

# Sistem *Crusher* Pada *Cucurbita Powder* Menggunakan Metode PID Untuk Pengembangan Laboratorium Kontrol

Fakhrizal Fivaldi, Sungkono, Totok Winarno

**Abstrak** - Labu kuning (*Cucurbita*) adalah salah satu buah yang mempunyai kandungan gizi yang cukup melimpah, namun masih sedikit orang yang memanfaatkan buah tersebut maka diperlukan inovasi untuk meningkatkan minat masyarakat untuk mengonsumsinya dengan cara mengolah buah labu menjadi suatu produk yang praktis dan tahan lama penyimpanannya. Pada awal proses pembuatan tepung labu kuning terdapat proses *crusher* atau penggilingan bahan baku, namun mesin penggiling menggunakan motor memiliki kelemahan karena apabila beban yang harus digiling bertambah, maka akan mempengaruhi kecepatan motor. Supaya kecepatan motor tetap konstan maka pengontrolan yang digunakan yaitu dengan menerapkan metode PID (*Proportional Integral Derivatif*), kontrol PID akan membandingkan nilai *set point* dengan kecepatan motor yang dibaca oleh *rotary encoder*, hasil perbandingan akan menghasilkan nilai *error* dan kemudian kecepatan motor menuju ke kondisi stabil. Perancangan kontroler PID menggunakan kurva reaksi *Ziegler Nichols* menghasilkan nilai  $K_p = 0.18$   $K_i = 0.6$  dan  $K_d = 0.135$ . Hasil yang didapatkan antara lain *rise time* (tr) sebesar 4.8 s, *settling time* (ts) 13.7 s, *peak time* (tp) sebesar 8.4 s dan *Percent Overshoot* (Po) sebesar 10.1 %. Respon sistem lebih bagus menggunakan *Trial Error* dengan *rise time* (tr) sebesar 4.7 s, *settling time* (ts) senilai 6.4 s, *peak time* (tp) sebesar 5.1 s dan *Percent Overshoot* (Po) sebesar 7.65 % yang memiliki nilai  $K_p = 0.2$ ,  $K_i = 0.03$  dan  $K_d = 0.05$ .

**Kata kunci** : labu kuning, *crusher*, kontrol PID

## I. PENDAHULUAN

Labu kuning memiliki kandungan  $\beta$ -karoten atau provitamin A yang tinggi yaitu 180 SI/ g . Labu kuning atau waluh termasuk komoditas pangan yang telah dikenal masyarakat namun pemanfaatannya masih sangat terbatas. Hal ini disebabkan

karena masyarakat masih belum terlalu menyadari akan potensi dan kandungan gizi yang dimiliki buah tersebut. Secara umum labu kuning kaya akan kandungan vitamin A, vitamin C, mineral, dan karbohidrat serta antioksidan yang bermanfaat sebagai anti kanker . Sehingga diperlukan terobosan baru untuk meningkatkan nilai ekonomis sehingga perlu diolah menjadi suatu produk yang lebih tahan lama dan praktis penyimpan, seperti tepung .

Pada pembuatan tepung labu kuning terdapat proses penggilingan (*crusher*) untuk menghaluskan bahan baku, akan tetapi mesin penggiling menggunakan motor ini memiliki kelemahan apabila beban yang digiling bertambah, maka akan mempengaruhi kecepatan motor pada proses penggilingan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Labu Kuning

Labu kuning (*Cucurbita maxima*) atau waluh merupakan bahan pangan yang kaya vitamin A, B dan C, mineral, serta karbohidrat. Daging buahnya pun mengandung antioksidan sebagai penangkal pelbagai jenis kanker. Sifat labu yang lunak dan mudah dicerna serta mengandung karoten (pro vitamin A) cukup tinggi, serta dapat menambah warna menarik dalam olahan pangan lainnya. Tetapi, sejauh ini pemanfaatannya belum optimal. Labu kuning mempunyai kandungan karbohidrat yang cukup tinggi sehingga sangat berpotensi untuk diolah menjadi tepung labu kuning. Secara lengkap labu kuning mempunyai kandungan gizi sebagai berikut :

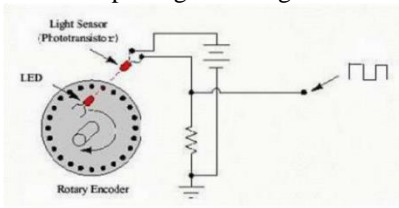
**Tabel 1** Komposisi zat gizi labu kuning per 100 gr

Komponen	Jumlah
Kalori (kal)	29
Protein (g)	1,1
Lemak (g)	0,3
Karbohidrat (g)	6,6
Kalsium (mg)	45
Fosfor (mg)	64
Besi (mg)	1,4
Vitamin A (SI)	180
Vitamin B1 (mg)	0,08 52
Vitamin C (mg)	91,2
Air (g)	77
b.d.d (%)	

2.2 Sensor Kecepatan

Sensor kecepatan yang dipakai adalah sensor *rotary encoder* adalah device elektromagnetik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. *Rotary encoder* umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah.

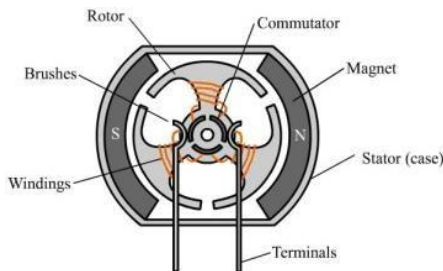
*Rotary encoder* tersusun dari suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Di sisi yang lain suatu *phototransistor* diletakkan sehingga *phototransistor* ini dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan. Apabila posisi piringan mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai *phototransistor* melalui lubang-lubang yang ada, maka *phototransistor* akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang kotak.



Gambar 1 Prinsip Kerja *Rotary Encoder*

2.3 Motor DC (*Direct Current*)

Motor DC adalah motor yang digerakkan oleh energi listrik arus searah. Konstruksi motor DC dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Konstruksi Motor DC

Terminal motor terdiri atas 2 bagian yaitu terminal positif (+) dan terminal negatif (-) yang berfungsi sebagai penghubung sumber energi listrik searah dengan motor DC. Stator merupakan badan motor yang didalamnya terdapat magnet kutub utara dan magnet kutub selatan. *Brushes* berfungsi menyalurkan arus dari sumber energi listrik menuju kumparan (*windings*) rotor yang selanjutnya rotor dan komutator berputar. Komutator berputar karena komutator sendiri adalah bagian dari rotor yang terhubung pada *brushes*.

Ketika terminal motor DC diberi energi listrik searah dengan polaritas yang sama, maka motor akan berputar searah jarum jam, dan jika polaritas energi listrik dipasang terbalik pada terminal motor maka putarannya akan terbalik atau berlawanan arah jarum jam.

2.4 Arduino Uno

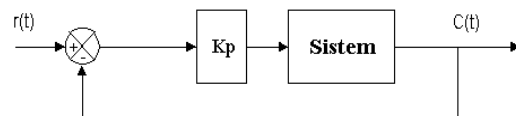
Arduino Uno adalah *board* sistem minimum berbasis mikrokontroler ATmega-328P jenis AVR. Arduino Uno memiliki 14 digital input/output (6 diantaranya dapat digunakan untuk PWM output), 6 analog input, 16 MHz osilator kristal, USB *connection*, *power jack*, ICSP *header* dan tombol *reset*.



Gambar 3 Arduino Uno

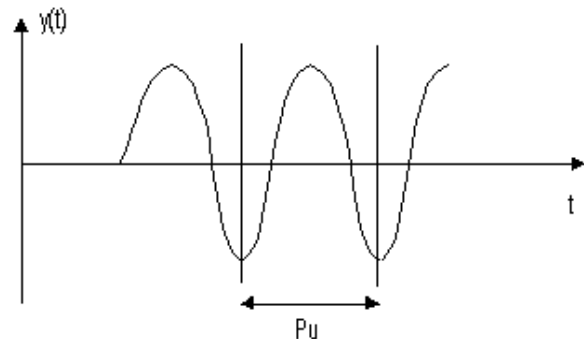
2.5 Metode PID Ziegler-Nichols II

Metode ini didasarkan pada reaksi sistem untai tertutup. Plant disusun serial dengan dengan controller PID. Semula parameter parameter integrator disetel tak berhingga dan parameter diferensial disetel nol ( $T_i = \infty ; T_d = 0$ ). Parameter proporsional kemudian dinaikkan bertahap. Mulai dari nol sampai mencapai harga yang mengakibatkan reaksi sistem berosilasi. Reaksi sistem harus berosilasi dengan magnitud tetap (*Sustain oscillation*). Gambar 4 menunjukkan rangkaian untai tertutup pada cara osilasi.



Gambar 4 Sistem Untaian Tertutup dengan Alat Kontrol Proporsional

Nilai penguatan proportional pada saat sistem mencapai kondisi *sustain oscillation* disebut *ultimate gain*  $K_u$ . Periode dari *sustained oscillation* disebut *ultimate period*  $T_u$ . Gambar 5 menggambarkan kurva reaksi untai tertutup ketika berosilasi.



Gambar 5 Kurva Respon *Sustain Oscillation*

Penalaan parameter PID didasarkan terhadap kedua konstanta hasil eksperimen,  $K_u$  dan  $P_u$ . Ziegler dan Nichols menyarankan penyetelan nilai parameter  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  berdasarkan rumus yang diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Penalaan Paramater PID dengan Metode Osilasi

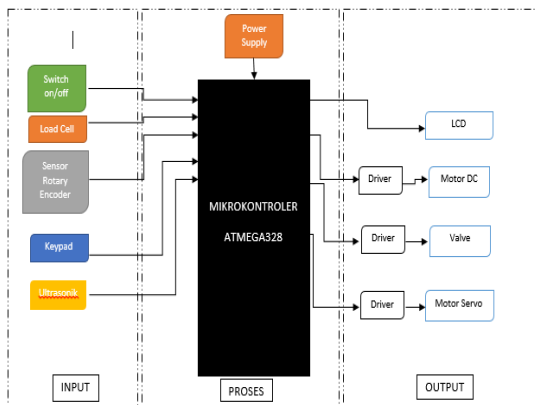
Controller	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$0,5.K_{cr}$	~	0
PI	$0,45.K_{cr}$	$P_{cr}/1,2$	0
PID	$0,6.K_{cr}$	$P_{cr}/2$	$0,125 P_{cr}$

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Spesifikasi Alat

Spesifikasi elektronik pada alat ini adalah sebagai berikut yaitu sensor yang digunakan *rotary endcoder*, *load cell*. Range kecepatan putar motor pada alat ini 1.000 - 2.000 rpm, untuk kontrollernya menggunakan arduino uno, sedangkan untuk menampilkan display menggunakan lcd 16 x 2. Motor *crusher* yang di gunakan yaitu motor dc dengan tegangan kerja 220 V, arus 2,1 A dan maksimum kecepatan 2000 rpm.

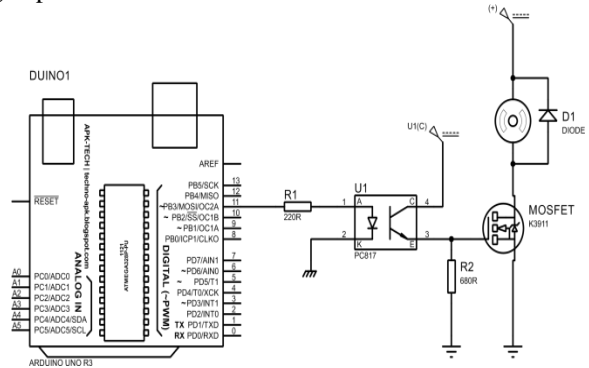
#### 3.2. Diagram Blok



Gambar 6 Diagram Blok Sistem

Prinsip kerja dari sistem *crusher* buah labu pada alat ini menakar bahan baku penggilingan labu menggunakan sensor *load cell* sebagai pengukur berat buah labu kuning dan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jumlah air yang dibutuhkan, jika kedua bahan terukur sesuai yang ditentukan maka aktuator motor servo akan membuka halangan buah labu dan valve solenoid akan membuka mengalirkan air pada tangki penggiling. Keypad berfungsi memasukkan *setpoint* kecepatan putar motor yang telah ditentukan. Proses pengendalian kecepatan motor ini didesain dengan menggunakan ATMEGA 328 sebagai pengolah data kontrol PID yang ditanamkan pada ATMEGA 328 untuk mengatur kecepatan motor pada saat proses penggilingan buah labu. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan motor yaitu *rotary encoder*, kontrol PID berfungsi untuk mengontrol

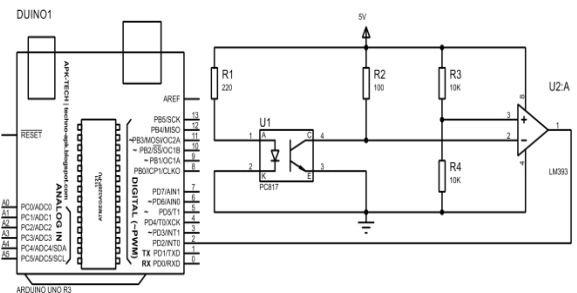
aktuator berupa motor DC yang akan menghasilkan perubahan kenaikan kecepatan motor dan penurunan kecepatan motor. LCD digunakan untuk menampilkan *setpoint* kecepatan putar motor dan mempertahankan kecepatan meskipun ada beban gilingan pada alat *crusher*.



Gambar 7 Driver Motor DC

#### 3.3 Perancangan Driver Motor

Rangkaian driver motor berfungsi untuk menggerakkan motor DC dengan cara mengatur tegangan pada motor yaitu dengan mengatur besar *duty cycle* melalui program pada mikrokontroler. Driver motor yang digunakan adalah driver mosfet yang berfungsi sebagai penguat karena tegangan keluaran dan keluaran arus mikrokontroler terlalu kecil yaitu 4,8V dan 4mA sampai 20 mA (*datasheet*) sedangkan tegangan motor sebesar 220V. Jika mikrokontroler langsung terhubung dengan motor, maka akan terjadi kerusakan pada mikrokontroler.



Gambar 8 Rangkaian Dalam Modul Sensor Rotary Encoder

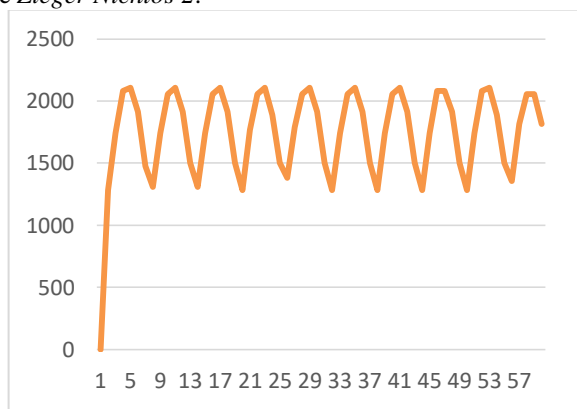
#### 3.4 Perancangan Rangkaian Sensor Kecepatan

Sensor *rotary encoder* merupakan rangkaian yang berbentuk modul dimana pada rangkaian ini terdapat LED sebagai *transmitter* berupa cahaya dan phototransistor sebagai receiver cahaya tersebut. Kedua komponen tersebut dipasang berhadapan pada satu tempat dan dipisahkan oleh piringan (*rotary disc*). *Rotary disc* berbentuk lingkaran dan terdapat bagian yang berlubang dan tidak berlubang di tepinya. Bagian yang berlubang dimaksudkan untuk meneruskan cahaya yang dipancarkan transmitter untuk dapat diterima oleh receiver, dan bagian yang tidak berlubang dimaksudkan untuk menghalangi cahaya tersebut. Sensor *rotary encoder* membutuhkan tegangan minimal 3.3V hingga tegangan maksimal 5.5V untuk pengaktifannya.

### 3.5 Perancangan Sitem Kontrol PID

Pada perancangan kontroler PID bertujuan untuk memperoleh nilai dari parameter – parameter yang digunakan pada sistem pengendali kecepatan motor. Adapun penggunaan kontroler ini akan berpengaruh untuk mengurangi *error* dari sistem yang sedang berjalan. Diharapkan dengan adanya penambahan kontroler PID, sistem pengendalian kecepatan motor dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan dan mampu mencapai *set point*

yang ditentukan. Perancangan dilakukan untuk menentukan nilai  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  dari *plan* yang terkontrol, perancangan dilakukan dengan memberi masukan berupa unit step pada *plan* sehingga didapatkan respon. Dari respon tersebut dapat dilihat kurva respon berupa kurva S atau osilasi. Apabila respon berupa kurva S maka digunakan metode *Zieger Nichlos 1* dan apabila respon berupa osilasi maka digunakan metode *Zieger Nichlos 2*.



Gambar 9 Grafik Pengujian Sistem nilai  $K_p = 0.3$  dengan *Set point* 2.000 rpm

Gambar 9 adalah hasil grafik dengan pemberian konstanta  $K_p = 0,3$  serta  $K_i$  dan  $K_d$  masing-masing bernilai 0 serta *setpoint* kecepatan diberi 2.000 rpm. Pada saat nilai  $K_p$  bernilai kurang dari 0.3 maka hasil *rise time* sangat lambat, sedangkan saat nilai  $K_p$  bernilai lebih dari 0.3 maka hasil *error* osilasi sangat besar. Dimana konstanta  $K_p$  adalah nantinya berubah menjadi  $K_u$  apabila telah ditemukan respon sistem berosilasi.

Tabel 3 Tuning PID *Zieger Nichlos 2*

Controller	$K_p$	$T_i$	$T_d$
<b>P</b>	$0,5.K_{cr}$	~	0
<b>PI</b>	$0,45.K_{cr}$	$P_{cr}/1,2$	0
<b>PID</b>	$0,6.K_{cr}$	$P_{cr}/2$	$0,125 P_{cr}$

Dari grafik diatas diperoleh nilai sebagai berikut

$$K_p = K_{cr} = 0,3$$

$$P_{cr} = 35s - 29s$$

$$= 6s$$

Dari nilai  $K_{cr}$  dan  $P_{cr}$  diperoleh nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  menurut tabel 3 sebagai berikut :

$$K_p = 0,6 \times K_{cr} = 0,6 \times 0,3 = 0,18$$

$$T_d = 0,125 \times P_{cr} = 0,125 \times 6 = 0,75$$

$$K_d = K_p \times T_d = 0,18 \times 0,75 = 0,135$$

$$T_i = 0,5 \times P_{cr} = 0,5 \times 6 = 3$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{0,18}{3} = 0,6$$

## IV. HASIL DAN ANALISA

### 4.1 Pengujian Rangkaian Driver Motor DC

Pengujian rangkaian driver motor DC ini dilakukan dengan mengubah-ubah nilai *duty cycle* dari 0% hingga 100%.

Tabel 4 Hasil Pengujian Driver Motor DC

Duty %	Cycle	Tegangan Motor (VDC)
0		0
10		14,3
20		28,7
30		43,1
40		58,7
50		72,6
60		87,4
70		101,1
80		116,5
90		130,6
100		144,2

Berdasarkan hasil pengujian rangkaian driver motor DC adalah semakin besar nilai *duty cycle* semakin tinggi tegangan motor.

### 4.2 Pengujian Sensor Rotary Encoder

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor kecepatan dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mengatur nilai *duty cycle* melalui program pada *microcontroller* yang selanjutnya melihat dan membandingkan besar kecepatan putar motor yang terlihat ada LCD dengan pembacaan pada *tachometer*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

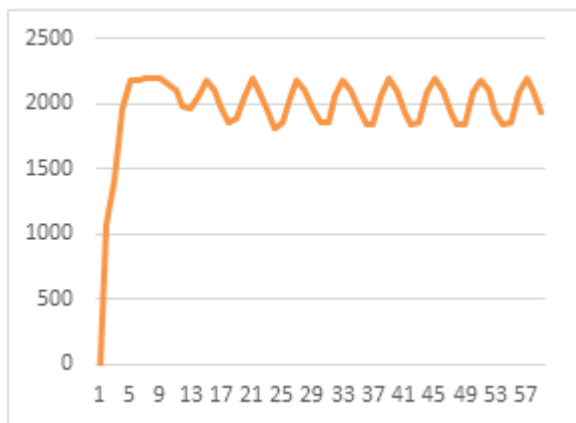
**Tabel 5** Hasil pengujian Sensor Kecepatan

Tachometer (rpm)	Sensor (rpm)	Error (%)
982	1000	1,83
1088	1100	1,1
1184	1200	1,135
1288	1300	0,93
1390	1400	0,72
1492	1500	0,54
1594	1600	0,38
1690	1700	0,6
1800	1800	0
1890	1900	0,53
1988	2000	0,6
Rata-Rata		0,78

Tabel 5 merupakan hasil pembacaan dari sensor kecepatan yang ditampilkan pada LCD dengan hasil pembacaan pada *Tachometer*. Akan tetapi hasil pembacaan antara sensor kecepatan dan *tachometer* menunjukkan perbedaan yang disebut dengan *error*.

4.3 Pengujian Kontrol PID Pada Crushing Motor Tanpa Beban

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan dengan menerapkan nilai parameter PID pada rancangan kontroler pada Bab III. Pada perhitungan tersebut didapatkan nilai  $K_p = 0.18$ ,  $K_i = 0.6$ , dan  $K_d = 0.135$ . Berikut adalah respon motor dc (motor penggiling) pada saat proses *crusher* buah labu kuning dari hasil perhitungan:



Gambar 10 Grafik Respon Hasil Perhitungan PID

Dengan nilai parameter kontroler *Ziegler Nichols* yang telah dihitung pada perhitungan metode *Ziegler Nichols*, selanjutnya untuk mendapatkan respon yang diinginkan maka digunakan metode *handtuning (trial error)*. Metode ini dilakukan dengan cara merubah nilai parameter  $K_p$ ,  $K_i$  atau

$K_d$  sampai menemukan respon yang diinginkan. Berikut adalah gambar grafik dari hasil respon pada metode *trial error* dengan  $K_p = 0,2$ ,  $K_i = 0,03$  dan  $K_d = 0,05$  :

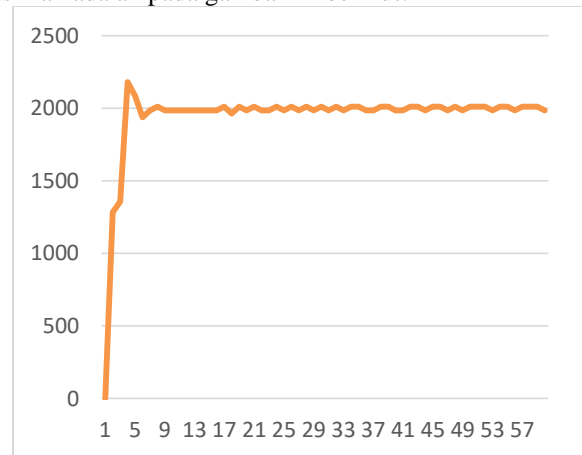
**Tabel 6** Perbandingan Karakteristik Tanggapan Peralihan Respon PID antara Perhitungan dengan *Trial Error*

Karakteristik Tanggapan Peralihan	Perhitungan	<i>Trial Error</i>
<i>Rise Time</i> (ts)	4,8 s	4,7 s
<i>Peak Time</i> (tp)	8,4 s	5,1 s
<i>Percent Overshoot</i> (PO)	10,1%	7,65%
<i>Error Steady State</i> (ESS)	5,25 %	2,85%
<i>Setling time</i> (ts)	13,7 s	6,4 s

Dapat dilihat pada tabel 6 dengan nilai *maximum overshoot* (mp) dan ESS secara perhitungan hasil respon tersebut sudah bisa dikatakan bagus karena *overshoot* tidak terlalu tinggi dan osilasi sudah mampu diredam. Tetapi jika melihat waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai *set point* 2.000 rpm dengan waktu tercepat yang didapat berdasarkan analisa adalah hasil respon dengan metode *trial error*.

4.5 Pengujian Sistem Dengan Beban

Untuk pengujian sistem dengan beban, pada pengujian ini menguji kontrol PID yang diberi gangguan berupa beban yang dimasukkan ke dalam *crushing motor* pada saat awal sistem sebelum diaktifkan. Beban yang diberikan sejumlah 0.5 kg dan 1 kg. Gangguan yang diberikan berbeda untuk melihat respon sistem yang dihasilkan dan waktu yang dibutuhkan untuk menggiling buah labu kuning dan bahan pengisi. Dengan memberikan nilai  $K_p = 0,2$ ,  $K_i = 0,03$  dan  $K_d = 0,05$  dengan set point 2.000 rpm dan beban 0.5 kg grafik yang dihasilkan adalah pada gambar 14 berikut:



Gambar 11 Grafik Respon Sistem 2.000 rpm Beban 0.5 kg

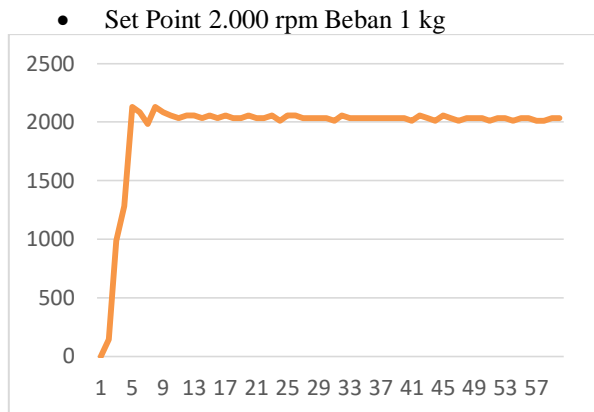
- Set Point 2.000 rpm Beban 0,5 kg

Dengan nilai parameter kontroler PID yang telah didapat dari nilai *trial and error*, didapatkan respon sistem dengan unjuk kerja yang ditunjukkan pada tabel 7.



Tabel 7 Karakteristik Respon dengan SP 2.000 rpm Beban 0.5kg

Performa Respon Kurva	Hasil
<i>tr</i> (rise time)	4,3s
<i>ts</i> (settling time)	8,2s
<i>tp</i> (peak time)	4,9s
<i>Po</i> (percent overhoot)	4,94%



Gambar 12 Grafik Respon Sistem 2.000 rpm Beban 1 kg

Dengan nilai parameter kontroller PID yang telah diperoleh,

Tabel 8 Karakteristik Respon dengan SP 2.000 rpm Beban 1 kg

Performa Respon Kurva	Hasil
<i>tr</i> (rise time)	5,7s
<i>ts</i> (settling time)	9,3s
<i>tp</i> (peak time)	5,9s
<i>Po</i> (percent overhoot)	3,56%

Untuk membandingkan hasil respon sistem yang diperoleh pada pengujian sebelumnya dapat dirangkum yang ditunjukkan pada tabel 9 sebagai berikut :

Tabel 9 Perbandingan Karakteristik Sistem tanpa beban, beban 0.5 kg dan 1 kg

Performa Respon Kurva	Tanpa Beban	0,5 kg	1 kg
<i>tr</i> (rise time)	4,8s	4,3s	5,7s
<i>ts</i> (settling time)	6,6s	8,2s	9,3s
<i>tp</i> (peak time)	5,1s	4,9s	5,9s
<i>Po</i> (percent overhoot)	4,22%	4,94%	3,56%

Berdasarkan tabel 9 perbandingan antara massa 0.5 kg dengan massa 1 kg pada Set point 2000 adalah semakin besar berat buah labu yang dimasukkan ke dalam *crusher* maka

semakin lambat hasil respon sistemnya. Bisa dilihat pada tabel *settling time* lambat meskipun *rise time* sudah cepat.

## V. PENUTUP

Dari hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penentuan nilai parameter PID untuk mencapai sistem yang stabil yaitu menggunakan metode *Zieger – Nichlos II* dan diperoleh nilai parameter untuk pengaturan motor *crusher* didapatkan nilai  $K_p = 0.18$ ,  $K_i = 0.6$ , dan  $K_d = 0.135$ . Memiliki *rise time* (*tr*) sebesar 4,8 s, *settling time* (*ts*) 13,7 s, *peak time* (*tp*) 8,4 s dan *Percent Overshoot* (*Po*) sebesar 10,1 %.
2. Untuk hasil respon sistem dengan perancangan dirasa kurang baik sehingga diperbaiki dengan *trial error* ditemukan nilai  $K_p = 0.2$ ,  $K_i = 0.03$  dan  $K_d = 0.05$  Memiliki *rise time* (*tr*) sebesar 4.7 s, *settling time* (*ts*) 6.4 s, *peak time* (*tp*) 5.1 s dan *Percent Overshoot* (*Po*) sebesar 7.65 %.
3. Beban buah labu di sini berfungsi sebagai gangguan pada kontrol. Jumlah beban buah labu yang diproses pada motor *Crusher* dengan metode *PID* mempengaruhi karakteristik sistem. Itu mempengaruhi kecepatan motor DC yang berubah seiring waktu.

Untuk saran dari hasil perancangan dan pengujian pada alat motor *crusher* cucurbita powder sebagai berikut:

1. Untuk motor yang digunakan bisa diganti dengan motor AC untuk membandingkan kinerja motor *crusher* AC dengan Motor DC.
2. Diberikan sistem otomatis pada pengeluaran hasil penggilingan buah labu

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suyanto, Agus. 2017. *Betakarotin, Antioksidan Dan Mutu Hedonik Minuman Instan Labu Kuning (Cucurbita moschata Dutch) Berdasarkan Konsentrasi Maltodekstrin*. Fakultas Ilmu Keperawatan Dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Semarang.
- [2] Kamsiati, E. 2010. Peluang Pengembangan Teknologi Pengolahan Keripik Buah Dengan Menggunakan Penggorengan Vakum. *Jurnal Litbang Pertanian* Vol.29 No.2 Tahun 2010.
- [3] Hendrasty, H.K, 2003. *Tepung Labu Kuning Pembuatan dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta: Kanisius.
- [4] Departemen Kesehatan RI 1996.
- [5] Arsyah, Havan. 2016. *Implementasi Kontroler PID pada Sistem Kontrol Kecepatan Putar Motor DC untuk Mobil Anak Berbasis Android*. S1 Teknik Elektro, Universitas Telkom.
- [6] Putranto, Pradana Perwira. 2016. *Implementasi Metode PI (Proportional Integral) Pada Pengaturan Kecepatan Crusher Motor Dalam Proses Ekstraksi Buah Apel kecepatan Scrusher motor apel dikontrol menggunakan metode PI (Proportional Integral)*. Malang : Politeknik Negeri Malang
- [7] Hamida, Fahmawati. 2017. *Kontrol Kecepatan Putar Motor Pada Prose Pengadukan Alat Pembuatan Sirup Jahe Menggunakan Metode PID*. Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
- [8] Ogata, K., 1997, *Teknik Kontrol Automatik*, Jilid 2, Edisi 2, Erlangga, Jakarta.