

Kontrol Kecepatan Motor Pada Sistem Packing Mesin Cucurbita Powder Dengan Metode PID

Probo Lutfianto Ashari , Edi Sulistio Budi, Sungkono

Abstrak — *Cucurbita powder* (serbuk labu kuning) merupakan olahan pangan yang berbentuk serbuk, mudah larut dalam air dan praktis dalam penyajian serta memiliki daya simpan yang lama karena kadar airnya rendah. Proses pengolahan labu kuning menjadi serbuk meliputi sortasi buah, pencucian, penghancuran ,penyaringan ,penambahan bahan kimia ,pengeringan menggunakan oven dan pengepakan . Perlu adanya mekanisme untuk mengekstrak serbuk labu kuning dari buahnya yang dapat bekerja secara terus menerus. PID merupakan kontrol berumpan balik yang umum digunakan, kontrol PID dalam hal ini digunakan untuk mengontrol kecepatan motor DC pada conveyor mesin packing cucurbita powder. Kontrol PID akan membandingkan nilai set point dengan kecepatan motor DC yang dibaca oleh rotary encoder. Nilai konstanta K_p , K_i dan K_d akan memberikan respon terhadap PID, nilai konstanta ini dapat di tentukan dengan berbagai macam metode antara lain Ziegler-Nichols dan trial and error. Berdasarkan metode trial and error, respon sistem yang baik didapat dengan nilai $K_p = 0,32$ $K_i = 200$ dan $K_d = 0,01$. Hasil yang didapatkan antaralain rise time (tr) sebesar 9 s, settling time (ts) 12s, peak time (tp) sebesar 10 s dan Percent Overshoot (Po) sebesar 6,6%. Setelah itu akan dibandingkan dengan metode dan Ziegler-Nichols. Hasil yang didapatkan antara lain rise time (tr) sebesar 9 s, settling time (ts) 12s, peak time (tp) 10 s dan Percent Overshoot (Po) sebesar 6.6%.

Kata kunci : Conveyor Motor, PID Control, Serbuk Labu Kuning (*cucurbita Moschata*).

I. PENDAHULUAN

Labu kuning memiliki berbagai khasiat dalam kesehatan antara lain yaitu sebagai obat tradisional anti hipertensi, anti diabetes, anti tumor, dan immunomodulasi itu adalah sedikit contoh manfaatnya. Kecenderungan masyarakat yang dewasa ini menyukai produk olahan menjadikan peningkatan permintaan produk olahan terhadap buah sebagai peluang peningkatan dan pengembangan nilai tambah buah-buahan menjadi produk-produk olahan seperti buah dalam kaleng, minuman sari buah,

manisan buah, selai, dodol dan keripik serta produk olahan lainnya.

Minuman sari buah (*fruit juice*) adalah minuman ringan yang dibuat dari sari buah dan air putih dengan atau tanpa penambahan gula dan bahan tambahan makanan yang dizinkan *Cucurbita powder* (serbuk labu kuning) merupakan salah satu minuman herbal setengah jadi yang terbuat dari labu kuning. Proses pengolahan sari buah meliputi sortasi buah, pencucian, penghancuran ,penyaringan ,penambahan bahan kimia ,pengeringan menggunakan oven dan pengemasan.

Proses packing serbuk labu sebagian besar masih menggunakan tenaga manusia. Untuk mengotomasi alat maka diperlukan penambahan kontroler pada sistem kerja alat terutama pada proses packing cucurbita powder. Kontroler PID dipilih karena memiliki respon yang cepat dan kestabilan yang baik terhadap sistem. Dengan dibuatnya alat ini diharapkan dapat meringankan pekerjaan manusia, meningkatkan hasil produksi dan mengendalikan kecepatan putar motor.

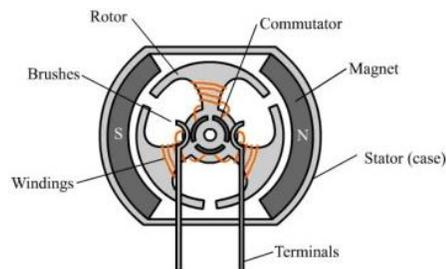
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bubuk Labu Kuning

Tepung labu kuning mempunyai kualitas tepung yang baik karena mempunyai sifat gelatinisasi yang baik, sehingga akan dapat membentuk adonan dengan konsistensi, kekenyalan, viskositas maupun elastisitas yang baik, sehingga roti yang dihasilkan akan berkualitas baik pula. Karbohidrat tepung labu kuning juga cukup tinggi .

2.2 Motor DC (Direct Current)

Motor DC adalah motor yang digerakkan oleh energi listrik arus searah. Konstruksi motor DC dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kontruksi Motor

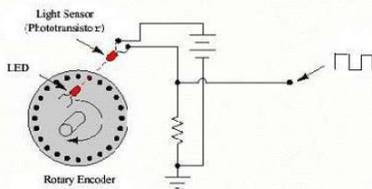
Probo Lutfianto Ashari adalah mahasiswa D4 Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang , email : proboashari99@gmail.com
Edi Sulistio Budi dan Sungkono adalah dosen Jurusan Teknik Elektrok Politeknik Negeri Malang, edi.sulistio@polinema.ac.id, sungkono@polinema.ac.id

Terminal motor terdiri atas 2 bagian yaitu terminal positif (+) dan terminal negatif (-) yang berfungsi sebagai penghubung sumber energi listrik searah dengan motor DC. Stator merupakan badan motor yang didalamnya terdapat magnet kutub utara dan magnet kutub selatan. *Brushes* berfungsi menyalurkan arus dari sumber energi listrik menuju kumparan (*windings*) rotor yang selanjutnya rotor dan komutator berputar. Komutator berputar karena komutator sendiri adalah bagian dari rotor yang terhubung pada *brushes*. Ketika terminal motor DC diberi energi listrik searah dengan polaritas yang sama, maka motor akan berputar searah jarum jam, dan jika polaritas energi listrik dipasang terbalik pada terminal motor maka putarannya akan terbalik atau berlawanan arah jarum jam.

2.3 Sensor Kecepatan

Sensor kecepatan yang dipakai adalah sensor *rotary encoder*, *rotary encoder* adalah *device* elektromagnetik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. *Rotary encoder* umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah.

Rotary encoder tersusun dari suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Di sisi yang lain suatu *phototransistor* diletakkan sehingga *phototransistor* ini dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan. Apabila posisi piringan mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai *phototransistor* melalui lubang-lubang yang ada, maka *phototransistor* akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang kotak.



Gambar 2. Prinsip Kerja Rotary Encoder

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik, berbeda dengan PC (*Personal Computer*) yang memiliki beragam fungsi. Mikrokontroler adalah sebuah sistem microprocessor dimana di dalamnya sudah terdapat CPU, ROM, RAM, I/O, clock dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi (teralamat) dengan baik oleh pabrik pembuatnya dan dikemas dalam satu chip yang siap pakai. Sehingga tinggal memprogram isi ROM sesuai aturan penggunaan oleh pabrik yang membuatnya. Arduino mega 2560 adalah piranti mikrokontroler menggunakan ATmega 2560 modul ini memiliki 54 digital *input* atau *output*. Dimana 14 pin digunakan untuk PWM output dan 16 pin digunakan sebagai analog input 4 pin untuk digunakan sebagai analog input, 4 pin untuk UART, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *powerjack* ICSP header dan tombol reset. Modul ini memiliki segala yang diutuhkan untuk memprogram mikrokontroler seperti kabel USB dan catu daya

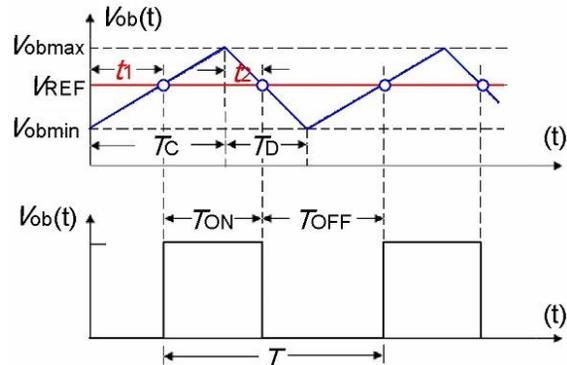
melalui adaptor atau baterai. Semua di berikan untuk mendukung pemakaian arduino, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau listrik dengan adaptor AC ke DC atau baterai untuk memulai pemakaian.



Gambar 3 Konfigurasi pin Arduino MEGA

2.5 Konsep PWM (Pulse Width Modulations)

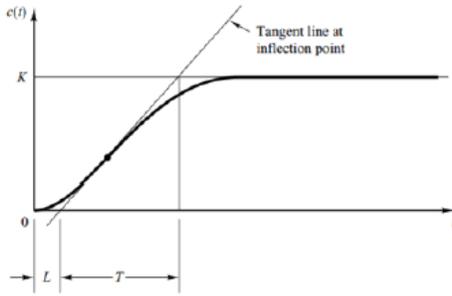
PWM merupakan sebuah teknik pengontrolan tegangan menggunakan metode pengaturan lebar pulsa. Sebuah PWM biasanya merupakan gabungan antara rangkaian pembangkit sinyal segitiga dengan nilai tegangan referensi yang dapat diatur. Kedua komponen tersebut kemudian dihubungkan dengan sebuah komparator. Pengaturan lebar pulsa dilakukan dengan mengatur nilai tegangan referensi. Jika level tegangan sinyal segitiga lebih besar dari tegangan referensi maka tegangan keluaran komparator bernilai positif (kondisi on), sedangkan jika level tegangan sinyal segitiga lebih kecil dari tegangan referensi maka keluaran komparator bernilai nol (kondisi off). Semakin tinggi nilai referensi akan mengakibatkan kondisi on semakin kecil atau sempit, sebaliknya semakin kecil nilai tegangan referensi akan menyebabkan kondisi on akan semakin besar atau lebar.



Gambar 4. Pembentukan Sinyal PWM

2.6 Metode PID Ziegler-Nichols I

Pada metode PID *Ziegler-Nichols* I respon motor dari plant didapatkan secara eksperimental dengan masukan unit-step. Tipe dari respon tersebut adalah orde satu dengan *transportation delay*. Karakteristik dari respon adalah *time delay* (L) dan *time constant* (T) yang dapat diketahui dengan menggambar garis singgung pada titik belok dari kurva, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5



Gambar 5. Kurva Respon Garis Singgung

Cara menentukan garis singgung adalah membuat garis lurus dan menghimpit pada respon yang memiliki nilai linier paling banyak dan harus melalui nilai γ yaitu waktu yang diperlukan oleh respon untuk mencapai 63,2% dari nilai steady state respon. Respon ini didapatkan dari plant yang diberi masukan berupa unit-step.berikut adalah aturan Ziegler-Nichols I yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Aturan Ziegler-Nichols I

Tipe Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	\sim	0
PI	$0,9 \frac{T}{L}$	$L/0,3$	0
PID	$1,2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0,5L$

III. METODE PENELITIAN

3.1. Spesifikasi Alat :

- Sensor : Sensor Rotary Encoder
- Range yang digunakan : Kecepatan yang digunakan 30 RPM- 45 RPM
- Processor : Arduino mega 2560
- Actuator : Motor DC
 - Tegangan : 12V
 - Arus : 2.8 A
 - Maksimum Kecepatan : 90 RPM
- Display : LCD 16 x 2
- Tegangan Kerja Sumber : 220 VAC

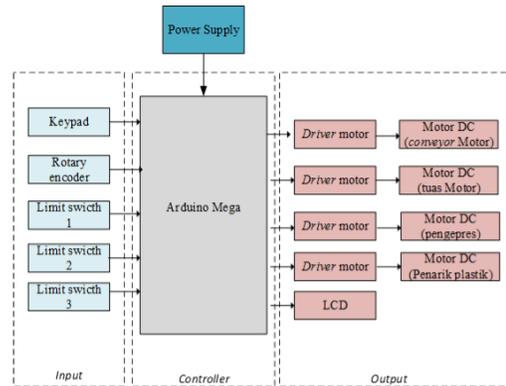
3.2. Prinsip Kerja Alat

Pinsip kerja dari alat ini adalah memasukkan setpoint melalui keypad kemudian sistem akan bekerja. Motor DC 1 akan aktif untuk menggerakkan conveyor dan membawa tatakan cup sealer menuju limit switch 1 sensor kecepatan akan mendeteksi kecepatan motor DC 1, hasil pembacaan akan di olah oleh arduino mega dan di tampilkan pada LCD. Data kecepatan putaran gerak conveyor dari hasil pembacaan sensor rotary Yang di olah oleh arduino mega akan di bandingkan dengan setpoint kecepatan motor yang telah di tentukan melalui program Arduino Mega.

Apabila kecepatan sensor kurang dari setpoint maka Arduino Mega akan memerintahkan motor memutar lebih cepat melalui PWM agar kecepatan motor naik dan sesuai setpoint . namun ketika pembacaan sensor melebihi setpoint maka Arduino mega akan memerintahkan motor untuk berputar lebih pelan sesuai dengan setpoint. Motor DC conveyor akan berhenti ketika sensor limit swith 1 mendeteksi adanya tatakan cup sealer dan motor DC 2 (penakar) akan bergerak memutar takaran cucurbita powder.motor DC 2 (penakar) akan berhenti ketika sensor limitswitch 2 mendeteksi adanya cucurbita powder di atas tatakan cup sealer.

Conveyor akan kembali bergerak menuju cup sealer untuk melakukan pengepresan plastik, ketika sensor limit swith 3 mendeteksi adanya cucurbita powder dan Motor DC 4 akan bekerja memutar plastik setelah selesai, Motor DC 3 Akan bekerja mengepres plastik setelah proses pengepresan selesai maka penakar akan berkerja kembali untuk melakukan packing berikutnya.

Dalam pengontrolan ini menggunakan metode PID yang berfungsi untuk mempertahankan nilai rpm agar sesuai setpoi



Gambar 6. Diagram Blok Sistem

3.3 Perancangan dan Pembuatan Mekanik

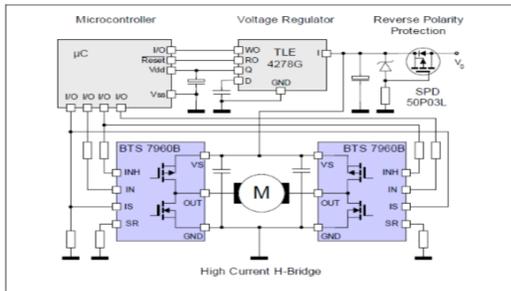


Gambar 7 Mekanik Keseluruhan

Mesin packing terdiri dari Crusher, penakar dan conveyor. Conveyor menampung 2 tatakan yang berguna untuk menaruh cup.(Gambar 7).

3.4 Perancangan dan Rangkaian Elektronik

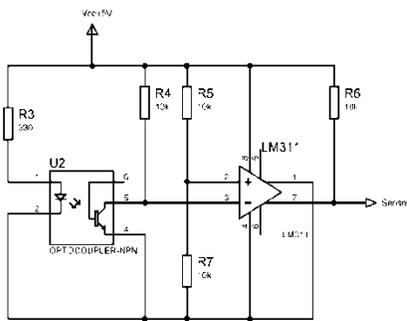
3.4.1 Rangkaian Driver Motor DC



Gambar 8 Rangkaian Driver Motor DC

Gambar 8 merupakan rangkaian driver motor DC yang berfungsi menggerakkan motor DC pada conveyor. Untuk menggerakkan motor DC di perlukan tegangan maksimum 12VDC dan arus maksimum 10 Ampere namun pada saat starting arus motor bisa menjadi 2-3 kali lipat, Oleh karena itu digunakan module driver motor BTS7960 yang mampu mengeluarkan arus hingga 43A dengan memiliki fungsi pulse-width modulation. Tegangan sumber DC yang dapat diberikan antara 5,5V-27VDC, sedangkan tegangan input level antara 3,3V-5VDC, driver motor ini menggunakan rangkaian full H-bridge dengan IC BTS7960 dengan perlindungan saat terjadi panas dan arus berlebihan.

3.4.2 Rangkaian Rotary Encoder



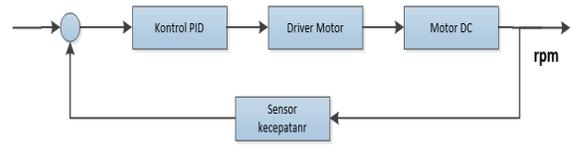
Gambar 9. Rangkaian Rotary Encoder

Sensor rotary encoder merupakan rangkaian yang berbentuk modul dimana pada rangkaian ini terdapat LED sebagai transmitter berupa cahaya dan phototransistor sebagai receiver cahaya tersebut. Kedua komponen tersebut dipasang berhadapan pada satu tempat dan dipisahkan oleh piringan (rotary disc). Rotary disc berbentuk lingkaran dan terdapat bagian yang berlubang dan tidak berlubang di tepinya. Bagian yang berlubang dimaksudkan untuk meneruskan cahaya yang dipancarkan transmitter untuk dapat diterima oleh receiver, dan bagian yang tidak berlubang dimaksudkan untuk menghalangi cahaya tersebut. Sensor rotary encoder membutuhkan tegangan minimal 3.3V hingga tegangan maksimal 5.5V untuk pengaktifannya.

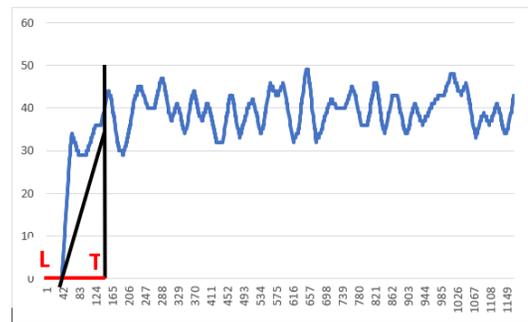
3.5 Perancangan Software

Metode PID (*Proportional Integral Derivative*)

PID adalah kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Komponen kontrol PID ini terdiri dari tiga jenis yaitu *Proportional*, *Integratif* dan *Derivatif*. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu plant. Aksi kendali proporsional mempunyai keunggulan untuk memperkecil kesalahan, dan aksi kendali integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil kesalahan, dan aksi kendali differensial memiliki keunggulan meredam kekurangan tanggapan atau kelebihan tanggapan.



Gambar 10. Blok Aksi Kontrol PID



Gambar 11 Grafik Pengujian Sistem tanpa kontrol

Gambar 11 diperoleh dari grafik respon *open loop* motor DC. Caranya diberi masukan berupa unit step. Kemudian hasil grafik yang berupa kurva S dicari nilai L dan T dimana L adalah *time delay* dan T *time constant*. Maka didapatkan nilai L=1s dan T=13s. setelah mendapatkan nilai L dan T maka selanjutnya dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$K_p = 1.2 \times \frac{T}{L} \tag{1}$$

$$K_p = 1.2 \times \frac{5.5}{1.95} \tag{2}$$

$$K_p = 3,3$$

$$T_i = 2 \times L \tag{3}$$

$$T_i = 2 \times 0.02$$

$$T_i = 0.04$$

$$T_D = 0.5 \times L \tag{4}$$

$$T_D = 0.5 \times 0.02$$

$$T_D = 0.1$$

Setelah didapatkan nilai K_p , T_i dan T_d maka nilai K_p , K_i dan K_d dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$K_p = K_p \tag{5}$$

$$= 3,3$$

$$K_i = K_p / T_i \tag{5}$$

$$= 3,3 / 3,9$$

$$= 0,8$$

$$K_d = K_p \times T_d \tag{6}$$

$$= 3,3 \times 0,9 = 2,97$$

Dari perhitungan respon dari plant maka didapat nilai $K_p=3,3$, $K_i=0,8$ dan $K_d=2,9$

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian Sensor Kecepatan

Pengujian sensor kecepatan dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor kecepatan yang ditampilkan pada LCD dengan alat ukur Tachometer. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai *error* pembacaan sensor kecepatan. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian sensor kecepatan berdasarkan perubahan nilai PWM:

$$E = \frac{P_1 - P_2}{P_2} \times 100 \% \tag{7}$$

Keterangan :

E = Presentase *error* (%)

P_1 = Pembacaan pada sensor kecepatan (rpm)

P_2 = Pembacaan pada *tachometer* (rpm)

PWM	RPM Pada LCD	RPM Pada Tachometer	Error
0	0	0	0%
50	19	21	9%
100	39	38	2%
150	58	60	3%
200	78	82	4,8%
255	98	95	3%

Tabel 2. Tabel Hasil Pengujian Sensor *Rotary Encoder*

Hasil pengujian dari tabel 2 menunjukkan bahwa perbandingan antara sensor *rotary encoder* dengan pembacaan *tachometer* didapatkan hasil *error* 4%.

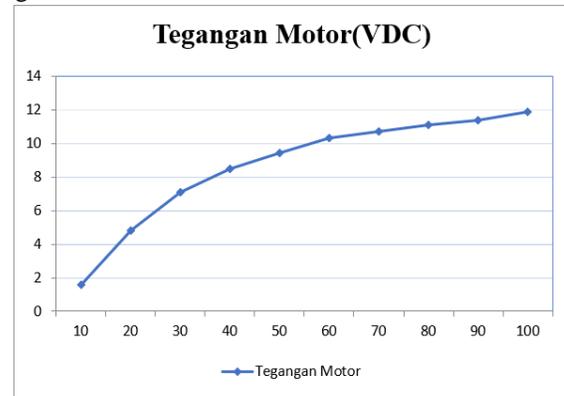
4.2 Pengujian Rangkaian Driver Motor DC

Pengujian rangkaian driver motor DC ini dilakukan dengan mengubah-ubah nilai *duty cycle* dari 0% hingga 100%. Dan motor DC diberi tegangan sumber 12V. Berikut ini adalah tabel perubahan tegangan motor DC terhadap *duty cycle* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Hasil Pengujian Driver Motor DC

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

Berdasarkan data yang didapatkan tabel 3, dapat diplotkan dengan grafik hubungan antara *Duty Cycle* dengan tegangan motor adalah semakin besar nilai *Duty Cycle* semakin tinggi tegangan motor.



Gambar 12 Grafik Hubungan *Duty Cycle* dan Tegangan Motor

4.3 Pengujian Sensor Limit Switich

Tabel 4 Hasil Pengujian Tegangan Output Limit Switich

Status	Tegangan output (volt)
<i>Normally close</i>	4.33
<i>Norlmally open</i>	0.02

Pengujian limit switch di lakukan dengan cara di tekan pada tombol yang terdapat pada sensor guna mengetahui sensitivitas alat terhadap sebuah tekanan.dari hasil uji diketahui push button berjalan dengan baik ketika *norlmally open* / *normally close*. Hal tersebut dapat diketahui dengan melihat tegangan output dari *limit switch*. Karena tegangan *output* tersebut sudah dapat memberi sinyal masukan pada arduino yang membutuhkan tegangan input 5v.

4.4 Pengujian PID Ziegler-Nichols 1 40 rpm

Pengujian metode PID *Ziegler-Nichols* dilakukan dengan memasukkan nilai K_p dan K_i yang telah diperoleh pada perancangan *software* di bab sebelumnya, yaitu $K_p=3.3$ $K_i = 0.8$ dan $K_d = 2.97$, serta *setpoint* 40rpm.



Gambar 13. Grafik Respon Hasil Perhitungan PID

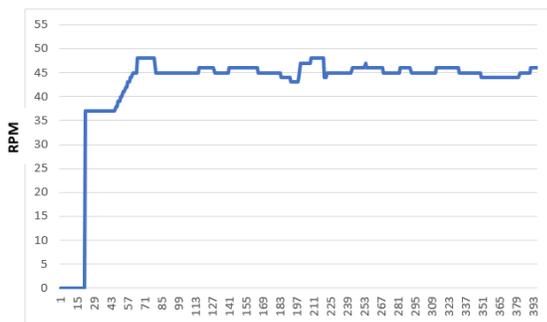
Dengan nilai parameter kontroler *Ziegler Nichols* yang telah dihitung tadi, didapatkan respon sistem dengan unjuk kerja yang ditunjukkan pada tabel 5 berikut :

Tabel 5 Karakteristik Respon dengan nilai $K_p=3.3$ $K_i = 0.8$ dan $K_d = 2.97$

Performa Respon Kurva	Hasil
<i>tr</i> (rise time)	23
<i>ts</i> (settling time)	12 s
<i>tp</i> (peak time)	5 s
<i>Mo</i> (Maximum overshoot)	10%

Dari tabel 5 dapat dilihat bahwa respon kontrol PID *Ziegler Nichols* dengan nilai $K_p=3.3$ $K_i = 0.8$ dan $K_d = 2.97$ menghasilkan grafik yang tidak bagus karena *settling time* masih lambat, terlalu besar *overshoot*nya. Oleh Karena itu dilakukan *trial error* dan didapat nilai $K_p=0.32$, $K_i=200$ dan $K_d=0.01$.

Berdasarkan respon sistem kontrol PID yang terdapat pada gambar 13 kurang baik maka, dilakukan *trial error* dengan mengganti nilai K_p , K_i serta K_d nya untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Dengan nilai $K_p=0.32$ $K_i=200$ dan $K_d=0.01$ dengan $SP=45$ rpm.



Gambar 14 Grafik Hasil Respon Trial error

Dengan nilai parameter kontroler PID yang telah ditentukan tadi, didapatkan respon sistem dengan unjuk kerja yang ditunjukkan pada tabel 6 berikut :

Tabel 6 Karakteristik Respon dengan nilai $K_p=4$ $K_i=1$ dan $K_d=7.8$

Performa Respon Kurva	Hasil
<i>tr</i> (rise time)	9 s
<i>ts</i> (settling time)	12 s
<i>tp</i> (peak time)	10 s
<i>Mo</i> (Maximum overshoot)	6.6%

Berdasarkan percobaan *trial error* yang telah dilakukan dilihat dari karakteristik responnya yang memiliki *ts* paling cepat dan P_o yang paling kecil daripada sebelumnya adalah dengan nilai $K_p=0.32$, $K_i=200$ dan $K_d=0.01$ dan grafiknya lebih stabil daripada yang lainnya, jadi nilai K_p , K_i dan K_d inilah yang paling cocok alat *conveyor* ini.

V. PENUTUP

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

1. Hasil perancangan nilai K_p , K_i dan K_d menggunakan metode osilasi *Ziegler – Nichols* menghasilkan nilai $K_p = 3.3$ $K_i = 0.8$ $K_d = 2.97$ dengan *setpoint* 40. Hasil yang di dapatkan antara lain lain *rise time* (*tr*) sebesar 23s s, *settling time* (*ts*) 12s, *peak time* (*tp*) sebesar 5 s dan *Percent Overshoot* (P_o) sebesar 10%.
2. Hasil perancangan nilai K_p , K_i dan K_d menggunakan metode osilasi *Ziegler – Nichols* menghasilkan nilai $K_p = 3.3$ $K_i = 0.8$ $K_d = 2.97$ dengan *setpoint* 30. Hasil yang di dapatkan antara lain lain *rise time* (*tr*) sebesar 12s , *settling time* (*ts*) 48s, *peak time* (*tp*) sebesar 15 s dan *Percent Overshoot* (P_o) sebesar 13%.
3. Hasil K_p , K_i dan K_d menggunakan metode *trial error* dengan nilai $K_p = 0.06$ $K_i = 0.13$ $K_d = 0.05$ dengan *setpoint* 40 . respon pada percobaan ini membutuhkan waktu yang cukup cepat dibandingkan sebelumnya untuk stabil pada set point akan tetapi pada 40 rpm konveyor tidak bisa berhenti pas di bawah penakar. Hasil yang di dapatkan antara lain lain *rise time* (*tr*) sebesar 7s, *settling time* (*ts*) 16s, *peak time* (*tp*) sebesar 9 s dan *Percent Overshoot* (P_o) sebesar 12.5%.
4. Hasil K_p , K_i dan K_d menggunakan metode *trial error* dengan nilai $K_p = 0.32$ $K_i = 200$ $K_d = 0.01$ dengan *setpoint* 45 . respon pada percobaan ini membutuhkan waktu yang cukup cepat dibandingkan sebelumnya untuk stabil pada set point akan tetapi pada 45 rpm konveyor tidak bisa berhenti pas di bawah penakar. Hasil yang di dapatkan antara lain lain *rise time* (*tr*) sebesar 9s, *settling time* (*ts*) 12s, *peak time* (*tp*) sebesar 10s dan *Percent Overshoot* (P_o) sebesar 6.6%.
5. Hasil pengujian sensor kecepatan didapatkan hasil yang cukup baik yaitu dengan membandingkan antara pembacaan pada sensor kecepatan yang ditampilkan pada LCD dan pembacaan pada *tachometer* dan didapatkan error rata-rata sebesar 4% .

Saran dari hasil perancangan dan pengujian pada alat *packing cucurbita powder* sebagai berikut :

1. Untuk pengembangan alat ini, disarankan untuk merancang sistem mekanik yang lebih baik. Hal tersebut bertujuan agar alat bekerja secara optimal sehingga keempat motor dapat terotomasi dengan baik terutama dalam respon PID

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andrianto, M.(2014). Kendali Kecepatan Motor Direct Current (DC) Menggunakan Proportional Integral Derivative (PID) Controller Terhadap Beban. Malang: Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang
- [2] Aprilianto, Hendri C. (2014). Analisis Tingkat Kontribusi Teknologi Dalam Produksi Keripik Buah Menggunakan Metode Technology Coefficient Contribution (TCC) di Kabupaten Malang. Malang: Universitas Brawijaya
- [3] Aydan, Habib.2015.Implementasi Kontrol PID pada Motor DC Sebagai Penggerak Robot Beroda 4wd Omni Wheels dengan Metode Wall Following.Skripsi Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang
- [4] Azlina, Maya. 2013. Pembuatan Alat Ukur Kecepatan Angin Dan Penunjuk Arah Angin Berbasis Mikrokontroler AT-MEGA 8535. Sainia Fisika.
- [5] Budiman, arif. (2017). *Perancangan sistem kontrol posisi dan pengepresan plastik untuk proses pengemasan* ,Kudus. Jurusan Teknik Mesin . Universitas muara kudus
- [6] Darmawansyah, Fafa. 2017. Implementasi Kontrol Logika Fuzzy Sebagai Elektronik *Soft-Starting* Pada Motor Induksi Yang Dilengkapi HMI (*Human Machine Interface*). Politeknik Negeri Malang.
- [7] Fimansyah , selvy. R. (2016). *Sistem kendali kecepatan motor DC pada konveyor barang menggunakan kntroler PI berbasis arduino uno*, Malang. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Brawijaya
- [8] Hakim, Lukman. (2012). Implementasi Perhitungan Posisi Robot Dengan FPGA Menggunakan Rotary Encoder. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh November
- [9] Hendrasty, HK 2003 Tepung Labu Kuning. Yogyakarta: Kanisius
- [10] Khurniyati, Maylina Ilhami dkk: Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol. 3 No 2 p.523-529, April (2015). Pengaruh Konsentrasi Natrium Benzoat Dan Kondisi Pasterisasi (Suhu Dan Waktu) Terhadap Karakteristik Minuman Sari Apel Berbagai Varietas. Universitas Brawijaya: Malang.
- [11] kl301.ilearning.me/tentang-pwm-pulse-width-modulation
- [12] Mutaqin, Abdul Aziz Romadhona.2015.Aplikasi Dan Analisis Sistem Fuzzy Untuk Pengendalian Kecepatan Putar Motor Omnidirectional Pada Robot Badminton. Malang:Politeknik Negeri Malang
- [13] SNI 01-3719-1995
- [14] Sutrisno, Meinanto Tri. 2016. Aplikasi Kontrol PID Untuk Mengendalikan Gerak Robot Pemanjat Tiang Pada Kontes Robot Abu Indonesia. Semarang : Universitas Dian Nuswantoro
- [15] Valenzuela et al, 2011. *Karakterisasi Labu Kuning (Cucurbita moschata Dutch)*
- [16] Winoto, Ardi. 2008.Mikrokontroler AVR ATmega 8/16/32/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada AVR. Bandung : Penerbit Informatika