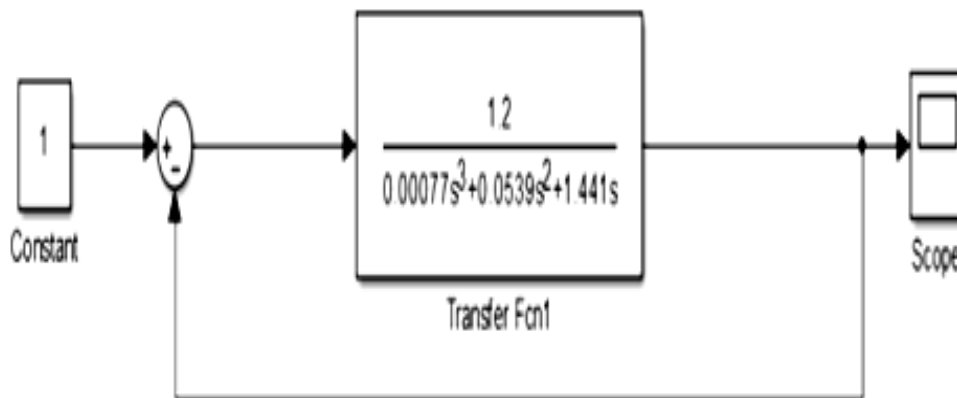


**Gambar 4. Fuction block parameter PID Auto**

**PEMODELAN SISTEM**

**Model pengaturan kecepatan motor DC**

Dari transfer function rangkaian motor DC dapat dimodelkan ke dalam bentuk diagram seperti pada gambar 4.

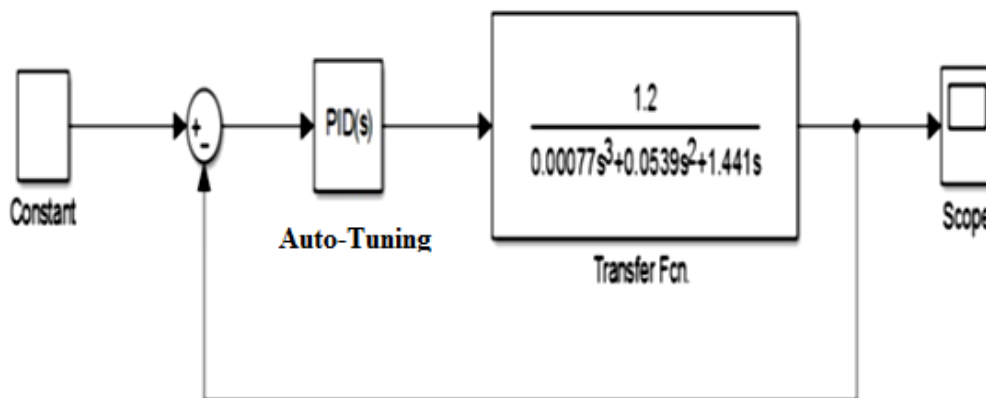


Gambar 4. Diagram rangkaian motor DC

Konstanta Kp, Ki dan Kd dicari dengan bantuan program Matlab 2013a dengan metode Auto-tuning . Hasil iterasi akan diperoleh nilai Kp, Ki dan Kd yang paling tepat untuk mendapatkan optimasi motor DC

### Simulasi

Bentuk simulasi dan blok diagram perancangan model pengaturan kecepatan motor DC dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini:

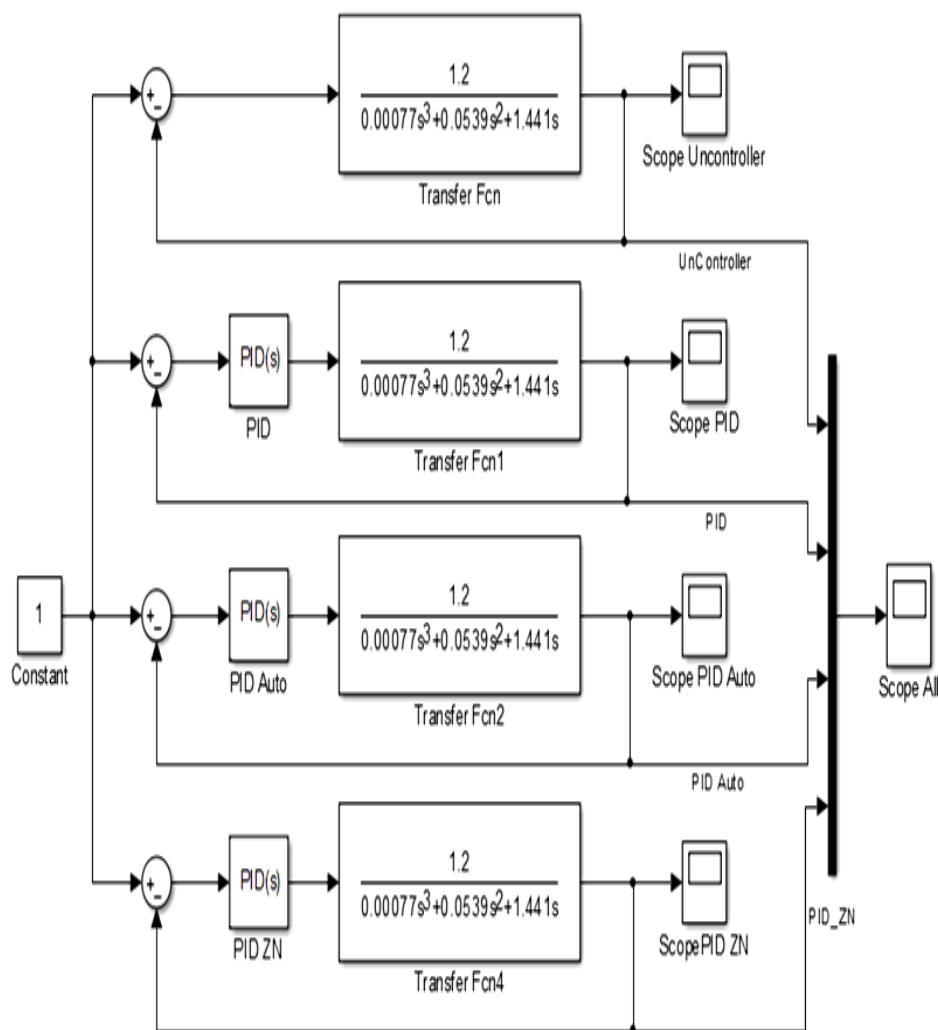


Gambar 5. Model perancangan kecepatan motor DC dengan metode Auto-tuning Matlab

Output motor DC diumpkan balikkan ke input PID yang selanjutnya mengan menghitung besar selisih atau eror yang nantinya digunakan untuk memperbaiki nilai konstanta PID.

**HASIL PENELITIAN**

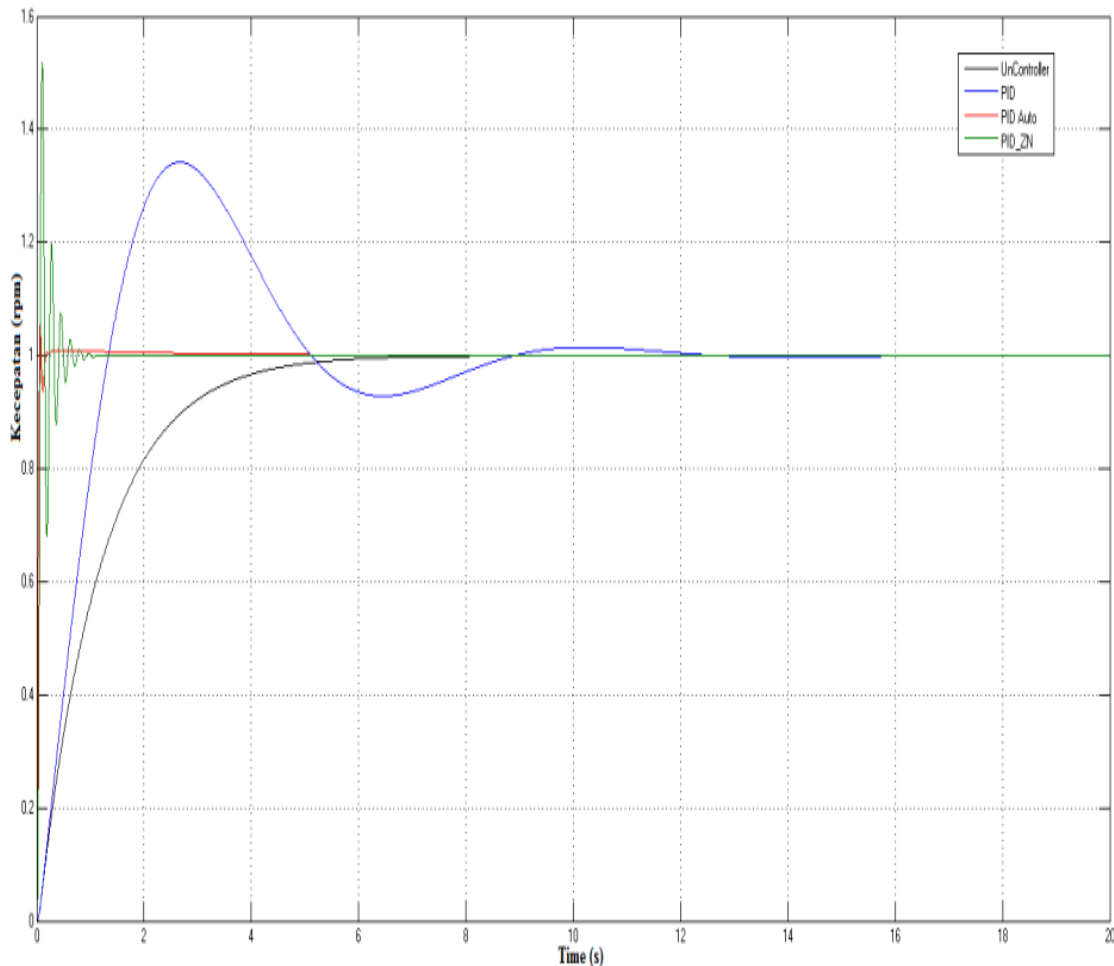
Model kontrol kecepatan motor DC dengan beberapa model kontrol dapat dilihat pada gambar 6.



**Gambar 6. Simulink kontrol kecepatan motor DC**



Dari hasil running program didapatkan hasil respon beberapa macam control seperti pada gambar 7.



**Gambar 7. Hasil respon beberapa macam kontrol**

Hasil hasil grafik di atas dapat diartikan bahwa: Pada kontrol motor tanpa controller dapat diartikan bahwa tidak terjadi overshoots pada kecepatan motor DC, akan tetapi settlingtime motor DC pada saat  $t = 16,01$  detik. Pada PID controller standar dapat diartikan bahwa terjadi overshoots maks sebesar  $1,34n$  rpm pada saat  $t = 2,6$  detik, undershoots  $0,93$  rpm pada saat  $0,65$  dengan settlingtime  $25,5$  detik. Pada PID Auto tuning dapat diartikan bahwa terjadi overshoots maks sebesar  $1,0591$  rpm pada saat  $t = 0,0552$  detik, undershoot  $1,01$  rpm pada saat  $0,1101$  detik dengan settlingtime  $0,2656$  detik. Dan pada PID Ziegler-Nichols dapat diartikan bahwa terjadi

overshoots maks sebesar 1,52n rpm pada saat  $t = 0,09$  detik, overshoots 1,19 rpm pada saat  $t = 0,28$  dan 1,07n rpm pada  $t = 0,95$  dengan settlingtime 1,75 detik.

Dalam bentuk tabel dapat dilihat pada tabel 3. dibawah ini:

Tabel 3. Hasil Running Program Kontrol Motor DC berbagai kontrollor

	Tanpa kontrol	PID standart	PID Auto Tuning	PID Ziegler-Nichols
Kp	-	1,00	41.4799	49,4100
Ki	-	1,00	15.2454	0,0188
Kd	-	0,00	1.6498	0,0750
Overshoots	-	1,34	1,0591	1,5000
Settling time	16,01	25,5	0,2656	1,7500

Dari hasil tabel diatas dapat disimpulkan bahwa pada monrol motor tanpa kontrollor mempunyai settlingtime 16,01 detik, pada PID kontrollor standart dengan nilai  $K_p = 1$ ,  $K_i = 1$ , dan  $K_d = 0$  terjadi overshoots maks sebesar 1,34 rpm dengan settlingtime 25,5 detik, pada PID Auto tuning dengan nilai  $K_p = 41,4799$ ,  $K_i = 15,2454$ , dan  $K_d = 1,6498$  terjadi overshoots maks sebesar 1,0591 rpm dengan settlingtime 0,2656 detik dan pada PID Ziegler-Nichols dengan  $K_p=49,4100$ ,  $K_i=0,0188$  dan  $K_d=0,0750$  terjadi overshoots maks sebesar 1,52 rpm dengan settlingtime 1,75 detik.

## **KESIMPULAN**

Dari hasil running program diatas dapat disimpulkan bahwa dua kontroller yang bisa dipakai sebagai acuan yaitu PID Auto tuning dengan overshoots maks sebesar 1,0591 rpm dengan settlingtime 0,2656 detik dan PID Ziegler-Nichols terjadi overshoots maks sebesar 1,52 rpm dengan settlingtime 1,75 detik. Dan kontroller yang paling baik tentunya Kontroller PID Auto-tuning Matlab dengan overshoot terkecil dan settlingtime tercepat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dwi Hartanto, Thomas Wahyu, *Analisis Dan Desain System Kontrol Dengan MATLAB*, Andy.Yogyakarta. 2001.
- Husein Ahmad , Gagan Signh, *Controlling of D.C. Motor using Fuzzy Logic Controller“*, Conference on Advances in Communication and Control Systems (CAC2S 2013), 2013.
- H. Shayeg, A. Safari and H. A. Shayanfar, *Multimachine Power System Stabilizer Design Using Particle Swarm Optimization Algorithm”*, International journal of Electrical Power and Energy System Engineering, 2008, 226-233.
- Muhammad H. Rashid, *Power Electronics Circuits, Devices, and Applications*, Prentice Hall, 2004
- Sanju Saini, Arvind Kumar, *Speed Control of Separately Excited D.C Motor using Self Tuned ANFIS Techniques*, IJCST Vol. 3, India, 2012.
- Walaa M Stogy, *Speed Control of DC Motor Using PID Controller Base On Artificial Intellegence Technique*, CoDIT'13 IEEE, 2013.
- Yang, X. S. "Ant Colony Optimization for multimodal optimization". *Stochastic Algorithms: Foundations and Applications*, SAGA, 2009. Lecture Notes in Computer Sciences 5792. 2009.