

Kontrol Kecepatan Putar Motor Pengaduk Selai dengan Menggunakan Metode PI pada Proses Pemasakan Selai Nanas

Marsa Atisobhita, Mila Fauziyah, Denda Dewatama.

Abstrak — Selai merupakan makanan yang terbuat dari buah yang dihancurkan dan dicampur dengan gula yang kemudian dimasak. Selama proses pemasakan selai nanas harus dilakukan pengadukan agar buah nanas yang sudah dihancurkan dan gula dapat bercampur. Selain itu pengadukan juga berfungsi untuk menghindari dari kegosongan. Pengadukan pada selai tidak boleh terlalu cepat karena dapat merusak tekstur selai. Akan tetapi, pengadukan yang masih umum masih bersifat manual atau tradisional yang belum disertai dengan kontrol pengadukan. Pengaduk yang belum dikontrol akan mempengaruhi hasil produksi selai nanas yaitu hasil selai nanas yang berbeda-beda tergantung pada kecepatan pengadukan pada setiap produksi. Oleh karena itu diperlukan kontrol kecepatan pengadukan agar selai nanas yang dihasilkan pada setiap produksi sama mengingat pengadukan mempengaruhi hasil selai nanas. Kontrol kecepatan pengaduk yang digunakan adalah kontrol PI. Pengaduk digerakkan oleh motor DC. Dengan adanya kontrol PI ditanamkan pada mikrokontroler diharapkan agar kecepatan putar motor selalu stabil dan sesuai dengan *setpoint*. Kecepatan pengaduk yang digunakan adalah 44 rpm dengan nilai $K_p=0,18$ dan $K_i=0,109$ dan hasil pengujian respon motor cukup baik yaitu dengan nilai t_d (waktu tunda) sebesar 0 detik, t_r (waktu naik) sebesar 58 detik, t_s (*settling time*) sebesar 76,5 detik, t_p (waktu puncak) sebesar 3 detik, M_o (Overshoot maksimum) sebesar 47 rpm dan ess (*error steady state*) sebesar 0%.

Kata Kunci : Selai Nanas, Motor DC, Kontrol PI

I. PENDAHULUAN

Nanas merupakan buah yang banyak dibudidayakan di daerah tropis dan subtropis. Pada tahun 2014, nanas (nanas) berada pada urutan ketiga untuk total produksi buah di Indonesia yaitu dengan presentase 9,27%.[1] Akan tetapi produksi nanas yang melimpah tidak sebanding dengan

tingkat konsumsi. Oleh karena itu, buah nanas dapat dikembangkan menjadi suatu produk olahan yang dapat diterima oleh konsumen yaitu selai nanas. Pembuatan selai nanas tidak lepas dari proses pemasakan. Dan selama pemasakan diperlukan pengadukan. Pengadukan akan mempengaruhi tekstur selai nanas.

Proses pengadukan pada umumnya masih bersifat manual yaitu dengan menggunakan tenaga manusia. Oleh karena itu, hasil selai nanas pada setiap produksi berbeda-beda tergantung pada kecepatan pengadukan pada saat itu. Sehingga diperlukan pengadukan yang otomatis dan terkontrol pada setiap produksi agar selai nanas yang dihasilkan pada setiap produksi sama. Selain itu, pengadukan yang otomatis juga mengurangi pekerjaan bagi pembuat selai nanas.

II. TINJAUAN PUSTAKA

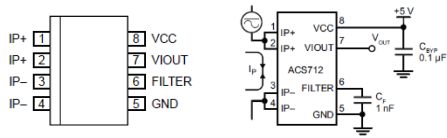
2.1 Proses Pembuatan Selai Nanas

Pembuatan selai nanas terdiri dari beberapa tahap, yaitu pertama pemilihan bahan (buah nanas), selanjutnya pengupasan kulit buah nanas. Setelah kulit buah nanas dikupas, maka selanjutnya buah nanas dicuci dan direndam dengan menggunakan air hangat. Kemudian buah nanas dipotong-potong dan diparut. Setelah diparut, buah nanas dimasak. Selama proses pemasakan, harus dibarengi dengan pengadukan agar campuran bahan selai nanas tercampur. Pengadukan tidak terlalu cepat karena dapat merusak tekstur selai nanas dan penampakan akhir selai yaitu dengan munculnya gelembung-gelembung. [2]

2.2 Sensor Arus

Sensor arus ACS712 adalah sensor yang presisi sebagai pengukur arus AC atau DC dalam pembacaan arus di dalam dunia industry, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat di dalamnya yang menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional [3].

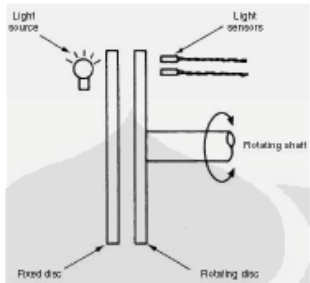
Marsa Atisobhita adalah Mahasiswa D4 Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, email: atisobhitamarsa@gmail.com. Mila Fauziyah dan Denda Dewatama adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.



Gambar 1 Sensor Arus ACS71

2.3 Sensor Kecepatan

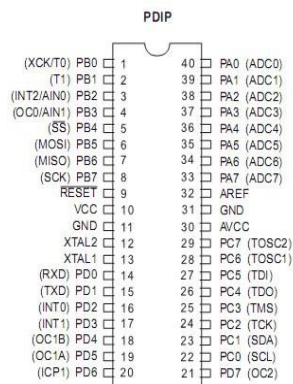
Sensor kecepatan yang dipakai adalah *incremental rotary encoder* yang keluarannya dalam format digital. *Incremental rotary encoder* terdiri dari LED, *disc encoder (rotating disc)*, *fixed disc*, *photo-detector*. LED dan *photo detector* disusun secara sejajar. Saat *disc* berputar cahaya dari LED akan melewati slot-slot pada *disc encoder* dan mengenai *photo-detector*. Saat cahaya mengenai *photo-detector* maka akan menghasilkan keluaran berupa pulsa-pulsa gelombang kotak [4].



Gambar 2 Susunan Jendela dalam *Incremental Rotary Encoder* [4]

2.4 Mikrokontroler

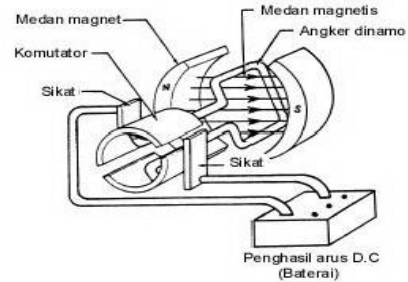
Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC, sehingga sering disebut *single chip microcomputer* [5]. ATmega16 merupakan mikrokontroler AVR 8 bit, memiliki saluran untuk I/O sebanyak 32 buah yaitu masing-masing 8 pada *Port A*, *Port B*, *Port C* dan *Port D*, memiliki 4 kanal untuk PWM dan 8 kanal ADC.



Gambar 3 Konfigurasi Pin ATmega 16 [5]

2.5 Motor DC

Motor DC adalah sebuah aktuator yang mengubah besaran listrik menjadi sistem gerak mekanis. Terdapat tiga bagian pada konstruksi motor DC yaitu kutub medan atau stator (bagian motor yang diam). motor DC memiliki dua kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan. Bagian Selanjutnya adalah rotor atau kumparan jangkar yang merupakan bagian dari motor yang bergerak. Jika arus melewati rotor maka arus ini akan berubah menjadi elektromagnetik. Selain dua bagian tersebut, bagian lain dari konstruksi motor DC yaitu komutator. Komutator pada motor DC berguna untuk membalikkan arus listrik didalam dinamo [6].



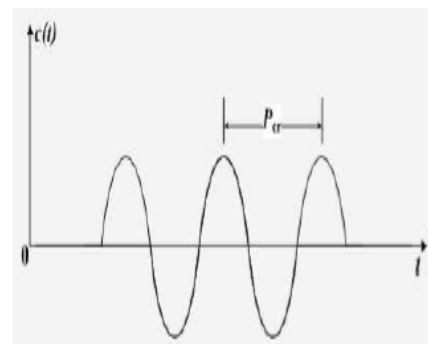
Gambar 4 Motor DC Sederhana

2.6 Metode PI

PI (*Proportional Integral*) adalah sebuah logika kontroler yang sangat banyak digunakan pada berbagai *plant* di industri dan kebanyakan logika kontroler ini sangat efektif [7]. Terdapat 2 komponen didalam PI yaitu P (*Proportional*) dan I (*Integral*). Komponen PID terdapat 3, yaitu Proporsional, Integral dan Derivatif. Kontrol PI digunakan agar mempercepat reaksi dari sebuah sistem dan menghilangkan *offset* [7].

2.6.1 Metode Osilasi Ziegler-Nichols

Pada metode osilasi ini, awalnya T_i diatur dengan nilai tak terhingga dan nilai T_d diatur dengan nilai nol dan kemudian nilai K_p dinaikkan secara bertahap sampai mencapai nilai kritis K_{cr} yang dapat mengakibatkan reaksi dari sistem akan osilasi yang berkesinambungan [8].



Gambar 5 Osilasi Berkesinambungan Dengan Periode P_{cr} [8]

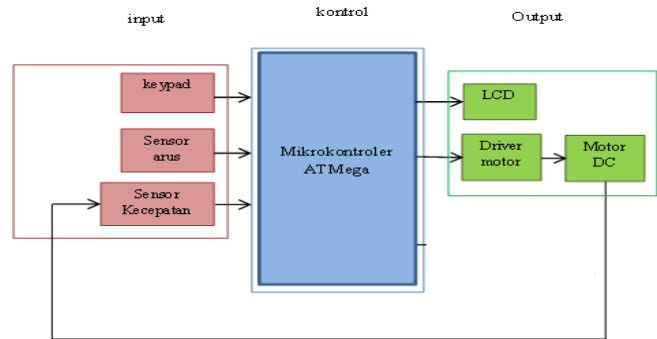
Tabel 1 Aturan Dasar Ziegler-Nichols Berdasarkan K_{cr} dan P_{cr} [8]

Type Kontroler	K_c	T_i	T_d
P	$0,5 K_{cr}$	∞	0
PI	$0,45 K_{cr}$	$\frac{1}{1,2} P_{cr}$	0
PID	$0,6 K_{cr}$	$0,5 P_{cr}$	$0,125 P_{cr}$

III. METODOLOGI

3.1 Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja dari pengontrolan kecepatan putar motor pengaduk untuk mengaduk selai nenas adalah pertama masukkan bubur buah nenas dan gula. Kemudian memasukkan nilai set point (kecepatan yang diinginkan) dengan keypad dan akan ditampilkan pada LCD. Selanjutnya motor akan berputar dan sensor kecepatan akan membaca besar kecepatan yang dicapai oleh motor pada saat itu. Besar kecepatan putar motor yang tercapai pada saat itu juga akan ditampilkan pada LCD. Selain nilai setpoint dan besar kecepatan putar motor yang tercapai pada saat itu, LCD juga menampilkan besar arus yang tercapai. Kontrol PI bertugas untuk menstabilkan kecepatan motor agar mendekati atau sama dengan setpoint selama proses pengadukan berlangsung. Mikrokontroler akan membandingkan nilai set point dengan besar kecepatan putar motor yang terbaca oleh sensor kecepatan. Perbandingan ini akan menghasilkan selisih. Selisih antara nilai set point dan nilai yang terbaca oleh sensor kecepatan ini dinamakan dengan error dan akan membuat mikrokontroler yang didalamnya terdapat kontrol PI secara otomatis mengontrol kecepatan putar motor agar sesuai atau mendekati set point. Selama proses pengadukan, sensor arus akan membaca besar arus pada motor DC. Pada saat selai semakin mengental, kecepatan putar motor akan terganggu karena selai yang diaduk semakin berat sehingga motor membutuhkan daya yang lebih besar untuk memutar motor dan menstabilkan kecepatan motor agar sesuai dengan setpoint, hal ini akan mengakibatkan motor membutuhkan arus yang lebih besar sehingga arus yang terbaca pada sensor arus juga semakin besar. Proses pengadukan berhenti dan semua sistem akan mati jika besar arus yang terbaca oleh sensor arus sudah mencapai batas yang telah ditentukan (batas selai nenas mengental).



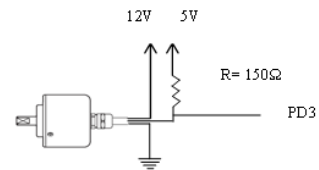
Gambar 6 Diagram Blok Sistem Pengaduk Selai

3.2 Spesifikasi Alat :

1. Spesifikasi mekanik
 - a. Spesifikasi keseluruhan
 - Tinggi : 120 cm
 - Lebar : 70 cm
 - b. Spesifikasi tangki
 - Tinggi : 30 cm
 - Diameter : 24,5 cm
 - Bahan : stainless steel
 - c. Spesifikasi pengaduk
 - Tinggi : 90 cm
2. Range Suhu : 0°C sampai 100°C
3. Range Kecepatan : 44 RPM
4. Power Supply
 - Tegangan : 220V
 - Arus : 30A
5. Kapasitas : 8 kg (55% gula dan 45% bubur buah nenas)
6. Lama Pemasakan : ±3,5 jam

3.3 Perancangan dan Pembuatan Elektrik

3.3.1 Perancangan Sensor Kecepatan



Gambar 7 Perancangan Sensor Kecepatan

Sensor yang digunakan adalah rotary encoder. Sensor kecepatan digunakan untuk membaca kecepatan putar motor selama proses pengadukan berlangsung. rotary encoder terhubung dengan mikrokontroler dan rotary encoder akan memberikan input kepada mikrokontroler berupa pulsa.

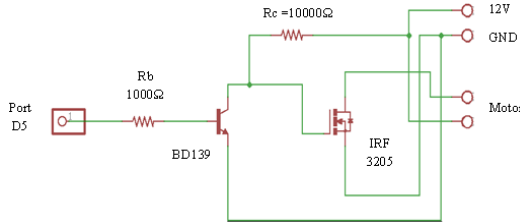
Resolusi yang digunakan pada rotary encoder ini adalah 360 P/R, sehingga rotary encoder ini dapat menghasilkan 360 pulsa dalam satu kali rotasi atau satu kali putaran (360o). Waktu pencuplikan yang digunakan yaitu 100ms, sehingga kecepatan putar motor dapat diketahui dengan persamaan dibawah ini.

$$Rpm = \frac{n}{x} \times \frac{1000}{T} \times 60 \tag{1}$$

Keterangan :

- n = jumlah pulsa yang terbaca oleh rotary encoder dalam satu kali rotasi
- x = jumlah pulsa rotary encoder (datasheet)
- T = waktu pencuplikan (ms)

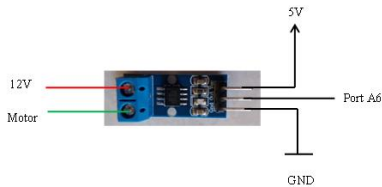
3.3.2 Perancangan Driver Motor



Gambar 8 Perancangan Driver Motor

Rangkaian driver motor berfungsi untuk menggerakkan motor DC. Driver motor yang digunakan adalah driver mosfet yang berfungsi sebagai penguat karena keluaran mikrokontroler baik tegangan maupun arus terlalu kecil jika dibandingkan dengan kebutuhan motor. Dan jika mikrokontroler langsung dihubungkan dengan motor maka akan terjadi kerusakan pada mikrokontroler. Pada rangkaian ini menggunakan mosfet dengan tipe IRF3205 yang berfungsi sebagai saklar. Selain itu juga, pada rangkaian ini menggunakan transistor dengan tipe BD139 yang berfungsi sebagai pemicu mosfet.

3.3.3 Perancangan Sensor Arus



Gambar 9 Perancangan Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan adalah modul sensor arus ACS712. Sensor arus digunakan untuk mendeteksi kekentalan selai nenas berdasarkan besar arus pada motor. Modul ACS712 yang digunakan adalah modul ACS712 dengan pembacaan maksimal 20 Ampere karena arus motor maksimal pada saat selai mengental adalah 5,3 Ampere. Sensor arus ini tidak memerlukan pengondisi sinyal karena sensitivitas sensor arus ACS712 lebih besar dari nilai step size ADC yaitu nilai sensitivitas sensor arus sebesar 100 mV/A dan nilai step size sebesar 4,88 mV. Nilai step size dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

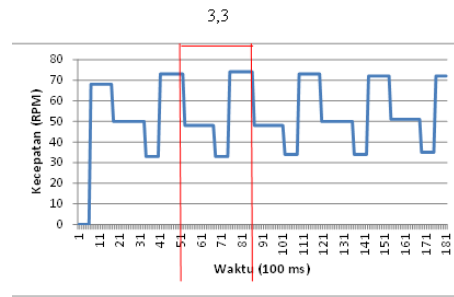
$$Step\ size = \frac{x}{n} \times V_{ref} \quad (2)$$

Keterangan :

- Step size = satu kenaikan ADC (mV)
- X = nilai ADC
- n = Full scale ADC 10 bit
- V_{ref} = tegangan referensi mikrokontroler (V)

3.4 Perancangan dan Pembuatan Software

3.4.1 Perancangan Kontrol PID Ziegler-Nichols



Gambar 10 Grafik Respon Osilasi Motor DC

Gambar 10 diatas merupakan respon osilasi motor DC. Osilasi didapatkan dengan cara pada mulanya nilai Ti diatur dengan nilai yang tak terhingga dan nilai Td diatur dengan nilai 0. Yang kemudian nilai Kp dinaikkan sampai reaksi dari sistem berosilasi. Sehingga didapat nilai Kcr sebesar 1,04 dan nilai Pcr sebesar 3,3. Jika waktu pencuplikan sebesar 100ms dan jarak antar gelombang adalah 33 maka nilai Pcr dapat dihitung

$$Pcr = 83 - 50 = 33$$

$$Pcr = 33 \times 100 = 3300\ ms$$

$$Pcr = \frac{3300}{1000} = 3,3\ s$$

Dengan didapatkan nilai Pcr dan Kcr yaitu sebesar 1,04 dan 3,3 maka nilai Kp, Ki dan Kd dapat diperoleh melalui perhitungan yang sesuai dengan tabel 1 yang merupakan rumus aturan dasar ziegler-nichols, sehingga dapat dihitung:

$$Kp = 0,45 \times Kcr = 0,45 \times 1,04 = 0,468$$

$$Ti = Pcr/1,2 = 3,3/1,2 = 2,75$$

$$Ki = \frac{Kp}{Ti} = \frac{0,468}{2,75} = 0,17$$

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian Rangkaian Sensor Kecepatan dan Driver Motor

Pada pengujian ini dilakukan dengan mengatur besar duty cycle melalui program pada mikrokontroler kemudian melihat dan membandingkan besar kecepatan motor yang terlihat pada LCD dan tachometer dan juga melihat tegangan pada motor.

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor Kecepatan dan *Driver Motor*

Duty Cycle (%)	Tegangan Motor (V)	Sensor (RPM)	Tachometer (RPM)	Error (%)
0	0	0	0	0
3,92	0.12	0	0	0
7,84	0.37	0	0	0
11,76	0.63	0	0	0
15,68	0.92	0	0	0
19,60	1.26	0	0	0
23,53	1.66	0	0	0
27,45	2.16	0	0	0
31,37	2.54	0	0	0
35,29	4.89	27	27	0
39,21	5.60	35.2	35	0.57
43,13	6.58	46.9	46	1.9
47,06	7.3	55.7	56	0.54
50,98	7.95	62	62	0
54,90	8.3	68	68	0
58,82	8.69	69.2	70	1.2
62,74	9.04	75	75	0
66,67	9.47	78.4	78	0.51
70,59	9.8	80.8	80	0.99
74,51	10.06	84	85	1.1
78,43	10.26	86.4	86	0.46
82,35	10.52	89.6	89	0.67
86,27	10.78	91.3	92	0.76
90,19	11.02	93.1	94	0.96
94,12	11.14	94.5	94	0.52
98,04	11.40	96.4	96	0.41
100	11.85	99.5	99	0.4
Error Rata-rata (%)				0.4070

4.2 Pengujian Sensor Arus

Pengujian ini bertujuan untuk men apakah hasil pembacaan nilai arus pada modul sensor arus sama dengan hasil pembacaan pada multimeter. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan input tegangan mulai dari 1V hingga 4V.

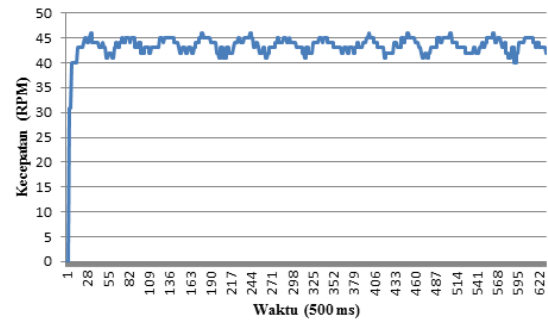
Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor Arus

Tegangan (V)	Pembacaan pada Sensor Arus (A)	Pembacaan pada Multimeter (A)	Error (%)
1	0,5	0,6	20
2	1,1	1,1	0
3	1,7	1,6	5,8
4	2,4	2,3	4
Error Rata-rata (%)			7,45

4.3 Pengujian Kontrol PI (*Proportional Integral*)

Pengujian kontrol PI (*Proportional Integral*) dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon *plant* (motor) jika diberi kontrol Kp dan Ki. Setelah dilakukan tuning dan perhitungan dengan menggunakan metode osilasi *Ziegler nichols* didapatkan nilai Kp sebesar 0,468 dan Ki sebesar 0,17 dan didapatkan respon sebagai berikut :

- Nilai Kp= 0,468 dan Ki=0,17



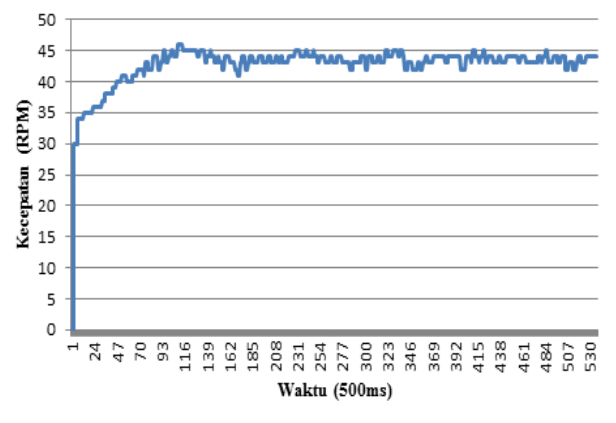
Gambar 11 Grafik Respon Dengan Nilai Kp Sebesar 0,468 dan Ki Sebesar 0,17

Berdasarkan gambar 11 dapat diperoleh analisa:

- td* (waktu tunda) : 0 detik
- tr* (waktu naik) : 11,5 detik
- ts* (*settling time*) : 33 detik
- tp* (waktu puncak) : 3,5 detik
- Mo* (Overshoot maksimum) : 46 rpm
- ess* (*error stady state*) : 0%

Dari gambar 11 dapat dilihat bahwa respon kontrol PI dengan nilai Kp sebesar 0,468 dan Ki sebesar 0,17 tidak menghasilkan grafik yang tidak bagus karena respon masih banyak mengalami osilasi meskipun nilai *rise time* cepat. Oleh karena itu dilakukan *trial error* dan didapat nilai Kp sebesar 0,18 dan Ki sebesar 0,109

- Nilai Kp= 0,18 dan Ki=0,109



Gambar 12 Grafik Respon Dengan Nilai Kp Sebesar 0,18 dan Ki Sebesar 0,109

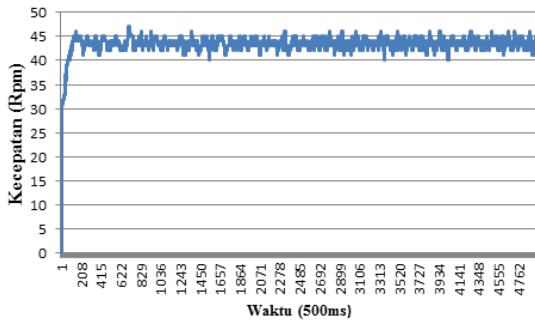
Berdasarkan gambar 12 dapat diperoleh analisa:

- td* (waktu tunda) : 0 detik
- tr* (waktu naik) : 42 detik
- ts* (*settling time*) : 83 detik
- tp* (waktu puncak) : 3,5 detik
- Mo* (Overshoot maksimum) : 46 rpm
- ess* (*error stady state*) : 0%

4.4 Pengujian Sistem

Pengujian sistem ini dilakukan untuk mengetahui respon sistem secara keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan nilai input berupa nilai setpoint kecepatan pada keypad. Selanjutnya kecepatan akan dikontrol oleh kontrol PI agar sesuai dengan nilai setpoint yang diinginkan. Nilai Kp yang digunakan adalah 0,18 dan Ki yang digunakan adalah 0,109 sesuai dengan trial error yang didasarkan pada hasil perhitungan dengan metode Ziegler Nichols. Nilai setpoint yang digunakan adalah 44 rpm.

- Setpoint 44 RPM



Gambar 13 Grafik Respon Kontrol PI Pada Setpoint 44 RPM

Berdasarkan gambar 13 dapat diperoleh analisa:

- td* (waktu tunda) : 0 detik
- tr* (waktu naik) : 58 detik
- ts* (*settling time*) : 76,5 detik
- tp* (waktu puncak) : 3 detik
- Mo* (Overshoot maksimum) : 47 rpm
- ess* (*error stady state*) : 0%

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Hasil pengujian sensor kecepatan didapatkan hasil yang cukup baik yaitu dengan membandingkan antara pembacaan pada sensor kecepatan yang ditampilkan di LCD dan pembacaan pada *tachometer* dan didapatkan *error* rata-rata sebesar 0,4070%.
2. Hasil perancangan PID menggunakan metode *ziegler Nichols* dengan nilai Kp sebesar 0,468 dan Ki sebesar 0,17 didapatkan hasil *td* = 0 detik, *tr* = 11,5 detik, *ts* = 33 detik, *tp* = 3,5 detik, *Mo* = 46 RPM dan *ess* = 0%, akan tetapi respon motor masih kurang baik yaitu dapat dilihat dengan seringnya osilasi yang terjadi. Oleh karena itu dilakukan *trial error* untuk mendapatkan respon yang lebih baik. Nilai Kp dan Ki yang didapat dengan menggunakan *trial error* yaitu 0,18 dan 0,109 dan didapatkan hasil *td* = 0 detik, *tr* = 42 detik, *ts* = 83 detik, *tp* = 3,5 detik, *Mo* = 46 RPM dan *ess* = 0%. Meskipun pada saat nilai Kp = 0,18 dan Ki = 0,109 dalam mencapai *tr* dan *ts* lebih

lama tetapi respon motor yang didapat cenderung lebih stabil.

3. Respon motor pada saat kecepatan putar sebesar 44 RPM cukup baik dengan nilai *td* (waktu tunda) sebesar 0 detik, *tr* (waktu naik) sebesar 58 detik, *ts* (*settling time*) sebesar 76,5 detik, *tp* (waktu puncak) sebesar 3 detik, *Mo* (Overshoot maksimum) sebesar 47 rpm dan *ess* (*error stady state*) sebesar 0%.

5.2 Saran

Berdasarkan dari dari perancangan, pengujian dan analisa alat yang sudah dilakukan maka saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya antara lain :

1. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan sumber *power supply* yang berbeda agar pada saat sistem yang lain berjalan tidak mengganggu sistem kontrol PI yang sedang berlangsung.
2. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya dapat menggunakan sensor kecepatan yang nilai pembacaannya lebih stabil dan cepat.
3. Sistem kontrol untuk pengembangan penelitian selanjutnya dapat diganti dengan kontrol *fuzzy* ataupun metode lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Taufik Yasid, dkk. 2015. Statistik Produksi Holtikultura Tahun 2014. Direktorat Jenderal Holtikultura : Kementerian Pertanian.
- [2] Fachrudin, Lisdiana. 1997. Teknologi Tepat Guna Membuat Aneka Selai. Yogyakarta : Kanisius
- [3] Abdillah, Sofyan Hanif. 2014. Pengaturan Tegangan Output Photovoltaik Untuk Pengisian Aki Menggunakan Metode Perturb dan Observe. Skripsi Jurusan TEknik Elektro. Politeknik Negeri Malang
- [4] Kosasih, Herman. 2008. Pengukuran Kecepatan Putar Berbasis Real Time Linux. Skripsi Departemen Teknik Elektro. Universitas Indonesia.
- [5] Pambudi. 2016. Implementasi Metode PID Untuk Pengontrolan Suhu Pada Proses Thawing Semen Beku Sapi. Skripsi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.
- [6] Hamdani, Mohamad. 2010. Pengendalian Kecepatan Motor DC Terhadap Perubahan Temperatur Dengan Sistem Modulasi Lebar Pulsa. Skripsi Teknik Elektro Universitas Indonesia.
- [7] Putranto. 2016. Implementasi Metode PI (Proportional Integral) Pada Pengaturan Kecepatan Crusher Motor Dala Proses Ekstraksi Buah Apel. Skripsi Teknik Elketro Politeknik Negeri Malang.
- [8] Ogata,Katsuhiko. 1997. Teknik Kontrol Automatik. Jakarta : Erlangga.