

Implementasi Kontrol Proposional Integral Pada Pengaturan Kecepatan Putar Motor DC Untuk Meningkatkan Produksi Kue Kecil

Syaidinati Hakiki Angesti Pratiwi , Hari Kurnia Safitri, Subiyantoro

Abstrak — Kue kecil terbuat dari adonan tepung ketan, gula pasir, telur ayam dan garam. Besarnya permintaan konsumen tidak sebanding dengan proses pembuatan kue kecil yang memerlukan banyak waktu dan tenaga saat pembentukan adonan kue kecil. Agar waktu produksi menjadi efisien dan tidak membutuhkan banyak tenaga, maka dikembangkan alat pembentuk kue kecil dengan mengatur kecepatan putar motor DC. Dengan implementasi metode kontrol *proposional integral* pada pengaturan kecepatan putar motor DC dapat membantu pembentukan kue kecil menjadi efisien dan tidak membutuhkan banyak tenaga. Alat dapat bekerja dengan adanya komponen pendukung yaitu sensor *rotary encoder*, *driver* motor, mikrokontroler dan LCD. Aktuator yang dibutuhkan adalah motor DC serta metode yang digunakan yaitu metode PI (*Proposional Integral*). Alat pembentuk kue kecil memiliki dua pilihan kecepatan yaitu kecepatan pelan dan kecepatan cepat. Saat alat aktif, selanjutnya milih kecepatan yang akan digunakan pada *switch* 2, setelah itu mengaktifkan motor pada *switch* 1. *switch* yang disediakan merupakan input atau masukan untuk mikrokontroler, mikrokontroler akan memproses dan mengirim data ke *driver* motor, *driver* motor akan mengatur kecepatan putar motor DC sesuai dengan *set point* kecepatan yang telah ditentukan di mikrokontroler, selanjutnya sensor *rotary encoder* akan membaca kecepatan putar motor DC, output dari pembacaan putar motor DC akan di kirim ke mikrokontroler dan mikrokontroler akan mengirim data ke LCD, LCD akan menampilkan kecepatan putar motor DC berupa rpm. Dari hasil pengujian pengaturan kecepatan putar motor menggunakan metode PI di dapat nilai $K_p = 0.135$ dan $K_i = 0.03$. Serta pemilihan *set point* kecepatan yang digunakan yaitu 150 rpm untuk kecepatan minimum dan 220 rpm untuk kecepatan maksimum.

Kata kunci : *sensor rotary encoder*, , *Driver Motor* dan *Metode Proposional Integral*.

I. PENDAHULUAN

Kue kecil merupakan kue tradisional yang sudah ada sejak tahun 1881. Kue kecil terbuat dari tepung beras ketan yang di sangrai kemudian di campur dengan gula pasir dan telur ayam.

Syaidinati Hakiki Angesti Pratiwi adalah mahasiswa D4 Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang , email : nemoiks98@gmail.com
 Hari Kurnia Safitri dan Subiyantoro adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, email : hari.kurnia@polinema.ac.id, subiyantoro@polinema.ac.id

Sebutan kue kecil Berasal dari bentuknya yang seperti biji buah sawo sehingga masyarakat menyebutnya kue kecil atau roti kecil. Beberapa hasil survei pada home industri, bahwa produksi kue kecil yang di hasilkan home industri di pengaruhi oleh faktor pembuatan adonan yang cukup memerlukan banyak waktu dan tenaga. Proses pembentukan adonan merupakan tahapan yang penting karena dengan pembentukan adonan menjadi panjang dan padat akan mempengaruhi berat bersih setiap satuan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Tiwan dan Sirod Hartono tahun 2007 sebagai landasan teori yang menjadi dasar dalam penelitian ini . Alat yang sudah ada menggunakan cara kerja yang manual, jika cara kerja mesin getuk lindri yang manual di terapkan pada cara kerja mesin pembentuk kue kecil, akan memiliki kekurangan yaitu, mesin tidak akan bekerja secara maksimal seperti pada uji coba , dikarenakan jenis adonan yang berbeda mengakibatkan berkurangnya tekanan pada pada screw pendorong dan kecepatan putar motor DC.

Penelitian mesin getuk lindri dapat digunakan sebagai landasan dasar dari mesin pembentuk kue kecil dengan mengoptimalkan alat pembentuk kue kecil dengan mengatur kecepatan putar motor DC pada mesin pembentuk kue kecil, menambahkan metode PI (*Proposional Integral*) pada pengontrol kestabilan putaran motor DC, serta pengaturan kecepatan motor DC menggunakan *driver* motor untuk pengaturan kecepatan. Pada saat memasukkan adonan yang berlebihan tidak akan ada kendala motor berhenti, disediakan tombol pengatur putaran motor sesuai dengan range yang digunakan sesuai standart pemrosesan berat bersih yang dibutuhkan pemilik home industri.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kue Kecil

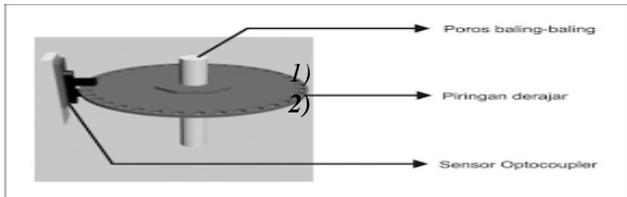
Kue Kecil adalah kue yang berbahan dasar tepung ketan, gula pasir, telur ayam, dan garam. Bahan dasar tersebut di jadikan satu dan masuk kedalam *mixing proses* atau proses pengadukan bahan dasar sampai bahan - bahan tersebut menjadi sebuah adonan yang kalis, adonan di cetak ke dalam alat pembentuk kue kecil.

2.2 Sensor Rotary Encoder

Sensor *rotary encoder* adalah alat elektronika yang digunakan untuk memonitoring gerakan dan posisi. Sensor kecepatan yang digunakan untuk pengukuran kecepatan putar motor DC yaitu *rotary encoder*. *Rotary encoder*

tersusun dari suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran.

Penggunaan *rotary encoder* hanya sebagai prinsip kerja, namun sensor yang digunakan adalah sensor *photodiode*. *Photodiode* adalah suatu jenis dioda yang resistansinya dapat berubah-ubah apabila terkena sinar cahaya yang dikirim oleh transmitter "LED". resistansi dari *photodiode* dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterimanya, semakin banyak cahaya yang diterima maka semakin kecil resistansi dari *photodiode* dan begitu pula sebaliknya jika semakin sedikit intensitas cahaya yang diterima oleh sensor *photodiode* maka semakin besar nilai resistansinya.

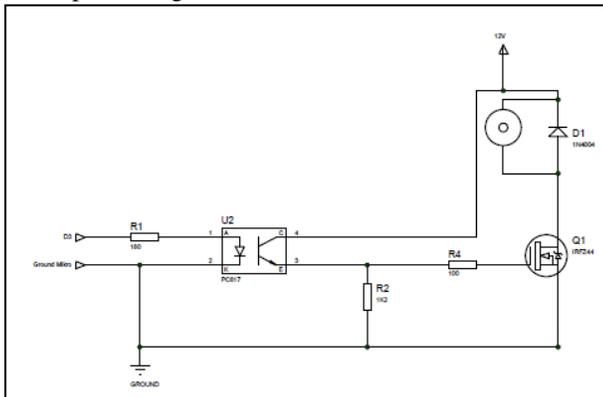


Gambar 1. Prinsip kerja Rotary Encoder

2.3 Driver Motor

Untuk mengendalikan perputaran motor DC dibutuhkan sebuah *driver*. *Driver* ini berfungsi untuk mengatur kecepatan putar motor DC. Mikrokontroler tidak dapat langsung mengendalikan putaran Motor DC, karena itu dibutuhkan *driver* sebagai perantara antara mikrokontroler dan motor DC, sehingga perputaran dari motor DC dapat dikendalikan oleh mikrokontroler.

Rangkaian *driver* motor DC pada gambar 2 berfungsi untuk menggerakkan motor DC dengan mengatur tegangan pada motor menggunakan nilai *Duty cycle* yang diberikan oleh Output Atmega16A.



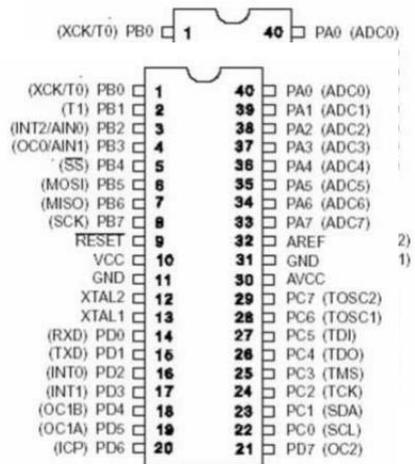
Gambar 2. Driver Motor

2.4 Motor DC

Motor DC adalah peralatan elektro mekanik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor

2.5 Atmega16A

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu chip. Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa plot masukan maupun keluaran, dan beberapa perihai seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi.



Gambar 3. Mikrokontroler Atmega 16A

2.6 Kontrol Proposional Integral (PI)

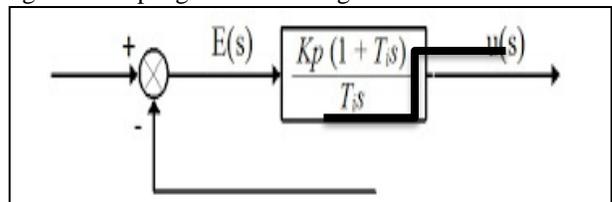
Sistem kontrol PI terdiri dari dua buah cara pengaturan yaitu control P (*Proportional*) dan I (*Integral*), dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam perancangan sistem kontrol PI yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P dan I agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan. Dalam waktu kontinyu, sinyal keluaran pengendali PI dirumuskan sebagai :

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) \cdot dt \right) \dots \dots \dots (1)$$

Jadi, fungsi alih pengendali PI (dalam domain s) dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$G(s) = K_p + \frac{K_i}{s} \dots \dots \dots (2)$$

Diagram blok pengendali PI sebagai berikut :

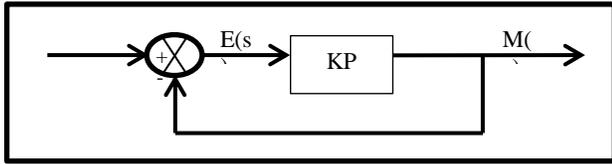


Gambar 4. Diagram Blok Kontrol Proposional Integral

2.6.1 Kendali Proporsional

Kendali *proporsional* berlaku sebagai gain (penguat) saja tanpa memberikan efek dinamik pada kinerja kontroler. Penggunaan kendali *proporsional* memiliki berbagai

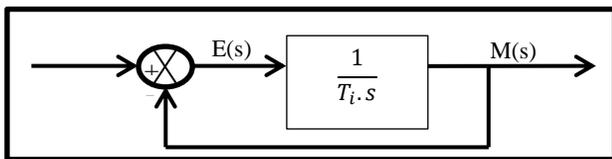
keterbatasan karena sifat kendali *proporsional* yang tidak dinamik. Walaupun demikian dalam aplikasi-aplikasi dasar yang sederhana kontrol *proporsional* ini cukup mampu untuk memperbaiki respon transien khususnya rise time dan settling time.



Gambar 5. Diagram Blok Kontrol Proporsional

2.6.2 Kendali Integral

Kendali *integral* berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan mantap nol. Kalau sebuah *plant* tidak memiliki unsur *integral*, kendali *proporsional* tidak akan bekerja dengan baik. Maka, kendali *integral* sangat dibutuhkan untuk memperbaiki sekaligus menghilangkan *error steady state*.



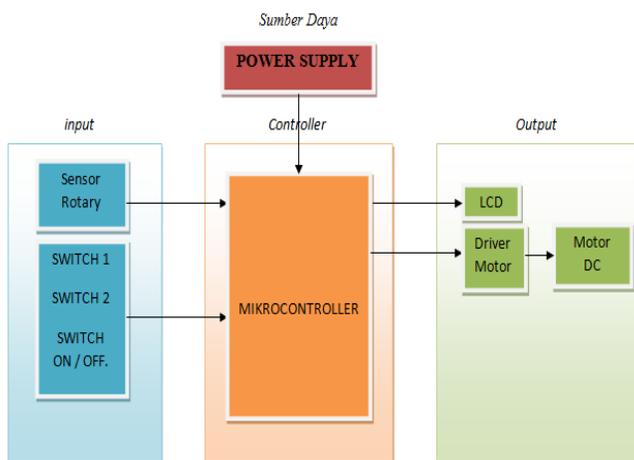
Gambar 6. Diagram Blok Kontrol Integral

2.7 Liquid Crystal Display (LCD)

LCD berfungsi untuk menampilkan teks yang terdiri dari berbagai karakter. LCD banyak digunakan karena fungsinya yang bervariasi, dan juga pemrogramannya yang mudah. Untuk dapat menghubungkan LCD dengan mikrokontroler, PORT pada LCD perlu dihubungkan dengan PORT yang sesuai dengan PORT I/O pada mikrokontroler.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Perancangan Sistem



Gambar 7. Diagram Blok

Penjelasan dari diagram blok sistem diatas adalah *switch ON* menandakan bahwa alat siap digunakan, selanjutnya pemilihan kecepatan putar yang diinginkan pada *switch 2*, pada kecepatan 150 rpm (kecepatan rendah) *switch 2* berlogika 0 (*low*) dan kecepatan 220 rpm (kecepatan tinggi) *switch 2* berlogika 1 (*high*). Selanjutnya untuk mengaktifkan motor dapat menggunakan *switch 1*, saat motor berhenti maka *switch 1* berlogika 0 (*low*) dan saat motor berjalan maka *switch* berlogika 1 (*high*).

Ketika *switch 1* dan *switch 2* berlogika 1 (*high*) maka, pin yang digunakan untuk mengirim data ke mikrokontroler adalah pin PA2 dan PA4 melalui *minimum system*. Mikrokontroler akan mengaktifkan *driver* motor dan motor DC, sehingga sensor *rotary encoder* akan aktif dan mulai membaca kecepatan putar motor DC. Sensor *rotary encoder* yang terdiri dari sensor *photodiode* akan membaca kecepatan putar dengan pembacaan logika *low* yaitu ketika sensor mendapatkan cahaya yang cukup dari pantulan garis putih pada piringan. Keluaran dari sensor *rotary encoder* berupa tegangan. karena sensor *rotary* bekerja dengan membaca logika 1 (*high*) dan 0 (*low*) maka keluaran dari sensor berupa data digital atau *counter*. *Output* dari sensor *rotary encoder* yaitu *counter* akan di kirim ke mikrokontroler melalui pin PD2.

Pada mikrokontroler terdapat pin yang digunakan untuk mengaktifkan PWM, jenis sinyal PWM beragam dan yang digunakan yaitu *mode phase correct* PWM yang artinya nilai register *counter* TCNT0 yang mencacah naik dan turun secara terus menerus akan selalu dibandingkan dengan register OCR7. Hasil dari perbandingan TCNT0 dan OCR7 digunakan untuk membangkitkan sinyal PWM yang akan dikeluarkan melalui pin OCR7.

Keluaran dari mikrokontroler berupa data digital yaitu berupa sinyal PWM yang digunakan untuk input pada *driver* motor yang ada pada pin PD7 di mikrokontroler. Pada sinyal PWM telah di atur pada mikrokontroler untuk kontrol *proporsional* dan *integral*. Sinyal digital PWM tersebut digunakan untuk mengatur tegangan motor DC melalui rangkaian *driver* motor sebagai piranti penghubung mikrokontroler dan motor DC dalam pengaturan kecepatan putar motor DC. Mikrokontroler juga akan mengirimkan karakter pada LCD. Mikrokontroler juga dilengkapi fitur *converter* ADC sehingga memudahkan dalam penggunaan LCD yang di atur pada pin PB0 – PB6.

3.2 Spesifikasi Mekanik dan Alat

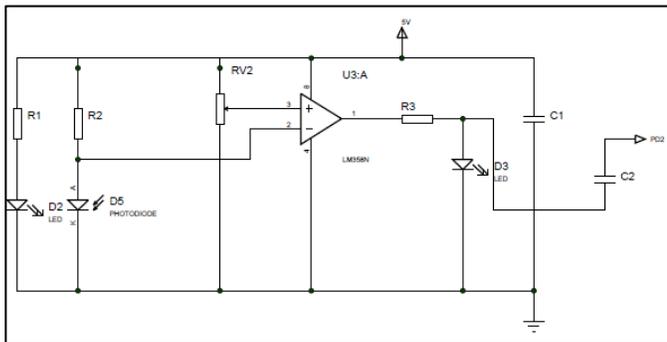


Gambar 8. Mekanik Alat Pembentuk Kue Kecil

Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa spesifikasi mekanik yang di gunakan yaitu, meliputi : dimensi alat dengan panjang 50 cm, lebar 21 cm dan tinggi 15 cm. Untuk panel box hitam memiliki dimensi dengan panjang 22 cm , lebar 15 cm dan tinggi 13 cm. Sedangkan spesifikasi alat yang ditawarkan yaitu tegangan kerja yang dibutuhkan alat adalah 12V dengan daya 300 watt, aktuator yang digunakan adalah motor DC dengan tegangan 12V. Mesin dapat melumat adonan sebanyak 30 Kg. Jangkauan kecepatan putar yang dapat digunakan yaitu 150 rpm dan 220 rpm yang terdapat pada *switch* 2.

3.3 Perancangan Rangkaian Sensor Rotary Encoder

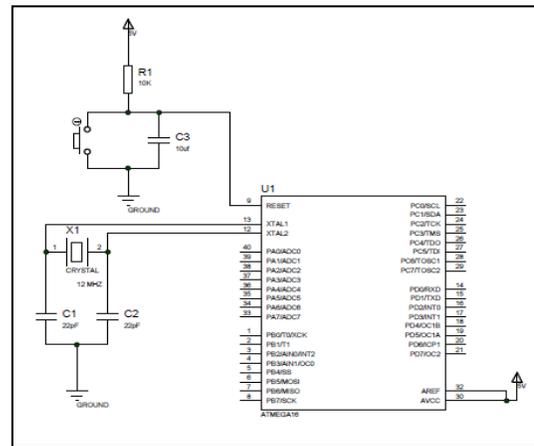
Rangkaian sensor *rotary encoder* berfungsi sebagai pembaca kecepatan putar motor DC. Pada rangkaian *photodiode* bekerja secara *pull down* yang artinya pembacaan output *photodiode* akan menghasilkan logika 1 apabila tidak diberikan cahaya yang cukup, sebaliknya apabila *photodiode* diberikan cahaya yang cukup ,maka output akan berlogika 0. Tegangan pada *photodiode* ketika mendapat cahaya yang cukup adalah 2.1 v di bandingkan tegangan pada potensiometer 2.5 v maka keluaran dari LM353 akan berlogika 0. Sedangkan ketika *photodiode* tidak diberikan cahaya yang cukup(terhalang), tegangan pada *photodiode* 3.2 v dan tegangan pada potensiometer yaitu 2.5 v sehingga keluaran dari LM353 akan berlogika 1. Keuaran dari sensor *rotary encoder* berupa data digital yang berbentuk *counter* atau pencacah. *Counter* akan muncul ketika sensor membaca putaran motor dengan bantuan piringan yang telah di tanda putih sebanyak 8 garis, kecepatan motor dapat terbaca presisi mendekati pembacaan *tachometer*.

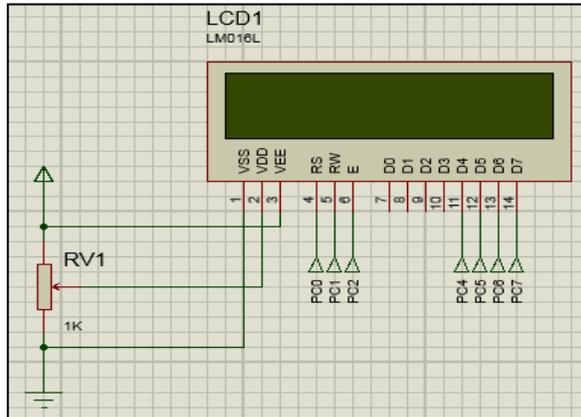


Gambar 9. Rangkaian Sensor Rotary Encoder

3.4 Perancangan Mikrokontroler

Perancangan rangkaian kontrol Atmega16A menjelaskan bahwa Mikrokontroler sebagai kontrol utama. Mikrokontroler Atmega16A sebagai kontroler utama dan mengolah data I/O . Atmega16A memiliki 32pin digital I/O(dimana 7 pin sebagai ADC, 3 pin timer dan 3 pin *interrupt*). *Switch* berfungsi sebagai masukan data pada mikrokontroler untuk nilai *set point* untuk mengatur kecepatan putaran motor. Data masukan tersebut akan diolah pada mikrokontroler . Algoritma PI ditanamkan pada mikrokontroler untuk mengontrol kecepatan putar motor DC berdasarkan nilai K_p dan K_i

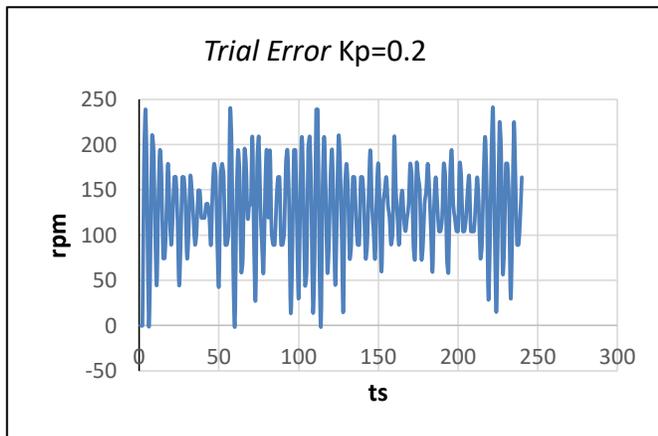




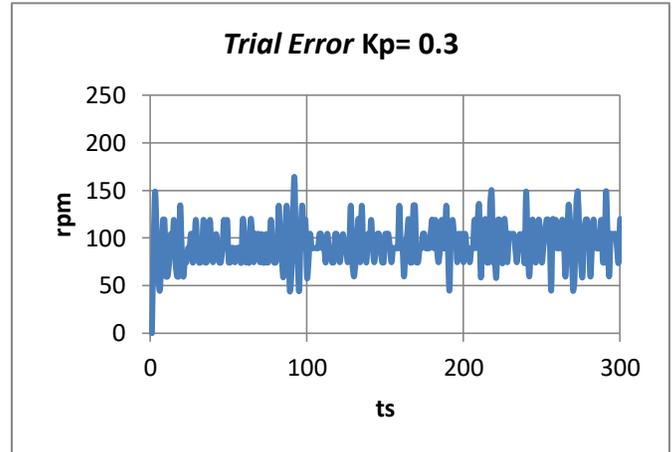
Gambar 12. Rangkaian LCD

3.7 Perancangann Sistem Kontrol PI

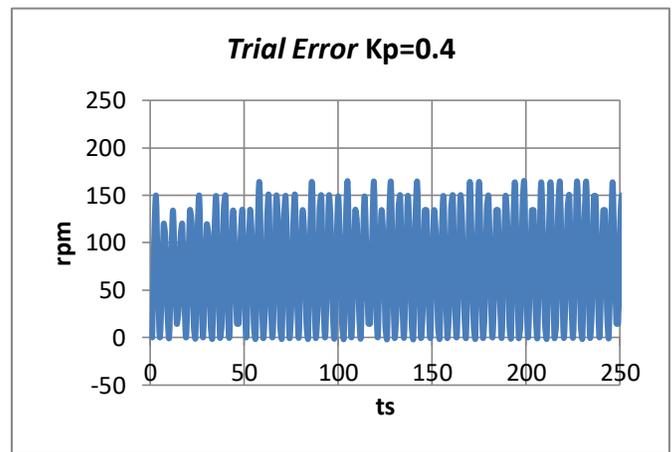
Dalam perancangan sistem kontrol PI menggunakan metode *tunning* osilasi Ziegler-Nichols dari rumus PI yang diberikan pada sistem, dibutuhkan nilai konstanta variabel PI yaitu K_p dan K_i , terdapat beberapa macam metode Ziegler Nichols, namun yang paling sesuai untuk sistem ini adalah metode Ziegler Nichols 2 atau biasa disebut metode osilasi Ziegler Nichols. Metode Ziegler Nichols 2 merupakan metode yang sesuai untuk sistem pengaturan kecepatan putaran motor konveyor dikarenakan respon yang dihasilkan adalah respon yang cepat dan beresilasi. Cara yang dilakukan untuk menemukan nilai P dan I adalah memberikan nilai nol pada akonstanta *integral* (K_i). Kemudian tahap selanjutnya adalah menaikkan nilai K_p mulai dari nilai terkecil yaitu nol sampai menemukan nilai dimana respon sistem akan beresilasi, namun syarat respon harus beresilasi dengan stabil. Setelah mendapatkan nilai K_p kemudian dicari nilai K_{cr} . Sedangkan untuk nilai periode pada gelombang disebut P_{cr} . Setelah diperoleh nilai K_{cr} dan P_{cr} , maka nilai K_p dan K_i dapat diperoleh melalui rumus Ziegler Nichols 2, berikut adalah grafik hasil pembacaan sensor *rotary encoder* dengan *set point* 220 rpm



Gambar 13. Trial error dengan nilai $K_p = 0.2$



Gambar 14. Trial error dengan nilai $K_p= 0.3$



Gambar 15. Trial error dengan nilai $K_p=0.4$

Dari gambar 13, 14, 15 diperoleh grafik terbaik dengan nilai $K_p = 0.3$, dengan hasil osilasi yang konsisten atau tidak terlalu banyak osilasi yang dihasilkan sesuai dengan aturan *tunning* PI, nilai K_p yang didapat untuk memperoleh nilai penguat K_p (K_{cr}) dan P_{cr} . Nilai P_{cr} yang didapat melalui selisih nilai antara gelombang amplitudo yang memiliki tinggi yang sama dan identic. Berikut perhitungan menurut tabel I Ziegler Nichols 2.

Tabel 1 Perhitungan Ziegler Nichols 2

Type of Controller	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45 K_{cr}$	$1/1.2 P_{cr}$	0
PID	$0.6 K_{cr}$	$0.5 P_{cr}$	$0.125 P_{cr}$

Dari grafik diatas diperoleh nilai yaitu nilai $K_p = 0,135$ dan $K_i = 0.03$

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian LCD

Pengujian LCD dilakukan dengan menghubungkan pin-pin LCD dengan port mikrokontroler. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah LCD sudah bekerja dengan baik dengan menampilkan data karakter dalam bentuk tulisan.



Gambar 16. Hasil Pengujian LCD

Berdasarkan Gambar 16, LCD telah menunjukkan bahwa dapat bekerja dengan baik dan dapat menampilkan data berupa karakter.

4.2 Pengujian Switch

Pengujian switch dilakukan dengan menghubungkan pin-pin switch dengan port pada mikrokontroler. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah switch dapat bekerja dengan baik. Berdasarkan gambar 17 switch 1 dapat bekerja dengan baik ketika di aktifkan.



Gambar 17. Pengujian Switch 1 dan 2

4.3 Pengujian Sensor Rotary Encoder

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor kecepatan dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mengatur nilai *duty cycle* melalui program pada mikrokontroler yang selanjutnya dibandingkan besar kecepatan putar motor yang terbaca pada LCD oleh sensor kecepatan dengan pembacaan putar motor dengan *tachometer*. Penggunaan *tachometer* yaitu sebagai pembanding maka akan diketahui *error* sensor. Sensor *rotary encoder* terdiri dari 3 buah pin yaitu Vcc, Gnd dan Vout. Pin Vout dari sensor *rotary encoder* dihubungkan dengan pin ke mikrokontroler.

Tabel 2 menunjukkan bahwa pembacaan kecepatan putar menggunakan *tachometer* dan sensor *rotary encoder* menunjukkan perbedaan yang disebut *error*. Presentase *error* dapat dihitung dengan persamaan (3).

$$Error (\%) = \frac{|Rpm\ tachometer - Rpm\ lcd|}{Rpm\ tachometer} \times 100\% \dots\dots(3)$$

Setelah dilakukan perhitungan *error* pada tiap-tiap pengujian sensor kecepatan, maka dilakukan perhitungan *error* rata-rata dengan menggunakan persamaan (4).

$$Error\ rata-rata (\%) = \frac{\sum Error\ rpm\ Lcd}{\sum Error\ Tachometer} \times 100\% \dots\dots(4)$$

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor Kecepatan

Duty Cycle (%)	Sensor (rpm)	Tachometer (rpm)	Error (%)
10	4,6	4,5	0,02
20	15,8	15,1	0,05
30	21,4	22,1	0,03
40	26,8	27,5	0,03
50	30,2	30,6	0,01
60	33	33,9	0,03
70	33	35	0,06
80	34,6	36,5	0,05
90	33,4	37	0,1
100	36,6	39,5	0,07
Error Rata – Rata			0,045

Setelah melakukan perhitungan pada setiap pengujian sensor kecepatan dengan menggunakan persamaan (3), didapatkan *error* terbesar yaitu 0,1 dan *error* terkecil adalah 0,07. Dan juga nilai *error* rata-rata yang didapat setelah melakukan perhitungan berdasarkan persamaan (4) yaitu 0,045 Nilai *error* tersebut tidak terlalu besar dan tidak mengganggu kinerja sistem sehingga dapat dikatakan pembacaan sensor kecepatan tersebut cukup baik.

4.4 Pengujian Driver Motor

Pengujian *driver* motor dilakukan dengan cara mengatur lebar pulsa (*duty cycle*) melalui program pada mikrokontroler dan melihat tegangan keluaran pada motor. Perubahan nilai tegangan motor terhadap nilai *Duty cycle* dapat dilihat pada table 3

Tabel 3 Hasil pengujian Driver Motor

Duty Cycle (%)	Tegangan Motor (V)
10	1,56
20	4,83
30	7,1
40	8,5
50	9,43
60	10,3
70	10,7
80	11,1
90	11,4
100	11,9

Hasil pengujian *driver* motor dari tabel 3 menunjukkan bahwa perubahan nilai *duty cycle* yang diberikan memberikan pengaruh pada keluaran tegangan motor, meskipun perubahan tidak linier. Pada nilai *duty cycle* 100% seharusnya besar tegangan motor yang dihasilkan 12V akan tetapi pada saat pengukuran, tegangan motor hanya terbaca sebesar 11,9V. Hal ini dikarenakan adanya *drop* tegangan. *Drop* tegangan tersebut disebabkan oleh konsumsi daya berlebih oleh motor. Dilihat dari tabel V semakin besar *duty cycle* semakin besar pula tegangan dan kecepatan motor yang

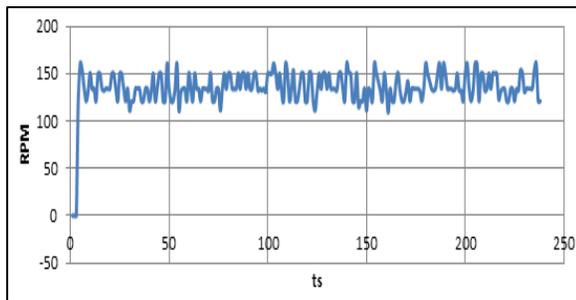
dihasilkan, begitu sebaliknya semakin kecil *duty cycle* semakin kecil pula tegangan dan kecepatan motor yang dihasilkan.

4.4 Pengujian Kontrol PI Dengan Beban

Pengujian kontrol PI (*Proportional Integral*) dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon plant (motor) jika diberi kontrol Kp dan Ki. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengambil data pada serial monitor pada *software* Atmega dan merubah data tersebut menjadi grafik dengan menggunakan *software* Microsoft excel. Setelah dilakukan *tunning* dan perhitungan dengan menggunakan metode *trail and error* di dapatkan nilai Kp sebesar 0,135 dan Ki sebesar 0.03 didapatkan respon sistem seperti berikut :

1) 4.5.1 Pengujian Sistem kontrol PI dengan beban

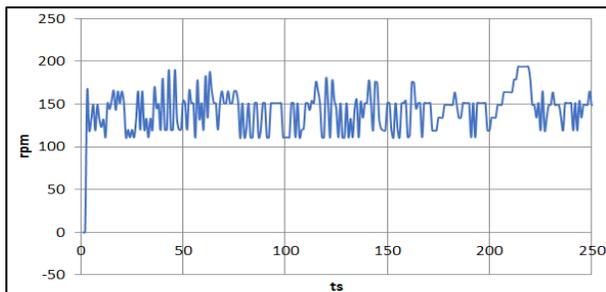
1. Set Point 150 rpm



Gambar 18. Grafik Respon Kontrol PI Set Point 150 rpm Dengan Beban

Pada gambar 18 Dapat dilihat bahwa Untuk menentukan nilai kurva diatas dapat dihitung dengan perhitungan respon tersebut yaitu ,seperti :*delay time* (td)=3 detik, *rise time* (tr) = 4 detik, *peak time*(tp)= 6 detik, *maximum overshoot* (mo)= 161.2 rpm, *Presentasi maximum overshoot*= 7,4%, *settling time*(ts) =6 detik

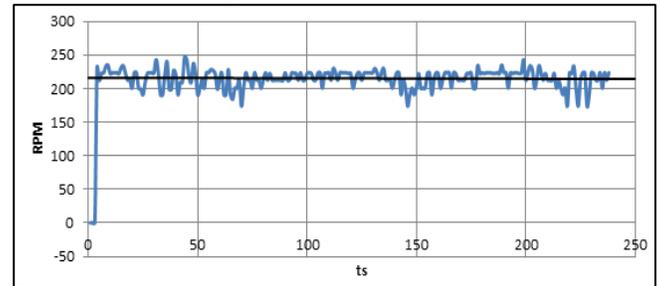
2. Set Point 180 rpm



Gambar 19. Grafik Respon kontrol PI Set Point 180 rpm Dengan Beban

Pada gambar 19 Dapat dilihat bahwa untuk menentukan nilai kurva diatas dapat dihitung dengan perhitungan respon tersebut yaitu ,seperti : *delay time* (td)= 2 detik, *rise time* (tr) = 6 detik, *peak time*(tp)= 7 detik, *maximum overshoot* (mo)= 199 rpm, *Presentasi maximum overshoot*= 10,5 %, *settling time*(ts) =5 detik.

3. Set Point 220 rpm



Gambar 20. Grafik Respon Kontrol PI Set Point 220 rpm Dengan Beban

Pada gambar 20 dapat dilihat bahwa untuk menentukan nilai kurva diatas dapat dihitung dengan perhitungan respon tersebut yaitu ,seperti : *delay time* (td)=3 detik, *rise time* (tr) = 3 detik, *peak time*(tp)= 3 detik, *maximum overshoot* (mo)= 235 rpm, *Presentasi maximum overshoot*= 6,8%, *settling time*(ts) =4 detik

V. PENUTUP

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan yaitu :

1. Penerapan Sensor *rotary encoder* agar bekerja secara optimal dengan penggunaan kapasitor 10 nf sebagai filter.
2. Pada percobaan *trial error* grafik Kp = 0.3 dengan hasil osilasi yang konsisten, atau tidak terlalu banyak osilasi yang dihasilkan sesuai dengan aturan *tunning* PI pada metode Ziegler Nichols 2.
3. Dari pengujian sistem kontrol PI dengan menggunakan beban didapat bahwa untuk kecepatan rendah menggunakan set point 150 rpm, karena presentasi maksimal *overshoot* yang dihasilkan 7,4 % , dengan *rise time* = 4s dan motor walapun di beri beban tetap berada pada *range set point* 150 rpm tidak melebihi dari *range set point*.
4. Sedangkan untuk kecepatan tinggi dapat menggunakan *set poin* 220 rpm, karena pada uji coba driver motor, motor hanya dapat berputar 260 rpm untuk kecepatan maksimal. Maka, dari itu untuk menghindari kerusakan motor penggunaan setpoint hanya di batasi sampai 220 rpm. Tak hanya itu *set point* 220 juga memiliki presentasi maksimal *overshoot* yang rendah yaitu 6,8% dan *rise time* 3s.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Tiwan,Sirod. 2007. *Pengembangan Rancang Bangun Mesin Getuk Lindri Untuk Meningkatkan Produktivitas Di Mekar Sari, Sleman* [ARTIKEL]. Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.

[2] M. Vasudevan, R. Arumugam, S.Paramasivam, (2005), High Performance Adaptive Intelligent Direct Torque Control Schemes

- for Induction Motor Drives, Serbian Journal Of Electrical Engineering, Vol. 2, No. 1, 93 – 116.
- [3] D. Petruzella, Frank. 2001. Elektronik Industri. Yogyakarta : Andi
 - [4] Anjaswati, Irma., 2013, Sensor Photodiode, http://irmatrianjaswatifst11.web.unair.ac.id/artikel_detail-84996-Sensorsensor%20photodiode.html.
 - [5] nanopdf.com_pengertian-power-supply-dan-jenis-jen8jisnya.pdf
 - [6] Hidayati, Qoril. Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535.
 - [7] Budiharto, Widodo. 2010. Robotika : Teori + Implementasi. Yogyakarta : Andi
 - [8] Araki M. PID Control. Kyoto Japan: Kyoto University. (online), (<http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/365/jbptunikompp-gdl-anggajuand18247-4-babii.pdf>)
 - [9] Datasheet ATmega16A