



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Jalan MT Haryono 167 Telp & Fax. 0341 554166 Malang 65145

**KODE  
PJ-01**

**PENGESAHAN  
PUBLIKASI HASIL PENELITIAN SKRIPSI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**NAMA : LUTHFI FAKHRUDIN NIZAR**  
**NIM : 10506030711004 - 63**  
**PROGRAM STUDI : TEKNIK KONTROL**  
**JUDUL SKRIPSI : SISTEM PENGENDALI KECEPATAN MOTOR DC PADA *LIFT* BARANG  
MENGUNAKAN KONTROLER PID BERBASIS ATMEGA 2560**

**TELAH DI-REVIEW DAN DISETUJUI ISINYA OLEH:**

Pembimbing 1

Pembimbing 2

**Ir. Purwanto, MT.**  
**NIP. 19540424 198601 1 001**

**Ir. Retnowati, MT.**  
**NIP. 19511224 198203 2 001**

**SISTEM PENGENDALI KECEPATAN MOTOR DC PADA *LIFT*  
BARANG MENGGUNAKAN KONTROLER PID BERBASIS ATMEGA  
2560**

**PUBLIKASI JURNAL SKRIPSI**  
Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**LUTHFI FAKHRUDIN NIZAR**  
**NIM. 10506030711004 - 63**

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**  
**MALANG**  
**2015**

# SISTEM PENGENDALI KECEPATAN MOTOR DC PADA *LIFT* BARANG MENGGUNAKAN KONTROLER PID BERBASIS ATMEGA 2560

Luthfi Fakhruddin Nizar, Purwanto, Retnowati

Teknik Elektro Universitas Brawijaya

Jalan M.T Haryono No.167 Malang 65145 Indonesia

Email : [luthfi.fani@gmail.com](mailto:luthfi.fani@gmail.com)

**Abstrak—** *Lift* barang adalah angkutan transportasi vertikal digunakan untuk memindahkan barang. *Lift* ini sangat khusus fungsinya untuk barang saja, *lift* ini hampir sama dengan *lift* penumpang namun ada sedikit perbedaan dalam sistem keamanannya. *Lift* barang yang sekarang memang sudah otomatis tetapi hanya pada gedung bertingkat tinggi. Untuk minimarket atau *home industry* yang memiliki struktur bangunan 2 lantai, banyak dijumpai masih menggunakan pengkatrolan secara manual oleh tenaga manusia untuk memindahkan barang. Hal ini cukup tidak efisien. Pada penelitian ini telah dirancang sistem pengaturan kecepatan motor DC pada *lift* barang menggunakan kontroler PID dengan konstruksi sistem yang sederhana. Digunakan Kontroler PID untuk mengurangi kesalahan, sehingga putaran motor dapat sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Dengan bantuan kontroler PID maka *lift* barang mampu bergerak dengan aman dan halus. Pada skripsi ini digunakan metode *Ziegler-Nichols tuning 2*. Dalam pembuatannya digunakan Arduino Mega 2560, rotary encoder Autonic E40H8 500-6-L-5, limit switch, dan motor DC. Berdasarkan data respons sistem yang diperoleh dari pengujian dengan menggunakan metode kedua *Ziegler-Nichols*, maka parameter kontroler PID dapat ditentukan dengan gain  $K_p = 7.71$ ,  $K_i = 7.035$  dan  $K_d = 2.113$ .

**Kata Kunci—** *Lift* barang, Pengendalian Kecepatan, PID, Arduino Mega 2560.

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini kebutuhan masyarakat sangatlah beragam. Khususnya dalam hal permintaan sandang dan pangan serta untuk keperluan sehari-hari. Hal ini membuat semakin berkembangnya *home industry* dan minimarket yang menyediakan kebutuhan masyarakat. Ukuran bangunan untuk *home industry* dan minimarket juga sangat beragam tergantung pada banyak jumlah barang yang diproduksi dan untuk dijual, ada yang terdiri dari 1 lantai atau lebih. Untuk memindahkan barang dari lantai 1 ke lantai yang lain pada *home industry* dan minimarket yang menggunakan bangunan lebih dari 1 lantai, umumnya menggunakan

pengkatrolan barang secara manual yang di tarik oleh tenaga manusia. Hal ini sangatlah tidak efisien karena dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja.

Solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan membuat *lift* barang untuk membantu pekerjaan manusia. *Lift* barang sudah umum digunakan padagedung bertingkat tinggi seperti perkantoran, apartemen dan perhotelan. Penelitian skripsi ini adalah untuk mendesain dan membangun *lift* barang yang kecepatannya dapat dikontrol sampai dengan set point yang diinginkan. Dengan mengatur kecepatan *lift* barang tersebut, diharapkan dapat memindahkan barang dengan waktu yang sama meskipun berat barang yang dipindahkan berbeda-beda. Serta untuk menghindari terjadinya kecelakaan kerja.

Kontroler yang digunakan pada penelitian ini adalah Proporsional Integral Differensial (PID). Dengan mengurangi sinyal kesalahan yang terjadi saat sistem bekerja, serta mampu memberikan keluaran sinyal kontrol yang memiliki respon cepat, *error steady state* kecil, dan tidak ada *overshoot*. Semakin kecil kesalahan yang terjadi, maka semakin baik kinerja sistem kontrol yang diterapkan. Kontroler ini memiliki nilai parameter proporsional sebagai nilai pengali *error* untuk nilai koreksi. Nilai parameter integral sebagai perbaikan kesalahan keadaan mantap mencapai nol. Dan nilai parameter deferensial sebagai perbaikan respon transien dan meredam osilasi.[1]

## 2. SPESIFIKASI ALAT

### A. Sensor rotary encoder

Sensor adalah suatu alat yang digunakan mendeteksi adanya perubahan lingkungan fisik ataupun kimia. Dalam penelitian ini sensor yang digunakan berupa sensor *rotary encoder* yang berfungsi untuk mendeteksi kecepatan putaran motor. Yang digunakan adalah *Incremental Encoder*. *Rotary encoder* Relatif (sering disebut juga *Incremental Encoder*) digunakan ketika metode pengkodean absolut tidak bisa digunakan (disebabkan ukuran dan bentuk piringan/cakram). Metode ini juga menggunakan piringan yang dipasang pada poros, tetapi ukuran piringan/cakram kecil, dengan jumlah garis radial yang banyak, seperti jeruji roda.

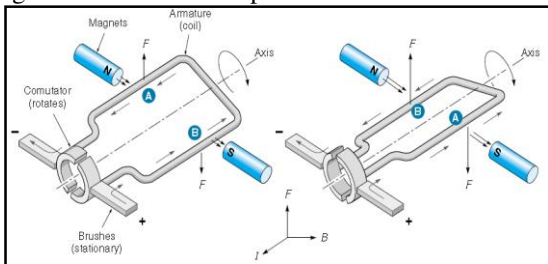
Sebuah saklar optik, seperti photodiode, menghasilkan pulsa listrik. Kemudian rangkaian kontrol elektronika menghitung pulsa untuk menerjemahkan sudut putar dari poros. Sensor *Rotary encoder* dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Sensor *Rotary encoder*

### B. Motor Direct Current (DC)

Motor DC ini berfungsi sebagai penggerak *lift* barang dengan kecepatan putaran yang telah ditentukan. Prinsip kerja motor DC sesuai dengan hukum kemagnetan Lorentz, yaitu membangkitkan fungsi magnet pada suatu konduktor berarus dalam medan magnet sehingga timbul ggl induksi. Setiap arus yang mengalir melalui sebuah konduktor akan menimbulkan medan magnet. Arah medan magnet dapat ditentukan dengan kaidah tangan kiri. Motor DC dapat dilihat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Motor DC

### C. Limit switch

*Limit switch* merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja *limit switch* sama seperti saklar Push ON yaitu hanya akan menghubungkan pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan memutus saat katup tidak ditekan. *Limit switch* termasuk dalam kategori sensor mekanis yaitu sensor yang akan memberikan perubahan elektrik saat terjadi perubahan mekanik pada sensor tersebut. Penerapan dari *limit switch* dalam penelitian ini digunakan 3 *limit switch* sebagai sensor posisi untuk proses pengereman. Simbol *limit switch* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Limit switch*

### D. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega 168/328, dapat dilihat dalam Gambar

4. Memiliki 53 pin input dari output digital dimana 15 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output *Pulse Width Modulation* (PWM) dan 16 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset.

Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *Board* Arduino Mega ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke Arduino Mega berbeda dengan semua *board* sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan *board* sebelumnya yang menggunakan chip FTDI *driver* USB-to-serial.[2]



Gambar 4. Arduino Mega 2560

Tabel 1. Masukan dan keluaran pin dalam Arduino Mega 2560

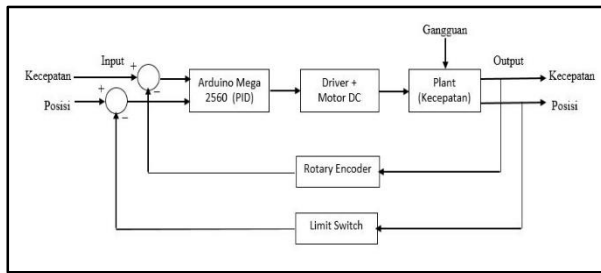
No	Pin	Fungsi
1	2	Masukan <i>rotary encoder</i>
2	3	Masukan <i>enable motor</i>
3	4	Masukan <i>enable motor</i>
4	5	PWM
5	6	LCD
6	8	LCD
7	9	LCD
8	10	LCD
9	11	LCD
10	12	LCD
11	34	<i>Push button</i>
12	35	<i>Push button</i>
13	50	Masukan <i>limit switch</i>
14	51	Masukan <i>limit switch</i>
15	52	Masukan <i>limit switch</i>
16	GND	Jalur masukan GND seluruh sistem
17	Vin	Jalur masukan 5V seluruh sistem

## 3. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan ini meliputi pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak, perangkat keras meliputi perancangan *lift* barang, perancangan sensor rotary encode dan *limit switch*, perancangan PID, dan perancangan *driver* motor. Perancangan perangkat lunak meliputi pembuatan program pada Arduino Mega 2560.

### A. Blok Diagram Sistem

Konstruksi Diagram blok sistem yang dirancang ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Blok diagram sistem

### B. Perancangan Lift Barang

Konstruksi lift barang terbuat dari bahan *stainless steel* yang digunakan sebagai material utama. Berikut perancangan lift barang dalam Gambar 6.



Gambar 6. Perancangan Lift Barang

Lift barang dengan ukuran

- Tinggi : 120 cm
- Lebar : 25x25 cm
- Jangkar lift : 20x20x20 cm
- Jarak lantai 1 ke lantai 2 : 80 cm
- Beban maksimal lift : 1 kg
- Penarik jangkar lift menggunakan rantai.

### C. Perancangan Kontroler PID

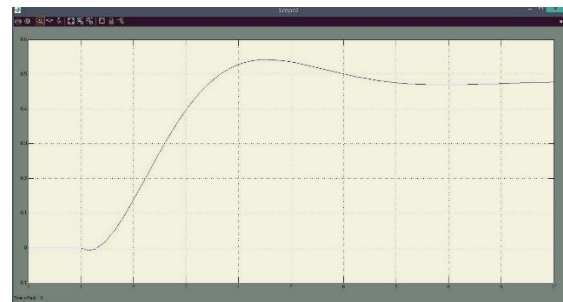
Kontroler PID dapat di *tuning* dalam beberapa cara, antara lain *Ziegler-Nichols tuning*, *loop tuning*, metode analitis, optimasi, *pole placement*, *auto tuning*, dan *hand tuning*. Pada perancangan kontroler PID sistem pengendalian kecepatan ini menggunakan metode *Ziegler-Nichols* untuk menentukan parameter  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ .

Proses pencarian parameter PID ini dilakukan dengan cara mencari nilai fungsi alih Aktuator Plan sistem yang berupa motor DC penggerak flap. Mencari fungsi alih menggunakan metode PRBS (Pseudo Random Binary Sequence) pada Matlab dari identifikasi tersebut di dapatkan fungsi alih sebagai berikut :

$$f(s) = \frac{-0.1014s + 0.5824}{s^2 + 1.1966s + 1.2184}$$

Setelah didapat fungsi alih aktuator plan kita simulasikan fungsi alih pada matlab dengan diberi masukan unit step untuk mendapatkan nilai parameter

nilai  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  dengan menggunakan metode kedua *Ziegler-Nichols*. Berikut hasil simulasi dengan masukan unit step seperti gambar 7.

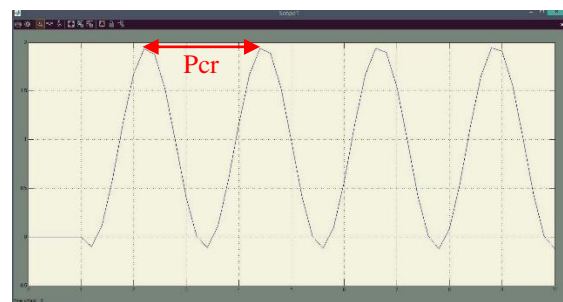


Gambar 7. Respon fungsi alih dengan masukan unit step

Setelah mendapatkan respon dari fungsi alih aktuator plan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan identifikasi sistem, sebagai berikut :

Langkah pertama adalah dengan menentukan respon system yang osilasi setelah diberi kenaikan nilai  $K_p = 12.85$ .

Respon sistem yang didapatkan terlihat dalam Gambar 8.



Gambar 8. Respon Sistem

Berdasarkan Gambar 10 didapatkan nilai  $K_{cr}$  sebesar 12.85 dan  $P_{cr}$  sebesar 2.1923. Nilai parameter kontroler PID ditentukan berdasarkan table aturan dasar *Ziegler-Nichols* dengan *critical gain*  $K_{cr}$  dan *critical period*  $P_{cr}$  yang ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Aturan Dasar *Ziegler-Nichols* Berdasarkan *Critical Gain*  $K_{cr}$  dan *Critical Period*  $P_{cr}$

Tipe Kontroler	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$0.5 K_{cr}$	$\infty$	0
PI	$0.45 K_{cr}$	$\frac{1}{1.2} P_{cr}$	0
PID	$0.6 K_{cr}$	$0.5 P_{cr}$	$0.125 P_{cr}$

maka nilai parameter PID yang diperoleh adalah:

$$K_p = 0.6 \times 12.85 = 7.71 \dots\dots\dots(9)$$

$$T_i = 0.5 \times 2.192 = 1.096 \dots\dots\dots(10)$$

$$T_d = 0.125 \times 2.192 = 0.274 \dots\dots\dots(11)$$

dengan demikian dapat ditentukan nilai  $K_i$  dan  $K_d$  adalah:

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{7.71}{1.096} = 7.035 \dots\dots\dots(12)$$

$$K_d = K_p \times T_d = 7.71 \times 0.274 = 2.113 \dots\dots\dots(13)$$

Penentuan nilai penguatan dari metode kedua *Ziegler-Nichols* diperoleh  $K_p = 2.475$ ,  $K_i = 1.096$ , dan  $K_d = 0.274$  yang akan digunakan untuk perhitungan nilai PID pada sistem

**D. Driver Motor**

Modul pengendali motor DC yang digunakan adalah modul EMS 30A *H-bridge*. Secara garis besar, fungsi modul pengendali motor ini adalah untuk mengendalikan arah dan kecepatan putaran motor DC sesuai instruksi kendali dari Arduino Mega 2560 pengguna. Gambar koneksi modul pengendali motor DC EMS 30A *H-bridge* ditunjukkan dalam Gambar 9. [3]



Gambar 9. *Driver Motor*

**E. Motor DC**

Motor DC berfungsi untuk menggerakkan *lift*. Motor DC terpasang pulley yang terhubung langsung dengan pulley pada as sensor *rotary encoder* menggunakan belt. Berikut adalah gambar perancangan pemasangan motor DC. Perancangan motor DC terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Motor DC terhubung dengan sensor *rotary encoder*

**4. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA**

Sebelum pengujian sistem keseluruhan, perlu dicari karakteristik plant untuk menentukan kontroler yang tepat. Setelah didapatkan karakteristik dari pengujian, kemudian dapat dilakukan penyesuaian pada sistem. Pengujian ini meliputi pengujian perangkat keras dalam hal ini pengujian sensor PT100, pengujian rangkaian pengondisi sinyal, pengujian motor DC servo, pengujian *dimmer* kompor, dan pengujian sistem keseluruhan.

**A. Pengujian Sensor *Rotary encoder***

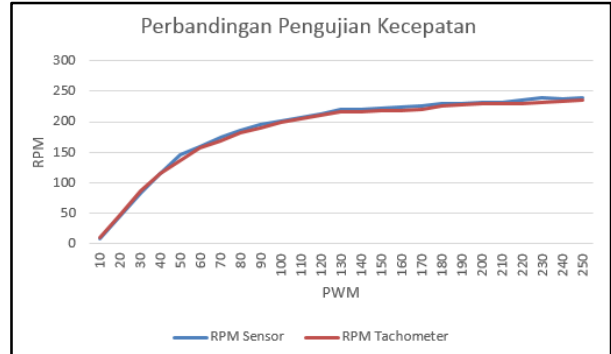
Pengujian ini meliputi: pengujian *driver*, hubungan PWM dengan kecepatan motor, pengujian sensor Rotary encoder *autonic* E40H8 500-6-L-5 dan pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian di atas dilakukan dengan tujuan memperoleh karakteristik dari tiap alat yang kemudian dapat dilakukan penyesuaian pada sistem. Grafik dari hasil pengujian terlihat pada Gambar 11.

Tabel 3. Hasil pengujian sensor Rotary endoder *autonic* E40H8 500-6-L-5

PWM	RPM Sensor	RPM Tachometer
10	9,24	10

20	45,12	46
30	82,68	86
40	114,72	116
50	144,96	136
60	159,36	158
70	173,88	168
80	185,4	182
90	194,52	190
100	201,6	200
110	207,24	204
120	213	210
130	220,08	216
140	220,36	216
150	222	218
160	224,52	218
170	226,68	220
180	229,32	226
190	229,56	228
200	231	230
210	232,32	230
220	235,2	230
230	238,8	232
240	237,48	234
250	239,64	236
255	243,72	240

Hasil dari pengujian sensor *rotary encoder* dan *tachometer* tampak pada Gambar 11.



Gambar 11 Grafik Perbandingan Nilai Pembacaan Sensor Kecepatan dengan Data Praktek

Dari Gambar 11, dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian sensor *rotary encoder* sesuai dengan data pengukuran secara praktek menggunakan *tachometer* dan sensor mampu berjalan dengan baik.

**B. Pengujian Sensor *Limit switch***

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah *limit switch* berjalan dengan baik pada saat NO atau NC dengan cara menghubungkan kaki NO ke GND dan NC ke 5V kemudian kaki common dihubungkan ke Arduino.

Dari hasil pengujian *limit switch* dapat diketahui bahwa pada saat *limit switch* ketika tidak ditekan, tegangan keluarannya sebesar 4,67 volt. Hal ini disebabkan karena masukan dari kaki arduino langsung terhubung Vcc sehingga logika yang dideteksi arduino akan high. Sedangkan pada saat *limit switch* ditekan



maka tegangan keluaran rangkaian sensor *limit switch* sebesar 0,09V, hal ini disebabkan karena keluaran rangkaian sensor *limit switch* terhubung dengan ground, sehingga logika keluaran yang dideteksi arduino adalah logika low. Dengan hasil pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa rangkaian *limit switch* telah bekerja dengan baik.

### C. Pengujian Driver Motor

Pengujian *driver* motor DC ini bertujuan untuk mengetahui output *driver* motor yang dibandingkan dengan masukannya yang kemudian dapat diketahui juga hubungan keluaran Pulse Width Modulation (PWM) dengan tegangan yang dibutuhkan untuk motor DC. Berikut hasil dari pengujian *Driver EMS H-bridge* 30A dalam Tabel 4. Grafik hubungan PWM dengan kecepatan motor terlihat pada Gambar 12.

Tabel 3 Hasil Keluaran Tegangan *Driver EMS H-bridge* 30A

PWM	Tegangan MK	Tegangan Driver	RPM Sensor
10	0.215	0.4	9,24
20	0.410	2.9	45,12
30	0.580	5.7	82,68
40	0.795	7.2	114,72
50	0.984	9.3	144,96
60	1.176	10.9	159,36
70	1.351	12	173,88
80	1.542	14.7	185,4
90	1.752	16.8	194,52
100	1.944	18	201,6
110	2.136	18.6	207,24
120	2.329	19.1	213
130	2.522	19.4	220,08
140	2.715	19.6	220,36
150	2.907	19.8	222
160	3.102	20.2	224,52
170	3.292	21	226,68
180	3.488	21.8	229,32
190	3.660	22.2	229,56
200	3.870	22.6	231
210	4.050	22.7	232,32
220	4.450	22.8	235,2
230	4.420	22.9	238,8
240	4.600	23.2	237,48
250	4.780	23.5	239,64
255	4.900	24	243,72

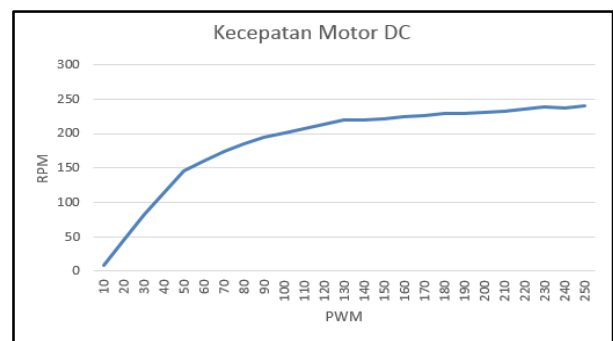
### D. Pengujian Kecepatan Motor

Pengujian kecepatan motor dilakukan dengan memberikan nilai PWM sebesar 0 – 255, kemudian diperoleh respon kecepatan motor seperti Gambar 12.

Tabel 4. Hasil Pengujian Motor DC

PWM	RPM Sensor
10	9,24
20	45,12
30	82,68
40	114,72

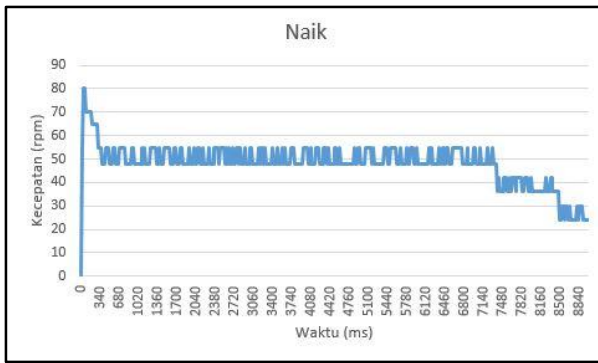
50	144,96
60	159,36
70	173,88
80	185,4
90	194,52
100	201,6
110	207,24
120	213
130	220,08
140	220,36
150	222
160	224,52
170	226,68
180	229,32
190	229,56
200	231
210	232,32
220	235,2
230	238,8
240	237,48
250	239,64
255	243,72



Gambar 12. Grafik Hubungan PWM dengan Kecepatan Motor

### E. Pengujian Keseluruhan

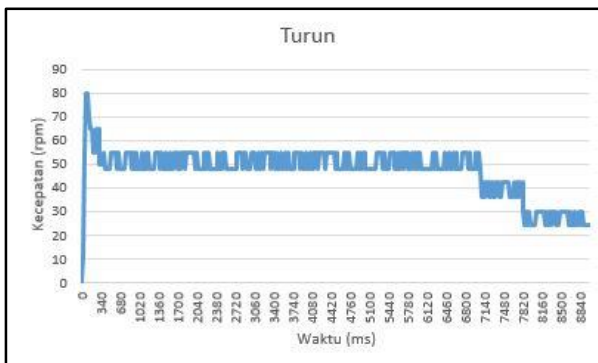
Data dari hasil pengujian secara keseluruhan untuk mengetahui kinerja perangkat keras dan perangkat lunak serta mengetahui respon keseluruhan sistem. Implementasi nilai parameter PID yang telah dihitung yaitu  $K_p = 2.475$ ,  $K_i = 2.257$  dan  $K_d = 0.678$  dengan Setpoint 50 Rpm. Data akan diambil setiap 20 ms. Data tersebut dicatat dan diolah pada *Microsoft Excel*, agar terlihat grafik kenaikan kecepatan *lift* barang. Grafik tersebut dapat dilihat di dalam Gambar 13 sampai dengan Gambar 16.



Gambar 13. Grafik Respon Sitem Keseluruhan (saat lift naik tanpa beban)

Dari grafik Gambar 13, diketahui bahwa hasil respon memiliki waktu *settling time* 300ms untuk mencapai *steady state* dan mengalami proses pengereman pada waktu 7400ms. Serta memiliki % *error* sebagai berikut:

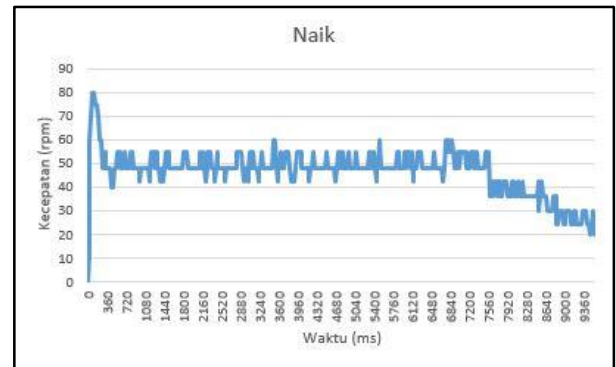
$$\begin{aligned} \% \text{Ess} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{\text{output}[i] - \text{setpoint}}{\text{setpoint}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{1}{353} \sum_{i=1}^N 15,11 \times 100\% \\ &= 4,28 \% \end{aligned}$$



Gambar 14. Grafik Respon Sitem Keseluruhan (saat lift turun tanpa beban)

Dari grafik Gambar 14, diketahui bahwa hasil respon memiliki waktu *settling time* 300ms untuk mencapai *steady state* dan mengalami proses pengereman pada waktu 7100ms. Serta memiliki % *error* sebagai berikut:

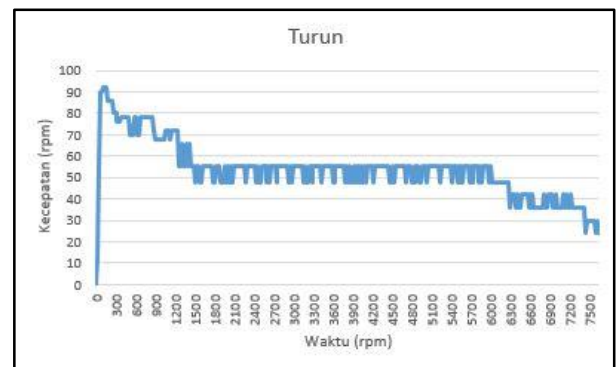
$$\begin{aligned} \% \text{Ess} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{\text{output}[i] - \text{setpoint}}{\text{setpoint}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{1}{338} \sum_{i=1}^N 15,28 \times 100\% \\ &= 4,52 \% \end{aligned}$$



Gambar 15. Grafik Respon Sitem Keseluruhan (saat lift dengan beban maksimal)

Dari grafik Gambar 15, diketahui bahwa hasil respon memiliki waktu *settling time* 260ms untuk mencapai *steady state* dan mengalami proses pengereman pada waktu 7600ms. Serta memiliki % *error* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{Ess} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{\text{output}[i] - \text{setpoint}}{\text{setpoint}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{1}{365} \sum_{i=1}^N 24,82 \times 100\% \\ &= 6,8 \% \end{aligned}$$



Gambar 16. Grafik Respon Sitem Keseluruhan (saat lift dengan beban maksimal)

Dari grafik Gambar 16, diketahui bahwa hasil respon memiliki waktu *settling time* 1260ms untuk mencapai *steady state* dan mengalami proses pengereman pada waktu 6300ms. Serta memiliki % *error* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{Ess} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{\text{output}[i] - \text{setpoint}}{\text{setpoint}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{1}{242} \sum_{i=1}^N 18,9 \times 100\% \\ &= 7,81 \% \end{aligned}$$

Dari pengujian keseluruhan dapat diketahui bahwa *settling time* terbesar terjadi saat lift barang bergerak turun dengan beban maksimal. Hal ini disebabkan oleh kekukaran mekanik karena motor DC terjadi *loss*.



## 5. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Dari perancangan, pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan pada penelitian sistem pengendalian kecepatan maka pada *lift* barang diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1). Berdasarkan data respons sistem yang diperoleh dari pengujian dengan menggunakan metode *Ziegler-Nichols tuning 2*, maka parameter kontroler PID dapat ditentukan dengan gain  $K_p = 7.71$ ,  $K_i = 7.035$  dan  $K_d = 2.113$ .
- 2). Hasil pengujian terhadap sistem pengendalian kecepatan putaran motor DC pada lift barang menunjukkan bahwa respon sistem memiliki error steady state kurang dari 5 % dan mengalami settling time kurang dari 300 ms. Tetapi pada keadaan turun dengan beban maksimal, terjadi kerusakan mekanik sehingga mengalami *settling time* dan *error* yang cukup besar.

### B. Saran.

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kelemahan. Untuk memperbaiki kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut disarankan:

- 1) Disarankan untuk menggunakan motor DC yang *high torque* dan pengkopelan *gear* dengan baik agar tidak terjadi *loss* pada motor.
- 2) Disarankan untuk memasang sensor *rotary encoder* pada as motor DC secara langsung, tanpa menggunakan belt.
- 3) Disarankan melakukan penelitian terhadap pengontrolan kecepatan yang adaptif yang terpengaruh oleh beban.
- 4) Disarankan untuk melakukan pengontrolan dengan metode selain PID.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rifky Nugraha, Arga. 2014. Sistem Pengaturan Kecepatan Motor DC pada Alat Pengaduk Adonan Dodol Menggunakan Kontroler PID. Malang: Universitas Brawijaya.
- [2] *Datasheet Arduino Mega 2560*
- [3] *Datasheet EMS 5A H-Bridge*.
- [4] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- [5] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 2*. Jakarta. Penerbit Erlangga