

APLIKASI KONTROL PID UNTUK PENGATURAN PUTARAN MOTOR DC PADA ALAT PENGEPRES ADONAN ROTI (SCREW CONVEYOR)

Oleh:

Vincentius Nyorendra Febrianto NIM. 0810630101

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

E-mail: nyorendra.febrianto@gmail.com

Pembimbing :

Goegoes Nusantoro, ST., MT Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, MT

Abstrak

Kontroler Proporsional Integral Derferensial (PID) merupakan kontroler yang memiliki stabilitas yang baik dengan tingkat error dan overshoot yang kecil. Alat screw conveyor yang dirancang diputar oleh motor arus searah atau direct current (DC) yang dikontrol oleh mikrokontroler ATmega8535. Alat screw conveyor menggunakan penggerak motor (driver motor) menggunakan sistem Pulse Width Modulation (PWM). Input setting point dilakukan dengan menekan tombol keypad yang berupa data digital, yang kemudian dikonversi ke tegangan oleh mikrokontroler ATmega8535. Keluaran dari mikrokontroler berupa PWM menjadi masukan untuk penggerak driver motor, dimana kecepatan keluaran dari motor akan dideteksi oleh sensor rotary encoder. Setelah itu akan terjadi pengulangan proses, sampai kecepatan memenuhi nilai set point.

Pemrograman dilakukan menggunakan software CodeVisionAVR. Penentuan hasil parameter kontroler PID ini didapatkan dengan menggunakan metode osilasi Ziegler-Nichols. Metode ini dipilih karena dapat mempersingkat waktu pencarian parameter karena menggunakan rumus-rumus sederhana dan proses trial and error hanya pada pencarian parameter Kp. Hasil parameter kontroler PID diperoleh nilai Kp= 1,8, Ki= 0,9 dan Kd= 0,9. Dengan nilai Kp, Ki dan Kd tersebut sistem dapat berjalan dengan baik dengan mempertahankan kecepatan putaran motor mendekati setpoint.

I. PENDAHULUAN

Jumlah pekerja dan pelajar di kotamadya dan kabupaten Malang terbilang banyak. Rutinitas harian membuat mereka membutuhkan makanan berkarbohidrat yang siap santap dan cepat saji, hal ini dilakukan demi mendapatkan waktu yang efisien. Berdasarkan alasan tersebut, banyak Usaha Kecil Menengah (UKM) pembuatan makanan siap santap seperti roti yang tumbuh dan lebih berkembang di kotamadya dan kabupaten Malang. Akan tetapi tingginya tingkat perkembangan teknologi dan persaingan dalam dunia usaha merupakan suatu tantangan yang harus dihadapi oleh semua pihak, terutama dalam dunia industri. Bidang industri jaman sekarang yang tidak dapat terlepas dari teknologi otomatisasi dan komputerisasi membuat UKM tersebut sering kalah bersaing dengan pengusaha bermodal besar. Pengusaha bermodal besar seringkali bisa menguasai pasar karena peralatan mereka lebih canggih daripada UKM. Pada kebanyakan UKM proses pembuatan masih bersifat manual, yaitu mengandalkan tenaga manusia. (Mudjajanto Setyo Eddy, 1994)

Salah satu UKM pembuat roti manis yang ada di kota Malang adalah MR BAKERY berada di jalan I.R. Rais Gang 7 Nomor 125. Usaha pembuatan roti manis yang berdiri sejak tahun 2005 ini masih menggunakan cara konvensional dalam proses pembuatan roti manis. Seperti pada proses pembagian adonan roti menjadi bentuk yang kecil-kecil. Mereka membentuk adonan itu menjadi bulatan-bulatan sebesar bola tenis, yang prinsip kerja ini terinspirasi dari proses pembuatan bakso. Ketika adonan bakso dalam tangan ditekan maka akan keluar melalui lubang antara ibu jari dan jari telunjuk, dan ketika ukuran adonan yang keluar dirasa cukup besar dipotong menggunakan sendok makan, karena itu besar kecilnya

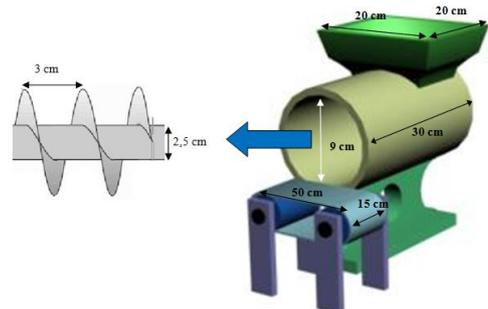
mereka ukur dengan memakai perasaan mereka sehingga ukuran roti yang dihasilkan kebanyakan tidak sama.

Proses ini lebih membutuhkan waktu yang lama dan kapasitas produksi lebih kecil. Dengan sistem manual biasanya menghasilkan 500 pieces per jam sedangkan yang otomatis dapat mencapai 3600 pieces per jamnya. (UKM MR Bakery)

II. PERANCANGAN SISTEM

Meliputi diagram balok sistem, cara kerja sistem, flowchart atau diagram alir kerja sistem, gambar rancangan alat, dan perangkat lunak pada mikrokontroler Atmega8535. Perancangan sistem *screw conveyor* dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Model sistem *screw conveyor* yang dibuat terdiri atas tabung berukuran 30cm x 9cm yang dilengkapi dengan piringan pemutar di atasnya.
- Pergerakan model *screw conveyor* menggunakan sebuah motor DC 24 V 5 A
- Pendeteksi kecepatan pada alat pemutar menggunakan sensor *rotary encoder*.
- Skema dan diagram blok dari *screw conveyor* dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Screw conveyor dan Belt conveyor

PID digital merupakan bentuk lain dari kontroler PID yang diprogram dan dijalankan menggunakan komputer atau mikrokontroler. *Error* dan *last_error* yang akan digunakan pada perhitungan aksi kontroler PID. Setiap satu kali *looping* program, *error* akan diperbaharui dengan data yang diambil dari sensor, dan sebelumnya akan disimpan di *last_error*. Keluaran dari perhitungan program kontroler PID ini adalah nilai PWM.

Nilai-nilai variabel ditunjukkan pada persamaan (1) sampai persamaan (3).

$$\text{Error} = \text{SP} - \text{PV} \quad (1)$$

$$u(t) = K_p e(k) + K_i T \sum_0^k e(k) + \frac{1}{T} K_d (e_k - e_{k-1}) \quad (2)$$

$$\text{PWM motor} = \text{Base PWM} + \text{PID} \quad (3)$$

Setpoint (SP) adalah suatu parameter nilai acuan atau nilai yang diinginkan. *Present Value* (PV) adalah nilai pembacaan sensor saat itu atau variabel terukur yang di umpan balik oleh sensor.

2. Tuning Parameter

Tuning parameter berfungsi untuk melakukan pengesetan terhadap parameter-parameter PID (K_p , K_i dan K_d) dan juga parameter-parameter lainnya seperti *time sampling*, penentuan *set point*, dll

Langkah metode tersebut ialah sebagai berikut:

- 1) Buat suatu sistem loop tertutup dengan kontroler P dan *plant* di dalamnya,
- 2) Kemudian hanya dengan menggunakan tindakan kontrol proporsional, dengan $K_i=0$, $K_d=0$ harga ditingkatkan dari nol ke suatu nilai kritis K_{cr} , disini mula-mula keluaran memiliki osilasi yang berkesinambungan.
- 3) Dari keluaran yang beresilasi secara berkesinambungan, penguatan kritis K_{cr} dan periode P_{cr} dapat ditentukan.
- 4) Menghitung nilai K_p , T_i dan T_d sesuai dengan aturan dari Ziegler-Nichols yaitu $K_p = 0.6 \times K_{cr}$, $T_i = 0.5 \times P_{cr}$ dan $T_d = 0.125 \times P_{cr}$
- 5) Nilai K_i dan K_d didapatkan dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} \quad \text{dan} \quad K_d = K_p \times T_d$$

III PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Pengujian Sensor Rotary Encoder

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa putaran maksimal yang dapat dibaca oleh sensor *rotary encoder*.

Prosedur pengujian dilakukan dengan menghubungkan *rotary encoder* dengan motor DC kemudian memasukkan program ke dalam MK sesuai RPM yang ingin kita ukur. Motor DC dinyalakan dan putaran *rotary encoder* diukur menggunakan tachometer.

Data input yang dimasukkan ke dalam mikrokontroler untuk menggerakkan adalah sebesar 200 rpm sehingga *rotary encoder* akan berputar sesuai dengan putaran motor DC yaitu 200 rpm. Sedangkan tachometer yang digunakan untuk mengukur *rotary encoder* mencatat hasil 190 rpm.

B. Pengujian Motor dan Driver Motor DC

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui *output* dari *driver* motor apabila diberi *input* yang berbeda-beda.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kecepatan PWM pada *screw conveyor*

PWM	V MK (Volt)	V Motor (Volt)	Rpm
10	0.215	0.28	0.2
20	0.410	0.61	1.8
30	0.410	0.61	11.4
40	0.795	1.29	25.2
50	0.984	1.63	35
60	1.176	2.08	41
70	1.351	2.76	46
80	1.542	2.87	48.8
90	1.752	3.45	52
100	1.944	4.60	55.6
110	2.136	5.50	58.8
120	2.329	6.20	60.8
130	2.522	6.70	64.2
140	2.715	7.40	67
150	2.907	7.77	72.2
160	3.102	8.20	74.6
170	3.292	8.54	79.2
180	3.488	8.94	83.6
190	3.660	9.20	88
200	3.870	9.53	90.8
210	4.050	9.90	95
220	4.250	9.95	100.4
230	4.420	10.10	107.4
240	4.600	10.38	116.4
250	4.780	10.54	124
255	4.900	10.67	128

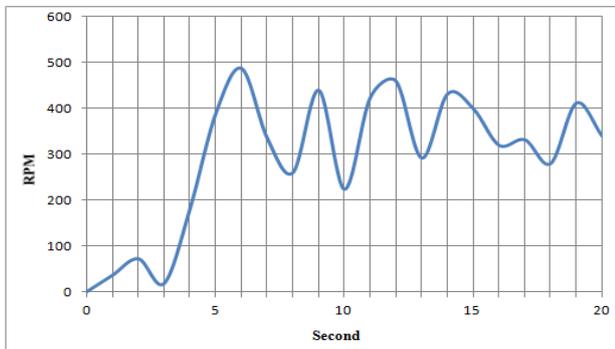
C. Pengujian Keseluruhan

• Pengujian Tuning Kontroler PID

Tahap-Tahap Pengujian PID:

1. Mengatur nilai K_p , K_i dan K_d mulai dari nol.
2. Menjalankan alat *screw conveyor*.
3. Mengamati tampilan grafik dari sensor *rotary encoder*.
4. Apabila grafik belum berbentuk osilasi kesinambungan, naikan nilai K_p , harga ditingkatkan dari nol ke suatu nilai kritis K_{cr} .
5. Apabila grafik sensor *rotary encoder* sudah membentuk osilasi kesinambungan, hitung nilai K_{cr} dan P_{cr} .
6. Hitung nilai T_i dan T_d dengan menggunakan nilai K_{cr} dan P_{cr} .
7. Hitung nilai K_i dan K_d dengan menggunakan nilai T_i dan T_d .
8. Dengan menggunakan nilai K_p , K_i dan K_d yang telah didapat, amati kecepatan putaran alat *screw conveyor*.

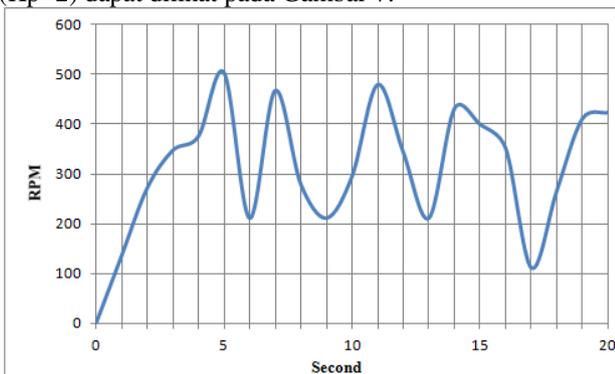
Pengujian terhadap kontrol kecepatan dengan metode osilasi Ziegler-Nichols dimulai dengan memberikan nilai 0 pada parameter T_i dan T_d . Sedangkan nilai K_p dinaikkan sedikit demi sedikit hingga didapatkan grafik yang berosilasi berkesinambungan. Hasil pengujian untuk respon kecepatan motor dengan menggunakan kontroler proporsional dengan nilai 1 ($K_p=1$) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Respon kecepatan motor *screw conveyor* dengan $K_p=1$

Terlihat di grafik bahwa respon kecepatan mengalami osilasi tetapi belum berkesinambungan sehingga masih perlu ditambahkan nilai K_p .

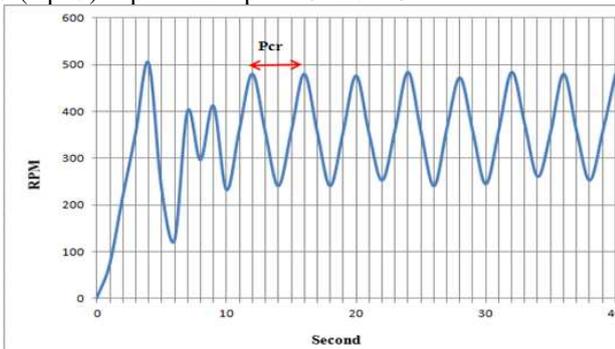
Hasil pengujian dengan menggunakan dengan nilai 2 ($K_p=2$) dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Respon kecepatan motor *screw conveyor* dengan $K_p=2$

Pengujian dengan menggunakan nilai $K_p=2$ terlihat bahwa respon sudah mulai mendekati kesinambungan dibandingkan $k_p=1$ tetapi belum membentuk osilasi berkesinambungan.

Hasil pengujian untuk respon kecepatan motor dengan menggunakan kontroler proporsional dengan nilai 3 ($K_p=3$) dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Respon kecepatan motor *screw conveyor* saat terjadi osilasi kesinambungan dengan $K_p=3$

Pada pengujian dengan menggunakan nilai $K_p=3$ terlihat bahwa respon sudah mengalami osilasi kesinambungan pada detik ke 10. Terlihat bahwa pada saat kontroler proporsional bernilai 3 dapat membentuk osilasi berkesinambungan dibandingkan dengan $k_p=2$. Sehingga dari grafik diatas dapat dihitung nilai K_{cr} dan P_{cr} yaitu,

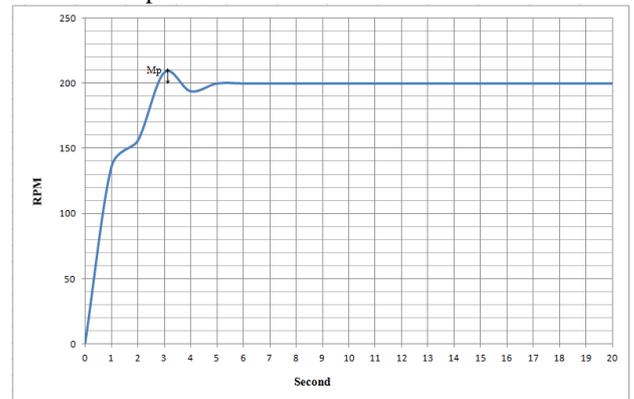
- $K_{cr} = 3$
- $P_{cr} = (16 - 12) \times \text{Time Sampling} = 4 \times 1 \text{ s} = 4 \text{ s}$
- $K_p = 0,6 \times K_{cr} = 0,6 \times 3 = 1,8$
- $T_i = 0,5 \times P_{cr} = 0,5 \times 4 \text{ s} = 2 \text{ s}$
- $T_d = 0,125 \times P_{cr} = 0,125 \times 4 \text{ s} = 0,5 \text{ s}$
- $K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{1,8}{2} = 0,9$
- $K_d = K_p \times T_d = 1,8 \times 0,5 = 0,9$

Sehingga didapatkan nilai parameter $K_p=1,8$, $K_i=0,9$ dan $K_d=0,9$

5.5.1 Hasil Pengujian

5.5.1.1 Set point 200 rpm

- Tanpa beban



Gambar 9. Grafik Respon kecepatan motor *screw conveyor* pada set point 200 rpm tanpa beban

Dari Gambar 9 didapatkan nilai *time settling* atau t_s dan *error steady state*, berikut akan dijelaskan pengertian *time settling* atau t_s dan *error steady state*, beserta perhitungannya.

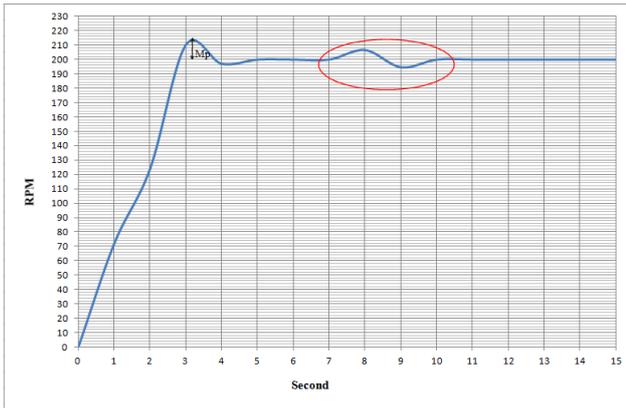
- a. *Time settling* pada kecepatan 200 rpm tanpa beban didapatkan $T_s=4 \text{ s}$
- b. *Error steady state* yang didapatkan dari pengujian dengan set adalah:

$$ess = \frac{(203,2 - 200)}{200} \times 100 \% = 1,6 \%$$

- c. *Maximum Overshoot (Mp)* merupakan Nilai tertinggi dari grafik adalah 208,4 maka:

$$Mp = \frac{(208,4 - 200)}{200} \times 100\% = 4,2 \%$$

- Beban 1 kg



Gambar 10. Grafik Respon kecepatan motor screw conveyor pada set point 200 rpm 1kg

Dari Gambar 10 didapatkan nilai *time settling* atau t_s dan *error steady state* (lingkaran merah) yang didapat karena adanya perubahan putaran motor yang diakibatkan oleh adanya adonan roti yang masuk ke dalam celah *pitch screw* yang berbeda, berikut akan dijelaskan pengertian *time settling* atau t_s dan *error steady state*, beserta perhitungannya.

a. *Time settling* pada kecepatan 200 rpm dengan beban 1 kg didapatkan $T_s = 4s$

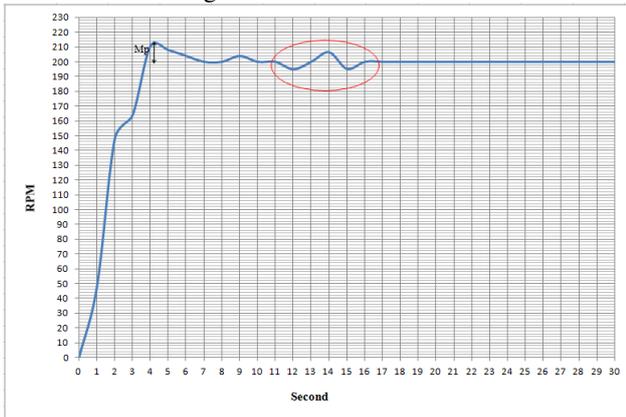
b. *Error steady state* yang didapatkan dari pengujian dengan set adalah:

$$ess = \frac{(206,2 - 200)}{200} \times 100\% = 3,1\%$$

c. *Maximum Overshoot* (M_p) merupakan Nilai tertinggi dari grafik adalah 210,3 maka:

$$M_p = \frac{(210,3 - 200)}{200} \times 100\% = 5,15\%$$

• **Beban 2 kg**



Gambar 11. Grafik Respon kecepatan motor screw conveyor pada set point 200 rpm 2kg

Dari Gambar 11 didapatkan nilai *time settling* atau t_s dan *error steady state* (lingkaran merah) yang didapat karena adanya perubahan putaran motor yang diakibatkan oleh adanya adonan roti yang masuk ke dalam celah *pitch screw* yang berbeda, berikut akan dijelaskan pengertian *time settling* atau t_s dan *error steady state*, beserta perhitungannya.

a. *Time settling* pada kecepatan 200 rpm dengan beban 2 kg didapatkan $T_s = 5s$

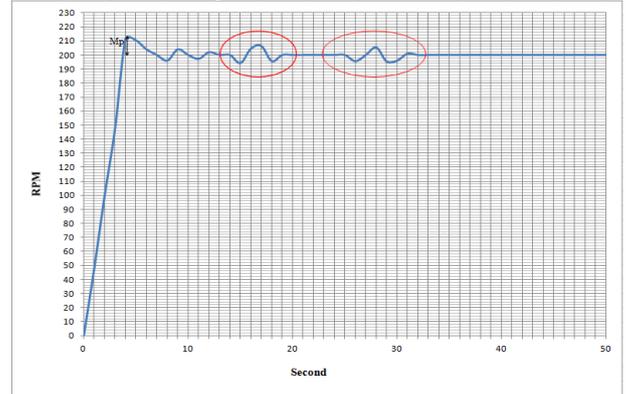
b. *Error steady state* yang didapatkan dari pengujian dengan set adalah:

$$ess = \frac{(206,7 - 200)}{200} \times 100\% = 3,35\%$$

c. *Maximum Overshoot* (M_p) merupakan Nilai tertinggi dari grafik adalah 210,9 maka:

$$M_p = \frac{(210,9 - 200)}{200} \times 100\% = 5,45\%$$

• **Beban 3 kg**



Gambar 12. Grafik Respon kecepatan motor screw conveyor pada set point 200 rpm 3kg

Dari Gambar 12 didapatkan nilai *time settling* atau t_s dan *error steady state* (lingkaran merah) yang didapat karena adanya perubahan putaran motor yang diakibatkan oleh adanya adonan roti yang masuk ke dalam celah *pitch screw* yang berbeda, berikut akan dijelaskan pengertian *time settling* atau t_s dan *error steady state*, beserta perhitungannya.

a. *Time settling* pada kecepatan 200 rpm dengan beban 3 kg didapatkan $T_s = 5s$

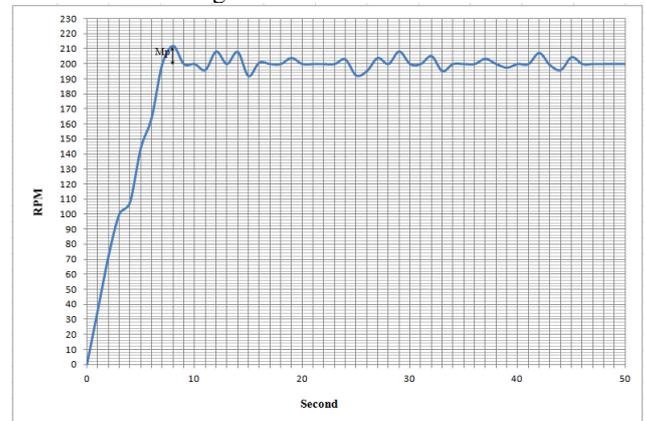
b. *Error steady state* yang didapatkan dari pengujian dengan set adalah:

$$ess = \frac{(207,3 - 200)}{200} \times 100\% = 3,65\%$$

c. *Maximum Overshoot* (M_p) merupakan Nilai tertinggi dari grafik adalah 211,6 maka:

$$M_p = \frac{(211,6 - 200)}{200} \times 100\% = 5,80\%$$

• **Beban 4 kg**



Gambar 13. Grafik Respon kecepatan motor screw conveyor pada set point 200 rpm 4kg

Dari Gambar 13 didapatkan nilai *time settling* atau t_s dan *error steady state*, berikut akan dijelaskan pengertian *time settling* atau t_s dan *error steady state*, beserta perhitungannya.

a. *Time settling* pada kecepatan 200 rpm dengan beban 4 kg didapatkan $T_s = 7s$

b. *Error steady state* yang didapatkan dari pengujian dengan set adalah:

$$ess = \frac{(208,2 - 200)}{200} \times 100 \% = 4,1 \%$$

c. *Maximum Overshoot* (Mp) merupakan Nilai tertinggi dari grafik adalah 212, maka:

$$Mp = \frac{(212,3 - 200)}{200} \times 100 \% = 6,15 \%$$

Jika dilihat dari Gambar 13 terdapat banyak *error steady state* yang mengakibatkan putaran motor susah mencapai set point, hal ini dikarenakan beban yang dapat diatur PID adalah terbatas sehingga pada percobaan set point 200 dengan beban berikutnya disarankan diatur kembali kontroler PID dengan cara mengubah parameter K_p , K_i dan K_d .

Pengujian ini ditentukan memiliki prosentase kesalahan Ess yang diperbolehkan adalah 5% berdasarkan sistem yang dinyatakan. Dengan demikian nilai toleransi yang diperbolehkan pada 200 rpm adalah 10 rpm. Berikut merupakan data hasil pengujian performansi sistem pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Data Performansi Sistem set point 200 rpm

Beban (kg)	Motor (rpm)	Settling time (ts)	Overshoot (%)	Ess (%)
0	200	4 second	4,2	1,6
1	200	4 second	5,15	3,1
2	200	5 second	5,45	3,35
3	200	5 second	5,80	3,65
4	200	7 second	6,15	4,1

IV PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tiap blok dan pengujian sistem secara keseluruhan yang telah dilakukan dalam Bab V, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Hasil pengujian terhadap aplikasi kontrol PID menunjukkan bahwa PID Ziegler Nichols metode osilasi dapat digunakan sebagai kontrol kecepatan motor DC pada alat *screw conveyer*.
2. Penggunaan kontroler PID dengan metode osilasi Ziegler-Nichols memberikan nilai parameter

yang sesuai dengan sistem dan memberikan respon yang lebih cepat untuk mencapai keadaan steady state. Dengan parameter PID yang dipakai adalah ($K_p=1,8$, $K_i=0,9$ $K_d=0,9$).

3. Sensor *rotary encoder* yang dirancang dapat berfungsi dengan baik untuk menghitung jarak serta memiliki kesalahan rata-rata pengukuran sebesar 3 sampai 4 rpm. Kesalahan pengukuran disebabkan oleh kesalahan mekanik pada pemasangan piringan rotary yang kurang presisi, sehingga saat *Optical IC* mendeteksi putaran piringan, pulsa akan terdeteksi berbeda-beda meskipun kecepatan motor sudah stabil.

B. Saran

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

1. Penggunaan sensor *rotary encoder* dengan jumlah lubang yang lebih banyak agar kesalahan pengukuran akan semakin kecil dan pengukuran kecepatan lebih tepat lagi.
2. Pembuatan mekanik yang baik dan lebih presisi akan membuat alat *screw conveyer* semakin stabil dalam pergerakan dan kecepatannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arnas Elmiawan Akbar.2013. *Implementasi Sistem Navigasi Wall Following Menggunakan Kontroler PID dengan Metode Tuning pada Robot Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI)*. Malang: Universitas Brawijaya.
- [2] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- [3] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 2*. Jakarta. Penerbit Erlangga
- [4] Atmel. 2006. *ATMEGA8535, 8-bit AVR with 8 Kbytes in System Programmable Flash*. www.atmel.com/literatur
- [6] Zubaidi , Ahmad. 2012 *Dough Divider alat otomatisasi pembagi adonan roti* Malang : Universitas Brawijaya
- [7] Mudjajanto Setyo Eddy, Yulianti Noor Lilik.1994. *Membuat Aneka Roti*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- [8] Hanapi, Gunawan (penerjemah) Malvino A. P. 1996 *Prinsip-Prinsip Elektronika,Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga