

# Kontrol Beban pada Sistem Packing Kopi Hijau dengan Metode Kontrol *PID*

Jenar Rurintasari, M.Rifa'i, Mila Fauziah

**Abstrak** - Proses *Packing* menentukan hasil akhir dari suatu produk yang akan menjadi daya tarik bagi konsumen, sehingga proses *packing* menjadi suatu bagian penting yang perlu dikontrol secara tepat. Begitu pula pada proses *packing* kopi hijau, dimulai dari mengontrol beban pada *cup* yang terpasang ditengah permukaan konveyor menggunakan sensor load cell, sampai mencapai set point yang diinginkan yaitu sebesar 20 gram. Sensor load cell sebagai *feedback* pada buka tutup *gate valve* yang hasil pembacaannya akan dikirimkan ke kontroller PLC sebagai perintah agar buka tutup *gate valve* yang diatur menggunakan motor DC 12 Volt sebagai aktuator dapat bergeser membuka atau menutup. Buka tutup *gate valve* ini akan dikontrol menggunakan *PID* (*Proportional Integral Derivative*) agar distabilkan pergeseran buka tutup *gate valve* sesuai *feedback setpoint* yang harus dipenuhi sehingga beban tidak berkurang ataupun berlebih. Sistem ini juga akan dimonitoring menggunakan HMI (*Human Machine Interface*). Secara visualisasi langsung bahwa presentase buka tutup *gate valve* berubah-ubah berdasarkan kapasitas berat yang ada diwadah kopi. Dari perhitungan *PID* Ziegler Nichols diperoleh nilai  $K_c = 7,84$ ,  $K_i = 7,12$  dan  $K_d = 2,15$  dan didapat error sebesar 2,5%, ini menandakan bahwa sistem berjalan dengan baik karena tidak mengalami *overshoot* dan waktu naik yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* sangat cepat yaitu sebesar 3000ms, serta waktu tunda yang dihasilkan sangat kecil yaitu 1750ms.

**Kata kunci:** *Proportional Integral Derivative (PID)*, *Loadcell*, *HMI*

## I. PENDAHULUAN

Kontroler *PID* adalah kontroler berumpan balik yang paling populer di dunia industri. Menurut Willis, 1999 Selama lebih dari 50 tahun, kontroler *PID* terbukti dapat memberikan performansi kontrol

yang baik serta algoritma sederhana yang mudah dipahami. Dalam penerapannya kontroler *PID* diterapkan pula pada proses *packing* untuk menentukan hasil akhir suatu produk.

Proses *packing* yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu untuk mengatur beban yang diinginkan agar sesuai dengan *setpoint*. Kontroler *PID* digunakan untuk mengatur buka tutup *gate valve* yang digerakkan oleh motor DC yang memperoleh *feedback* dari loadcell. Keadaan awal valve dibuka penuh dan valve akan menutup secara perlahan sesuai *setpoint* beban yang diinginkan pada *cup* konveyor.

Sistem pengontrolan beban pada sistem *packing* dengan metode *PID* dikontrol dengan PLC dan juga di monitoring oleh HMI sebagai *interface* antara manusia dengan teknologi mesin.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 PLC (*Programmable Logic Controller*)

PLC adalah sistem berbasis mikroprosesor yang menggunakan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi dan mengimplementasikan fungsi-fungsi seperti fungsi logika, pengurutan, pewaktuan, pencacahan, dan aritmatika (Bolton, 2006).

*Programmable Logic Controller* didesain untuk pemakaian di lingkungan industri, dimana sistem ini menggunakan memori yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi-instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul input output digital maupun analog.



**Gambar 2.1**PLC OMRON CP1E N40DR-A

2.2 Pengendali PID

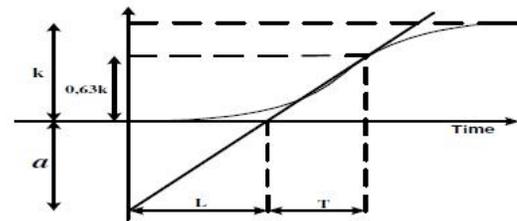
Sistem Kontrol PID (*Proportional Integral Derivative*) merupakan controller untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut (*Feedback*). Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah cara pengaturan yaitu kontrol P (*Proportional*), D (*Derivative*) dan I (*Integral*), dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan.

Penalaan parameter controller PID selalu didasari atas tinjauan terhadap karakteristik yang diatur (Plant). Dengan demikian betapapun rumitnya suatu plant, perilaku plant tersebut harus diketahui terlebih dahulu sebelum penalaan parameter PID itu dilakukan. Karena penyusunan model matematik plant tidak mudah, maka dikembangkan suatu metode eksperimental. Metode ini didasarkan pada reaksi *plant* yang dikenai suatu perubahan. Dengan menggunakan metode itu model matematik perilaku *plant* tidak diperlukan lagi, karena dengan menggunakan data yang berupa kurva keluaran, penalaan kontroler PID telah dapat dilakukan. Penalaan bertujuan untuk mendapatkan kinerja sistem sesuai spesifikasi perancangan (Ogata, 1997).

Penalaan pengendali PID adalah mencari nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ . Ada beberapa metode penalaan yang dapat digunakan, salah satunya adalah metode Ziegler-Nichols. Metode dasar penalaan Ziegler-Nichols dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

1. Metode ke-1 Ziegler-Nichols

Metode ke-1 didasarkan pada respon plant terhadap masukan tangga dalam kalang terbuka. Plant yang tidak mempunyai integrator, menghasilkan kurva tanggapan terhadap masukan tangga seperti kurva huruf S pada Gambar 2.11 Kurva tanggapan plant digunakan untuk mencari waktu tunda  $L$  dan konstanta waktu  $T$ .



**Gambar 2.2** Kurva Tanggapan Berbentuk S

Parameter-parameter yang didapat dari kurva reaksi digunakan untuk menentukan parameter-parameter pengendali PID berdasarkan tetapan empiris Ziegler-Nichols. Rumus-rumus untuk parameter pengendali menggunakan metode kurva reaksi ditabelkan pada Tabel 2.1.

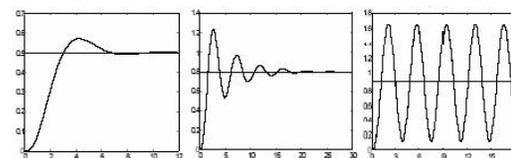
**Tabel 2.1** Penalaan Ziegler Nichols Metode ke-1

PENGENDALI	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$1/a$	-	-
PI	$0,9/a$	$3L$	-
PID	$1,2/a$	$2L$	$L/2$

2. Metode ke-2 Ziegler-Nichols

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

Tanggapan keluaran yang dihasilkan pada 3 kondisi penguatan proporsional ditunjukkan pada Gambar 2.12 Sistem dapat berosilasi dengan stabil pada saat  $K_p=K_u$ .



a) Nilai  $K_p=1$  b) Nilai  $K_p: 1 < K_p < K_u$  c) Nilai  $K=K_u$ .

**Gambar 2.3** Karakteristik keluaran suatu sistem dengan penambahan  $K_p$ .

Nilai *ultimated period*,  $T_u$ , diperoleh setelah keluaran sistem mencapai kondisi yang terus-menerus berosilasi. Nilai *periode dasar*,  $T_u$ , dan *penguatan dasar*,  $K_u$ , digunakan untuk menentukan konstanta-konstanta pengendali sesuai dengan tetapan empiris Ziegler-Nichols pada Tabel 2.2

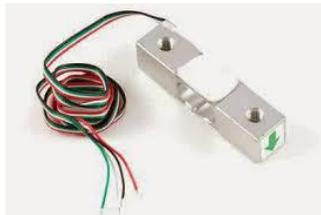
Tabel 2.2 Penalaan Ziegler Nichols Metode ke-2

PENGENDALI	Kp	Ti	Td
P	$Ku/2$	-	-
PI	$2Ku/5$	$4Tu/5$	-
PID	$3Ku/5$	$Tu/2$	$3Tu/25$

2.3 Sensor Berat

Sensor Load cell, merupakan sebuah komponen yang digunakan untuk mengubah gaya tekan menjadi sinyal listrik, melalui perubahan resistansi yang terjadi pada Strain Gauge dengan sebuah tekanan dalam bentuk deformasi (regangan). (Ardiansyah Hendri dkk, 2013)

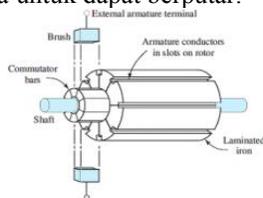
Sensor load cell apabila diberi beban pada inti besi maka nilai resistansi di strain gauganya akan berubah yang dikeluarkan melalui empat buah kabel. Dua kabel sebagai eksitasi dan dua kabel lainnya sebagai sinyal keluaran ke kontrolnya.(Wahyu Rino, 2015)



Gambar 2.4 Bentuk fisik Load Cell

2.4 Motor DC

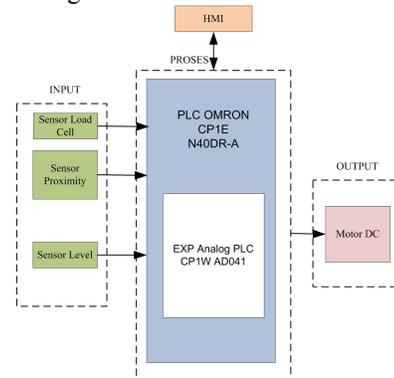
Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung atau direct-unidirectional. Motor DC memiliki 3 bagian atau komponen utama untuk dapat berputar.



Gambar 2.5 Skematik Motor DC

III. METODOLOGI

3.1 Perancangan Sistem

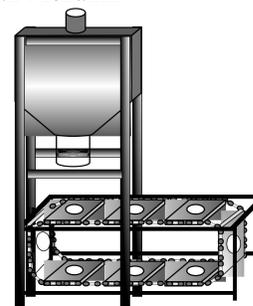


Gambar 3.1 Block Diagram Sistem

3.2 Prinsip kerja

Prinsip kerja dari sistem *packing* kopi hijau yaitu pertama memasukkan set point yang diinginkan pada HMI sebagai interface. Selanjutnya sensor *load cell* sebagai *feedback* pada buka tutup *gate valve* akan mengontrol beban pada *cup* sampai mencapai *setpoint* yang diinginkan yaitu sebesar 20 gram. Hasil pembacaan *load cell* akan dikirimkan ke controller PLC Omron tipe CP1E N-40DR-A sebagai perintah agar buka tutup *gate valve* yang diatur menggunakan motor DC 12 Volt agar distabilkan pergeseran buka tutup *gate valve* secara otomatis sesuai *feedback setpoint* yang harus dipenuhi sehingga beban tidak berkurang ataupun berlebih menggunakan kontrol PID (*Proportional Integral Derivative*) yang terletak pada *ladder diagram* PIDAT.

3.3 Perancangan Mekanik

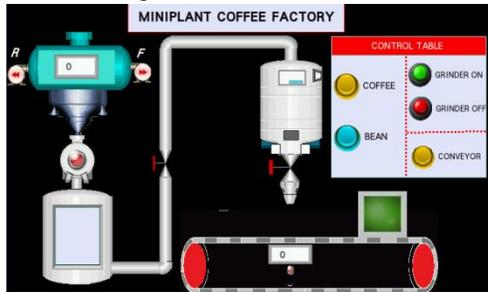


Gambar 3.2 Desain Mekanik

Dalam penelitian ini sistem *packing* terdiri dari *bin* sebagai tempat untuk menampung bubuk kopi yang halus dan sudah tercampur dengan kacang hijau pada proses sebelumnya yaitu *Mixer*. *Bin* ini yang nantinya akan mengirimkan bubuk kopi ke dalam wadah yang berjumlah delapan buah di konveyor untuk diproses selanjutnya. Bahan yang digunakan

pada *Bin* pengepakan terbuat dari *stainless*, sedangkan konveyor terbuat dari plat besi.

3.4 Perancangan Software



Gambar 3.3 Desain Perancangan Software

Perancangan *software* pada mesin packing memakai aplikasi NB-Designer sebagai monitor dari alur proses packing mulai awal sampai pengemasan bubuk kopi ke dalam cup.

3.5 Perancangan Sensor *Load Cell*

Sensor *Load Cell* memakai IC INA 125 untuk mendapatkan hasil output tegangan berupa Volt dengan range beban antara 0 – 30 Gram. Setelah berat set point sudah didapatkan maka didapatkan hasil *vout* tegangan yang nantinya akan dijadikan acuan penguatan *Load cell* :

Tabel 3.1 Hasil output set point sensor *Load cell*

Berat bubuk kopi(gram)	Vout Sebelum Penguatan	Vout Kontroler
0 gram(min)	0,5 mV	5V
20 gram(max)	9 mV	10V

Dari hasil tabel diatas maka dapat ditentukan bahwa output tegangan antara berat minimum (0 gram) dan berat maksimal (20 gram) masih sangat kecil sekali untuk sebagai inputan sensor PLC yang berkisar 0- 10 V, maka dilakukanlah penguatan pada *Load cell* dengan menggunakan IC INA 125 agar mendapatkan output tegangan sesuai dengan inputan referensi PLC berupa Volt.

$$y = mx + c$$

$$10 = m \cdot 9 \cdot 10^{-3} + c$$

$$\frac{5 = m \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} + c}{5 = m \cdot 8,7 \cdot 10^{-3} + c}$$

$$m = \frac{5}{8,7 \cdot 10^{-3}}$$

$$m = \frac{5000}{8,7}$$

$$= 574,7$$

Dari hasil perhitungan output tegangan diatas, diperoleh hasil penguatan (gain) sebesar 574 kali, penguatan yang digunakan pada sensor *load cell* adalah penguatan *differential* INA 125 karena mempunyai dua inputan berupa V+ dan V- maka rumus yang digunakan adalah :

$$V_{out} = (V_{in}^+ - V_{in}^-) \text{ gain}$$

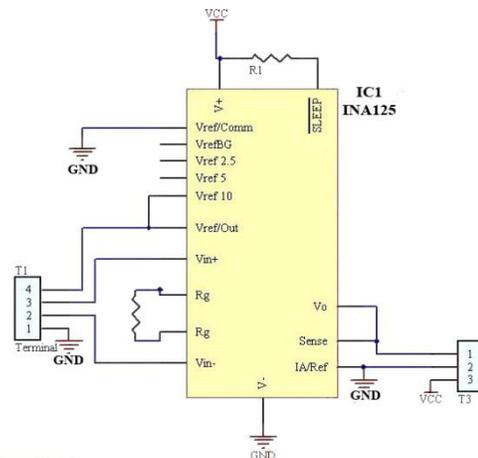
$$\text{Gain} = 4 + \left( \frac{60 \text{ k}\Omega}{R_G} \right)$$

$$574 = 4 + \left( \frac{60 \text{ k}\Omega}{R_G} \right)$$

$$R_G = 4 + \frac{60000}{574}$$

$$R_G = 100 \Omega$$

Dari perhitungan diatas, didapatkan hasil  $R_G$  sebesar 100Ω yang nantinya akan digunakan sebagai nilai resistansi pada rangkaian penguatan *differential*, seperti rumus dibawah ini :



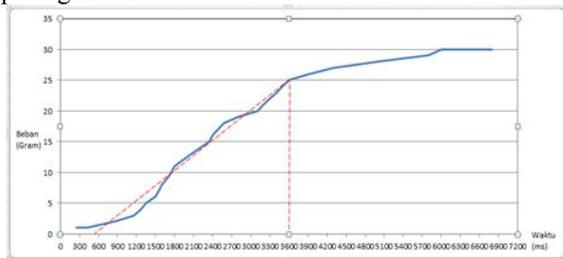
Gambar 3.4 Skema Rangkaian INA 125P

3.6 Perancangan PID

Kontroller PID mempunyai tiga parameter yaitu Konstanta Proportional (Kp), Konstanta Integral (Ki), Konstanta Derivative (Kd) yang berpengaruh pada kinerja kontroller. Untuk mendapatkan nilai dari parameter tersebut dilakukan *tuning* parameter,

dimana pada penelitian ini digunakan tuning parameter Ziegler-Nichols metode *open loop*.

Langkah pertama yaitu mengambil respon dari plant dapat diperoleh secara *eksperimental* dengan menggunakan serial monitor yang kemudian dijadikan dalam bentuk grafik seperti yang terlihat pada gambar 3.6:



**Gambar 3.5** Grafik Respon

Langkah kedua yaitu menarik garis singgung dari gambar 3.5 untuk memperoleh nilai  $X_o$  dan  $Mu$  sebagai nilai  $K_o$ .

Diketahui:  $X_o = 3,6$   
 $Mu (\tau_{dead}) = 0,55$

Hitungan:  $K_o = \frac{X_o}{Mu} = \frac{3,6}{0,55} = 6,54$

Langkah ketiga yaitu menghitung nilai  $K_c$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  sesuai aturan Ziegler-Nichols

**Tabel 3.2**Ziegler-Nichols *Open Loop*

	$K_c$	$T_i$	$T_d$
P	$K_0$		
PI	$0.9K_0$	$3.3\tau_{dead}$	
PID	$1.2K_0$	$2\tau_{dead}$	$0.5\tau_{dead}$

$K_c = 1,2 \cdot K_0 = 7,84$

$T_i = 2 \cdot \tau_{dead} = 1,1$

$T_d = 0,5 \cdot \tau_{dead} = 0,275$

Nilai  $K_i$  dan  $K_d$  didapatkan dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$K_i = \frac{K_c}{T_i} = 7,12$

$K_d = K_c \times T_d = 2,15$

Hasil *tuning* parameter PID dengan menggunakan metode kurva respon Ziegler-Nichols maka diperoleh nilai  $K_c = 7,84$ ,  $K_i = 7,12$  dan  $K_d = 2,15$

#### IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

##### 4.1 Pengujian sensor load cell

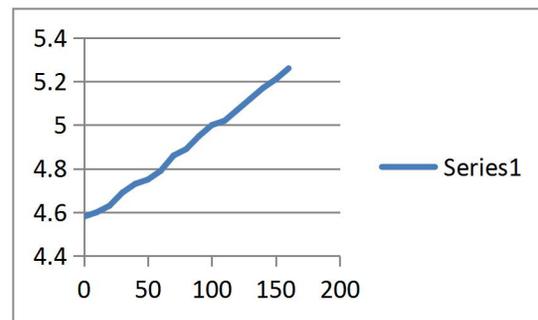
Dari hasil pengujian sensol Load Cell yang dilakukan diperoleh grafik tegangan output ( $V_{out}$ ) sensor Load Cell yang sesuai dengan *datasheet* sensor. Terlihat bahwa sensor Load Cell memiliki

kemampuan pengukuran dengan output beban sekitar 4 V sebagai *input* PLC nantinya.

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Sensor Load Cell

Berat Gr	Tegangan V			Rata-rata
0	4.57	4.59	4.58	4.58
10	4.6	4.61	4.59	4.6
20	4.63	4.64	4.62	4.63
30	4.7	4.71	4.68	4.69
40	4.75	4.72	4.73	4.73
50	4.76	4.8	4.7	4.75
60	4.8	4.83	4.76	4.79
70	4.85	4.87	4.86	4.86
80	4.9	4.92	4.87	4.89
90	4.94	4.97	4.96	4.95
100	5.01	5.03	4.96	5
110	5.04	5.04	5	5.02
120	5.07	5.09	5.05	5.07
130	5.14	5.12	5.12	5.12
140	5.19	5.19	5.14	5.17
150	5.23	5.21	5.19	5.21

Dari tabel 4.1 diperoleh grafik sebagai berikut:



**Gambar 4.2** Pengujian Load Cell

##### 4.2 Pengujian Sensor Proximity

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Sensor Proximity

Ada benda	High
Tidak ada benda	Low

Berdasarkan tabel 4.2 menunjukkan bahwa ketika ada benda yang melewatinya maka akan berlogika high, begitu pula sebaliknya jika tidak ada benda maka akan berlogika low.

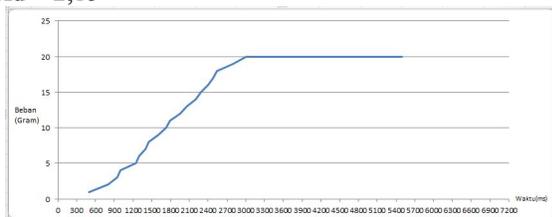
##### 4.3 Pengujian PID

Pengujian PID dengan tujuan menghasilkan presentase buka tutup *gate valve* pada sistem *packing* dengan *setpoint* 20 gram ditunjukkan pada tabel 4.4:

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian PID

NO.	BEBAN	% BUKA VALVE
1	1	100%
2	2	100%
3	3	100%
4	4	100%
5	5	100%
6	6	100%
7	7	100%
8	8	100%
9	9	100%
10	10	100%
11	11	100%
12	12	100%
13	13	100%
14	14	80%
15	15	70%
16	16	60%
17	17	50%
18	18	30%
19	19	5%
20	20	0%

Berdasarkan tabel pengujian PID menunjukkan bahwa kontrol PID telah bekerja dengan baik, dapat dilihat dari keadaan valve yang berubah-ubah sesuai berat beban dengan *setpoint*. Berikut adalah grafik pengujian PID dengan nilai  $K_c = 7,84$ ,  $K_i = 7,12$  dan  $K_d = 2,15$



**Gambar 4.3** Grafik Respon PID

Berdasarkan karakteristik tanggapan transien kinerja sistem *packing* kopi hijau dengan menggunakan kontrol PID menunjukkan respon yang baik karena tidak mengalami *overshoot* dan waktu naik yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* sangat cepat atau nilainya kecil yaitu sebesar 3000ms, serta waktu tunda yang dihasilkan sangat kecil yaitu 1750ms. Sistem *packing* kopi hijau ini juga mempunyai *error steady state* 0 karena pada sistem ini tidak mengalami osilasi.

V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Penguatan pada sensor Load Cell dikuatkan hingga 1000 kali dengan tujuan mendapatkan *output* tegangan berupa Volt agar bisa dibaca di ekspansi Omron sebagai inputan analog.
2. Secara garis besar masukan dari *silopacking* dapat dikendalikan dengan kontrol *PID*. Hal tersebut dapat terlihat secara visualisasi langsung bahwa presentase buka tutup motor DC berubah-ubah berdasar kapasitas berat yang ada di wadah kopi.
3. Dari perhitungan *PID* Ziegler Nichols diperoleh nilai  $K_c = 7,84$ ,  $K_i = 7,12$  dan  $K_d = 2,15$  dan didapat error 2,5%, ini menandakan bahwa sistem berjalan dengan baik.
4. Diperlukan suatu ulir untuk mendorong bubuk kopi jatuh, karena jika hanya dengan pengaruh gravitasi hal itu tidak memungkinkan menindak lanjuti objek yang digunakan adalah bubuk kopi yang bersifat padat (bukan cairan).

5.2 Saran

1. Untuk load cell sebaiknya menggunakan kapasitas load cell mendekati beban yang diharapkan agar lebih maksimal hasil yang didapatkan
2. Sebaiknya mempertimbangkan baik buruknya untuk menentukan metode kontrol yang akan digunakan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] W,Bolton. 2006. Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol. Jakarta: Erlangga
- [2] Frank D. Petruzella. 2002. Elektronik Industri. Yogyakarta: Andi
- [3] Mochammad Afan Arif Rahman. 2014. Rancang bangun mesin Cup sealer Semi otomatis. Surabaya: E-Journal Unesa
- [4] Anas Binazar. Perancangan Supervisory Control And Data Acquisition (Scada) Pada Proses Pengemasan Teh Dilengkapi Dengan Pelaporan Data Menggunakan Generic Data Grid
- [5] Boyer, Stuart A. 2004. SCADA Supervisory Control And Data Acquisition 3rd Edition. USA: ISA
- [6] Hendri Ardiansyah. 2013. Perancangan Simulator Sistem Pengemasan dan Penyortiran Barang berbasis PLC Twido TWDLMDA20DTK. Bandung: Jurnal Reka Elkomika

- [7] Muhammad Rifa'i. 2011. Modul Ajar Programmable Logic Controller(PLC).Malang: Politeknik Negeri Malang
- [8] Ariandana, Debit. 2009. Rancang Bangun Konveyor Untuk Sistem Sortir Berdasarkan Berat Barang. Surabaya: ITS.
- [9] Rino Wahyu. 2015. Implementasi Kontrol PID Pada Pengaturan Kecepatan Motor DC Untuk Pengepakan Kedelai Dalam Proses Pembuatan Tempe. Malang. Politeknik Negeri Malang
- [10] Eka Candra. 2000. Auto Tuning PID Berbasis Metode Osilasi Ziegler-Nichols Menggunakan Mikrokontroler AT89S52 pada Pengendalian Suhu. Semarang