

SISTEM PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC PADA PROTOTIPE LIFT MENGGUNAKAN KONTROLER PI BERBASIS ARDUINO

Gany Rahmatillah

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : ganyrahmatillah@mhs.unesa.ac.id

Bambang Suprianto

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : bambangsuprianto@unesa.ac.id

Abstrak

Tak dapat dipungkiri jika kemajuan teknologi masa kini berkembang sangat pesat. Salah satu teknologi yang sering kita jumpai di gedung bertingkat yaitu lift. Lift adalah seperangkat alat yang digunakan untuk mengangkut orang atau barang dari suatu tempat atau lantai ke tempat atau lantai lainnya secara vertikal dengan menggunakan seperangkat alat mekanik. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat sistem pengendali kecepatan motor DC pada prototipe lift dengan menggunakan kontroler PI. Kontroler PI dapat mengurangi sinyal kesalahan yang terjadi saat sistem bekerja, serta mampu memberikan keluaran sinyal kontrol yang memiliki respon cepat, error steady state kecil, meminimalisir terjadinya overshoot. Hasil dari penelitian sistem pengendali kecepatan motor DC pada prototipe lift dengan memasukkan nilai $K_p = 2,628$ dan $K_i = 0,648$ didapatkan 2 data yang paling bagus, yaitu data ketika lift naik dan ketika lift turun. Untuk data ketika lift naik diperoleh dengan setpoint 38 Rpm ketika beban = 70 gram dengan error steady state = 0,065%, $t_d = 2,09$ s, $t_r = 2,75$ s, $t_s = 3,35$ s. Untuk data ketika lift turun diperoleh dengan setpoint 40 Rpm ketika beban = 100 gram dengan error steady state = 0,05%, $t_d = 2,088$ s, $t_r = 2,75$ s, $t_s = 6,26$ s.

Kata Kunci: Motor DC, Lift, Kontroler PI.

Abstract

It cannot be denied if current technological advancements are developing very rapidly. One of the technologies that we often encounter in high rise buildings is elevator. Elevator is a set of tools used to transport people or goods from a place or floor to another place or floor vertically using a set of mechanical devices. The purpose of this research is to design and make a DC motor speed control system on the prototype elevator using a PI controller. PI controller can reduce the error signal that occurs when the system is working, and can provide control signal output that has a fast response, small steady-state error, minimizing the occurrence of overshoot. The results of a DC motor speed control system research on the elevator prototype by entering the value of $K_p = 2.628$ and $K_i = 0.648$ obtained 2 of the best data, namely data when the elevator rises and when the elevator goes down. For data when the elevator rises is obtained with a setpoint of 38 Rpm when the load = 70 grams with steady state error = 0.065%, $t_d = 2.09$ s, $t_r = 2.75$ s, $t_s = 3.35$ s. For data when the elevator down is obtained with a setpoint of 40 Rpm when the load = 100 grams with steady state error = 0.05%, $t_d = 2.088$ s, $t_r = 2.75$ s, $t_s = 6.26$ s.

Keywords: DC Motor, Lift, PI Controller.

PENDAHULUAN

Manusia menggunakan teknologi karena memiliki akal. Tak dapat dipungkiri jika kemajuan teknologi masa kini berkembang sangat pesat. Hal ini dapat dibuktikan dengan banyaknya inovasi-inovasi yang telah dibuat di dunia ini. Salah satu teknologi yang sering kita jumpai di gedung bertingkat yaitu pada alat transportasi untuk menaikkan dan menurunkan muatan. Kita sering menyebutnya dengan lift. Elevator atau Lift adalah

seperangkat alat yang digunakan untuk mengangkut orang atau barang dari suatu tempat atau lantai ke tempat atau lantai lainnya secara vertikal dengan menggunakan seperangkat alat mekanik. Perkembangan teknologi menjadikan lift semakin baik perkembangannya, mulai dari segi mekanik, sistem pengendaliannya, dan juga keamanannya. Sehingga menjadikan lift sebagai alat transportasi yang cukup aman dan efektif di beberapa gedung dan bangunan yang tinggi. Sistem kendali yang

pada umumnya digunakan pada lift adalah sistem kendali dengan PLC (*Programmable Logic Controller*).

Pada penelitian ini Sistem Lift menggunakan kontroler PI. Dengan mengurangi sinyal kesalahan yang terjadi saat sistem bekerja, serta mampu memberikan keluaran sinyal kontrol yang memiliki respon cepat, *error steady state* kecil, meminimalisir terjadinya *overshoot*. Semakin kecil nilai error yang terjadi, maka semakin baik kinerja sistem kontrol yang diterapkan. Kontroler ini memiliki nilai parameter proporsional sebagai nilai pengali error untuk nilai koreksi dan nilai parameter integral sebagai perbaikan kesalahan *steady state* mencapai nol.

KAJIAN PUSTAKA

Lift

Lift adalah salah satu alat bantu yang berupa angkutan transportasi yang digunakan untuk mengangkut orang atau barang. Pada gedung-gedung yang tinggi yang memiliki banyak lantai selalu dilengkapi dengan alat transportasi yang disebut lift. Ketika seseorang berada di dalam lift yang bergerak naik, badan orang tersebut pasti akan merasa semakin berat. Sebaliknya ketika berada di dalam lift yang bergerak turun, badan cenderung merasa lebih ringan. Hal tersebut dipengaruhi oleh Hukum Newton yang diterapkan dalam prinsip kerja pada lift.

1. Lift dalam posisi diam

Ketika seseorang berada di dalam lift yang dalam posisi diam, orang tersebut tidak merasakan perubahan berat badan karena percepatannya sama dengan 0. Hal ini dikarenakan gaya normal sama dengan berat. Hal ini berlaku Hukum Newton I dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma F &= 0 \\ N - w &= 0 \\ N &= w\end{aligned}\quad (1)$$

2. Lift bergerak ke atas

Saat lift bergerak ke atas, lantai lift memberikan percepatan yang sama dengan tubuh seseorang. Hal ini berlaku Hukum Newton II dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma F &= ma \\ N - w &= ma \\ N - mg &= ma \\ N &= mg + ma\end{aligned}\quad (2)$$

Dari persamaan tersebut, $N > w$, oleh sebab itu badan terasa semakin berat saat lift bergerak ke atas.

3. Lift bergerak ke bawah

Saat lift bergerak ke bawah, badan seseorang akan cenderung terasa lebih ringan. Hal ini berlaku Hukum Newton II dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma F &= ma \\ w - N &= ma \\ mg - N &= ma \\ N &= mg - ma\end{aligned}\quad (3)$$

Keterangan:

N = gaya normal
 ΣF = resultan gaya
 w = gaya berat
 m = massa benda
 g = gravitasi bumi
 a = percepatan

Dari persamaan tersebut, $N < w$, oleh sebab itu badan cenderung terasa lebih ringan apabila lift bergerak ke bawah.

Analisis Karakteristik Sistem Orde Satu

Suatu sistem dikatakan orde satu apabila memiliki variabel s dengan pangkat tertinggi yaitu satu dalam fungsi alih. Bentuk fisisnya bisa berupa rangkaian RC, sistem termal, dan sebagainya. Model matematika dari sistem orde satu dapat dituliskan persamaannya sebagai berikut:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (4)$$

Keterangan:

$C(s)$ = Output sistem.
 $R(s)$ = Input sistem.
 K = Gain Overall.
 $\tau s + 1$ = Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 63,2% (detik) pada orde satu.

Untuk menentukan nilai parameter K apabila sistem linear, dicari nilai Y_{ss} dan X_{ss} terlebih dahulu dengan persamaan sebagai berikut:

$$K = \frac{Y_{ss}}{X_{ss}} \quad (5)$$

Keterangan:

X_{ss} = Setpoint.
 Y_{ss} = Hasil Respon.

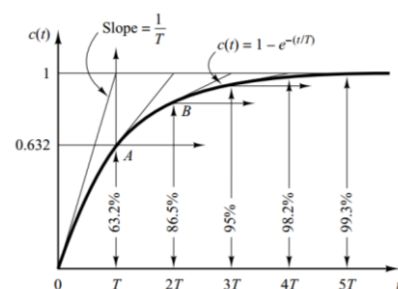
Untuk menentukan konstanta waktu (τ) dapat dihitung melalui respon keluaran sistem saat mencapai 63,2% dari *steady state* $c(\tau)$. Untuk menghitung $c(\tau)$ dengan menggunakan persamaan berikut:

$$C(\tau) = 0,632 \times Y_{ss} \quad (6)$$

Keterangan:

$C(\tau)$ = Keluaran sistem ketika 63,2% dari hasil akhir.

Bentuk kurva respon eksponensial ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva respon eksponensial
(Sumber: Ogata, 2010)

Motor DC

Motor DC adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah energi listrik dengan arus searah menjadi energi mekanik. Motor DC memiliki 2 bagian, yaitu bagian yang diam berupa kumparan medan yang disebut stator dan bagian yang berputar berupa kumparan jangkar yang disebut rotor. Untuk bentuk dari motor dc bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Motor DC

(Sumber : I Nyoman Bagia & I Made Parsa Cetakan 1, 2018)

Motor DC digunakan untuk menggerakkan lift pada saat naik dan turun. Motor DC yang digunakan pada penelitian ini menggunakan motor dc magnet permanen dengan nilai tegangan maksimum 24V. Untuk spesifikasinya bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Motor DC magnet permanen 24V

Tegangan maksimum	24 Volt
Torsi	25 kg*cm
Arus	0,85 mA
Arah Putar	CW, CCW

(Sumber: datasheet motor dc)

Rotary Encoder

Alat elektromagnetik yang berguna membaca dan memonitor gerakan atau posisi benda yang berputar disebut *rotary encoder*. *Rotary encoder* tersusun dari suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan disalah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju piringan, disisi lainnya terdapat photo-transistor sehingga photo-transistor ini dapat mendeteksi cahaya yang dipancarkan oleh LED. Dimana piringan tipis dihubungkan dengan poros motor, atau perangkat berputar lainnya yang ingin kita ketahui posisinya, sehingga ketika motor berputar piringan mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai photo-transistor melalui lubang-lubang yang ada, maka photo-transistor akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang persegi.



Gambar 3. Rotary Encoder

(Sumber: Datasheet Rotary Encoder)

Kontroler PI (Proporsional Integral)

Penggabungan kontroler Proporsional dan Integral memiliki keuntungan yaitu untuk mempercepat reaksi sebuah sistem dan menghilangkan offset. Kontroler dengan kontrol proporsional ditambahkan dengan kontroler integral hubungannya adalah $u(t)$ sebagai output dari kontroler dan $e(t)$ adalah sinyal error (Ogata, 1985). Aksi kontrol Proporsional-Integral tersebut didefinisikan sebagai :

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt \quad (7)$$

Dan transfer fungsi dari kontroler Proporsional Integral diperoleh sebagai berikut:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad (8)$$

Untuk mencari nilai K_p dan K_i , digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\tau^* = \frac{\tau}{2} \quad (9)$$

$$K_p = \frac{\tau}{\tau^* \times K} \quad (10)$$

$$K_i = \frac{K_p}{\tau} \quad (11)$$

Keterangan:

τ = Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *steady state*

τ^* = Waktu respon yang diinginkan untuk mencapai respon *steady state*

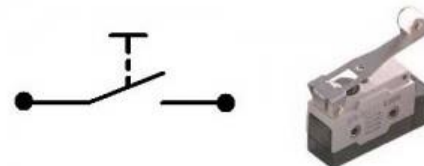
K_p = Nilai kontroler Proporsional

K_i = Nilai kontroler Integral

K = *Gain Overall*

Limit Switch

Limit Switch adalah saklar pembatas, yaitu suatu alat yang berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan arus listrik pada suatu rangkaian yang bisa menghasilkan perubahan dari ON menjadi OFF, atau sebaliknya ketika melewati suatu batas yang telah ditetapkan. Simbol dan bentuknya bisa dilihat pada Gambar 4.

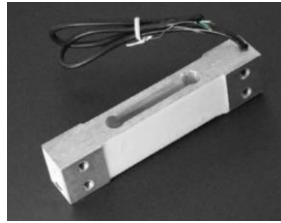


Gambar 4. Simbol dan bentuk *Limit Switch*

(Sumber: Datasheet Limit Switch)

Loadcell

Sensor *load cell* merupakan sensor yang dirancang untuk mendeteksi tekanan atau berat sebuah beban, sensor *load cell* umumnya digunakan sebagai komponen utama pada sistem timbangan digital dan dapat diaplikasikan pada jembatan timbangan yang berfungsi untuk menimbang berat dari truk pengangkut bahan baku, pengukuran yang dilakukan oleh *Load Cell* menggunakan prinsip tekanan. (Datasheet load cell).



Gambar 5. Sensor Loadcell
(Sumber: Datasheet Loadcell)

Arduino Atmega 2560

Arduino adalah perangkat keras berbentuk rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai kontroller dihubungkan dengan sensor yang memberikan informasi berupa keadaan, kemudian diolah dan dihasilkan suatu aksi. Arduino yang dipakai adalah arduino Atmega 2560. Arduino ini mempunyai 54 digital input dan output. Dimana 14 pin digunakan untuk PWM output dan 16 pin digunakan sebagai analog input, 4 pin digunakan untuk UART, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, power jack ICSP header, dan tombol reset.

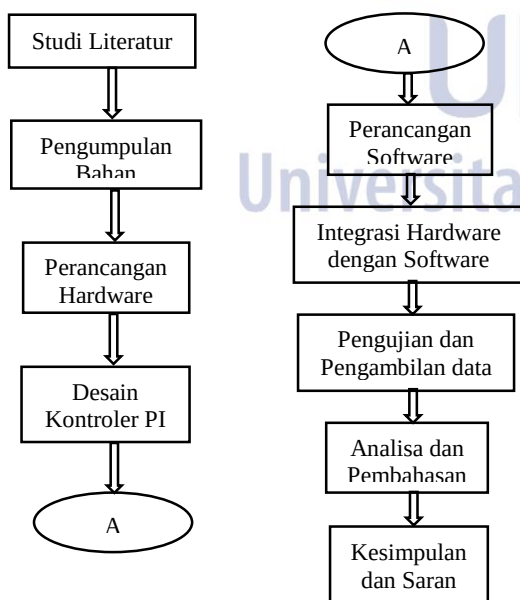
METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Pada penelitian ini, pendekatan penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif. Kasiram (2008:149) dalam bukunya Metodologi Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif, mendefinisikan penelitian kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui.

Rancangan Penelitian

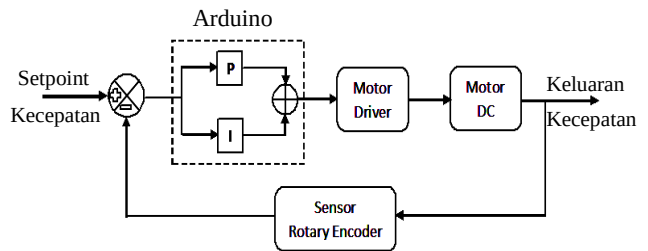
Tahapan perancangan penelitian ini secara garis besar dijelaskan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Bagan Rancangan Penelitian

Desain Sistem

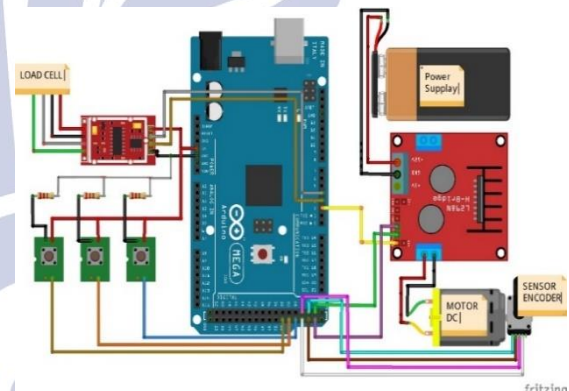
Desain sistem dengan kontroller PI untuk pengendalian kecepatan motor DC pada hardware prototipe lift ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram blok Hardware Prototipe Lift

Nilai masukan (*setpoint*) berupa tegangan. Kontroler Proportional dan Integral akan diproses melalui arduino yang nantinya akan mengatur kecepatan lift. Hasil keluaran kontroler berupa tegangan akan masuk ke driver motor. Driver motor akan mengatur arah putar dan kecepatan motor dc. Sensor *rotary encoder* bekerja untuk mengukur kecepatan motor dc setelah adanya pemberian beban pada lift dan kemudian menjadikan nilai pembacaan sebagai nilai umpan balik.

Wiring diagram sistem kendali prototipe lift dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Wiring diagram hardware prototipe lift

Pada hardware diatas terdiri dari beberapa komponen, yaitu: Power supply digunakan untuk menyediakan tegangan listrik ke semua rangkain dengan sumber listrik sebesar 220 VAC. Motor DC sebagai penggerak lift barang dengan kecepatan putar yang telah ditentukan. Sensor rotary encoder digunakan untuk mendeteksi kecepatan putaran motor. Driver Motor digunakan untuk mengendalikan arah dan kecepatan putaran motor DC sesuai instruksi kendali dari microcontroller Arduino. Limit switch digunakan untuk pengereman ketika sangkar lift bergerak ke tiap-tiap lantai. Loadcell digunakan untuk menerima pembacaan beban yang diletakkan pada lift kemudian Arduino akan menerima hasil pembacaan sensor yang telah dikirim. Setelah itu data tersebut akan ditampilkan secara real time oleh LabVIEW 2014.

Rancang bangun Hardware

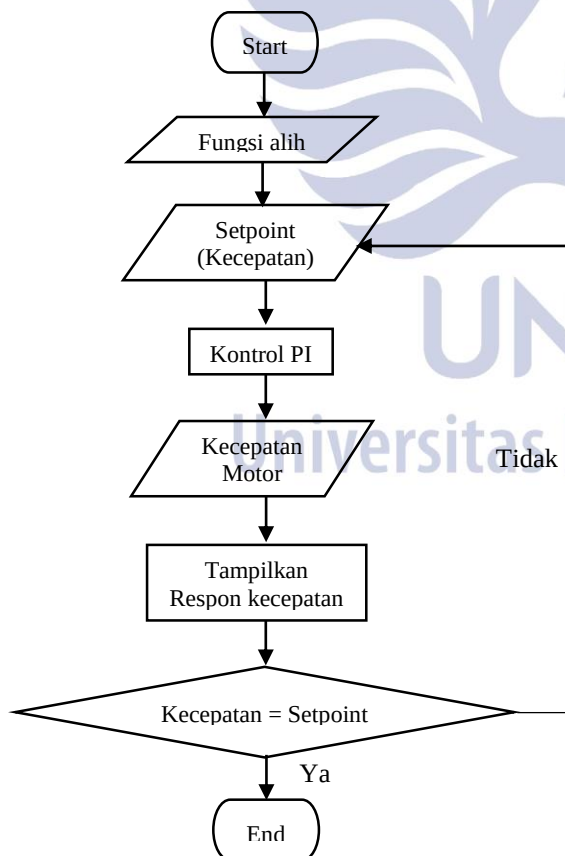
Tampilan hardware prototipe lift ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Hardware prototipe lift

Rancang bangun Software

Untuk perancangan *software* bisa dilihat pada *flowchart software* Gambar 11. Pertama, memasukkan nilai fungsi alih yang telah didapat ke dalam *software* Labview, lalu memasukkan variabel *setpoint* berupa kecepatan. Memberikan kontrol PI pada fungsi alih dengan *control and simulation loop* pada Labview. Menampilkan respon keluaran dari pengontrolan PI yaitu kecepatan dengan menggunakan *waveform chart* pada Labview. Apabila kecepatan motor sesuai dengan *setpoint*, maka program selesai. Apabila tidak sesuai, maka kembali lagi pada saat memasukkan variabel *setpoint*.



Gambar 11. Flowchart software

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dibahas proses kalibrasi sensor *rotary encoder*, pemodelan sistem, validasi model, perancangan *PI Controller*, dan pengujian respon sistem.

Kalibrasi Sensor *Rotary encoder*

Proses kalibrasi sensor *rotary encoder* dilakukan agar didapatkan nilai RPM pada Motor DC yang digunakan. Alat bantu kalibrasi yang digunakan adalah tachometer digital tipe DT-2234C yang ada di Lab Kendali Universitas Negeri Surabaya. Untuk pembacaan RPM dilakukan saat lift naik dan turun. Tabel kalibrasi di tunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Kalibrasi Sensor *Rotary encoder*

No.	1	2	3	4	5
PWM	100	140	180	220	255
Hasil					
Pembacaan Sensor (Naik) (RPM)	18	29	36	41	47
Hasil					
Pembacaan Tachometer (Naik) (RPM)	18,4	29,3	36,5	41,4	47,5
Error					
Pembacaan (Naik)	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5
Hasil					
Pembacaan Sensor (Naik) (RPM)	33	42	45	48	51
Hasil					
Pembacaan Tachometer (Naik) (RPM)	33,4	42,3	45,5	48,4	51,5
Error					
Pembacaan (Naik)	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5

Pemodelan Sistem

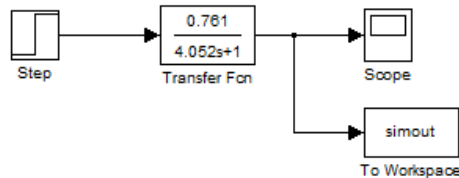
Pemodelan sistem dilakukan menggunakan metode pendekatan karakteristik sistem orde pertama dan menggunakan metode analitis yang bertujuan untuk mendapatkan model atau fungsi alih dari sistem. Fungsi alih tersebut digunakan sebagai perbandingan antara respon riil dengan respon simulasi. Pada skripsi ini dilakukan pemodelan dengan 5 *setpoint* berbeda, yaitu 32 rpm, 34 rpm, 36 rpm, 38 rpm, dan 40 rpm. Menggunakan persamaan 1 dengan *setpoint* 36 rpm didapatkan fungsi alih sebagai berikut :

$$G(s) = \frac{0,761}{4,052s+1} \quad (12)$$

Keterangan:

$G(s)$ = Fungsi alih pemodelan sistem

Setelah didapatkan fungsi alih, maka langkah selanjutnya dengan mensimulasikan secara *open loop* dengan menggunakan *software* matlab yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Simulink *open loop*

Selanjutnya respon riil dan simulasi dibandingkan, dan didapatkan nilai *error* rata-rata. Lalu dipilih nilai *error* rata-rata yang terkecil untuk dijadikan fungsi alih pada plant.

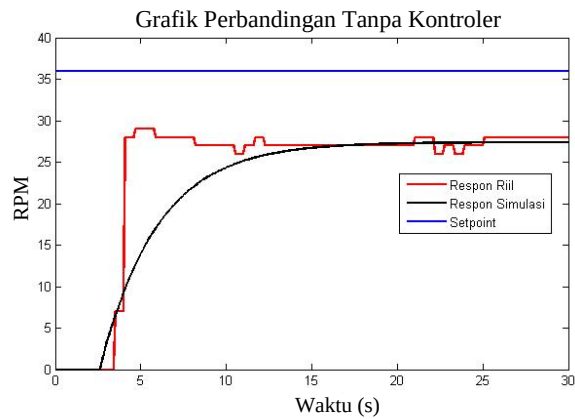
Validasi Sistem

Validasi sistem dilakukan untuk mendapatkan model atau fungsi alih dari sistem yang memiliki respon dengan tingkat *error*. Fungsi alih tiap *setpoint* beserta *error* rata-rata ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Fungsi Alih tiap *Setpoint*

No	Setpoint	Fungsi Alih	Error Rerata
1.	32 rpm	$G(s) = \frac{0,822}{4,616s + 1}$	2,752
2.	34 rpm	$G(s) = \frac{0,692}{4,126s + 1}$	2,412
3.	36 rpm	$G(s) = \frac{0,761}{4,052s + 1}$	2,283
4.	38 rpm	$G(s) = \frac{0,637}{4,099s + 1}$	2,608
5.	40 rpm	$G(s) = \frac{0,707}{4,148s + 1}$	2,795

Dari data fungsi alih yang telah didapatkan, dipilih fungsi alih dengan nilai *error* rata-rata yang terkecil yaitu: 2,283 dan *setpoint* 36 rpm. Grafik perbandingan respon riil dan simulasi tanpa kontroler dengan *setpoint* 36 rpm ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Perbandingan Respon Riil dan Simulasi
Dari grafik respon riil secara *open loop*, maka didapatkan parameter yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter Respon Riil dengan *Setpoint* 36 Rpm

Parameter Respon	Nilai
<i>Delay Time</i> (τ_d)	3,435 s
<i>Rise Time</i> (τ_r)	4,1 s
<i>Settling Time</i> (τ_s)	5,9 s
<i>Error Steady State</i> (E_{ss})	23,81%

Perancangan PI Controller

Perancangan Perancangan PI Controller dilakukan setelah mendapatkan nilai parameter dari τ dan K dari *open loop*. Lalu memasukkan persamaan (9), (10), dan (11).

$$\tau^* = \frac{\tau}{2} = \frac{4,052}{2} = 2,026$$

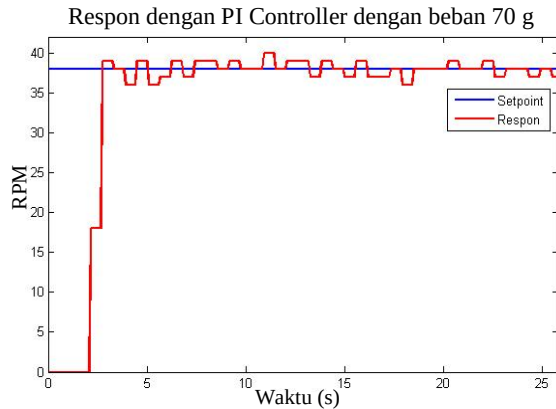
$$K_p = \frac{\tau}{\tau^* \times K} = \frac{4,052}{2,026 \times 0,761} = 2,628$$

$$K_i = \frac{K_p}{\tau} = \frac{2,628}{4,052} = 0,648$$

Pengujian Respon Sistem

Selanjutnya mengimplementasikan nilai K_p dan K_i ke PI Controller. Pengujian dilakukan dengan lift naik dari lantai 1 ke lantai 3 dan turun dari lantai 3 ke lantai 1 dengan 5 *setpoint* tetap yaitu 32 Rpm, 34 Rpm, 36 Rpm, 38 Rpm, dan 40 Rpm dan dengan beban 50 gram, 60 gram, 70 gram, 80 gram, 90 gram, 100 gram, 110 gram, 120 gram, 130 gram, 140 gram, dan 150 gram.

1. Pengujian lift naik dari lantai 1 ke lantai 3



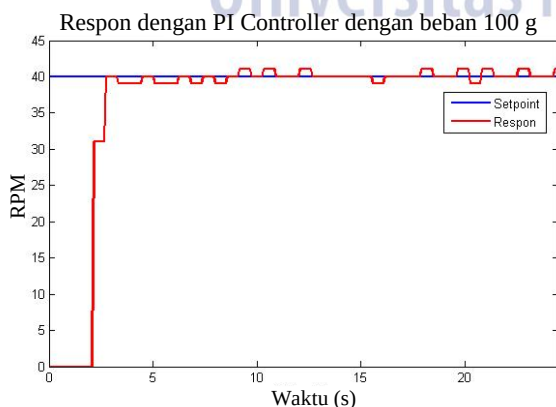
Gambar 14. Hasil Respon PI Controller dengan Setpoint 38 rpm ketika beban 70 gram

Hasil pengujian lift naik dengan kontroler PI dengan *setpoint* 38 Rpm ketika beban 70 g menunjukkan respon yang stabil dan cukup baik dengan memperoleh parameter $t_d = 2,09$ s, $t_r = 2,75$ s, $t_s = 3,35$ s dan *error steady state* = 0,065%.

Tabel 5. Parameter Respon PI Controller dengan Setpoint 38 rpm ketika lift naik

Beban (gram)	Respon kecepatan (Rpm)	Delay time (t_d) (s)	Rise time (t_r) (s)	Settling time (t_s) (s)	Error Steady State (Ess) (%)
0	38,17	2,03	2,7	8,53	0,44
50	38,05	2,115	2,8	3,95	0,131
60	38,12	2,11	2,8	3,4	0,32
70	37,97	2,09	2,75	3,35	0,065
80	37,82	2,053	8	3,22	0,46
90	37,58	2,11	4,55	8,61	1,10
100	37,36	2,063	2,72	4,5	1,68
110	37,07	2,068	4,5	6,25	2,44
120	36,75	2,12	4,6	8,05	3,28
130	37,09	2,11	2,78	3,85	2,39
140	37,27	2,1	2,8	6,27	1,90
150	37,82	2,06	2,71	6,23	0,46

2. Pengujian lift turun dari lantai 3 ke lantai 1



Gambar 15. Hasil Respon PI Controller dengan Setpoint 40 Rpm ketika beban 100 gram

Hasil pengujian lift turun dengan kontroler PI dengan *setpoint* 40 Rpm ketika beban 100 g menunjukkan respon yang stabil dan cukup baik dengan memperoleh parameter $t_d = 2,088$ s, $t_r = 2,75$ s, $t_s = 6,26$ s dan *error steady state* = 0,05%.

Tabel 6. Parameter Respon PI Controller dengan Setpoint 40 rpm ketika lift turun

Beban (gram)	Respon kecepatan (Rpm)	Delay time (t_d) (s)	Rise time (t_r) (s)	Settling time (t_s) (s)	Error Steady State (Ess) (%)
0	40,10	2,16	3,4	5,12	0,25
50	39,41	2,082	2,75	11,5	1,475
60	39,94	1,995	3,24	5	0,15
70	39,97	2,12	2,8	4,55	0,075
80	39,94	2,065	3,32	4,5	0,15
90	39,92	2,084	2,8	4,51	0,2
100	39,98	2,088	2,75	6,26	0,05
110	39,97	2,13	3,4	5,14	0,075
120	39,94	2,12	3,4	5,15	0,15
130	39,82	2,07	3,33	8	0,45
140	39,89	2,1	3,35	4,52	0,275
150	39,89	2,094	3,35	7,43	0,275

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka didapatkan simpulan bahwa sistem pengendali kecepatan motor DC pada prototipe lift berhasil dibuat dengan menggunakan kontroler PI dengan metode analitis dan menggunakan sistem karakteristik orde pertama. Dalam mengimplementasikan kontroler PI pada motor DC dengan menentukan parameter K dan τ dari transfer fungsi yang memiliki nilai *error* yang terkecil dari pengambilan 5 *setpoint*. Pengujian dilakukan dengan pengambilan 5 *setpoint* tetap dan 10 macam beban yang berbeda dengan memasukkan nilai $K_p = 2,628$ dan $K_i = 0,648$ diperoleh 2 data yang paling bagus, yaitu data ketika lift naik dan ketika lift turun. Untuk data ketika lift naik dapat dilihat pada Tabel 5, diperoleh dengan *setpoint* 38 Rpm ketika beban = 70 gram dengan *error steady state* = 0,065%, $t_d = 2,09$ s, $t_r = 2,75$ s, $t_s = 3,35$ s. Untuk data ketika lift turun dapat dilihat pada Tabel 6, diperoleh dengan *setpoint* 40 Rpm ketika beban = 100 gram dengan *error steady state* = 0,05%, $t_d = 2,088$ s, $t_r = 2,75$ s, $t_s = 6,26$ s.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa aspek yang dapat diperbaiki dan dikembangkan agar memberikan hasil yang lebih maksimal yaitu hardware prototipe lift dapat dikembangkan dan disempurnakan lagi agar pada saat sangkar lift naik dan turun lebih halus lagi, dan sistem ini dapat dikembangkan dengan menggunakan metode pengendali yang lain seperti PID, Fuzzy, LQR, dll.

DAFTAR PUSTAKA

- Afri Yudamson, dkk. 2013. "Rancang Bangun Model Lift Cerdas 3 Lantai Dengan Menggunakan PLC Omron Zen 20C1AR-A-V2". Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Volume 7, No. 3, September 2013
- Allam Thirupathi, dkk. 2016. "Design of PID Controller for DC Motor Speed Control using Arduino Microcontroller". International Research Journal of Engineering and Technology, Volume 3, Issue 9, September 2016
- Andi Adriansyah ,Hidayatama Oka. 2013. "Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan Microcontroller Arduino ATMEGA 328P". Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Vol. 4, No 3. September, 2013.
- Bhosale Shubham, dkk. 2018. "Closed Loop Speed Control of DC Motor by Using PI Controller". International Research Journal of Engineering and Technology, Volume 4, Issue 3, March 2018
- Dr. Nagarajan R., dkk. 2016. "Chopper Fed Speed Control of DC Motor using PI Controller". IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering, Volume 11, Issue 3, May-June 2016
- Fakhrudin Nizar Luthfi. 2015. "Sistem Pengendali Kecepatan Motor DC Pada Lift Barang Menggunakan Kontroler PID Berbasis Atmega 2560". Universitas Brawijaya.
- Isnaini Bagus Gholib Taqi. 2017. "Perancangan Miniatur Lift Tiga Lantai Berbasis Programmable Logic Controller (PLC) Di Gedung A5 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya" Universitas Negeri Surabaya
- Irawan Joni. 2009, "Penggunaan dan Pengaturan Motor-Motor Listrik 'Merancang Lift'". Universitas Bengkulu.
- Katke S.P, Rangdal S.M. 2015. "Speed Control of DC Motor Using Microcontroller". International Journal of Scientific Research in Science and Technology, Volume 1, Issue 2, June 2015
- Nyoman Bagia, dkk. 2018. "Motor-Motor Listrik". Kupang. Rasibook.
- Ogata, Katsuhiko. 2010. "Modern Control Engineering fifth edition". New York:Prentice-Hall,inc.
- Ringe Ankita, dkk. 2017. "Study on Speed Control of DC Motor using Thyristor". International Research Journal of Engineering and Technology, Volume 4, Issue 2, February 2017
- Rio Rynaldo Bagus. 2018. "Pengembangan Two Wheels Self Balancing Robot Dengan PI Controller Berbasis Labview 2014". Jurnal Teknik Elektro. Volume 07 Nomor 03 Tahun 2018, 127-136 Universitas Negeri Surabaya.
- Soni Abhishek. 2014. "Speed Control of DC Motor using Chopper". International Journal of Engineering, Management & Sciences, Volume 1, Issue 10, October 2014
- Tsaqif Assadad Rif'an, dkk. 2011. "Implementasi Mikrokontroler Sebagai Pengendali Lift Empat Lantai". Jurnal Ilmiah Semesta Teknik, Volume 14, No. 2, 160-165, November 2011
- Vikhe Pratap, dkk. 2014. "Real Time DC Motor Speed Control using PID Controller in LABVIEW". International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Volume 3, Issue 9, September 2014
- V. Kulkarni V., dkk. 2014. "PID Controller based DC Motor Speed Control". International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication, Volume: 5, Issue: 9, September 2017