

# PENGENDALIAN MOTOR DC PADA GERAKAN LINIER MENGGUNAKAN PENGENDALI PID BERBASIS *SOFTWARE LABSOFT*

Dicky Risky<sup>1</sup>, Aidi Finawan<sup>2</sup>, Muhaimin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Instrumentasi dan Otomasi Industri Jurusan Teknik Elektro  
Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Banda Aceh-Medan km 280,3. Buket rata,Lhokseumawe

**Abstrak**— Penelitian ini bertujuan untuk mengendalikan motor DC pada gerakan linier yang bidang liniernya berupa besi ulir. Penentuan konstanta PID dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan teknik kurva reaksi serta penyesuaian sistem terkendali dengan kompensasi, teknik osilasi, dan teknik trial and error. Dari ketiga metode ini yang lebih tepat digunakan untuk modul motor DC linier ini adalah metode trial and error dengan nilai  $K_p= 10$ ,  $T_n= 0.3$  s, dan  $T_v= 0.1$  s dibandingkan dengan metode kurva reaksi dengan nilai  $K_p= 5.0227$ ,  $T_n= 0.73$  s, dan  $T_v= 0.1825$  s serta metode terkendali dengan kompensasi yang bernilai  $K_p= 3.969$ ,  $T_n= 1.3$  s, dan  $T_v= 0.17$  s. Selanjutnya metode yang responnya paling baik tadi digunakan untuk mengatur perpindahan posisi yang terdiri dari sembilan posisi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan software labsoft yang terkoneksi dengan interface merek Lucas Nulle. Untuk mengatur posisi benda yang dikendalikan, yang diatur adalah tegangan input PID yang terdapat pada bagian instrument software labsoft. Saat diberi input tegangan yang bernilai positif, maka object akan naik ke atas. Begitu juga sebaliknya, saat diberi input tegangan negative, maka object akan turun ke bawah. Setiap diberi input 1 atau -1 volt, maka object akan berpindah ke satu posisi, saat diberi input 2 atau -2, maka object akan berpindah ke dua posisi, begitu seterusnya. Waktu naik dan waktu turunnya mengalami perbedaan, lebih cepat 2 sekon pada saat turun.

**Kata Kunci:** motor DC, Pengendalian PID, Software Labsoft, Posisi.

## I. PENDAHULUAN

Pada lingkungan industry, sistem kendali merupakan suatu hal yang tidak dapat dipisahkan dan memberikan begitu banyak manfaat. Sebagai contoh adalah sistem kendali pada motor dc yang bertujuan untuk mempermudah tugas manusia. Gerakan pada motor dc dimanfaatkan untuk memutar benda yang memerlukan dorongan untuk dapat bekerja. Motor dc dihubungkan dengan benda yang akan diputar sehingga saat motor dc aktif benda tersebut akan bergerak. Salah satu penggunaan motor dc adalah untuk menggerakkan benda pada bidang linier dengan jalur ulir.

Untuk meringankan beban kerja manusia, bidang ulir biasanya digunakan sebagai rel untuk menaikkan atau menurunkan sebuah object yang memiliki kandungan berbahaya jika secara langsung bersentuhan dengan manusia. Hal ini tentu saja berseberangan dengan prinsip K3 yang mengedepankan keselamatan. Selama ini memang motor dc sudah diterapkan sebagai transduser pada bidang linier, namun pergerakannya masih kasar dan terkadang tidak stabil. Tentu saja ini belum dapat dikatakan aman bagi keselamatan pekerja.

Berdasarkan latar belakang, maka penulis akan mengaplikasikan teknik kontrol PID pada bidang linier dengan cara mengoperasikan modul motor DC pada gerakan linier dengan menggunakan *software labsoft*. Pada penelitian ini akan disimulasikan pengendalian motor dc menggunakan metode PID (Proporsional, Integral, dan Derivatif). Metode ini digunakan untuk mengurangi osilasi atau ketidak stabilan dari sistem dan meredam gangguan. Metode ini dapat digunakan dengan men-*tuning* parameter – parameter PID pada kontroler. Tujuan dari penelitian ini adalah dapat menghasilkan suatu metode pengendalian motor dc pada gerakan linier sehingga object yang dibawa tersebut dapat melaju dengan stabil berdasarkan metode Ziegler-Nichols dan

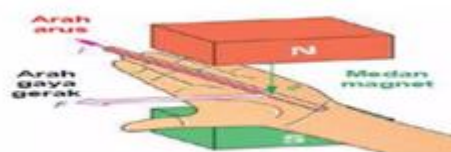
penyesuaian prosedur menurut Chien, Hrones, dan Reswick atau dengan metode coba-coba yang hasil kurva responnya dapat dibedakan dan dipahami sesuai dengan metode tersebut.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Konsep Dasar Motor DC

Motor DC adalah peralatan elektromekanis yang mengubah daya listrik menjadi daya mekanis dengan sumber arus sebagai supply energi listriknya. Pada umumnya motor DC terdiri dari atas bagian yang diam dan bagian yang bergerak. Bagian yang diam biasa disebut stator dan bagian yang bergerak disebut rotor. Stator adalah kumparan medan yang berbentuk kutub sepatu untuk menghasilkan medan magnet. Rotor merupakan kumparan jangkar dengan belitan konduktor (kumparan) untuk mengimbaskan ggl (gaya gerak listrik) pada konduktor yang terletak pada alur-alur jangkar. Celah udara memungkinkan berputarnya jangkar dalam medan magnet.

Prinsip kerja motor DC adalah jika sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet (U-S), maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat tersebut. Arah gerak kawat itu dapat ditentukan oleh aturan kaidah tangan kiri.

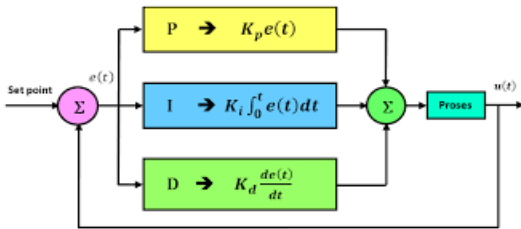


Gambar 1 Aturan Tangan Kiri Untuk Prinsip Kerja Motor Dc

**B. Pengendali PID**

Dalam dunia kendali otomatis industry terdapat beberapa jenis pengendali otomatis. Berikut ini adalah jenis-jenis dari pengendalian otomatis yang biasanya terdapat dan digunakan dalam dunia industry modern saat ini, antara lain: pengendali proporsional (P), pengendali integral (I), pengendali proporsional plus integral (PI), pengendali proporsional plus differensial (PD), pengendali proporsional plus integral plus differensial (PID). Kelima jenis aksi dasar pengontrolan ini mempunyai karakteristik output yang berbeda-beda terhadap *error* yang terjadi. Gabungan beberapa jenis aksi pengendalian ini biasanya berfungsi untuk memperbaiki respon output terhadap *error*.

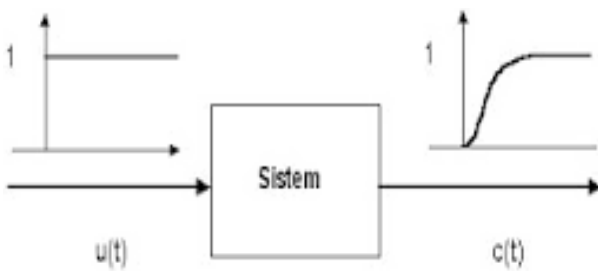
Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing pengendali P, I, dan D dapat saling ditutupi dengan menghubungkan ketiga secara parallel menjadi sebuah pengendali jenis proporsional plus integral plus differensial atau yang akrab dikenal dengan pengendali PID. Elemen-elemen dari pengendali P, I, dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem dan menghasilkan perubahan awal yang besar. Gambar 2 menunjukkan blok diagram pengendali PID.



Gambar 2 Blok Diagram Pengendali PID

**C. Metode Tuning Zeigler Nichols: Kurva Reaksi**

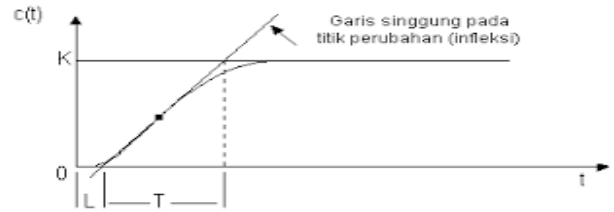
Metode reaksi ini prinsipnya dikerjakan dalam sistem *open loop* dengan memberikan *input step* serta mengamati hasilnya (lihat gambar 6), jika *plant* minimal tidak mengandung unsur integrator ataupun *pole-pole* yang kompleks, maka *respon step* akan berbentuk kurva S, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Respon Tangga Satuan Sebuah Sistem

Kurva berbentuk S mempunyai dua konstanta yang diartikan adalah: waktu mati yang disebut L serta waktu tunda atau yang biasa dilambangkan dengan T. Pada gambar 7 terlihat bahwa kurva reaksi berubah naik setelah selang waktu

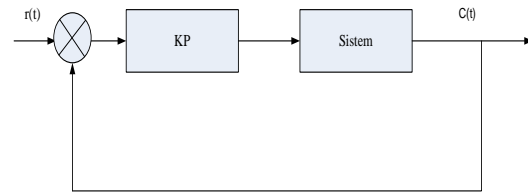
L. Sedangkan waktu tunda menggambarkan perubahan kurva dari keadaan stabil. Pada kurva dibuat garis yang bersinggungan dengan garis kurva. Garis singgung ini akan memotong dengan sumbu absis dengan garis set point. Perpotongan garis singgung dengan sumbu absis merupakan ukuran dari *dead time* (L) sedangkan garis berpotongan dengan *set point* merupakan waktu tunda (T) yang diukur dari titik waktu L.



Gambar 4 Kurva Respon Berbentuk S

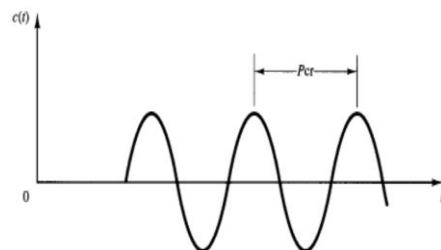
**D. Metode Tuning Ziegler-Nichols: Osilasi**

Metode ini dilakukan melalui cara eksperimen dengan memberikan pengendali proporsional pada suatu loop tertutup yang disusun seri terhadap *plant*. Semula parameter *Ti* diatur dengan tak terhingga dan *Td* diatur dengan nilai nol ( $Ti = \infty$  dan  $Td = 0$ ) kemudian *Kp* dinaikkan secara bertahap mulai dari nol hingga mencapai suatu harga yang menyebabkan sistem dapat beresilasi. Osilasi sistem harus memiliki amplitude tetap dan berkesinambungan. Gambar 5 menunjukkan loop tertutup pada metode osilasi.



Gambar 5 Sistem Loop Tertutup Dengan Pengendali Proporsional

Metode ini berguna untuk sistem yang mempunyai step respon beresilasi terus menerus dengan teratur. Dengan kata lain sistem berintegrator (1/S). nilai penguatan proporsional pada saat sistem mencapai kondisi beramplitudo tetap (*Sustain Oscillation*) disebut penguatan kritis (*Kcr*) atau bisa disebut juga nilai *Kcr* sama dengan nilai *Kp*, yang menyebabkan kondisi *sustain oscillation*. Sedangkan periode dari *Sustain Oscillation* disebut periode kritis (*Pcr*). Gambar 9 menggambarkan osilasi berkesinambungan dari periode *Pcr*.



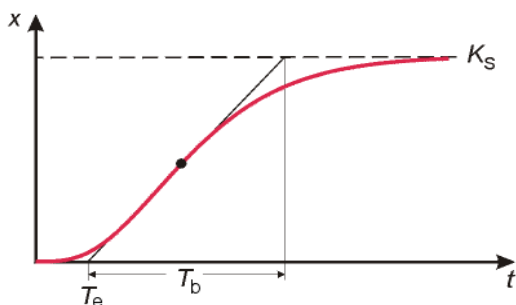
Gambar 9 Kurva Respon Metode Osilasi

**E. Penyesuaian Prosedur Menurut Chien, Hrones, dan Reswick**

Prosedur optimasi berikut, awalnya diterbitkan oleh Chien, Hrones, dan Reswick pada tahun 1952. Prosedur mereka dapat digunakan untuk kedua sistem berosilasi dengan kompensasi serta untuk sistem yang dikendalikan tanpa kompensasi dan didasarkan pada parameter sistem yang dapat disimpulkan dari respon langkah sistem.

**1. Sistem Terkendali Dengan Kompensasi**

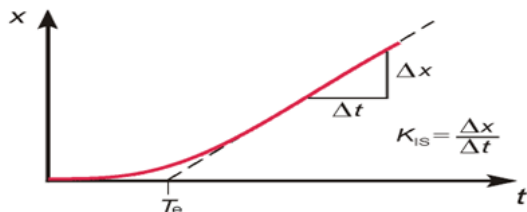
Prosedur optimasi PID untuk sistem dikendalikan dengan kompensasi didasarkan pada sistem parameter  $K_S$  (proporsional tindakan koefisien),  $T_u$  (jeda waktu) dan  $T_g$  (waktu kompensasi) sesuai grafik. Gambar 10 menggambarkan grafik sistem terkendali dengan kompensasi.



Gambar 10 Grafik Sistem Terkendali Dengan Kompensasi

**2. Sistem Terkendali Tanpa Kompensasi**

Dalam kasus sistem terkontrol tanpa kompensasi, variabel output tidak boleh cenderung steady nilai akhirnya pada saat diberikan fungsi-step pada sistem input. Oleh karena itu jenis sistem terkontrol ini tidak melibatkan kompensasi waktu  $T_b$ . Dalam hal ini hanya faktor kerja-integral dari sistem (disini diistilahkan  $K_{IS}$ ) dan waktu delay/delay  $T_e$  dapat ditentukan dari respon-step. Gambar 11 menunjukkan bagaimana parameter yang ditentukan. Sebagai ganti garis singgung pada titik lengkung, dalam contoh ini garis singgung digambarkan dari sebuah titik pada kurva respon-step dimana  $t$  nilainya besar.



Gambar 11 Grafik Sistem Terkendali Tanpa Kompensasi

**III.METODOLOGI PENELITIAN**

**A. Identifikasi Motor**

Beberapa parameter yang dibutuhkan untuk melakukan identifikasi motor antara lain adalah konstanta torsi ( $K$ ), resistansi jangkar ( $R$ ), Inersia Rotor ( $J$ ), Konstanta Gesek ( $D$ ), dan Konstanta B-emf ( $K$ ). Data ini dapat dilihat pada lampiran 1 yang merupakan sebuah data sheet motor micro DC Faulhaber tipe 1516\_S diperoleh parameter-parameter sebagai berikut :

- $K_T = 6.61 \text{ mNm/A}$
- $R_A = 115 \text{ ohm}$
- $J_M = 0.2 \text{ gcm}^2$
- $D_M = 0.000 \text{ mNm/rpm}$
- $K_B = 0.692 \text{ mV/rpm}$

Fungsi transfer dari motor DC tersebut dapat dicari dengan memasukkan parameter-parameter diatas ke dalam persamaan 1.

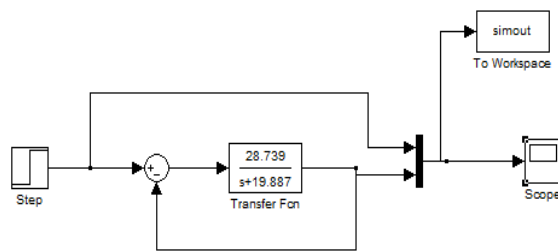
$$\frac{\theta M(s)}{EA(s)} = \frac{\frac{KT}{RA * JM}}{S[S + \frac{1}{JM}(DM + \frac{KT * KB}{RA})]} \tag{1}$$

Sehingga fungsi transfernya adalah:

$$\frac{\theta M(s)}{EA(s)} = \frac{\frac{6.61}{1.15 * 0.2}}{S[S + \frac{1}{0.2}(0.000 + \frac{6.61 * 0.692}{1.15})]} \tag{2}$$

$$\frac{\theta M(s)}{EA(s)} = \frac{28.739}{S(S + 19.887)} \tag{3}$$

Setelah diketahui fungsi transfer dari motor maka perlu dimodelkan dengan *Matlab* untuk mengetahui karakteristik dari motor DC tersebut. Permodelan blog diagram dapat dilihat pada gambar 12.

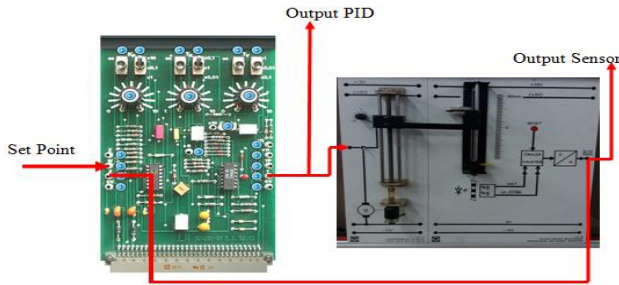


Gambar 12 Pemodelan Blog Diagram Menggunakan Matlab

**B. Rangkaian Modul**

Sebelum software dijalankan, modul motor DC gerakan linier harus dirangkai terlebih dahulu sesuai dengan eksperimen yang akan dilakukan. Gambar 14 menunjukkan

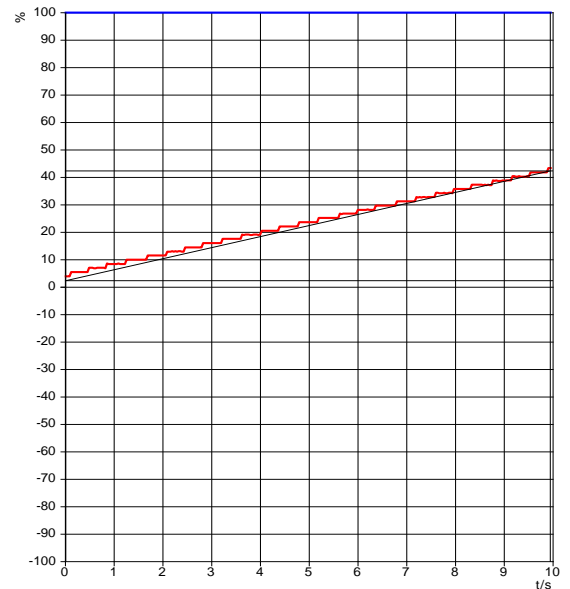
rangkaian untuk menentukan parameter sistem yang dikendalikan dengan cara mendapatkan kurva respon berbentuk S milik Ziegler-Nichols atau penyesuaian prosedur menurut Chien, Hrones, dan Reswick untuk mendapatkan grafik sistem terkendali dengan kompensasi maupun tanpa kompensasi . Untuk mendapatkan respon tersebut, rangkaian diatur dalam bentuk *loop* terbuka tanpa ada pengontrolan dari PID..



Gambar 14 Rangkaian Percobaan Parameter Kendali Metode Osilasi Dan Trial & Error

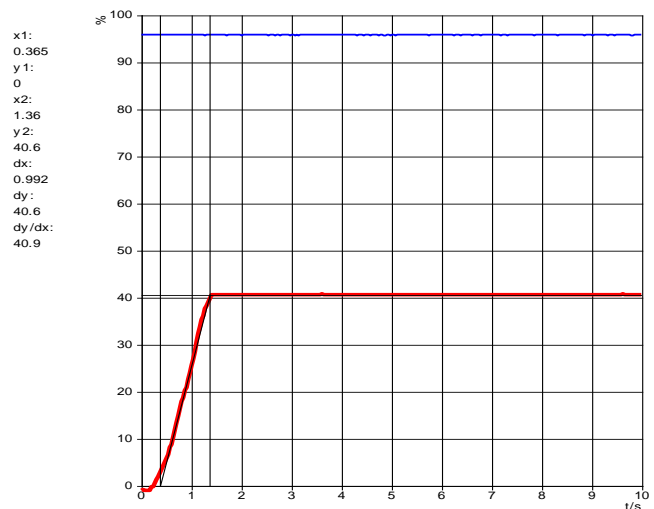
Setelah ditemukan metode yang tepat untuk mengontrol motor DC pada gerakan linier, maka langkah selanjutnya adalah membuat rangkaian untuk menentukan desain dan optimasi pengontrol PID. Rangkaian optimasi pengontrol PID sama dengan rangkaian pada percobaan metode osilasi dan *trial and error*, namun pada rangkaian optimasi pengontrol PID ini nilai  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  dalam keadaan konstan, harus sesuai dengan ketentuan metode yang digunakan..

Setelah merangkai rangkaian, maka langkah selanjutnya mengaktifkan plotter *time diagram* atau *step respon*. Konfigurasi data sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan. Aktifkan generator variable referensi pada *function generator* untuk mengatur variable referensi. Untuk melihat grafik pada plotter, maka *software* dapat dioperasikan melalui tanda measurement on/off. Setelah grafik respon ditampilkan pada tampilan software labsoft, maka hasil grafik respon dapat disalin pada plot yang telah disediakan di *course page* dan hasil grafik respon dianalisa.



Gambar 15 Respon Untuk Variabel Input 0 Sampai 100%

Untuk hasil respon alami tanpa beban ditunjukkan oleh gambar 16.



Gambar 16 Respon Alami Tanpa Beban

#### IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Metode Zigler-Nichols I

Setelah menjalankan program, hasil responnya dapat dilihat pada plot gambar 15. Dari respon pada gambar dilihat bahwa step respon sama sekali tidak berbentuk kurva S. Respon yang muncul berbentuk anak tangga yang semakin lama semakin tinggi. Hal ini dipengaruhi karena bidang linier yang berbentuk ulir. Cara lain untuk mendapatkan kurva berbentuk S adalah dengan melepas beban yang ada pada motor DC. Namun perlu bantuan tangan untuk mendorong object yang seharusnya diangkut oleh beban.

Dari respon diatas, maka dapat diketahui nilai  $K_s$ ,  $T_u$ , dan  $T_g$  dengan cara menarik garis singgung secara tajam pada respon tersebut. Nilai-nilai tersebut berfungsi untuk merancang pengendali PID dengan cara menentukan nilai parameter tersebut berdasarkan ketentuan rumus pengendali yang digunakan.:

$$K_s = \frac{X_{max} - X_{min}}{T_g - T_u} = \frac{0.41 - 0}{0.992 - 0.365} = \frac{0.41}{0.627} = 0.65$$

$T_g = 0.992$   
 $T_u = 0.365$

**B. Metode Kurva S Ziegler-Nichols**

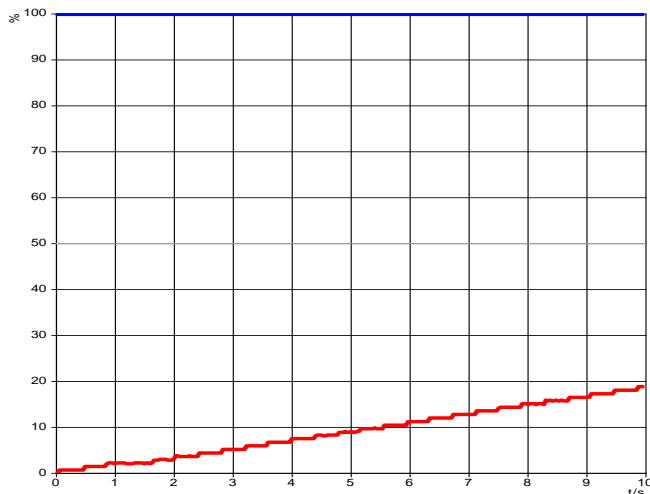
Berdasarkan parameter yang telah ditentukan sebelumnya untuk sistem kontrol motor DC menentukan pengaturan untuk pengendali PID berdasarkan metode kurva S Ziegler-Nichols.

$$Kp = \frac{1.2 \times T}{K \times L} \quad TN = 2 \times L \quad TV = 0.5 \times L$$

$$Kp = \frac{1.2 \times 0.992}{0.65 \times 0.365} \quad TN = 2 \times 0.365 \quad TV = 0.5 \times 0.365$$

$$Kp = 5.0227 \quad TN = 0.73 \quad TV = 0.1825$$

Langkah respon untuk pengendali PID dengan respon yang baik berdasarkan metode kurva S Ziegler-Nichols hasilnya dapat dilihat pada plot gambar berikut.



Gambar 17 Respon Pengendali Pid Berdasarkan Metode Kurva S Ziegler-Nichols

Dari gambar 17, jelas terlihat bahwa sistem tidak stabil. Pengaruh bidang ulir pada beban motor DC masih mempengaruhi sistem. Putaran pada bidang ulir ini membuat respon berbentuk anak tangga yang menanjak ke atas. Metode kurva S Ziegler-Nichols ini kurang tepat digunakan pada sistem motor DC linier dibidang ulir.

**C. Penyesuaian Prosedur Menurut Chien, Hrones, dan Reswick**

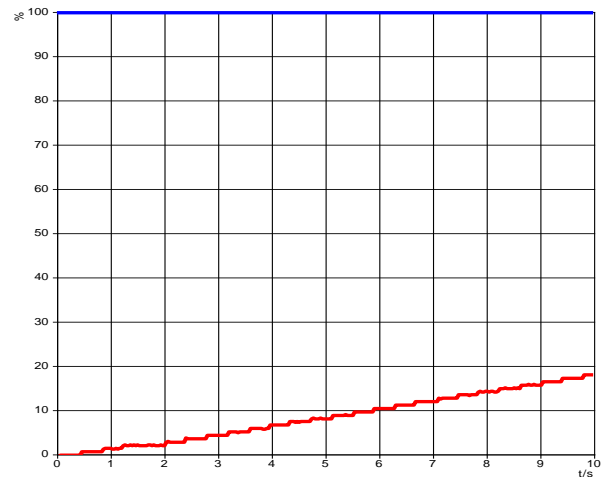
Berdasarkan parameter yang telah ditentukan sebelumnya untuk sistem kontrol suhu menentukan pengaturan untuk pengendali PID dengan respon yang baik untuk setpoint perubahan dengan overshoot berdasarkan Chien, Hrones, dan Reswick.

$$Kp = 0.95 \frac{1}{Ks} \times \frac{Tb}{Te} \quad Ti = 1.35 \times Tb \quad Td = 0.47 \times Te$$

$$Kp = 0.95 \frac{1}{0.65} \times \frac{0.992}{0.365} \quad TN = 1.35 \times 0.992 \quad TV = 0.47 \times 0.365$$

$$Kp = 3.969 \quad TN = 1.33 \quad TV = 0.17$$

Langkah respon untuk pengendali PID dengan respon yang baik untuk setpoint perubahan dengan overshoot berdasarkan Chien, Hrones, dan prosedur optimasi Reswick dan hasilnya dapat dilihat pada plot gambar 18.

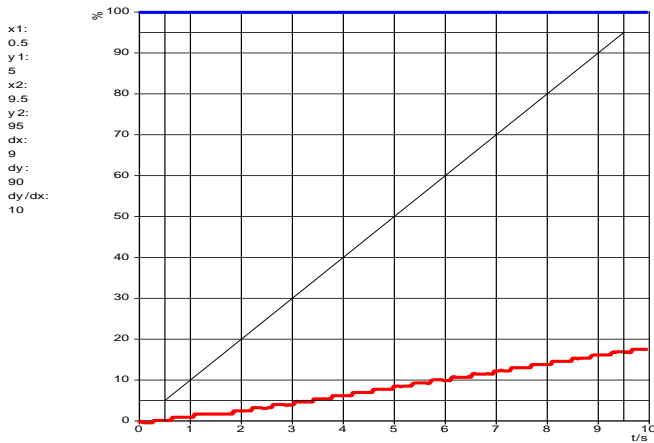


Gambar 18. Langkah Respon Pengendali PID Untuk Setpoint Perubahan Dengan *Overshoot*

Dari gambar 18 jelas terlihat bahwa sistem masih belum dapat dikatakan stabil. Pengaruh bidang ulir pada beban motor DC masih juga mempengaruhi sistem. Putaran pada bidang ulir ini membuat respon berbentuk anak tangga yang menanjak ke atas. Perbedaan dengan metode Ziegler-Nichols hanya sedikit saja, yaitu pada waktu penyalannya sekitar 0.5 detik. Metode Chien, Hrones, dan prosedur optimasi Reswick ini juga kurang tepat digunakan pada sistem motor DC linier dibidang ulir.

**D. Metode Ziegler-Nichols II ( Osilasi)**

Meningkatkan nilai Kp langkah demi langkah sampai variable yang dikendalikan melakukan osilasi periodic berkelanjutan dan hasil responnya dapat dilihat pada plot gambar. Untuk nilai Kp= 20 dapat dilihat pada gambar 19.

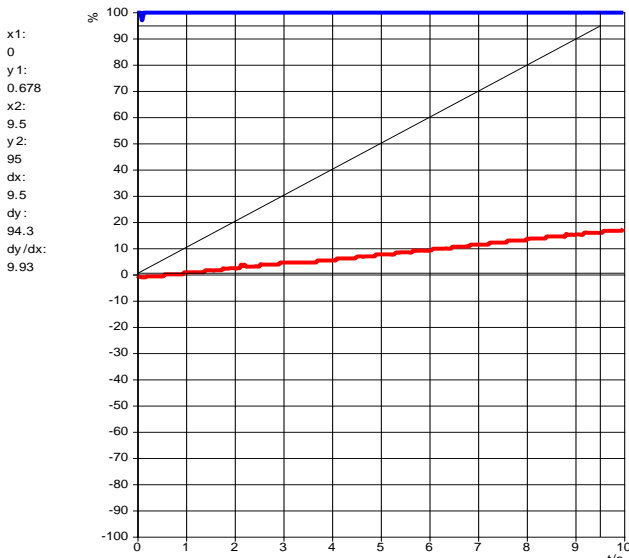


Gambar 19 Step Respon Untuk  $K_p=20$

Setelah diuji dengan peningkatan nilai  $K_p$  hingga 40, step respon sama sekali tidak menunjukkan tanda-tanda beresilasi. Hal ini sama dengan pengujian menggunakan metode kurva S. Step respon yang terbentuk masih berbentuk anak tangga mendaki ke atas. Pengaruh bidang ulir begitu nyata pada sistem ini. Metode osilasi milik Ziegler-Nichols juga belum tepat digunakan pada modul motor DC linier pada bidang ulir.

**E. Metode Trial And Error**

Langkah respon dari sistem kontrol dapat dilihat pada gambar berikut.

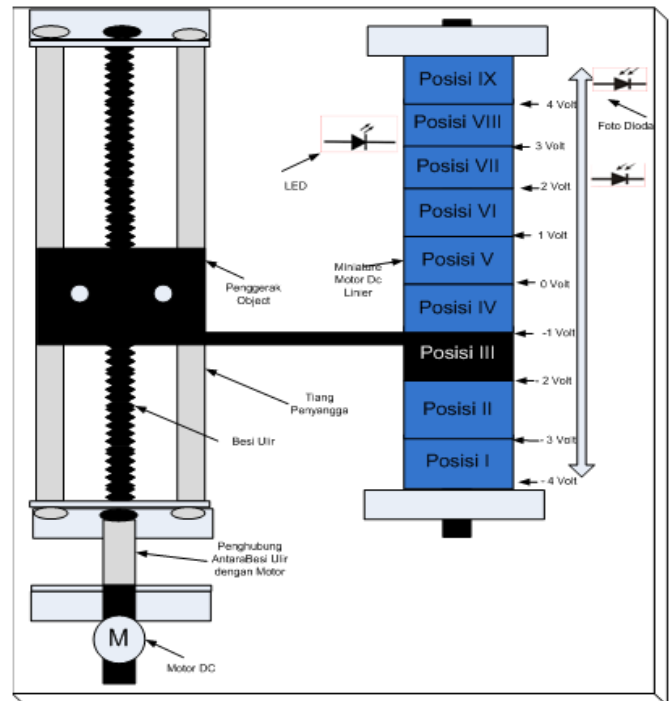


Gambar 20 Step Respon Dari Metode Trial And Error

Step respon pada Gambar 20, diperoleh dari pengujian dengan nilai  $K_p=10$ ,  $T_n=0.3$  s, dan  $T_v=0.1$  s. Namun respon yang didapatkan belum juga menunjukkan kestabilan. Jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari metode kurva S dan osilasi, respon yang didapatkan dari metode *trial and error* ini lebih baik dan lebih rendah kemungkinan terjadinya error.

**F. Pengendalian Motor DC Pada Gerakan Linier**

Tujuan percobaan ini untuk menjalankan pengendali PID dengan menggunakan metode yang sebelumnya sudah diuji, respon yang paling baik akan digunakan untuk mengangkat atau menurunkan object pada bidang linier. Dalam hal ini, metode *trial and error* atau yang sering disebut metode coba-coba menjadi salah satu solusi untuk mengendalikan motor DC.



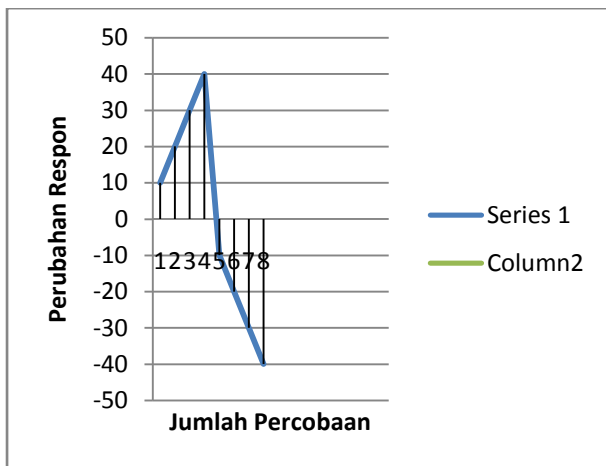
Gambar 21 Sistem Modul Motor Dc Pada Bidang Linier

Setelah semua selesai dirangkai dan disetting, langkah selanjutnya yaitu memulai percobaan. Percobaan akan dilakukan sebanyak 8 kali dengan tegangan input yang berbeda-beda. Pengukuran juga akan dilakukan untuk mengukur berapa arus input, arus *feed back*, *error*, dan juga waktu dari sistem yang dijalankan.

Dari kurva-kurva pada percobaan 1 sampai 8, terlihat bahwa perubahan masukan positif dan negatif berpengaruh terhadap respon yang tercipta. Pada posisi negatif, respon akan bergerak kebawah, sedangkan jika diberi nilai positif, maka respon akan bergerak ke atas. Terjadi perubahan tingkat respon disetiap peningkatan nilai tegangan input. Saat posisi

awalnya 0 volt dan diberikan tegangan input 1 volt, maka responnya akan naik 10 %. Begitu juga saat posisi awalnya 0 volt dan diberikan tegangan -1 volt, maka responnya akan turun ke bawah sekitar - 10 %. Saat posisi awalnya 0 volt dan diberikan tegangan input 2 volt, maka responnya akan naik sebesar 20 %. Begitu juga saat diberikan tegangan input -2 volt, maka responnya akan turun sebesar - 20%.

Pada input 3 v dan 4 v dengan posisi awalnya 0 volt juga mengalami hal yang sama yaitu masing-masing kurva naik 30% dan 40%. Begitu juga ketika diberikan tegangan input -3 v dan -4 volt, masing-masing respon turun sebesar -30% dan -40%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 22.



Gambar 22 Grafik Perubahan Respon Dari Perpindahan Posisi

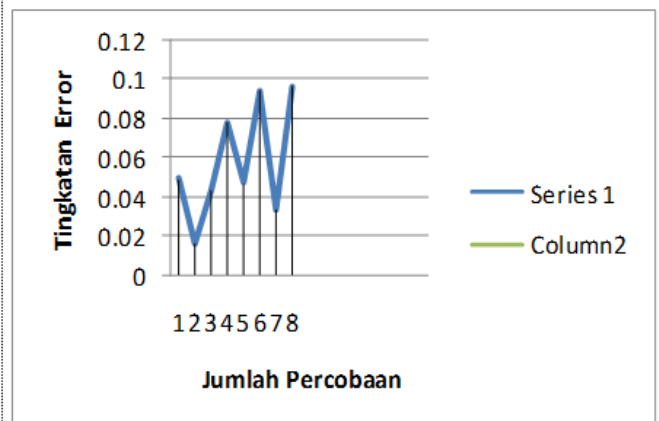
Pada gambar 22 jelas terlihat bahwasanya semakin besar input positif yang diberikan, maka respon akan terus naik ke atas. Begitu juga sebaliknya, semakin besar input negative yang diberikan, maka respon akan terus turun ke bawah. Hasil pengukuran dari percobaan ini dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1 Pengukuran Pengendalian Motor Dc Pada Gerakan Linier.

No	Input Software (V)	Input PID (V)	Perpindahan Posisi	Waktu (s)	Error (V)
1	1	11 ke 0	V ke VI (NAIK)	6.5	0.049
2	2	11 ke 0	V ke VII (NAIK)	10	0.016
3	3	11 ke 0	V ke VIII (NAIK)	14.5	0.043
4	4	11 ke 0	V ke IX (NAIK)	18.5	0.078
5	-1	-11 ke 0	V ke IV (TURUN)	4	0.047
6	-2	-11 ke 0	V ke III (TURUN)	8	0.094
7	-3	-11 ke 0	V ke II (TURUN)	12.8	0.033
8	-4	-11 ke 0	V ke I (TURUN)	16	0.096

Dari table 1, dapat dilihat bahwa perpindahan setiap posisi tergantung dari berapa besar nilai tegangan input yang dimasukkan melalui *DC Source* pada *software*. Masing-masing posisi memiliki nilai tegangan input tersendiri. Dengan posisi V sebagai titik pusat dengan nilai tegangan input 0 volt. Posisi I bernilai -4 volt, posisi II bernilai -3 volt, posisi III bernilai -2 volt, posisi IV bernilai -1 volt, posisi V bernilai 0 volt, posisi VI bernilai 1 volt, posisi VII bernilai 2 volt, posisi VIII bernilai 3 volt, dan terakhir posisi IX bernilai 4 volt.

Tegangan input yang diberikan melalui *software* labsoft selanjutnya diolah oleh PID, sehingga tegangan yang masuk ke motor DC nantinya adalah tegangan dari PID. Untuk posisi naik tegangan input yang masuk ke motor DC mula-mula sebesar 11 volt, selanjutnya secara perlahan tegangan tersebut menurun hingga 0 volt sampai motor DC berhenti. Begitu juga sebaliknya, untuk posisi turun tegangan input PID yang masuk ke sistem motor DC sebesar -11 volt dan turun secara perlahan hingga 0 volt. Tegangan *output* dari motor DC itu sendiri sama dengan tegangan input yang dimasukkan pada *software*. Sebuah perpindahan tentu saja membutuhkan waktu. Pada pengujian pemberian input positif, untuk berpindah ke posisi 1 tingkatan membutuhkan waktu sekitar 6.5 s, selanjutnya untuk posisi 2, 3, atau 4 tingkatan masing-masing bertambah 4 s. Sehingga saat perpindahan dari input 0 v menuju 4 v membutuhkan waktu sekitar 18.5 s. Namun saat diberi input negative, yaitu -1, -2, -3, dan -4. Perpindahan posisi yang terjadi lebih cepat dua sekon dari percobaan dengan input positif.



Gambar 23 Grafik Terjadinya Error Pada Setiap Percobaan

Proses pengendalian ini juga masih terdapat error, namun error yang terjadi masih dalam nilai yang kecil. Dari gambar 4.27 terlihat bahwa tingkat terjadinya error masih dibawah 0.1 volt. Hal ini bisa terjadi karena pengaruh gaya gesekan pada ulir saat motor DC beroperasi maupun pengaruh pembacaan pada sensor foto diode. Namun secara keseluruhannya pengontrolan berjalan sesuai perencanaan

## V. KESIMPULAN

Dari seluruh tahapan yang sudah dilaksanakan pada penyusunan tugas akhir ini, mulai dari studi literature hingga sampai pengujian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan menggunakan metode kurva reaksi milik Ziegler-Nichols serta penyesuaian dengan metode kompensasi milik Chien, Hrones, dan Reswick kurang tepat digunakan untuk modul motor DC pada gerakan linier ini. Dikarenakan step respon yang dihasilkan dari metode tersebut belum menunjukkan kestabilan dengan nilai PID konstanta Ziegler-Nichols  $K_p= 5.0227$ ,  $T_n= 0.73$  s, dan  $T_v= 0.1825$  s serta konstanta PID Chien, Hrones, dan Reswick  $K_p= 3.969$ ,  $T_n= 1.33$  s, dan  $T_v= 0.17$  s. Respon yang terbentuk masih berbentuk anak tangga. Selain itu parameter dari respon alami sendiri didapatkan dengan cara menggeser object dengan cara manual.
2. Dengan menggunakan metode osilasi milik Ziegler-Nichols belum juga tepat digunakan untuk modul motor DC pada gerakan linier ini. Pengaruh bidang ulir membuat seberapa besar pun nilai  $K_p$  yang diberikan respon yang tercipta masih berbentuk anak tangga. Tidak terjadi osilasi sama sekali pada percobaan ini.
3. Dengan menggunakan metode *trial and error* (Metode Coba-Coba) belum juga didapatkan kestabilan yang ditunjukkan oleh step respon. Namun dari ketiga metode yang diuji, metode coba-coba ini lebih baik digunakan untuk perpindahan posisi pada pengujian motor DC pada gerakan linier, dengan nilai  $K_p= 10$ ,  $T_n= 0.3$  s, dan  $T_v= 0.1$  s.
4. Pada pengujian perpindahan posisi, object akan berpindah ke atas jika diberi input positif. Begitu juga sebaliknya, object akan berpindah ke bawah jika diberi input negative. Setiap kenaikan input 1 atau -1 volt, sistem akan bereaksi sebesar 10 % atau - 10%. Kesalahan atau error yang terjadi pada sistem ini masih dalam batas wajar, yaitu dibawah 0.1 volt.
5. Waktu naik dan waktu turun pada perpindahan posisi berbeda. Waktu turun lebih cepat dari pada waktu naik dengan selisih waktu dua sekon. Saat waktu naik perpindahan satu tingkat membutuhkan waktu 6s, sedangkan waktu turunnya 4 s.

## REFERENSI

- Badri, Unis. Indra, Agus. dkk .** 2010. "Kontrol Optimal Pada Motor DC Menggunakan Metode Linear Quadratic Regulator". (online) <http://www.pens.ac.id/uploadta/downloadmk.php?id=1828> (Diakses 9 Desember 2016)
- Fakhrudin, Luthfi. Purwanto. dkk.** 2015. "Sistem Pengendali Kecepatan Motor DC Pada Lift Barang Menggunakan Kontroler PID Berbasis Atmega 2560". (online) <http://www.ejurnal.com/2015/11/sistem-pengendalikecepatan-motor-dc>. (Diakses 10 Desember 2016)
- Faulhaber, Fritz.** 1958. "DC-Micromotors" (Online) <https://fmcc.faulhaber.com> (Diakses 1 Agustus 2017)
- Kamal, Muhammad.** 2010. "Dasar Sistem Kendali".
- Nuelle, Lucas.** 2003. "Control Techniques 2 (Labsoft)
- Nuelle, Lucas.** 2003. "Unitrain System" (Online) <http://www.lucas-nuelle.com> (Diakses 1 Agustus 2017)
- Ogata, Katsuhiko.** 1996. "Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)". Terjemahan Edi Laksono. Jilid I Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Ogata, Katsuhiko.** 1996. "Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)". Terjemahan Edi Laksono. Jilid II Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Ogata, Katsuhiko.** 1991. "Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)". Terjemahan Edi Laksono. Jilid I Edisi Kesatu. Jakarta: Erlangga.
- Rachmadyanti, Nita. Wijayanto, Ardik. Dkk.** 2013. "Kontrol PID Untuk Pengaturan Kecepatan Motor Pada Prototype Ayunan Bayi Otomatis" (online) <http://digilib.its.ac.id/public/TTS-paper-26747-6907040019-Presentation.pdf> (Diakses 10 Desember 2016)
- Raga, Sapdhie.** 2010. "Desain Kontrol PID Untuk Mengatur Kecepatan Motor DC pada Electrical Continuously Variable Transmission". <http://digilib.its.ac.id/public/TTS-Undergraduate-15325-2108100526.pdf> (Diakses 15 Desember 2016).