

## Kontrol Kecepatan Putar Motor Pengaduk Nira Menggunakan Metode PID pada Alat Pembuat Gula Merah Tebu

Dian Ayu Widianti<sup>1</sup>, Mila Fauziyah<sup>2</sup>, Denda Dewatama<sup>2\*</sup>

**Abstrak**— Gula merah tebu terbuat dari cairan nira yang dikumpulkan dari tanaman tebu. Pada pengolahan gula merah tebu dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan. Pengadukan diperlukan untuk mempercepat penguapan air dari nira dan untuk membentuk kristal gula yang kompak serta menghasilkan warna gula yang seragam. Semakin tinggi kecepatan pengadukan, gula merah yang dihasilkan memiliki kadar air yang semakin rendah, sehingga tekstur (kekerasan) gula merah tebu yang dihasilkan semakin baik. Kecepatan pengadukan yang digunakan yaitu 100 rpm, 110 rpm dan 130 rpm.

Pengontrolan kecepatan pengadukan dengan aktuator motor DC menggunakan metode kontrol PID yang ditanamkan pada arduino. Metode kontrol ini diharapkan mampu menjaga kestabilan putaran motor DC agar sesuai dengan *setpoint*.

Dari hasil pengujian didapatkan nilai parameter PID dengan metode tuning Zeigler – Nichols yaitu  $K_p = 0.3$ ,  $K_i = 0.4$  dan  $K_d = 0.056$ . Analisa hasil respon sistem pada *setpoint* 100 rpm diperoleh *delay time* ( $T_d$ ) = 0.47 s, *rise time* ( $T_r$ ) = 1.7 s, *settling time* ( $T_s$ ) = 7.6, *peak time* ( $T_p$ ) = 3, *Overshoot* = 6% dan *Error Steady State* = 3%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kontrol PID mampu mempertahankan kecepatan sesuai *setpoint* yang diharapkan. Hasil gula merah terbaik yaitu pada kecepatan pengadukan 100rpm. Warna gula merah yang dihasilkan coklat kekuningan, tekstur gula keras dan rasa yang manis.

**Kata Kunci**—Gula merah tebu, motor DC, kontrol PID, Arduino Uno

### I. PENDAHULUAN

Pembuatan gula merah tebu dilakukan dengan cara memasak nira tebu hingga mengental<sup>[5]</sup>. Saat proses pemasakan nira berlangsung, dilakukan pengadukan. Pada umumnya pengadukan

ini masih dilakukan secara manual. Pengadukan bertujuan agar pemanasan merata dan tidak gosong, pemasakan diakhiri apabila nira sudah kental<sup>[7]</sup>. Nira tebu yang sudah masak dapat dijadikan gula merah dalam bentuk cetak.

Pengolahan gula merah dengan peralatan sederhana belum disertai dengan pengontrolan kecepatan pengadukan, sehingga dapat menyebabkan karamelisasi berlebihan yang menyebabkan warna gula merah yang dihasilkan terlalu pekat. Buih yang terbentuk pada saat proses pemasakan dapat dikurangi dengan pengadukan secara terus menerus. Kecepatan pengadukan juga mempengaruhi tekstur gula merah tebu yang dihasilkan. Pengadukan diperlukan untuk mempercepat penguapan air dari nira dan untuk membentuk kristal gula yang kompak serta menghasilkan warna gula yang seragam. Semakin tinggi kecepatan pengadukan, gula merah yang dihasilkan akan memiliki kadar air yang semakin rendah, sehingga tekstur (kekerasan) gula merah tebu yang dihasilkan semakin baik. Sebelumnya telah dilakukan penelitian dalam pembuatan gula merah tebu dengan menggunakan evaporator vakum tipe vertikal. Gula merah tebu terbaik dihasilkan pada kecepatan pengadukan 250 rpm dengan suhu pemasakan 70°C, diperoleh rendemen 8.23%, kadar sukrosa 75.37%, tekstur (kekerasan) 4.52kg/cm<sup>2</sup>, dan warna gula merah yang cerah dan mempunyai intensitas yang tinggi<sup>[1]</sup>.

Metode kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) sebagai salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengontrol putaran motor pengaduk gula merah. Metode ini diharapkan mampu memberikan respon yang baik untuk mengontrol putaran motor pada pengaduk gula merah sesuai dengan *setpoint*. Metode kontrol PID sering digunakan dalam sistem kontrol karena bersifat mempercepat reaksi sebuah sistem, menstabilkan sistem agar sesuai dengan *setpoint* dan memperkecil overshoot.

### II. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sensor Kecepatan

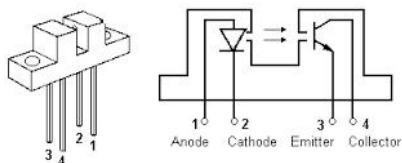
Sensor kecepatan dengan *optocoupler* adalah perangkat elektromekanik yang berfungsi untuk mendeteksi kecepatan putaran motor. *Optocoupler* merupakan komponen optoisolator yang memiliki karakteristik sebagai penerima (*phototransistor*) akan mengalami perubahan logika bila terjadi perubahan intensitas cahaya yang dipancarkan oleh pemancar (LED infra merah) kepada penerima.

Dian Ayu Widianti adalah mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, e-mail : dian.widianti@ymail.com.

Mila Fauziyah adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Malang, e-mail : mila.fauziyah@polinema.ac.id.

Denda Dewatama adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Malang, e-mail: dewatama@polinema.ac.id.

Kondisi led tidak terhalangi oleh piringan maka photo-transistor akan aktif menghasilkan logika *high*. Ketika kondisi led terhalangi oleh piringan maka phototransistor akan nonaktif dan menghasilkan logika *low*<sup>[6]</sup>.



Gambar 1. Optocoupler tipe “U”

**2.2 Arduino**

Arduino Uno adalah *board mikrokontroler* berbasis ATmega328P. Arduino ini memiliki 14 pin digital *input/output* (6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM) dan 6 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header*, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya dengan menghubungkan *board Arduino Uno* ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya<sup>[4]</sup>.



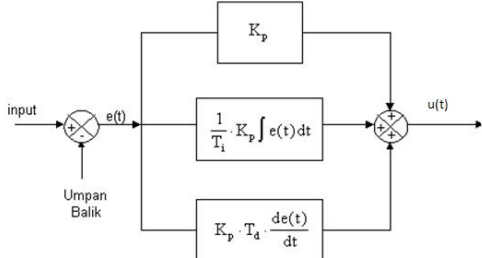
Gambar 2. Arduino Uno<sup>[8]</sup>

**2.3 Kontrol PID**

Kontrol PID (Proportional Integral Derivative) merupakan kontroler untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik umpan balik/*feed back* pada sistem tersebut. Komponen PID terdiri dari 3 jenis, yaitu Proportional, Integratif, dan Derivatif. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri, tergantung kebutuhan dari pengontrolnya<sup>[3]</sup>. Alat kontrol PID sangat sering digunakan dalam sistem kontrol industri. Pemodelan kontroler PID dapat dilihat pada persamaan (2-1)

$$u(t) = Kp[e(t) + \frac{1}{Ti} \int_{-\infty}^t e(t)dt + Td \frac{de(t)}{dt}] \dots (2-1)$$

Dalam hal ini Kp, Ki dan Kd menjadi parameter-parameter alat kontrol seperti pada Gambar 3

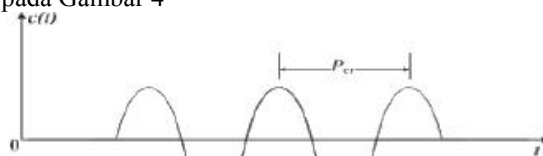


Gambar 3. Diagram Blok Kontrol PID

Keterangan :

- e(t) = Error set point (Nilai Set Point – Nilai Sensor)
- Ti = Waktu Integral
- Td = Waktu Diferensial
- u(t) = Keluaran Controller
- Kp = Konstanta Proporsional
- Ki = Konstanta Integral (Kp/Ti)
- Kd = Konstanta Diferensial (Kp.Td)

Salah satu metode Ziegler-Nichols yang digunakan ialah metode osilasi. Pada metode osilasi *plant* disusun secara serial dengan kontroler PID. Semula, nilai Ti diberi nilai tak terhingga dan nilai Td diberi nilai 0 (Ti = ∞ dan Td = 0). Kemudian nilai dari Kp dinaikkan secara bertahap dari nol ke suatu nilai kritis *Kcr*, hal ini akan mengakibatkan reaksi dari sistem akan beresilasi yang berkesinambungan. Dari keluaran yang beresilasi secara berkesinambungan, penguatan kritis *Kcr* dan *Pcr* dapat ditentukan. Respon untuk osilasi berkesinambungan dengan periode *Pcr* dapat dilihat pada Gambar 4



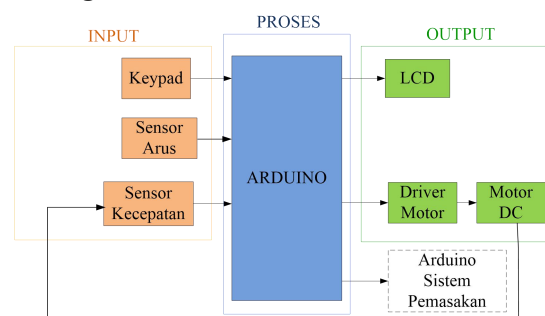
Gambar 4. Osilasi Berkesinambungan Dengan Periode Pcr

Tabel 1. Aturan Penyepadanan Metode Ziegler-Nicholse berdasarkan Penguatan *Kcr* dan *Pcr* Kritis

Tipe Kontroler	Kp	Ti	Td
P	0,5 <i>Kcr</i>	∞	0
PI	0.45 <i>Kcr</i>	$\frac{1}{2} Pcr$	0
PID	0.6 <i>Kcr</i>	0.5 <i>Pcr</i>	0.125 <i>Pcr</i>

**III. METODE PENELITIAN**

**3.1 Diagram Blok**

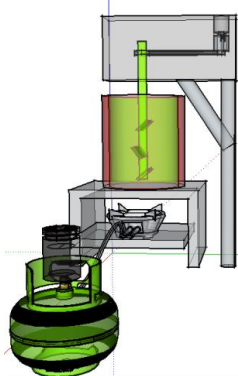


Gambar 5. Diagram Blok Alat

Penjelasan diagram blok Gambar 5 yaitu:

1. Keypad sebagai setting referensi berupa set point kecepatan putaran motor DC yang nantinya akan ditampilkan pada LCD.
2. Sensor Arus sebagai pendeteksi kekentalan gula merah berdasarkan arus pada motor DC.
3. Sensor kecepatan sebagai pendeteksi kecepatan putaran motor DC dan digunakan sebagai feedback ke arduino yang nilai pembacaannya nanti akan dibandingkan dengan set point untuk mendapatkan nilai error.
4. Arduino sebagai pengontrol sistem kerja rangkaian melalui software yang telah terprogram.
5. LCD sebagai *display* yang akan menampilkan data saat pengukuran berlangsung yaitu set point kecepatan putaran motor DC dan nilai kecepatan yang tercapai.
7. *Driver* Motor Sebagai pengontrol motor DC sesuai dengan perintah dari kontroler.
8. Motor DC Sebagai aktuator yang menggerakkan pengaduk nira tebu.
9. Arduino Sistem Pemasakan Berfungsi untuk memberikan informasi pada arduino sistem pemasakan.

**3.2 Perancangan Mekanik**

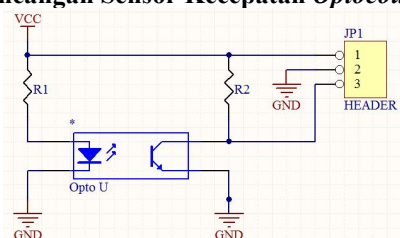


Gambar 6. Perancangan Mekanik

1. Spesifikasi alat keseluruhan
  - Panjang :50 cm
  - Tinggi : 106 cm
  - Lebar : 70 cm
2. Spesifikasi tangki
  - Tinggi : 30 cm
  - Diameter : 24 cm
  - Bahan : Stainless Steel
  - Kapasitas : 5 liter
3. Spesifikasi pengaduk
  - Tinggi : 90 cm
  - Diameter tuas : 23cm

4. Spesifikasi box elektrik
  - Panjang : 22,5 cm
  - Lebar : 14 cm
  - Tinggi : 9,3 cm
5. *Source* : 220 V<sub>AC</sub> / 50 Hz
6. Motor DC :
  - *Power Supply* : 24Vdc
  - Daya : 60 Watt
  - Kecepatan putar : 100rpm
7. Sensor *Optocoupler*
  - DC *Source*: 5V

**3.3 Perancangan Sensor Kecepatan *Optocoupler***



Gambar 7. Perancangan Sensor Optocoupler

Berdasarkan *datasheet*, untuk menyalakan led inframerah (*transmitter*) dibutuhkan tegangan 1,7V dan arus sebesar 10mA, maka nilai R1 didapatkan sebesar 330Ω berdasarkan persamaan (3-1) dan (3-2)

$$V_{R1} = \frac{V_{cc}}{I_f} \dots\dots\dots(3-1)$$

Keterangan :

- V<sub>R1</sub> = Tegangan pada resistor 1 (V)
- V<sub>cc</sub> = Tegangan sumber (V)
- V<sub>f</sub> = Tegangan *forward* sesuai *datasheet* (V)

$$R1 = \frac{V_{R1}}{I_f} \dots\dots\dots(3-2)$$

Keterangan :

- R1 = Nilai resistor 1 (Ω)
- V<sub>R1</sub> = Tegangan pada resistor 1 (V)
- I<sub>f</sub> = Arus *forward* sesuai *datasheet* (mA)

Pada receiver, menurut *datasheet* memiliki V<sub>ce</sub> sebesar 0,4V dan kebutuhan arus kecil yaitu 1mA. Didapatkan nilai R2 sebesar 4k7 berdasarkan persamaan (3-3) dan (3-4)

$$V_{R2} = \frac{V_{cc}}{V_{ce}} \dots\dots\dots(3-3)$$

Keterangan :

- V<sub>R2</sub> = Tegangan pada resistor 2 (V)
- V<sub>cc</sub> = Tegangan sumber (V)
- V<sub>ce</sub> = Tegangan *collector-emitor* sesuai *datasheet* (V)

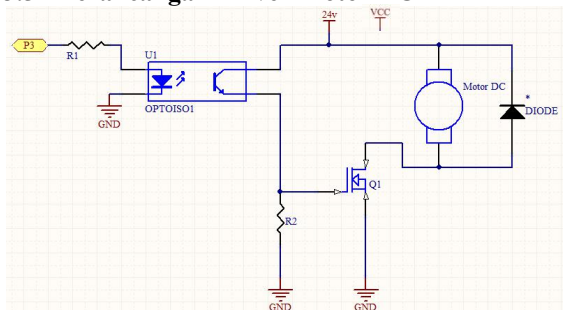
$$R2 = \frac{V_{R2}}{I_c} \dots\dots\dots(3-4)$$

Keterangan :

- R2 = Nilai resistor 2 (Ω)
- V<sub>R1</sub> = Tegangan pada resistor 2 (V)
- I<sub>c</sub> = Arus *collector* sesuai *datasheet* (mA)

Header terhubung dengan arduino dimana kaki 1 terhubung dengan 5V arduino, kaki 2 terhubung dengan ground arduino dan kaki 3 terhubung dengan kaki 2 arduino.

**3.5 Perancangan Driver Motor DC**



Gambar 8. Perancangan Driver Motor

Rangkaian driver motor DC berfungsi untuk menggerakkan motor DC dengan mengatur tegangan pada motor dengan nilai PWM yang diberikan oleh arduino. Tegangan keluaran arduino kurang dari 5V dengan arus yang kecil yaitu 20mA, sedangkan motor DC yang digunakan memiliki tegangan sumber 24V. Sehingga harus dikuatkan melalui driver mosfet, mosfet yang digunakan yaitu mosfet tipe IRF540N. Berdasarkan datasheet, Mosfet tipe IRF540N memiliki tegangan maksimal 100V dan arus drain (Id) 33A. Pada rangkaian driver ini digunakan Optocoupler 4n25 sebagai pemacu mosfet sekaligus sebagai pengaman antara arduino dan driver mosfet sehingga arduino terhindar dari kerusakan. Berdasarkan datasheet, Vled ialah 1,5 V dan If sebesar 10 mA. Didapatkan nilai R1 sebesar 330Ω dengan menggunakan persamaan (3-5)

$$R1 = \frac{V_{out} - V_{led}}{I_f} \dots\dots\dots (3-5)$$

Keterangan :  
 R1 = Nilai resistor 1 (Ω)  
 Vout = Tegangan output arduino (V)  
 Vled = Tegangan pada led sesuai *datasheet* (V)  
 If = Arus *foward* sesuai *datasheet* (mA)

Pada *Optocoupler* 4n25 nilai CTR 50%, jadi arus Ic max 4n25= 50% dari If. Didapatkan nilai R2 sebesar 4k7 berdasarkan persamaan (3-6)

$$R2 = \frac{V_{cc} - V_{ce}}{I_c} \dots\dots\dots (3-6)$$

Keterangan :  
 R2 = Nilai resistor 2 (Ω)  
 Vcc = Tegangan sumber (V)  
 Vce = Tegangan *collector-emitor* sesuai *datasheet* (V)  
 Ic = Arus *collector* sesuai *datasheet* (mA)

Resistor R2 dipasang pull-down agar tegangan mosfet pada saat dibawah 5V tidak pada posisi mengambang.

Selain itu juga diperlukan dioda sebagai pengaman arus balik agar tidak mempengaruhi kinerja mosfet.

**3.6 Perancangan PID**

Pada perancangan kontrol PID menggunakan metode osilasi dengan melakukan penyetelan nilai Ti dengan nilai tak terhingga dan nilai Td dengan nilai 0 (Ti = ∞ dan Td = 0). Kemudian nilai dari Kp dinaikkan secara bertahap dari nol ke suatu nilai kritis Kcr, hal ini akan mengakibatkan reaksi dari sistem akan berosilasi yang berkesinambungan. Jarak antar puncak gelombang disebut dengan Pcr, seperti pada Gambar 4.

Selanjutnya didapatkan nilai Kp, Ti dan Td berdasarkan aturan penyepadanan metode ziegler-nichols berdasarkan penguatan kcr dan pcr kritis seperti pada Tabel 1.

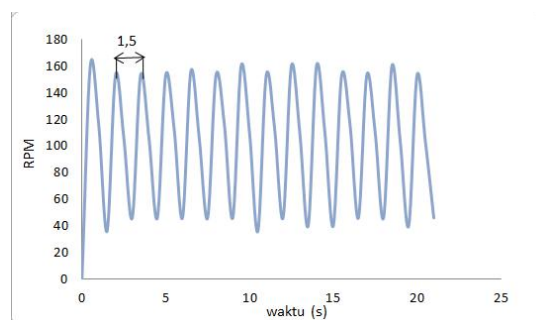
Berdasarkan Tabel 1 didapatkan nilai Ki dan Kd sesuai persamaan (3-8) dan (3-9)

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} \dots\dots\dots (3-8)$$

Keterangan :  
 Ki = Konstanta integral  
 Kp = Konstanta proporsional  
 Ti = Time integral  
 dan  
 Kd = Kp x Td..... (3-9)

Keterangan :  
 Kd = Konstanta integral  
 Kp = Konstanta proporsional  
 Td = Time derivative

Didapatkan respon sistem osilasi menggunakan metode zeighler-nichols seperti Gambar 9



Gambar 9. Grafik Respon Osilasi Motor DC

Gambar 9 menunjukkan grafik respon sistem menggunakan metode zeighler nichols osilasi dengan pengaturan nilai Kp yang dinaikkan secara bertahap dari nol ke suatu nilai kritis Kcr, hal ini akan mengakibatkan reaksi dari sistem akan berosilasi yang berkesinambungan. Nilai Kcr yang didapatkan yaitu sebesar 0,5 dengan jarak antara puncak gelombang atau Pcr sebesar 1,5. Berdasarkan Tabel 1 dapat ditentukan nilai Kp = 0,3, Ti = 0,75 dan Td = 0,75. Dengan menggunakan persamaan (3-8) didapatkan nilai Ki = 0,4 dan persamaan (3-9) didapatkan nilai Kd = 0,056.

**IV. HASIL PENGUJIAN ALAT**

**4.1 Pengujian Sensor Kecepatan *Optocoupler***

Pengujian dilakukan untuk mengetahui bahwa sensor kecepatan bekerja dengan baik dan sesuai dengan hasil pembacaan menggunakan tachometer. Pengujian dilakukan dengan memberikan program pada arduino dan mengecek putaran motor dengan memasukkan nilai PWM melalui keypad. Kemudian melihat hasil pembacaan pada LCD dan dibandingkan dengan hasil pembacaan dengan tachometer.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor *Optocoupler*

PWM	Sensor (rpm)	Tachometer (rpm)	Error (%)
20	16	16,6	3,61
40	70	70,2	0,28
60	116	116	0
80	150	150,3	0,2
100	176	176,4	0,23
120	191	191,2	0,1
140	200	200	0
160	210	210,6	0,28
180	225	225,3	0,13
200	233	233,4	0,17
220	254	254	0
225	278	278,3	0,1
Error Rata – Rata			0,425

Hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil pembacaan tampilan lcd dan tachometer terdapat sedikit perbedaan. Perbedaan kesalahan pembacaan memiliki rata-rata *error* sebesar 0,425 %. Akan tetapi nilai error rata-rata kesalahan tersebut tidak terlalu besar dan bisa dikatakan pembacaan sensor sudah cukup baik.

**4.2 Pengujian *Driver Motor***

Pengujian *driver* motor dc yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui hubungan keluaran PWM dengan tegangan keluaran yang dibutuhkan untuk motor DC. Hasil keluaran driver motor dc dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Hasil Pengujian *Driver Motor* DC

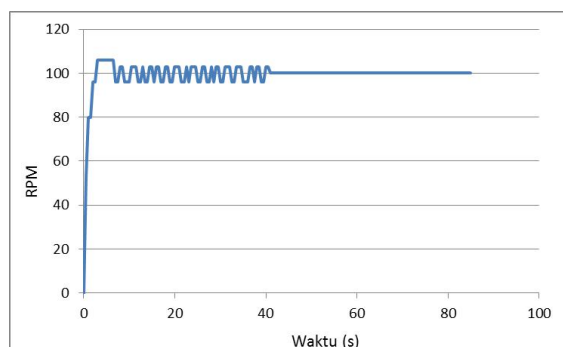
PWM	Tegangan Output <i>Driver Motor</i> (V)
20	2,9
40	4,7
60	6,5
80	8,3
100	12
120	13,8
140	15,6
160	17,4
180	19,2

200	21
220	22,5
240	23
255	24

Hasil pengujian menunjukkan bahwa program pwm untuk *driver* motor sudah bekerja, semakin besar nilai pwm maka semakin besar pula tegangan keluaran yang dihasilkan untuk motor DC.

**4.3 Pengujian Kontrol PID**

Pengujian kontrol PID dilakukan melalui analisa respon PID yang didapatkan berdasarkan tuning nilai  $K_p, K_i, K_d$  yang telah dirancang menggunakan metode *zeigler nichols* dengan nilai  $K_p=0.3, K_i=0.4$  dan  $K_d= 0.056$  didapatkan respon sistem sebagai berikut :



Gambar 10. Respon Motor Pengaduk Nira pada *Setpoint* 100 RPM

Gambar 10 menunjukkan bahwa grafik respon memiliki performa *delay time* ( $T_d$ ) = 0.47 s, *rise time* ( $T_r$ ) = 1.7 s, *settling time* ( $T_s$ )= 7.6, *peak time* ( $T_p$ ) = 3, *Overshoot* = 6% dan *Error Steady State* = 3%.

**4.4 Pengujian Sistem**

Pengujian sistem dilakukan dengan menganalisa hasil dari gula merah tebu berdasarkan kecepatan pengadukan, sesuai dengan kontrol PID yang dilakukan. Pengujian dilakukan 3 kali dengan *setpoint* yang berbeda. Maka didapatkan hasil pada Tabel 4

Tabel 4. Pengujian Sistem

Hasil Pengujian	Warna	Tekstur	Rasa
 Kecepatan 100RPM	Kuning Kecoklatan	Keras	Manis

 Kecepatan 110RPM	Coklat	Agak keras	Manis
 Kecepatan 130RPM	Coklat pekat	Sangat keras	Manis dan pahit

Pada Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian gula merah tebu dengan mengolah 10 liter nira tebu sebanyak 3 kali yaitu menggunakan *setpoint* 100 RPM, 110RPM dan 130 RPM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil gula merah tebu terbaik diperoleh dengan menggunakan kecepatan 100 RPM. Dapat dilihat semakin tinggi nilai kecepatan pengadukan akan mengakibatkan warna gula terlalu pekat, tekstur gula yang dihasilkan semakin keras dan rasa manis yang terlalu kuat cenderung pahit.

#### IV. PENUTUP

##### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perancangan kontrol PID dengan menggunakan nilai  $K_p = 0.3$ ,  $K_i = 0.4$ ,  $K_d = 0.056$  sebagai kontrol kecepatan pengadukan, menghasilkan respon sistem yang baik karena dapat mempertahankan kecepatan sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan yaitu 100 RPM. Dengan *delay time* ( $T_d$ ) = 0.47 s, *rise time* ( $T_r$ ) = 1.7 s, *settling time* ( $T_s$ ) = 7.6, *peak time* ( $T_p$ ) = 3, *Overshoot* = 6% dan *Error Steady State* = 3%.
2. Hasil pengujian sensor kecepatan dengan membandingkan pembacaan sensor kecepatan yang ditampilkan pada LCD dan pembacaan tachometer dapat dikatakan cukup baik karena memiliki *error* rata-rata 0,425%
3. Hasil gula merah tebu terbaik sesuai dengan referensi didapatkan pada kecepatan pengadukan 100 RPM. Warna gula merah yang dihasilkan kuning kecoklatan, tekstur gula keras dan rasa yang manis.

##### 5.2 Saran

Dari hasil pengujian dan analisa masih banyak kekurangan untuk memperbaiki dan menyempurnakan alat ini adalah :

1. Untuk pengembangan alat ini, disarankan untuk merancang sistem mekanik pengaduk yang lebih baik dan lebih presisi untuk mengaduk bagian bawah dan bagian pinggir tabung supaya pengadukan lebih merata.
2. Sistem kontrol yang digunakan dapat diganti dengan metode *zeigler nichols* metode osilasi atau menggunakan metode selain PID.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dewi, dkk. 2014. *Pengaruh Suhu Pemasakan dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Kualitas Gula Merah Tebu*. Jurnal Teknologi Pertanian Vol 15, No 3. Universitas Brawijaya.
- [2] Ogata, Katsuhiko. 1996. *Teknik Kontrol Automatik*. Jakarta : Erlangga.
- [3] Pradana, Ferdian. 2014. *Perancangan Dan Implementasi Visual Servoing Pada Robot Beroda Menggunakan Kamera Berbasis Beaglebone Black*. Skripsi Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.
- [4] Rusdian, Sarah Annisaa. 2015. *Modul Praktikum Kontrol Aliran Air Menggunakan Metode PID pada Sistem Kendali Terdistribusi*. Skripsi Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.
- [5] Sahirman. 2004. *Cara Membuat Gula Merah*. Surabaya : PT. Balai Pustaka (Persero)
- [6] Suhriadi, Akhmad. 2011. *Rancang Bangun Sistem Efisiensi Energi Listrik di Lab Rangkaian Listrik D3*. Jurnal Teknik Elektro ITS. Politeknik Negeri Surabaya.
- [7] Soetedjo. dkk. 2009. *Perancangan dan Uji Coba Alat Evaporator Nira Aren*. Laporan Penelitian. Jurusan Teknik Kimia FTI, Universitas Katolik Parahyang, Jakarta.
- [8] <http://www.scribd.com/doc/251637923/Arduino-Uno-docx/> [online]