

ANALISIS SISTEM KONTROL KECEPATAN PUTAR MOTOR MENGUNAKAN METODE PID PADA ALAT PENGADUK SIRUP MANGGA

Bambang Priyadi

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang
email: priyadi_bebeng@yahoo.co.id

(Artikel diterima: Oktober 2019, direvisi: September 2019, diterima untuk terbit: Januari 2020)

Abstrak – Pengadukan sirup mangga adalah sebuah proses yang dilakukan untuk melakukan pencampuran antara air, sari buah mangga dan gula pasir. Proses agitasi (pengadukan) merupakan faktor yang perlu diperhatikan dalam proses pembuatan sirup mangga. Pengadukan berfungsi untuk mencampur bahan pembuat sirup dan menjaga agar gula pasir tidak mengendap di bawah dan meratakan temperature pada tangki pengaduk sirup mangga. Oleh karena itu pemilihan jenis pengaduk dan kecepatan pengaduk yang tepat diharapkan dapat menunjang fungsi pengadukan sehingga dapat meningkatkan hasil kualitas sirup mangga. Sistem pengontrol kecepatan putaran motor ini menjaga agar kecepatan putaran motor tetap stabil pada perubahan kondisi viskositas medium. Mikrokontroler yang digunakan Atmega 8535. Sensor yang mendeteksi kecepatan putaran motor rotary encoder. Kontrol yang digunakan pada sistem pengontrolan kecepatan motor menggunakan PID untuk menjaga kestabilan kecepatan putaran motor dc. Tujuan dari penelitian ini adalah kecepatan pengadukan yang efektif dan efisien, penyesuaian kecepatan pengadukan sirup mangga yang tepat dapat menjaga kondisi sirup lebih tahan lama. Pengontrol kecepatan putaran motor ini mampu mengatur putaran pengadukan yang stabil pada perubahan kondisi kekentalan sirup mangga dengan sistem control didalamnya, sehingga kecepatan pengadukan yang konstan dapat menyebabkan pencampuran sari buah mangga, air dan gula menyebar secara cepat dan merata. Hasil dari skripsi ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan – permasalahan yang ada

Kata kunci: agitasi (pengadukan), mikrokontroler, sirup mangga, PID.

I. PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Sirup mangga merupakan salah satu olahan mangga yang dibuat dari sari mangga yang dimasak dengan kadar gula yang tinggi dan air sehingga diperoleh cairan yang kental. Pada saat proses pengadukan diperlukan tenaga yang lebih karena melewati beberapa proses yaitu proses melarutkan gula dengan sari mangga dan proses mengentalkan cairan sehingga menjadi sirup.

Pada saat ini masih dilakukan pengadukan secara manual yang membutuhkan tenaga manusia yang banyak dan relatif memerlukan waktu yang lama. Pengadukan secara manual hanya efektif digunakan untuk jumlah yang kecil, sedangkan untuk skala *home industry* yang lebih besar memerlukan tenaga yang lebih banyak untuk proses pengadukannya. Proses pengadukan harus dilakukan dengan cermat dan tepat agar pemanasan merata dan tidak terjadi pengendapan yang mengakibatkan gosong guna menghasilkan sirup dengan kualitas yang baik (Soetedjo dkk, 2009).

Berdasarkan permasalahan pada alat untuk proses pengadukan sirup mangga supaya dapat terkendali kecepatan putaran motor yang stabil dan otomatis, maka perlu untuk melakukan penelitian rangkaian kontrol metode PID, apabila digunakan sebagai alat kontrol Kecepatan Putar Motor DC pada Alat Pengaduk Sirup Mangga yang stabil dan otomatis. Dengan harapan agar diperoleh suatu hasil produktifitas yang relatif lebih tinggi, waktu produksi lebih cepat serta meningkatkan efisiensi.

B. Rumusan masalah

Bedasarkan latar belakang permasalahan di atas dapat diperoleh rumusan masalah diantaranya:

- Bagaimana memilih rangkaian yang tepat untuk pengontrolan kecepatan putar motor dalam proses pengadukan sirup mangga
- Bagaimana menentukan *setpoint* yang tepat agar kecepatan putar motor tetap stabil dalam pengadukan sirup mangga?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan hasil analisis dan hasil penelitian sistem rangkaian kontrol dengan metode PID (*Proportional Integral Derivative*) adalah sebagai berikut :

- Agar dapat merancang dan membuat sistem pengaturan kecepatan motor pada proses pengadukan sirup mangga menggunakan metode PID (*Proportional Integral Derivative*).
- Agar dapat membuat dan merancang sebuah alat pada proses pengadukan pembuatan sirup mangga dengan kapasitas produksi skala rumah tangga (*home industry*).

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil analisis dalam penelitian sistim kontrol metode PID adalah :

- Dapat merancang dan membuat alat untuk mengontrol motor dc secara stabil. pada *setpoint* yang telah ditentukan dengan menggunakan metode PID (*Proportional Integral dan Derivative*) yang tepat.
- Dapat merancang dan membuat alat untuk mengontrol motor dc yang bisa disetting sesuai yang dikehendaki.
- Dengan menggunakan metode PID (*Proportional Integral dan Derivative*) diharapkan dapat dimanfaatkan

dalam membantu proses produksi sirup mangga pada home industri.

II. LANDASAN TEORI

Pada bab ini membahas tentang penelitian yang telah dilakukan sebelumnya serta membahas teori yang dapat menunjang dalam penyelesaian penelitian. Proses pengadukan sirup mangga dibutuhkan sebuah pengontrolan kecepatan yang diatur dengan metode PID agar proses pengadukan mangga dapat menghasilkan kualitas sirup yang baik. Komponen yang dibutuhkan pada alat ini adalah ATmega sebagai controller, LCD, keypad, rotary encoder dan motor DC. Berikut merupakan penjelasan dari beberapa komponen dan teori penunjang dalam pembuatan alat pengaduk sirup mangga.

Sirup adalah bahan minuman dalam kondisi kental karena kadar gula yang tinggi. Pengaturan putar kecepatan motor pada pembuatan sirup mangga dapat mempermudah dalam proses pengadukan karena tidak memerlukan adanya tenaga manusia, lebih efisien dan efektif karena dapat menghindari terjadinya pengendapan serta meratakan suhu pada saat proses pemasakan.

Pada bab ini akan membahas mengenai penelitian-penelitian terdahulu dan landasan teori yang menjadi dasar dalam pelaksanaan skripsi ini. Berikut merupakan penelitian yang pernah dibuat mengenai pengaturan kecepatan motor pada proses pengadukan:

Dian Ayu W (2016). Judul penelitian ini adalah kontrol kecepatan putar motor pengaduk nira menggunakan metode PID pada alat pembuat gula merah tebu. Pengontrolan kecepatan pengadukan dengan aktuator motor DC menggunakan metode kontrol PID yang ditanamkan pada arduino. Terdapat tiga variabel kecepatan yang digunakan yaitu 100 rpm, 110 rpm dan 130 rpm yang digunakan untuk membandingkan kecepatan yang dapat menghasilkan gula merah terbaik.

Arga Rifky (2014). Judul penelitian ini adalah sistem pengaturan kecepatan motor pada alat pengaduk adonan dodol menggunakan kontroler PID. Pada alat ini menggunakan metode *hand tuning*. Dalam pembuatannya menggunakan sensor optocoupler untuk mendeteksi kecepatan putar motor dan menggunakan motor DC.

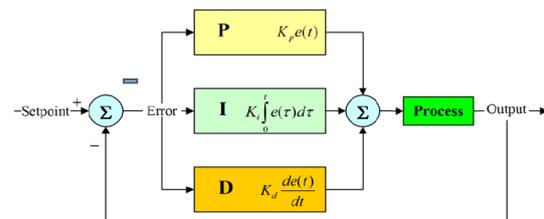
Rendy Ardiansyah (2013). Judul penelitian ini adalah perancangan dan pembuatan alat pengaduk adonan dodol dengan kecepatan konstan dan torsi adaptif. Menggunakan rangkaian terkontrol penyearah gelombang penuh yang dikombinasikan dengan *rotary encoder* sensor kecepatan dapat digunakan untuk menghasilkan pergerakan motor dengan kecepatan yang konstan dan torsi motor yang adaptif. Motor DC magnet permanen digunakan untuk menggerakkan pengaduk. Arus dan torsi motor diatur melalui tegangan masukannya dengan pengaturan sudut penyalan SCR pada rangkaian terkontrol gelombang penuh.

Rangga Elga (2012). Judul penelitian ini adalah perancangan alat pengaduk adonan *bakery* menggunakan motor DC ½ HP dengan kontroler PID. Adonan *bakery* merupakan adonan berbentuk kalis, sehingga dalam pengolahannya membutuhkan nilai gaya dan torsi yang cukup besar. Dengan nilai kecepatan 130rpm dan 160rpm untuk membandingkan agar mendapatkan hasil yang baik. Nilai PWM dapat berubah-ubah secara otomatis bergantung dari nilai umpan balik yang diberikan oleh sensor kecepatan sehingga kecepatan putar motor dapat diajag konstan.

Pada pengontrol kecepatan putar motor DC proses pengadukan alat pembuat sirup mangga menggunakan metode PID (*Proportional Integral Derivative*) ini dan memakai sensor kecepatan yaitu *rotary encoder*. Pada bab ini akan menjelaskan mengenai metode pengontrolan kecepatan putar motor DC, sensor dan proses pembuatan sirup mangga.

A. Kontrol Proportional Integral Derivative (PID)

PID merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik umpan balik/feed back pada sistem tersebut. Komponen PID terdiri dari 3 jenis, yaitu Proportional, Integratif dan Derivatif, dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Ketiganya dapat dipakai berpasangan maupun sendiri-sendiri, tergantung kebutuhan dari pengontrolannya.(Raden, 2011)



Gambar1 Blok Diagram PID Controller

Keluaran pengendali PID merupakan jumlahan dari keluaran pengendali proporsional, keluaran pengendali integral, dan keluaran pengendali diferensial. 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 implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. 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.

B. Kerangka Pemikiran.

Penelitian pada analisis adalah mengumpulkan studi literatur (mengumpulkan serta mempelajari yang berhubungan dengan penelitian yang akan dikerjakan yaitu Implementasi Metode PID Sebagai Pengontrol Kecepatan Putar Motor DC pada Alat Pengaduk Sirup Mangga), kemudian menganalisis dan merancang konsep serta spesifikasi pada alat pengaduk pembuatan sirup mangga. Setelah mengetahui bentuk mekanik, menentukan dan merancang rangkaian elektrik alat yang sesuai, selanjutnya melakukan pengujian apakah elektrik sesuai dengan bentuk mekanik yang ada. Langkah berikutnya adalah merancang *software* berupa metode PID dengan menghitung nilai parameter P, I dan D sesuai dengan teori yang ada untuk mengatur kecepatan putar motor pada alat pengaduk sirup mangga. Setelah itu melakukan pengujian parameter P, I dan D terhadap respon system, supaya system dengan *setpoint* tertentu dengan tanpa beban bisa stabil. *software* dirancang berupa program agitasi otomatis. Apabila sistem berjalan sesuai dengan konsep rancangan yang dibuat, maka dilanjutkan dengan pengambilan data. Setelah tahapan pengambilan dan pengumpulan data dilakukan maka selanjutnya melakukan tahapan yang terakhir yaitu analisis data.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap penelitian ini diantaranya adalah melakukan pengumpulan dan mempelajari semua literature yang berhubungan dengan kontrol *PID* dengan menggunakan metode Ziegler-nichols, dasar dasar dari kontrol kecepatan motor dc dan literature pendukung lainnya yang berhubungan dengan skripsi ini.

Studi literatur yang digunakan dalam penelitian ini untuk mencapai tujuan dari pembuatan alat. Tujuan dari penelitian ini adalah dengan mencari jurnal atau panduan ajar yang berhubungan dengan sistem kendali *PID* begitu juga dengan metode yang digunakan

III. METODE

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di kampus Politeknik Negeri Malang di dalam Laboratorium Teknik Elektronika. Penelitian dilakukan untuk mengetahui perilaku sensor terhadap hasil perencanaan dalam membuat sebuah alat yang kesemuanya dikontrol secara otomatis pada proses pembuatan sirup dengan bahan baku mangga. Penelitian dilakukan untuk mengamati besaran listrik input dan output hasil perencanaan antara lain adalah :

Tegangan Input : 220 VAC
Motor DC : RPM
Sensor : Rotary Encoder
DC Source : 19 V
Display : LCD 16x2

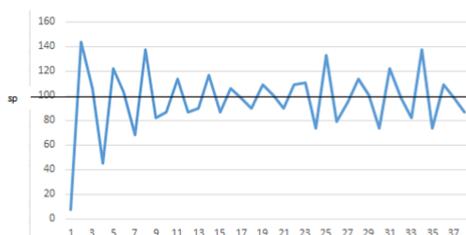
Untuk keperluan pengambilan data dan tampilan dalam penelitian ada dua perangkat yang diperlukan yaitu *hardware* dan *software*. Perancangan berupa diagram kerja sistem (*hardware*) dan algoritma tampilan dalam grafik pada layar monitor PC. Sedangkan perakitan berupa tahapan merangkai modul-modul rangkaian elektronik diperlukan sebagai alat pengambil data temperatur kerja tegangan dan arus.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

A. Pengujian Kontrol PID

Metode Ziegler- Nichols

Pengujian dengan metode osilasi PID Ziegler-Nichols pada *motor pengadukan* dilakukan dengan memasukkan nilai K_p 0,205882 K_i dengan nilai 0,137255 dan K_d dengan nilai 0,077206 yang diperoleh melalui cara perhitungan pada bab 3. Analisis respon *motor agitasi* dari angka tersebut akan ditampilkan pada grafik hasil percobaan respon sistem osilasi PID Ziegler-Nichols akan ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2. Respon Sistem Motor Pengadukan Terkontrol Tanpa Beban

Gambar 2 menunjukkan bahwa kecepatan *motor*

pengadukan dengan kontrol tanpa beban memiliki *maximum peak* (M_p) yang lumayan tinggi yaitu 144 rpm dengan *percentage of overshoot* (P_o) sangat tinggi yaitu 44 % namun *rising time* -nya (T_r) sangat cepat yaitu 2 second. Dari *set-point* yang ditentukan yaitu 100 rpm, sistem steady di kecepatan 106 rpm dengan *settling time* (T_s) 16 second dan mendapatkan *error steady state* (E_{ss}) sebesar 6%.

Tabel 1 Statistik PID tuning Ziegler-Nichols pada set-point 100 rpm

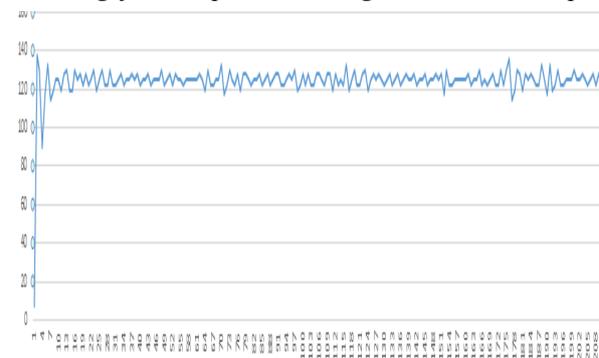
Parameter	Hasil
Time Rising (T_r)	2s
Percentage of Overshoot (P_o)	44%
Error Steady State (E_{ss})	6%
Settling Time (T_s)	16 s

Respon sistem yang didapatkan dari tabel statistik di atas dengan menggunakan metode osilasi tuning *Ziegler Nichols* menghasilkan nilai yang jauh dari nilai *set-point* dan tidak stabil. Karena respon sistem yang tidak stabil maka hasil tuning dengan menggunakan metode *Ziegler-Nichols* kurang bagus jika diaplikasikan untuk sistem *motor pengadukan*, karena pada prinsipnya proses *pengadukan*

Metode Trial and Errors

Pengujian metode Trials and Error pada motor pengadukan dilakukan dengan memasukan nilai K_p , K_i dan K_d sampai kita mendapatkan respon sitem yang diinginkan. Nilai K_p yang di dapatkan adalah 0,25, nilai K_i 0,15 dan K_d dengan nilai 0,0001. Analisis respon motor pengadukan dari angka tersebut akan ditampilkan pada grafik hasil percobaan respon sistem osilasi Trials and Error akan ditunjukkan pada graik 3

B. Pengujian Tanpa Beban dengan Set Point 100 rpm



Gambar 3. Respon Sistem Motor Pengadukan Terkontrol Tanpa Beban dengan set point 100 rpm

Gambar grafik 3 diatas menunjukkan bahwa kecepatan *motor pengadukan* dengan kontrol tanpa beban memiliki *maximum peak* (M_p) tidak terlalu tinggi yaitu 125 rpm dengan *percentage of overshoot* (P_o) tidak terlalu tinggi yaitu 25 % dan *rising time* -nya (T_r) yaitu 1,5 second. Dari *set-point* yang ditentukan yaitu 100 rpm, sistem steady di kecepatan 100 rpm dengan *settling time* (T_s) 8 second dan mendapatkan *error steady state* (E_{ss}) sebesar 0 %.

Tabel 2 Statistik PID Tuning Trials and Error pada set-point 100 rpm

Parameter	Hasil
Time Rising (Tr)	1,5 s
Percentage of Overshoot (Po)	25 %
Error Steady State (Ess)	0 %
Settling Time (St)	8 s

Respon sistem yang didapatkan dari tabel statistik di atas dengan menggunakan metode osilasi tuning *Trials and Error* di dapatkan nilai yang sesuai dengan nilai *set-point* dan stabil dengan Ess nya didapatkan nilai 0 %, system dikatakan sesuai. Karena respon sistem yang stabil hasil tuning menggunakan metode *Trials and Error* dapat diaplikasikan untuk sistem *motor pengadukan*, karena pada prinsipnya proses *agitasi pengadukan* membutuhkan kecepatan yang stabil pada nilai *set-point* yang ditetapkan.

C. Pengujian Tanpa Beban dengan Set Point 125 rpm



Gambar 4. Respon Sistem Motor Pengadukan Terkontrol tanpa Beban dengan Set-point 125 rpm

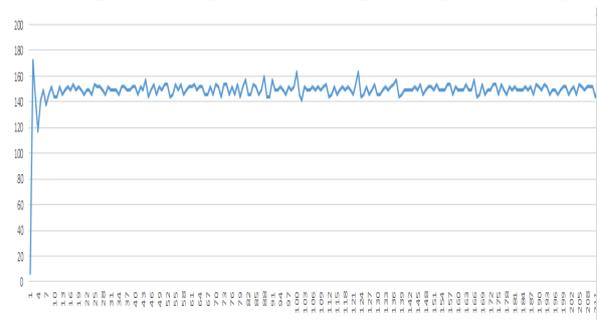
Gambar 4 diatas menunjukkan bahwa kecepatan *motor pengadukan* dengan kontrol tanpa beban memiliki maximum peak (Mp) tidak terlalu tinggi yaitu 138 rpm dengan percentage of overshoot (Po) tidak terlalu tinggi yaitu 10,4 % dan rising time -nya (Tr) yaitu 1,5 second. Dari set-point yang ditentukan yaitu 125 rpm, sistem steady di kecepatan 125,0047 rpm dengan settling time (Ts) 9 second dan mendapatkan error steady state (Ess) sebesar 0,003774 %.

Tabel 3 Statistik PID Tuning Trials and Error pada Set-point 125 rpm

Parameter	Hasil
Time Rising (Tr)	1,5 s
Percentage of Overshoot (Po)	10,4 %
Error Steady State (Ess)	0,003774%
Settling Time (St)	9 s

Respon sistem yang didapatkan dari tabel statistik di atas dengan menggunakan metode osilasi tuning *Trials and Error* di dapatkan nilai yang sesuai dengan nilai *set-point* dan stabil dengan Ess nya didapatkan nilai 0,003774 %, system masih dikatakan sesuai. Karena respon sistem yang stabil hasil tuning menggunakan metode *Trials and Error* dapat diaplikasikan untuk sistem *motor pengadukan*, karena pada prinsipnya proses *agitasi pengadukan* membutuhkan kecepatan yang stabil pada nilai *set-point* yang ditetapkan.

D. Pengujian Tanpa Beban dengan set point 150 rpm



Gambar 5 Respon Sistem Motor Pengadukan Terkontrol tanpa Beban dengan set point 150 rpm

Gambar grafik 5 diatas menunjukkan bahwa kecepatan *motor pengadukan* dengan kontrol tanpa beban memiliki maximum peak (Mp) tidak terlalu tinggi yaitu 172 rpm dengan percentage of overshoot (Po) tidak terlalu tinggi yaitu 14,7 % dan rising time -nya (Tr) yaitu 1,5 second. Dari set-point yang ditentukan yaitu 150 rpm, sistem steady di kecepatan 150,0096 rpm dengan settling time (Ts) 9 second dan mendapatkan error steady state (Ess) sebesar 0,00638 %.

Tabel 4 Statistik PID Tuning Trials and Error pada Set-point 150 rpm

Parameter	Hasil
Time Rising (Tr)	1,5 s
Percentage of Overshoot (Po)	14,7 %
Error Steady State (Ess)	0,00638%
Settling Time (St)	9 s

Respon sistem yang didapatkan dari tabel statistik di atas dengan menggunakan metode osilasi tuning *Trials and Error* di dapatkan nilai yang sesuai dengan nilai *set-point* dan stabil dengan Ess nya didapatkan nilai 0,00638 %, system masih dikatakan sesuai. Karena respon sistem yang stabil hasil tuning menggunakan metode *Trials and Error* dapat diaplikasikan untuk sistem *motor pengadukan*, karena pada prinsipnya proses *agitasi pengadukan* membutuhkan kecepatan yang stabil pada nilai *set-point* yang ditetapkan.

E. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dengan *Trials and Error* dilakukan dengan menganalisa statistik dari respon sistem kecepatan *motor pengadukan* berdasarkan volume beban yang berbeda, sesuai dengan kontrol PID yang dilakukan. Pengujian sistem dilakukan dengan 2 variabel beban yang berbeda-beda yaitu 1 L dan 3 L. Dalam setiap pengujian variabel beban dilakukan 3 kali dengan variable *set-point* kecepatan yaitu 100 rpm, 125 rpm dan 150 rpm.

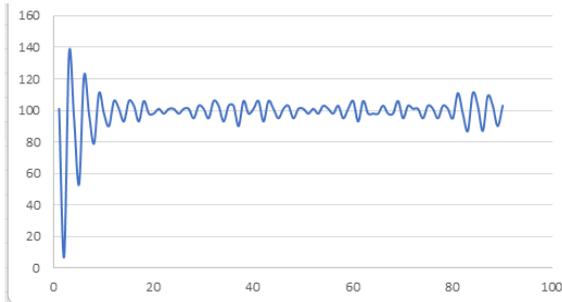
Beban 1 L, $K_p = 0.25$, $K_i = 0.15$ dan $K_d = 0.0001 * 100$ rpm

Dari grafik pengujian sistem diatas beban 1 L dengan kecepatan motor 100 rpm dan diberi nilai K_p sebesar 0.25, K_i diberi nilai sebesar 0.15 dan K_d diberi nilai sebesar 0.0001 di dapatkan *time rising* (Tr) yang lumayan cepat yaitu 2 second dengan percentage of overshoot (Po) 36 %. Sistem mulai menemui titik stabil pada waktu 21 second dengan error steady state (Ess) sebesar 1 %. Presentasi error sistem pada saat kondisi stabil akan ditampilkan pada hitungan ess di bawah :

$$ess = (-steady\ state) + Set\ Point$$

$$= -101 + 100$$

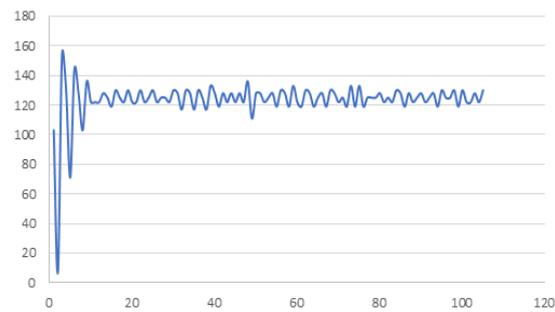
$$ess = -1\%$$



Gambar 6. Respon Sistem Motor Pengadukan 1 L & 100 rpm

Berdasarkan respon sistem diatas dengan kecepatan agitasi 100 rpm pada beban 1 L waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai titik kestabilan mencapai 20 second dimulai dengan adanya lonjakan kecepatan tertinggi pada waktu sistem dimulai yaitu 136 rpm kemudian perlahan mencapai *set-point* 100 rpm dengan error kestabilan atas 103 rpm dan error kestabilan bawah 97 rpm. Sistem memang tidak dapat konstan pada *set-point* yang ditetapkan namun masih dalam batas toleransi error yang ditetapkan yaitu 5%.

Beban 1 L, Kp = 0.25, Ki = 0.15 dan Kd = 0.0001 , 125 rpm

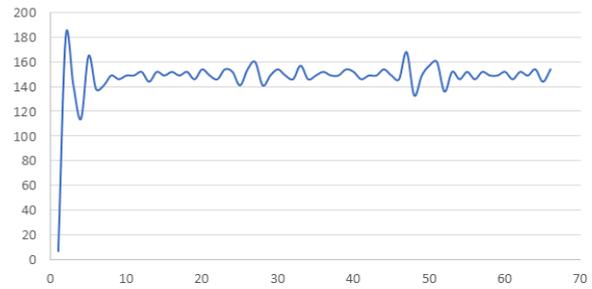


Gambar 7 Respon Sistem Pengadukan Sirup Beban 1 L & 125 rpm

Dari grafik pengujian sistem menggunakan beban 3 L dengan kecepatan motor 125 rpm dan diberi nilai Kp sebesar 0.25, diberi nilai Ki 0.15 dan Kd diberi nilai 0.0001 di dapatkan *time rising* (Tr) yang cukup cepat yaitu 1.8 *second* dengan *percentage of overshoot* (Po) 21,6 %. Sistem mulai menemui titik stabil pada waktu 8 *second* dengan *error steady state* (Ess) sebesar 0.08 %. Presentasi *error* sistem pada saat kondisi stabil akan ditampilkan pada hitungan *ess* di bawah :

Berdasarkan respon sistem diatas dengan kecepatan agitasi 125 rpm pada beban 3 L waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai titik kestabilan mencapai 8 detik dimulai dengan adanya lonjakan kecepatan tertinggi pada waktu sistem dimulai yaitu 152 rpm kemudian perlahan mencapai *set-point* 125 rpm dengan error kestabilan atas 125.1 rpm dan error kestabilan bawah 124.9 rpm. Sistem memang tidak dapat konstan pada *set-point* yang ditetapkan namun masih dalam batas toleransi error yang ditetapkan yaitu 5% dari *set-point*.

Beban 3 L, Kp = 0.25, Ki = 0.15 dan Kd = 0.0001 *150 rpm



Gambar 8. Respon Sistem Pengadukan beban 3 L & 150 rpm

Dari grafik pengujian sistem menggunakan beban 3 L dengan kecepatan motor 150 rpm dan diberi nilai Kp sebesar 0.25, Ki diberi nilai sebesar 0.15 dan Kd diberi nilai sebesar 0.0001 di dapatkan *time rising* (Tr) yang lumayan cepat yaitu 1.8 *second* dengan *percentage of overshoot* (Po) 20.7 %. Sistem mulai menemui titik stabil pada waktu 8 *second* dengan *error steady state* (Ess) sebesar 1.8 %. Presentasi *error* sistem pada saat kondisi stabil akan ditampilkan pada hitungan *ess* di bawah :

$$ess = \frac{Steady\ state - Setpoint}{Setpoint} \times 100\%$$

$$= \frac{152,7 - 150}{150} \times 100\%$$

$$ess = 1.8\%$$

Berdasarkan respon sistem diatas dengan kecepatan agitasi 150 rpm pada beban 3 L waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai titik kestabilan mencapai 13 detik dimulai dengan adanya lonjakan kecepatan tertinggi pada waktu sistem dimulai yaitu 181 rpm kemudian perlahan mencapai *set-point* 150 rpm dengan error kestabilan atas 152.7 rpm dan error kestabilan bawah 147.3 rpm. Sistem memang tidak dapat konstan pada *set-point* yang ditetapkan namun masih dalam batas toleransi error yang ditetapkan yaitu 5% dari *set-point*.

Tabel 4.8 Statistik Respon Sistem pengadukan dengan beban 3 L pada kecepatan 100 rpm, 125 rpm dan 150 rpm

Parameter	Hasil pada RPM		
	100	125	150
<i>Time Rising</i> (Tr) (s)	1.5	1.8	1.8
<i>Percentage of Overshoot</i> (Po) (%)	38	21.6	20.7
<i>Error Steady State</i> (Ess) (%)	3.05	0.08	1.8
<i>Settling Time</i> (St) (s)	14	8	8

Pada Tabel 4.8 menunjukkan hasil pengujian pengadukan sirup dengan volume beban 3 liter sebanyak 3 kali yaitu menggunakan *set-point* 100 rpm, 125 rpm dan 150 rpm. Menurut referensi yang didapatkan, pengadukan harus dilakukan dengan kecepatan yang konstan dan stabil. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variabel kecepatan yang sesuai kriteria pengadukan menggunakan kecepatan 125 rpm. Dapat dilihat dengan kecepatan 125 rpm pada volume beban 3 liter memiliki *rising time* (Tr) yaitu 1.8 *second* juga tingkat

kestabilan memiliki nilai *error steady state* yang sangat rendah yaitu mencapai 0.08 % dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai pengadukan yang stabil adalah 14 *second*.

Dari analisa yang dilakukan dapat diketahui bahwa volume beban dapat menentukan variabel putaran yang sesuai dengan putaran yang konstan dan stabil pada range 100 rpm – 150 rpm. Pada volume beban 3 liter variabel kecepatan yang sesuai dengan putaran yang konstan dan stabil berada pada kecepatan 125 rpm, Sedangkan pada volume beban 1 liter variabel kecepatan yang sesuai dengan putaran yang konstan dan stabil berada pada kecepatan 150 rpm, dimana dengan kecepatan 150 rpm stabil.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian sistem keseluruhan dan pengujian hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Dari hasil perancangan dan pengujian *hardware* yang telah dilakukan, *hardware* telah dibuat sesuai kebutuhan kecepatan putar motor. Mulai dari rangkaian driver motor dc, sensor kecepatan rotary encoder, lcd 16x2 dan lain-lain telah bekerja sesuai dengan apa yang dibutuhkan oleh sistem, dapat diambil kesimpulan bahwa alat pengaduk sirup mangga telah berhasil dibuat dan bekerja dengan baik, khususnya pada kecepatan putar motor yang dapat dikontrol kecepatannya.

Metode kontrol dilakukan *tuning* PID menggunakan *Trials and Error* dengan mengubah-ubah nilai dari Kp, Ki dan Kd sampai didapatkan nilai Kp = 0.25, Ki = 0.15 dan Kd = 0.0001. Setelah dilakukan pengujian respon sistem dengan *set-point* 100 rpm diperoleh nilai *error steady state* yang cukup bagus yaitu 0 %. Jadi metode *tuning* PID *trials and error* sesuai untuk di implementasikan pada alat pengaduk sirup.

Volume beban dapat menentukan variable putaran yang sesuai dengan putaran yang konstan dan stabil. Pada volume beban 3 liter variable kecepatan yang sesuai dengan putaran yang konstan dan stabil berada pada kecepatan 125 rpm, sedangkan volume beban 1 liter variable kecepatan yang sesuai dengan putaran yang konstan dan stabil berada pada kecepatan 150 rpm

B. Saran.

Alat pengaduk sirup yang telah dibuat masih banyak kekurangan. Perlu adanya perbaikan dan penyempurnaan agar alat ini dapat bekerja secara optimal. Ada beberapa hal yang disarankan untuk perbaikan dan penyempurnaan yaitu :

- Dari segi mekanik, pada bagian atas masih belum di sediakan penutup untuk mencegah sirup tumpah saat di lakukan pengadukan.
- 2. Dari segi elektrik, perlu ditambahkan *real-time clock* (RTC) untuk memberikan penjadwalan proses pengadukan dan menjadwalkan waktu istirahat motor demi menjaga realibilitas motor dan juga lebih memperhatikan estetika pengkabelan pada box elektrik maupun kabel yang tersambung pada motor dan rangkaian elektrik pada box

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andrianto, Moh. 2014. Kendali Kecepatan Motor Direct Current (DC) Menggunakan Proportional Integral Derivative (PID)

Controller Terhadap Beban . Skripsi Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.

- [2] Ardiansyah, dkk.2013. Rancang-Bangun Sistem Pengaduk Adonan Dodol Dengan Kecepatan Konstan dan Torsi Adaptif. Jurnal EECCIS. Universitas Brawijaya Balai Informasi LIPI. 2009. Nanas
- [3] Fratama, Riza Ade. 2016. Implementasi Kontrol PI untung Pengaturan Kecepatan Motor DC Alat Pengupas Kulit Ari Kedelai. Skripsi Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.
- [4] Hartati, M.E. 2010. Pengaruh Penggunaan Madu pada pembuatan Selai Pepaya. Jurnal Volume XLV, No.3, November 2010, pp29-37Berita Litbang Industri
- [5] Nizar, Luthfi Fakhruddin. 2014. Sistem Pengendali Kecepatan Motor DC Pada Lift Barang Menggunakan Kontroler PID Berbasis ATMEGA 2560. Skripsi Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang.
- [6] Nugraha,Arga Rifky. 2014. [Sistem Pengaturan Kecepatan Motor DC pada Alat Pengaduk Adonan Dodol Menggunakan Kontroler PID](#). Jurnal Mahasiswa TEUB Vol 1, No 2. Universitas Brawijaya.
- [7] Pradana, Ferdian. 2014. Perancangan Dan Implementasi Visual Servoing Pada Robot Beroda Menggunakan Kamera Berbasis Beaglebone Black. Skripsi Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang
- [8] Santoso, Feri. 2012. Produksi Pembuatan Selai Sawo Kaya Akan Vitamin C. Laporan Tugas Akhir Teknologi Hasil Pertanian Universitas Sebelas Maret
- [9] Syahrumsyah, Hudaida, dkk. 2010. Widianti, Dian Ayu. 2016. Kontrol Kecepatan Putar Motor Pengaduk Nira Menggunakan Metode PID Pada Alat Pembuat Gula Merah Tebu. Skripsi Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.
- [10] Malvino, Albert Paul. 1987. Prinsip-prinsip Elektronika, Terjemahan Irwan Wijaya. Jakarta: Erlangga.
- [11] Motorola Semiconductor. www.google.com, dicuplik pada tanggal 6 Maret 2007.
- [12] Pernantini Tarigan, 2001, "Rangkaian Logika", edisi kedua, USU Press, Medan.