

Penerapan PID Control Untuk Pengendalian Kecepatan *Spinner* Motor Pada Proses Ekstrak Buah Sirsak Menggunakan *DCS (Distributed Control System)*

Isti Komalia , Tarmukan , Yulianto

Abstrak — Buah sirsak adalah buah yang memiliki daya simpan yang pendek dan memiliki kandungan vitamin C tinggi yang dapat membantu untuk meningkatkan sistem imun. Dengan dijadikannya menjadi bubuk sari sirsak akan membuat daya simpan yang lebih panjang dan mempertahankan kandungan vitamin C didalamnya. Untuk proses ekstrak buah sirsak menjadi bubuk terdapat empat proses yaitu *crusher* (penghancur), *spinner* (penyaring), *mixer* (pencampuran), dan *dryer* (pemasanan). Proses *spinner* (penyaringan) digunakan untuk mempermudah penyaringan sari sirsak yang akan diproses menjadi bubuk nantinya. Pada proses ini kecepatan *spinner* motor di kontrol menggunakan metode PID yang terdapat pada *DCS (Distributed Control System)*. Untuk sensor kecepatannya menggunakan sensor rotary encoder. Perancangan controller PID menggunakan metode Ziegler Nichols II menghasilkan $K_p = 0.049$, $T_i = 2.5$, dan $T_d = 0.625$. Hasil yang didapatkan antara lain *delay time* (td) 0.5 s, *rise time* (tr) 4 s, *peak time* (tp) 8 s, *maximum overshoot* (mo) 6.67%, ESS batas atas 3.33%, ESS batas bawah 1.67%, *setling time* (ts) 21 s. Pengujian dilakukan dengan mengubah beban dari tanpa beban namun dengan kecepatan yang sama. Semakin besar beban maka waktu *spinning* semakin lama. Dan pengujian juga dilakukan dengan mengubah kecepatan namun dengan beban tetap. Semakin cepat putaran *spinner* motor maka nilai *overshoot* dan *setling time* semakin kecil.

Kata kunci : *DCS, Spinner-Motor, PID-Control, Rotary-Encoder, Buah-Sirsak, Miniplant.*

I. PENDAHULUAN

Sirsak memiliki banyak kandungan positif untuk kesehatan manusia yang terkandung didalam buah, daun, dan juga pohonnya. Buah sirsak mengandung banyak vitamin C, serat dan nutrisi yang baik untuk tubuh. Buah sirsak merupakan buah yang banyak ditemui di daerah tropis. Namun buah sirsak ini memiliki masa simpan yang tidak lama.

Buah sirsak yang telah dipanen akan mulai mengalami proses pematangan pada 3-5 hari setelahnya, dan sisa waktu penyimpanannya hanya 2-3 hari setelah proses pematangan

tersebut walaupun didinginkan. Jadi total waktu penyimpanan adalah sekitar 5-8 hari setelah masa panen.

Parameter kritis yang dipilih untuk mendinga umur simpan buah sirsak adalah kadar air. Sehingga untuk memperpanjang umur penyimpanannya buah sirsak dapat dijadikan bubuk dengan mengurangi kadar air didalamnya. Untuk proses dari buah sirsak menjadi bubuk terdapat beberapa tahapan yaitu *crusher* (penghancur), *spinner* (penyaring), *mixer* (pencampuran), dan *dryer* (pemasanan).

Perkembangan teknologi di dunia industri semakin cepat. Salah satu bidang yang terus mengalami perkembangan adalah bidang otomasi industri yaitu sistem kontrolnya. Salah satu sistem kontrol yang sering digunakan di industri yaitu *DCS (Distributed Control System)* dan *SCADA (Supervisory Control dan Data Acquisition)*.

Dalam sebuah industri, penggunaan kontrol *DCS* dapat diimplementasikan dalam berbagai plant industry, salah satunya adalah *motor speed control*. *Motor Speed Control* merupakan salah satu proses yang sangat umum digunakan dalam sebuah industri karena motor memiliki peranan yang sangat penting dalam sebuah industri.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sirsak

Buah sirsak merupakan salah satu sumber antioksidan yang potensial. Antioksidan merupakan substansi penting dalam tubuh yang mampu menghambat reaksi oksidasi dengan mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif. Radikal bebas pada umumnya dapat mempunyai efek yang sangat menguntungkan, seperti membantu destruksi sel-sel mikroorganisme dan kanker. Akan tetapi, produksi radikal bebas yang berlebihan dan produksi antioksidan yang tidak memadai dapat menyebabkan kerusakan sel-sel jaringan dan enzim-enzim.

2.2 *DCS (Distributed Control System)*

DCS juga merupakan suatu kontrol jaringan komputer yang dikembangkan untuk tujuan monitoring dan pengontrolan proses variabel pada proses industri. Sistem ini dikembangkan melalui penerapan teknologi *microcomputer*, *software* dan *network*. Sistem *hardware* dan *software* mampu menerima sinyal input berupa sinyal analog, digital maupun pulsa dari peralatan instrument di lapangan. Kemudian melalui fungsi *feedback control* sesuai algoritma kontrol maupun *sequence program* yang telah ditentukan, sistem akan menghasilkan sinyal output analog maupun digital yang

Isti Komalia adalah mahasiswa D4 Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang, email : istikomalia0066@gmail.com

Tarmukan dan Yulianto adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, email : tarmukan@polinema.ac.id, yulianto@polinema.ac.id

selanjutnya digunakan untuk mengendalikan *final control element* (kontrol *valve*, kontrol motor, dll) maupun untuk tujuan *monitoring*, *reporting*, dan *alarm*. Perlu diperhatikan disini bahwa fungsi kontrol tidak dilakukan secara terpusat, melainkan ditempatkan di dalam *satellite room (out station)* yang terdistribusi dilapangan (*field*). Setiap unit proses biasanya memiliki sebuah *out station*, di dalam *out station* tersebut terdapat peralatan controller (*control station & monitoring station*). Oleh karena peralatan tersebut berfungsi sebagai fasilitas untuk koneksi dengan peralatan instrumen lapangan (*instrument field devices*), maka peralatan tersebut sering juga disebut sebagai *process connection device*.

Fungsi DCS

- DCS berfungsi sebagai alat untuk melakukan kontrol suatu *loop system* dimana satu *loop* bisa terjadi beberapa proses kontrol.
- Sebagai pengganti alat kontrol manual dan auto yang terpisah - pisah menjadi suatu kesatuan, sehingga lebih mudah untuk pemeliharaan dan penggunaannya.
- Sarana pengumpul data dan pengolahan data agar didapat suatu proses yang benar-benar diinginkan.

2.3 Gaya Sentrifugal

Gaya Sentrifugal ini bekerja jika seseorang bergerak melingkar. Arah gaya ini keluar dari pusat lingkaran. Sentrifugal berarti menjauhi pusat lingkaran. Sehingga gaya sentrifugal merupakan efek semu yang timbul ketika sebuah benda melakukan gerak melingkar dengan arah menjauhi pusat lingkaran

Berikut ini rumus persamaan gaya sentrifugal :

$$a_s = \omega^2 \cdot r \quad (1)$$

$$F_s = m \cdot a_s = m \cdot \omega^2 \cdot r \quad (2)$$

Dimana:

F_s = gaya sentrifugal (Newton)

a_s = percepatan sentrifugal (m/s²)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

r = jari-jari rotasi (m)

m = massa benda yang diputar (kg)

2.4 Konsep PWM (*Pulse Width Modulation*)

Pengaturan lebar modulasi atau PWM dipergunakan di berbagai bidang, salah satu diantaranya adalah : *speed control* (kendali kecepatan), *power control* (kendali sistem tenaga), *measurement and communication*. Modulasi lebar pulsa (PWM) dapat diperoleh melalui sebuah gelombang kotak yang mana *duty cycle* gelombang dapat diubah-ubah untuk mendapatkan sebuah tegangan keluaran yang bervariasi yang merupakan nilai rata-rata dari gelombang tersebut.

2.5 Sensor Kecepatan

Sensor kecepatan yang dipakai adalah *rotary encoder*. *Rotary encoder* umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh *rotary encoder*.

2.6 Motor DC

Motor DC adalah motor yang digerakkan oleh energi listrik arus searah. Salah satu jenis motor DC adalah motor DC magnet permanen. Motor DC tipe ini banyak ditemui penggunaannya baik di industri maupun di rumah tangga. Pada umumnya, penggunaan motor DC jenis ini adalah untuk sumber-sumber tenaga yang kecil, seperti pada rumah tangga dan otomotif.

2.7 Screw Conveyor

Screw conveyor merupakan salah satu jenis alat pemindah bahan yang berbentuk ulir. *Screw Conveyor* berfungsi untuk memindahkan material curah serta dapat pula untuk mencampurkan, memampatkan material yang dipindahkan dengan merubah tipe ulir. Bagian utama *screw conveyor* adalah poros yang dilengkapi screw yang berputar dalam *casing*, poros tersebut diputar oleh motor yang terletak pada sisi luar *casing*. Alat ini pada dasarnya berbentuk mirip sekrup. Plat berpilin ini disebut *flight*.

2.8 PID Controller

PID Controller (dari singkatan Bahasa Inggris: *Proportional - Integral - Derivative controller*) merupakan controller untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut.

Untuk menentukan nilai PID (K_p, K_i, K_d) dapat dilakukan dengan berbagai macam metode yaitu *Ziegler-Nichols I*, *Ziegler-Nichols II* dan juga *Trial and Error*.

2.9 Tanggapan Peralihan

Sistem dengan tenaga tidak dapat memberikan tanggapan seketika dan akan menunjukkan tanggapan peralihan walaupun diberi masukan ataupun gangguan.

Tanggapan peralihan sistem kontrol terhadap masukan unit step umumnya dikelompokkan sebagai berikut :

- 1) *Delay Time* / Waktu Tunda, t_d
Waktu yang dibutuhkan oleh output untuk mencapai setengah harga akhir pada saat lonjakan pertama
- 2) *Rise Time* / Waktu Naik, t_r
Waktu yang dibutuhkan oleh output agar bertambah dari 10% menjadi 90% dari nilai akhir.
- 3) *Peak Time* / Waktu Puncak, t_p
Waktu yang dibutuhkan oleh output untuk mencapai puncak pertama lonjakan (maksimum)
- 4) *Maximum Overshoot* / Lonjakan Maksimum, M_p
Merupakan nilai puncak kurva output diukur dari satu.

$$M_p = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)} \times 100\% \quad (3)$$

dengan $c(t_p)$ = nilai output pada saat lonjakan maksimum.

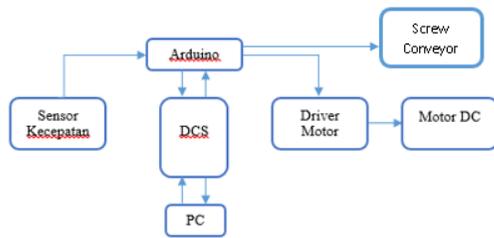
$c(\infty)$ = nilai output pada saat keadaan mantap.

- 5) *Settling Time* / Waktu Turun, t_s
Waktu yang dibutuhkan oleh output untuk mencapai harga tertentu dan tetap dalam *range* nilai akhir (biasanya 5% atau 2%)

III. METODE PENELITIAN

3.1 Prinsip Kerja

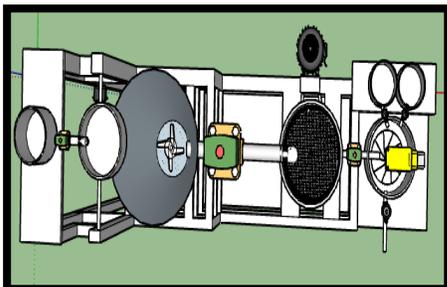
Prinsip kerja dari pengontrolan putaran motor DC untuk *spinner* ekstrak buah sirsak. Pertama buah sirsak yang sudah di-*crusher* dan telah diberikan campuran air berbanding 1:1 langsung disalurkan melalui *screw conveyor* ke tabung *spinner*. Kemudian tabung *spinner* ditutup. PC digunakan untuk memasukkan nilai *set point* kecepatan motor DC yang ingin dicapai dan juga digunakan untuk menampilkan *set point* dan kecepatan putar motor DC (*monitoring*). Dengan gaya sentrifugal, *separator spinner* akan memisahkan ampas buah sirsak dengan sari sirsak. Setelah *set point* dimasukkan maka DCS (*Distributed Control System*) akan mengolah data dengan membandingkan pembacaan kecepatan putar motor DC oleh sensor kecepatan dengan *set point* yang telah ditentukan. Kontrol PID dalam DCS akan mengontrol kecepatan motor DC agar *set point* yang telah ditentukan bisa tercapai. Perbandingan antara kecepatan putar dengan *set point* akan menghasilkan *error*. Sehingga, DCS yang didalamnya terdapat kontrol PID secara otomatis mengontrol kecepatan putar motor agar sesuai atau mendekati *set point*. Kemudian, sari buah sirsak jatuh ke penampung di dalam *spinner* yang selanjutnya mengalir menuju proses mixing ekstrak buah sirsak.



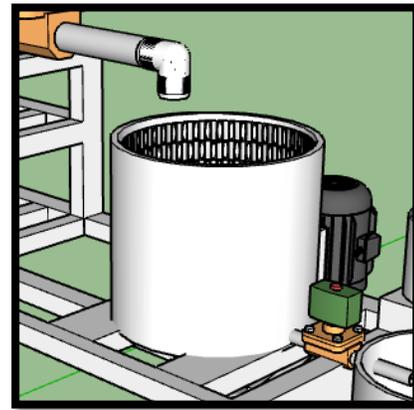
Gambar 1. Diagram Blok Sistem

3.2 Perencanaan dan Pembuatan Mekanik

Perencanaan dan Pembuatan Mekanik :



Gambar 2. Tampak Atas Keseluruhan Sistem



Gambar 3. Spinner Ekstrak Buah Sirsak

Berikut spesifikasi alat yang akan digunakan dalam penelitian:

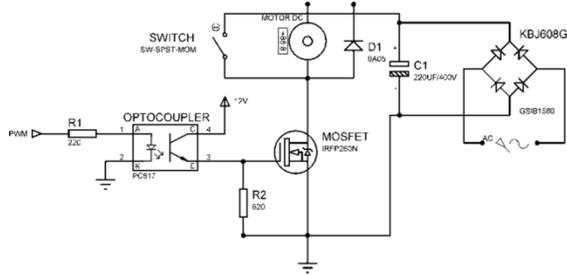
1. Dimensi
 - Panjang : 100 cm
 - Lebar : 60 cm
 - Tinggi : 210 cm
2. Bahan
 - Spinner : Stainless Steel
 - Rangka Alat : Besi
3. Warna
 - Spinner : Metallic Silver
 - Rangka Alat : Besi
4. Sensor : Sensor Rotary Encoder
5. Processor : DCS SIMATIC PCS7

Spesifikasi DCS SIMATIC PCS7 :

- Power Supply : PS 307 24 VDC
 - Sinyal Input : 4 – 20 mA / 0 – 10 VDC
 - Sinyal Output : 4 – 20 mA / 0 – 10 VDC
 - CPU 416-2 : 416-2XN05-0AB0
 - CP 443-1 : 443-1EX20-0AA0
 - Bus Address : IM 153-2
 - Digital Input : DI 32 x DC 24V (321-1BL00-0AA0)
 - Digital Output : DO 16 x REL AC 120/230V (322-1H01- 0AA0)
 - Analog Input : AI 8 x 16 BIT (331-7NF00-0AB0)
 - Analog Output : AO 8 x 12 BIT (322-5HF00-0AB0)
6. Actuator
 - Spinner : Motor DC
 - Screw Conveyor : Motor DC
 7. Display : PC
 8. Tegangan Kerja
 - Arduino UNO : 5 V DC
 - Aktuator Spinner : Motor DC (180 VDC)
 - Aktuator Screw Conveyor : Motor DC (12 VDC)
 9. Sumber Daya
 - Sumber : 220 VAC

3.3 Perencanaan Elektronik

3.3.1 Perancangan Driver Motor



Gambar 4. Driver Motor Spinner

Pada perancangan driver motor ini didapatkan bahwa untuk menggerakkan *spinner* diperlukan tegangan maksimum 180 VDC dan arus maksimum 5 A. Untuk mendapatkan tegangan 180 V didapatkan dari penyearah tegangan yaitu *autotrafo* yang diatur menjadi 127,27 V.

$$V_{rms} = \frac{V_{Max}}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

$$= \frac{180}{\sqrt{2}}$$

$$= 127.27 \text{ V}$$

Rangkaian driver motor DC tersebut menggunakan PC817, *Optocoupler* ini adalah untuk mentrigger MOSFET IRFP260n. mosfet ini adalah tipe NPN atau MOSFET aktif apabila diberi logika “1” (high) maka Pada Gate MOSFET IRFP260n diberikan pulldown resistor agar logika yang terdapat pada MOSFET tidak mengambang. Dioda pada motor digunakan untuk pengaman arus balik agar tidak masuk ke driver motor. Dioda tipe 6A05 dipasang paralel pada motor DC. Anoda dioda dipasang searah dengan kutub negatif (-) motor DC menuju drain MOSFET.

3.3.2 Perancangan DAC (Digital to Analog Converter)

Rangkaian DAC merupakan rangkaian untuk mengubah data sinyal digital menjadi analog dari arduino menuju DCS. Dimana sinyal digital dari arduino berupa PWM dengan tegangan maksimum 5V (V_{in}) dan analog input DCS membutuhkan data berupa sinyal analog dengan tegangan 0 – 10V. Pada rangkaian DAC ini terdapat dua proses yaitu *low pass filter* dan penguat *non-inverting* untuk menguatkan tegangan input (V_{in}) yang hanya memiliki tegangan maksimum 5V sedangkan analog input DCS membutuhkan tegangan sebesar 0 – 10V.

- LPF RC (*Low Pass Filter*)

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (5)$$

$$2,192 \text{ Hz} = \frac{1}{(2.3,14.R1.0,000022)}$$

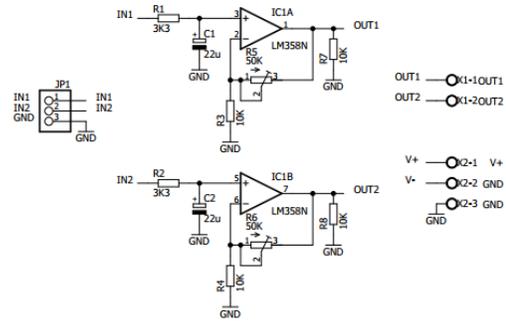
$$R_1 = 3311,26 \Omega$$

- Penguat *Non-Inverting*

$$V_{out} = (R_5/R_3 + 1)V_{in} \quad (6)$$

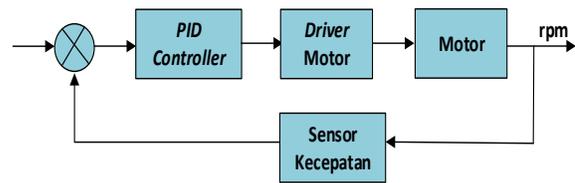
$$10 = (R_5/10000 + 1)5$$

$$R_5 = 10K \Omega$$



Gambar 5. Rangkaian DAC

3.4 Perancangan PID Controller



Gambar 6. Diagram Blok Kontrol PID

Input kontrol PID berupa *error* yaitu selisih antara *set point* dan *current value* yang terukur dari sensor kecepatan. Kontrol PID ini berada di DCS. Keluaran dari PID ini berupa sinyal analog yang kemudian di kondisikan menjadi PWM di dalam arduino yang diatur *duty cycle* nya kemudian masuk ke driver motor.

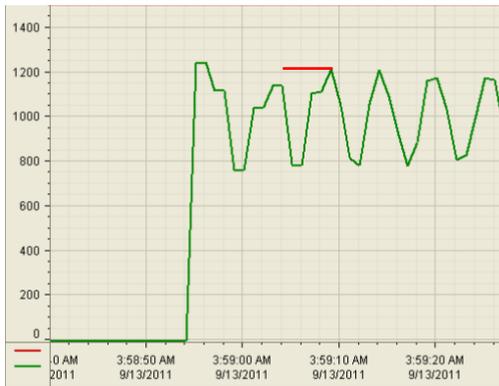
Perancangan PID dilakukan untuk menentukan nilai K_p , K_i dan K_d dari *plant spinner motor*. Perancangan ini dilakukan dengan menggunakan metode *Ziegler Nichols 2*.

Cara yang dilakukan untuk menemukan nilai PID adalah memberikan nilai 0 pada K_i dan K_d . Kemudian nilai K_p dimasukan dari nilai yang terkecil sampai menemukan nilai dimana respon sistem akan berisolasi, dengan syarat respon harus berisolasi dengan stabil.

Saat respon berisolasi, maka nilai K_p adalah K_{cr} (K_p kritis). Sedangkan untuk nilai periode pada gelombang disebut P_{cr} . Setelah diperoleh nilai K_{cr} dan P_{cr} , maka nilai K_p , T_i dan T_d dapat diperoleh melalui rumus *Ziegler Nichols 2*, dengan rumus sebagai berikut :

Tabel 1. Rumus *Ziegler Nichols 2*

Tipe Pengendalian	K_p	T_i	T_d
P	0,5 K_{cr}	∞	0
PI	0,45 K_{cr}	$\frac{1}{1.2} P_{cr}$	
PID	0,6 K_{cr}	0,5 P_{cr}	0,125 P_{cr}



Gambar 7. Grafik pada motor saat berisolasi pada Kp 0.082

Diketahui :

$K_{cr} = 0.082$

$T_1 = 3:59:09$

$T_2 = 3:59:14$

$P_{cr} = T_2 - T_1$ (7)
 $= 3:59:14 - 3:59:09$
 $= 5 \text{ s}$

• Perhitungan Kp:

$K_p = 0.6 P_{cr}$ (8)
 $= 0.6 \times 0.082$
 $= 0.049$

• Perhitungan Ti :

$T_i = 0.5 K_{cr}$ (9)
 $= 0.5 \times 5$
 $= 2.5$

• Perhitungan Td :

$T_d = 0.125 K_{cr}$ (10)
 $= 0.125 \times 5$
 $= 0.625$

Dari perhitungan menggunakan Ziegler-Nichols 2 didapatkan nilai $K_p = 0.049$, $T_i = 2.5$, $T_d = 0.625$.

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian Driver Motor

Pengujian driver motor dilakukan dengan cara mengatur *duty cycle* yaitu merubah nilai PWM melalui program pada arduino UNO dan melihat tegangan keluaran pada motor.

Tabel 2. Pengujian driver motor

Duty Cycle (%)	PWM	Tegangan Motor (V)
0	0	0
10.1	25	26.23
19.6	50	50.2
29.8	75	68.5

39.2	100	79.7
49.3	125	87.6
59.5	150	92.2
68.9	175	95
79.1	200	97.4
88.5	225	99.2
99.3	254	100.2

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa tegangan pada motor DC dapat beroperasi dengan tegangan 100.2 menggunakan *duty cycle* 99.3 % dan motor DC akan berhenti bergerak bila diberi input *duty cycle* 0% hal tersebut dapat terjadi karena tidak ada *supply* tegangan yang mengalir ke dalam motor DC.

4.2 Pengujian Rangkaian DAC

Pengujian rangkaian DAC dilakukan untuk kalibrasi agar tegangan output dari arduino yang berupa PWM (max 5V) dapat diproses pada DCS yang menggunakan setting $\pm 10V$ (PWM arduino di filter kemudian di kali dua). Pengujian ini menggunakan sensor ultrasonic dengan batas atas 30cm (5V) – batas bawah 0 cm (0V), arduino, dan rangkaian DAC.

Tabel 3. Pengujian rangkaian DAC

Sensor Ultrasonic	Vout Arduino	Vout DAC
0 cm	0	0
5 cm	0.8	1.5
10 cm	1.6	3
15 cm	2.5	5
20 cm	3.3	6.5
25 cm	4	8.2
30 cm	5	10

Dari tabel diatas didapatkan bahwa saat sensor ultrasonic mendeteksi 0 cm maka tidak ada tegangan keluaran pada arduino dan DAC, dan saat sensor ultrasonic mendeteksi 5 cm maka tegangan keluaran pada arduino yaitu 0.8 V dan pada DAC 1.5 V. Dan semakin jauh jarak yang dideteksi sensor ultrasonic maka tegangan keluaran arduino dan DAC semakin besar.

4.3 Pengujian Kontrol PID

Pengujian sistem ini dilakukan untuk mengetahui respon sistem secara keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan set point pada PC. Setelah memasukkan nilai K_p , K_i dan K_d sesuai dengan perancangan kontrol PID. Kecepatan akan terkontrol oleh kontrol PID agar sesuai dengan set point. Nilai K_p yang digunakan adalah 0.049, T_i adalah 2.5 dan nilai T_d adalah 0.625. Beban yang digunakan adalah 1 kg sirsak. Dan ada perbedaan kecepatan yang digunakan juga yaitu 1500 rpm dan 1750 rpm.

- Tanpa beban kecepatan 1500 rpm



Gambar 8. Pengujian PID tanpa beban dengan kecepatan 1500 rpm

Tabel 4. Hasil pengujian PID tanpa beban dengan kecepatan 1500 rpm.

Waktu tunda (<i>delay time</i>) td	0,5 detik
Waktu naik (<i>rise time</i>) tr	4 detik.
Waktu puncak (<i>peak time</i>) tp	8 detik
Overshoot maksimal (<i>maximum overshoot</i>) mo	6,67%
ESS (<i>Error Steady State</i>) Atas	3,33%
ESS (<i>Error Steady State</i>) Bawah	1,67%
Waktu setling (<i>setling time</i>) ts	21 detik

Berdasarkan tabel diatas bisa dilihat bahwa rise time, peak time dan delay time cepat namun overshoot masih diatas 5%.

- Beban 1 kg kecepatan 1500 rpm



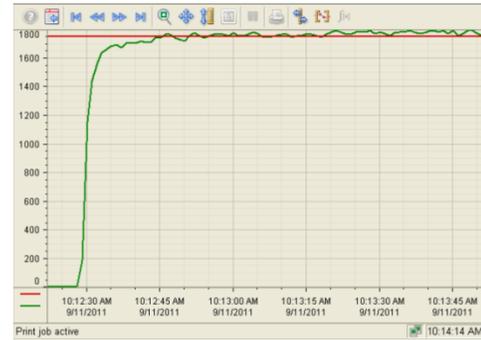
Gambar 9. Pengujian PID beban 1 kg dengan kecepatan 1500 rpm

Tabel 5. Hasil pengujian PID beban 1 kg dengan kecepatan 1500 rpm.

Waktu tunda (<i>delay time</i>) td	3 detik
Waktu naik (<i>rise time</i>) tr	5 detik.
Waktu puncak (<i>peak time</i>) tp	14 detik
Overshoot maksimal (<i>maximum overshoot</i>) mo	4%
ESS (<i>Error Steady State</i>) Atas	3,33%
ESS (<i>Error Steady State</i>) Bawah	5,33%
Waktu setling (<i>setling time</i>) ts	27 detik

Berdasarkan tabel diatas bisa dilihat bahwa saat spinner diberi beban 1kg maka *rise time*, *peak time*, dan *delay time* sedikit lambat namun *overshoot* kecil yaitu 4%.

- Beban 1kg kecepatan 1750 rpm



Gambar 10. Pengujian PID beban 1 kg dengan kecepatan 1750 rpm

Tabel 6. Hasil pengujian PID beban 1 kg dengan kecepatan 1750 rpm.

Waktu tunda (<i>delay time</i>) td	3 detik
Waktu naik (<i>rise time</i>) tr	17 detik.
Waktu puncak (<i>peak time</i>) tp	19 detik
Overshoot maksimal (<i>maximum overshoot</i>) mo	2,86%
ESS (<i>Error Steady State</i>) Atas	2,86%
ESS (<i>Error Steady State</i>) Bawah	2,29%
Waktu setling (<i>setling time</i>) ts	23 detik

Berdasarkan tabel diatas bisa dilihat bahwa *rise time*, *peak time* dan *delay time* lambat namun *overshoot* kecil yaitu 2,86%.

Perbandingan ketiga hasil

Berdasarkan ketiga tabel hasil pengujian kontrol PID di atas perbandingan antara respon PID pada *spinner* tanpa beban dan *spinner* yang mendapat beban 1kg dengan *setpoint* yang sama adalah semakin banyak massa buah sirsak (beban) maka hasil respon semakin lambat, namun overshoot semakin kecil yaitu dibawah 5%.

Dan didapatkan juga perbandingan antara respon PID pada *spinner* dengan beban yang sama 1kg namun dengan *setpoint* berbeda 1500 rpm dan 1750 rpm adalah semakin besar *setpoint* maka *rise time* dan *peak time* semakin besar namun *overshoot* dan *setling time* semakin kecil.

4.4 Hasil Produk Spinner Ekstrak Sirsak



Gambar 11. Hasil Produk Spinner Ekstrak Sirsak

Gambar 11 merupakan hasil produk dari *spinner* ekstrak sirsak. Yang kiri merupakan hasil dari *spinner* dengan kecepatan 1750 rpm dan yang kanan dengan kecepatan 1500 rpm. Hasil dengan kecepatan 1750 rpm lebih bening dibanding dengan kecepatan 1500 rpm.

V. PENUTUP

Berdasarkan perancangan yang telah dilakukan nilai K_p , T_i dan T_d didapatkan dengan perhitungan metode *Ziegler Nichols 2* dengan nilai $K_p = 0.049$, $T_i = 2.5$, dan $T_d = 0.625$. Memiliki *delay time* (t_d) 0.5 s, *rise time* (t_s) 4 s, *peak time* (t_p) 8 s, ESS batas atas 3.37%, ESS batas bawah 1.67%, *Maximum Overshoot* (M_o) 6.67%, *setling time* (t_s) 21 s. Untuk pengembangan alat ini motor DC dapat diganti menggunakan motor AC, dan kontrol PID dapat diganti dengan kontrol MPC untuk membandingkan hasil dan kinerjanya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Gytha, Nafisah, Sukara.2007.Kajian Penyimpanan Irisan Sirsak (*Annona Muricata* Linn.) Segar Terolah Minimal Dalam Kemasan Atmosfer Termodifikasi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [2]Prasetyorini, dkk. 2014.Potensi Antioksidan Berbagai Sediaan Buah Sirsak [*Annona Muricata* Linn]. Bogor: Universitas Pakuan.
- [3]Ramdany, Rizkia Ibnu.2014.Optimasi Waktu Terhadap Pengaturan Kelembaban Pada Proses Penirisan Minyak Abon. Malang : Politeknik Negeri Malang.
- [4]Andrianto, M. 2014. Kendali Kecepatan Motor Direct Current (DC) Menggunakan Proportional Integral Derivative (PID) Controller Terhadap Beban. Malang : Politeknik Negeri Malang.
- [5]Kirom,Andre Dwi Syahrul.2018.Penerapan Metode Fuzzy Logic Pada Pengaturan Kecepatan Crusher Motor Dalam Proses Sari Buah Apel Dengan Fitur HMI(Human Machine Interface. Malang:Politeknik Negeri Malang
- [6]Amalia,Tsalsa.2018. Penerapan PID Control Untuk Pengendalian Kecepatan Spinner Motor Pada Proses Sari Apel Dengan Fitur HMI (HUMAN MACHINE INTERFACE).Malang:Politeknik Negeri Malang
- [7]Amalia,Dinda Putri.2018.Implementasi PID Control Pada Tingkat Keasaman (Ph) Mixing Process Sari Apel Dengan Fitur Hmi (Human Machine Interface).Malang:Politeknik Negeri Malang
- [8]Damayanti,Annisa Maulidia.2016.Implementasi Sistem Kontrol PID Pada Proses Reverse Osmosis Pengolahan Air Laut Berbasis DCS.Malang:Politeknik Negeri Malang
- [9]Kurniawati,Mahgarita Tri.2018.Pengontrolan suhu pada proses pemanasan air Menggunakan DCS (distributed control system) Dengan metode MPC (model predictive control).Malang:Politeknik Negeri Malang
- [10]Hayat,Latiful.Dkk.2016.Perbandingan metode tuning pid pada pengaturan kecepatan Motor dc berbasis programable logic controller. Purwokerto: Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Purwokerto
- [11]Kartadinata, Budi.2017.Kendali Kecepatan Motor Crane terhadap Sumbu Vertikal menggunakan Distributed Control System (DCS). Jakarta: Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya