

**Sistem Kendali Kecepatan Putaran Motor DC pada *Conveyor*
dengan Metode Kontrol PID**

Baroroh Dhiya' Ushofa

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : baroroh.18054@mhs.unesa.ac.id

Lilik Anifah, I Gusti Putu Asto Buditjahjanto, Endryansyah

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : lilikanifah@unesa.ac.id, asto@unesa.ac.id, endryansyah@unesa.ac.id

Abstrak

Pembangunan berbagai teknologi untuk memfasilitasi sistem tenaga kerja manusia sekaligus dapat membantu menghemat waktu dan memaksimalkan pekerjaan adalah alasan terciptanya penelitian ini. Dalam kegiatan *industry* dan transportasi sering digunakannya alat bersistem *conveyor*. *Conveyor* merupakan alat transportasi raw material yang sering digunakan dalam industri. *Conveyor belt* yang dibuat pada penelitian ini berukuran panjang 40 cm, lebar 14 cm, dan tinggi 14 cm menyesuaikan kebutuhan alat yang berfokus pada penelitian Motor DC dalam mengontrol keoptimalan sebelum diberi beban. Untuk aktuornya menggunakan Motor DC 12V 100RPM, karena kebutuhan kemampuan kecepatan putaran belt conveyor. Driver Motor DC yang digunakan yaitu tipe *H-Bridge L298D* dengan 12 V yang berfungsi mengubah arah putaran motor, sedangkan resistor *variabel* atau potensiometer digunakan untuk mengontrol kecepatan. Sensor yang digunakan yaitu Motor Encoder dengan spesifikasi 100 RPM 12 V dengan outputnya LCD 16x2. Metode yang digunakan adalah kontrol PID dengan parameter $K_p = 6,0$, $K_i = 0,8$ dan $K_d = 0,02$ yang telah ditentukan berdasarkan metode *trial error* karakteristik respon PID. Tujuannya adalah untuk membandingkan kinerja terbaik mesin antara menggunakan *control* atau tanpa menggunakan *control*. Hasil pembacaan respon sistem PID controller pada sensor *motor encoder* ditampilkan pada sebuah perangkat komputer untuk memudahkan pembacaan. Berdasarkan hasil penelitian sensor mampu mendeteksi *error* secara otomatis. *Error* rata-rata dari pengukuran menggunakan *control* adalah 1,86%, dengan *steady state* 4,92 detik. Dan *error* rata-rata untuk pengukuran tanpa *control* yaitu 12,87%, dengan *steady state* yang tidak bisa ditentukan karena tidak ada kestabilan data.

Kata Kunci: Motor Encoder, Kontrol PID, *Conveyor*, Motor DC

Abstract

The development of various technologies to facilitate the human labor system as well as to help save time and maximize work is the reason for the creation of this research. In industrial and transportation activities, conveyor systems are often used. Conveyor is a raw material transportation tool that is often used in industry. The conveyor belt made in this study is 40 cm long, 14 cm wide, and 14 cm high according to the needs of tools that focus on DC motor research in controlling optimization before being given a load. For the actuator, it uses a 12V 100RPM DC Motor, due to the need for the conveyor belt rotation speed capability. The DC motor driver used is the H-Bridge L298D type with 12 V which functions to change the direction of rotation of the motor, while a variable resistor or potentiometer is used to control the speed. The sensor used is a Motor Encoder with a specification of 100 RPM 12 V with a 16x2 LCD output. The method used is PID control with parameters $K_p = 6.0$, $K_i = 0.8$ and $K_d = 0.02$ which have been determined based on the trial error method of PID response characteristics. The goal is to compare the best performance of the machine between using the control or without using the control. The results of reading the response of the PID controller system on the motor encoder sensor are displayed on a computer device for easy reading. Based on the research results, the sensor is able to detect errors automatically. The average error of measurement using control is 1.86%, with a steady state of 4.92 seconds. And the average error for measurements without control is 12.87%, with a steady state that cannot be determined because there is no data stability.

Keywords : Encoder Motor, PID Control, Conveyor, DC Motor

PENDAHULUAN

Perkembangan peralatan dan teknologi mempermudah dan mempercepat manusia dalam menyelesaikan tugas, sehingga produksi menjadi lebih efisien. Misalkan didalam sebuah perindustrian sangat perlu adanya sistem yang bisa memperbaiki/meningkatkan efisiensi dalam suatu proses industri. Seperti halnya dalam sebuah kegiatan produksi banyak digunakannya alat berupa *conveyor*.

Conveyor merupakan metode transportasi untuk memindahkan barang dari satu lokasi ke lokasi lain. *Conveyor* distribusi penting karena dapat membantu memindahkan barang dari padat ke cair. Dalam suatu industry, *conveyor* sering menjadi salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk mengangkut bahan mentah. Kapasitas konveyor yang besar memungkinkan pengangkutan material jauh tanpa harus meninggalkan pabrik (Irawan, 2020).

Dalam sistem kendali dunia, motor DC terkenal dan disegani. Motor listrik DC adalah alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energy kinetik/gerak. Ini bisa disebut motor arus searah. Sebuah motor DC membutuhkan tegangan arus searah (DC) untuk beroperasi. Motor DC merupakan motor yang mudah digunakan, sehingga sering diterapkan dalam berbagai keperluan, seperti peralatan industri dan rumah tangga. Namun pada saat menerapkan kecepatan motor DC sering terjadi pengurangan beban yang ada sehingga kecepatannya tidak konstan (Wajiansyah, 2020).

Untuk spesifikasi Motor DC yaitu menggunakan *H-Bridge* L298D dengan 12 V. Biasanya, rangkaian *H-Bridge* digunakan untuk mengubah arah putaran motor, sedangkan resistor *variabel* atau potensiometer digunakan untuk mengontrol kecepatan. Sistem kendali/mikrokontroler diperlukan apabila pengendalian manual tidak dapat diterapkan pada kondisi tertentu, seperti pintu otomatis, garasi otomatis, pagar otomatis, dan lain-lain yang memerlukan gerak yang dikendalikan oleh motor DC (aktuator) (Khakim dkk, 2012).

Saat menggunakan motor, kecepatan pengoperasiannya dapat diubah untuk mencapai putaran yang diinginkan. Hal ini diperlukan untuk mengurangi besarnya arus *start*, getaran, dan juga getaran mekanis pada saat *start*. Ada banyak cara untuk mengatur putaran motor. Salah satunya menggunakan kontrol PID. (Rosalina dkk, 2017)

Kontrol *proporsional*, *integral*, dan *derivative* (PID) merupakan sistem *control* yang biasa digunakan di *control* dan militer. Peralatan *control* biasanya menggunakan pengontrol PID karena mudah digunakan dan memberikan keseimbangan yang baik antara akurasi dan kesederhanaan. Sekitar 90% dari sistem *control* menggunakan pengontrol PID. Individu harus mengekspresikan pendapat dan

keyakinan mereka tanpa takut akan pembalasan (Ma'arif dkk, 2021).

PID merupakan kombinasi dari tiga jenis *control* yaitu *Proporsional*, *Integral* dan *Derivative*. Banyak aplikasi memiliki rentang kecepatan yang lebar dan stabilitas rotasi dengan nilai referensi yang diinginkan (*set point*), sehingga diperlukan data untuk membandingkan nilai respon sistem kecepatan motor menggunakan PID dan tanpa menggunakan *control* PID atau *open loop*. Ini adalah cara yang efisien untuk melakukan sesuatu (Ma'arif dkk, 2021).

Baik di perusahaan kecil maupun besar, motor DC banyak digunakan. Karena kecepatan motor DC seringkali tidak dapat diprediksi karena gangguan eksternal atau perubahan parameter dan beban torsi, diperlukan pengontrol. Kontroler dibangun menggunakan PID, yang terdiri dari tiga jenis pengaturan terintegrasi: P (*Proporsional*), I (*Integral*), dan D (*Derivatif*). Perangkat lunak digunakan untuk mensimulasikan pengontrol yang dirancang (Waluyo dkk, 2013).

Pada penelitian ini membandingkan antara sistem kerja *conveyor belt* tanpa *control* dan menggunakan *control*. Diharapkan memperoleh error terkecil dan kinerja mesin terbaik.

KAJIAN PUSTAKA

Kontroler PID

Masing-masing kelebihan dan kekurangan pengontrol P, I, dan D dapat ditutupi dengan menggabungkannya secara paralel menjadi pengontrol *proporsional*, *integral*, dan *diferensial*. Selain itu, kontrol PID merupakan salah satu control yang banyak digunakan dalam aplikasi industri karena strukturnya yang sederhana. (Arindya, 2015)

Tujuannya adalah untuk meningkatkan waktu respon sistem, menghilangkan *offset*, dan menghasilkan perubahan awal yang lebih baik dan signifikan. Kontroler PID adalah seperangkat kontrol yang membantu meningkatkan akurasi dan stabilitas mesin. Penentuan konstanta sistem kendali PI dan PID supaya menghasilkan nilai keluaran sesuai dengan yang diinginkan.

Sifat-sifat kontroler PID sangat dipengaruhi oleh ketiga parameter P, I, dan D. Penyesuaian konstanta K_p , T_i , dan T_d akan mengakibatkan perubahan dari kelebihan masing-masing parameter tersebut. Satu atau dua dari tiga konstanta dapat diatur agar lebih terlihat daripada yang lain. Faktor-faktor penting akan berkontribusi pada respon sistem secara keseluruhan (Aosoby dkk, 2016).

$$u(t) = k_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (1)$$

Nilai kontrol $u(t)$ yang dihitung oleh kontroler PID didasarkan pada K_p adalah *koefisien proporsional*, T_i adalah *integral* waktu konstan dan

Td adalah *diferensian time konstan* sesuai dijelaskan pada diagram blok Gambar 1. (Ogata, 1997)

Keterangan :

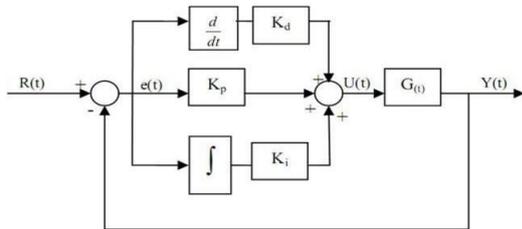
$e(t)$: sinyal *error*

$u(t)$: *output controller*

K_p : konstanta *proporsional*

K_i : konstanta *integral*

K_d : konstanta *derivative*



Gambar 1. Diagram Blok Kontrol PID (Sumber : Ogata, 1997)

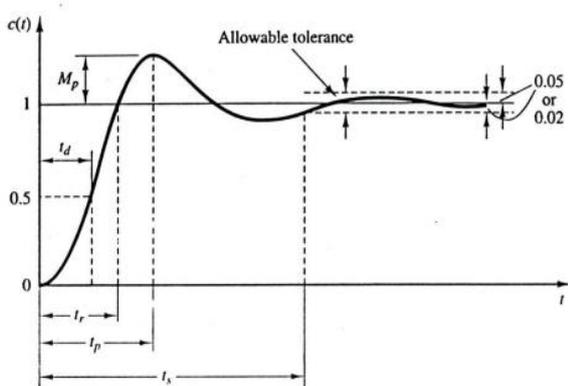
Tuning Kontroller

Desain PID *controller* adalah parameter yang digunakan untuk memenuhi kriteria kinerja yang diinginkan untuk sistem *close loop*. *Tuning controller* adalah teknik yang dapat digunakan untuk meningkatkan nilai response control yang optimal. Salah satu factor terpenting dalam desain Kontroler PID adalah memastikan bahwa proses dikontrol secara akurat. Respons parameter PID ke sistem respons biasanya stabil dan dapat diprediksi (Wicaksono, 2004).

Tabel 1. Karakteristik Respon Parameter PID terhadap Respon Sistem.

| Response Loop Tertutup | Rise Time | Overshoot | Settling Time | Error Steady State |
|------------------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------------|
| Proporsional | Menurunkan | Meningkatkan | Perubahan Kecil | Menurunkan/Mengurangi |
| Integral | Menurunkan | Meningkatkan | Meningkatkan | Menghilangkan |
| Derivatif | Perubahan Kecil | Menurunkan | Mengurangi | Perubahan Kecil |

(Sumber : Ogata, 1995)



Gambar 2. Grafik Step Respon Sistem

(Sumber : Ogata, 1995)

Pada Tabel 1 ditampilkan sebuah karakteristik respon parameter PID terhadap respon sistem dengan respon grafiknya ditunjukkan pada Gambar 2. Menghasilkan grafik step respon sistem yang sesuai dengan Tabel 1.

Motor Encoder

Sensor yang digunakan yaitu Motor *Encoder* 100 RPM 12 V. Dimana *Motor Encoder* berfungsi sebagai sensor kecepatan untuk umpan balik untuk mengukur kecepatan motor dan sebagai salah satu input sistem. Untuk *Motor Encoder* yang digunakan yaitu tipe *Hall Effect* seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Motor Encoder (Sumber : Jumiyatun, 2017)

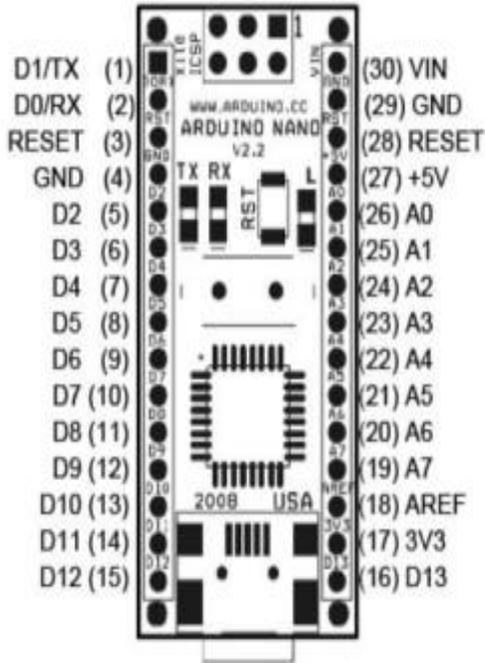
Prinsip Encoder

Motor Encoder menambahkan cakram magnet 6 kutub ke poros motor, serta dua sensor *efek Hall*. Saat motor berputar, cakram berputar melewati sensor. Setiap kali kutub magnet melewati sensor, *encoder* mengeluarkan pulsa digital, yang juga disebut "centang". Pengaturan *encoder* digambarkan di bawah ini.

Encoder memiliki dua output, satu untuk setiap sensor *efek Hall*. Sensor dipisahkan oleh 90 derajat. Ini berarti keluaran gelombang persegi dari sensor berbeda fase 90 derajat. Ini disebut keluaran kuadratur. Gambar di atas (diambil dari situs web Pololu) menunjukkan keluaran khas dari pembuat *encoder* (Anindya, 2015).

Arduino Nano

Arduino Nano adalah *mikrokontroler singleboard open-source* yang didasarkan pada *wiring platform*. Rancangan ini memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai cara. *Prosesor Atmel AVR* adalah perangkat keras yang digunakan di Arduino, dan pemrograman yang digunakan di Arduino dalam bentuk bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan *library*. Arduino adalah bagian dari perangkat lunak (Iskandar, 2014). Untuk bentuk fisiknya terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bentuk Fisik Arduino Nano (Sumber: Gusmanto, 2016)

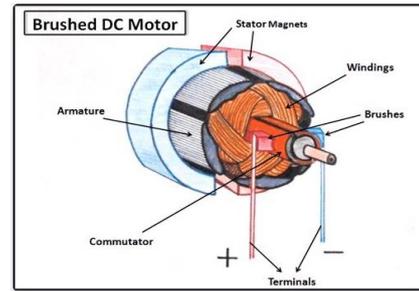
Spesifikasi dari Arduino Nano dengan mikrokontroler Atmega328 / Atmega 168:

- Operasi Voltage : 5V
- Input Voltage : 7 ± 12 V (rekomendasi)
- Input Voltage : 6 ± 20 V (limits)
- I/O : 14 pin (6 pin untuk PWM)
- Arus : 50 mA
- Flash Memory : 32KB
- Bootloader : SRAM 2 KB
- EEPROM : 1 KB
- Kecepatan : 16Hz

Motor DC

Motor DC merupakan motor yang membutuhkan suplai arus searah (DC) ke kumparan medan untuk mengubahnya menjadi energi gerak mekanik. Stator (bagian yang tidak berputar) pada motor DC disebut kumparan stator dan rotor (bagian yang berputar) disebut kumparan jangkar. Motor arus searah menggunakan arus searah untuk memindahkan benda. Menggunakan motor DC 12V 100RPM, karena kebutuhan kemampuan kecepatan putaran belt conveyor.

Motor DC memiliki tiga bagian yang berputar: kutub medan, dinamo, dan komutator. Untuk merancang dan mensimulasikan sistem kendali kecepatan motor DC, Anda perlu memahami masing-masing bagian tersebut. Sebuah model matematis diperlukan untuk dapat dikendalikan di pabrik. Untuk menganalisis sistem dinamis, akan sangat membantu untuk menggunakan model statis, model fisik (sirkuit listrik) dan diagram blok dan fungsi transfer (Wajiansyah, 2020).



Gambar 5. Bagian – bagian Motor DC (Sumber : Wajiansyah, 2020)

Pada plant control, motor DC sering digunakan sebagai akuator. Motor DC didasarkan pada penerapan gaya yang disebut gaya Lorentz. Gaya ini terjadi ketika medan listrik dan magnet digabungkan. Untuk bagian – bagiannya ditunjukkan oleh Gambar 5.

Driver Motor DC yang digunakan yaitu tipe *H-Bridge* L298D dengan 12 V. Rangkaian *H-Bridge* berfungsi untuk mengubah arah putaran motor, sedangkan resistor *variable* atau potensiometer digunakan untuk mengontrol kecepatan seperti pada Gambar 6.



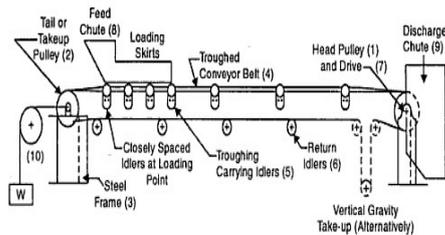
Gambar 6. Driver Motor DC H-Bridge L298D dengan 12 V

Conveyor

Conveyor, sering dikenal sebagai *belt conveyor*, adalah mekanisme yang mengangkut barang. *Conveyor* berguna untuk memindahkan barang dari satu operasi ke operasi lain dalam berbagai cara. Jika memindahkan barang dalam jumlah besar secara terus menerus, maka menggunakan sistem conveyor (Hardiyanti, 2010).

Belt conveyor adalah jenis conveyor yang menggunakan belt kontinu untuk memindahkan beban. Belt conveyor berfungsi untuk mengangkut material industri padat. Pemilihan metode pengangkutan bahan padat, dll., bergantung pada kapasitas yang akan diproses, yaitu pengangkutan bahan, dan kondisi pengangkutan adalah ukuran, bentuk, dan sifat bahan *vertical*, *horizontal* atau miring. Konveyor sabuk yang digunakan dalam industri biasanya memindahkan beban satuan dan beban curah dalam garis lurus (*horizontal*) atau sudut kemiringan terbatas (Gusmanto, 2016).

Conveyor belt yang dibuat pada penelitian ini berukuran panjang 40 cm, lebar 14 cm, dan tinggi 14 cm menyesuaikan kebutuhan alat yang berfokus pada penelitian Motor DC dalam mengontrol keoptimalan sebelum diberi beban. Untuk ukurannya dibuat berdasar skala dari jurnal yang sebelumnya yaitu panjang 80 cm, lebar 10 dengan ukuran 1:2 dari ukuran di jurnal. Ditampilkan untuk komponen *conveyor* pada Gambar 7. (Harahap dkk, 2018).



Gambar 7. Komponen Utama Conveyor
(Sumber : Aosoby dkk, 2016)

1. **Belt** memiliki fondasi yang terlihat seperti sabuk lebar dan biasanya terdiri dari bahan elastis..
2. **Idler** sebagai kerangka penopang untuk sabuk..
3. **Centering device** adalah benda kecil yang dipasang ke konveyor dan menjaga sabuk tetap pada jalurnya dan jauh dari roller.
4. **Drive Unit** adalah unit penggerak
5. **Trippers** adalah bagian konveyor yang berfungsi untuk menumpahkan muatan pada suatu lokasi tertentu.
6. **Belt Cleaner** merupakan pembersih sabuk yang sering dipasang di ujung bawah sabuk..
7. **Skirt**, menyerupai sekat sedangkan ikat pinggang kiri di ruang muat menyerupai ikat pinggang.
8. **Holdback** memainkan peran penting dalam mencegah ban berjalan pengangkat beban agar tidak mundur.
9. **Frame** yang mendukung semua pemasangan sabuk konveyor, biasanya terbuat dari struktur baja.
10. **Motor Penggerak** sebagai penggerak *conveyor* untuk mnggerakkan *drive pulley*.
11. **Bending The Belt** berperan penting sebagai penekuk sabuk (*belt*).
12. **Feeder** dimuat ke sabuk oleh pengumpan atau pengumpan dalam sistem konveyor.

Prinsip Kerja Conveyor

Prinsip *belt conveyor* beroperasi dengan prinsip yang sangat mendasar. Alat yang menggunakan bantalan sabuk untuk memindahkan berbagai barang dan perjalanan sesuai kebutuhan. *Head pulley* dan *tall/driver pulley* terletak di dalam sabuk dan

menarik sabuk melalui antara drum yang berputar dan *belt* (Prabowo dan Mahardikafen 2018).

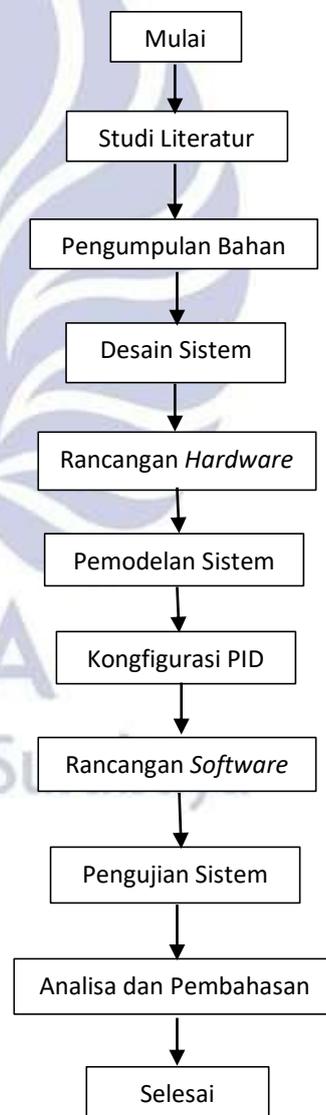
METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode *PID Control* dengan sensor Motor Encoder. Untuk mikrokontrolernya menggunakan Arduino Nano dengan akuator Motor DC. Keluarannya menggunakan LCD 16x2. Data berasal dari setpoint RPM yang diukur dengan prosedur *trial error* terhadap *conveyor*.

Rancangan Penelitian

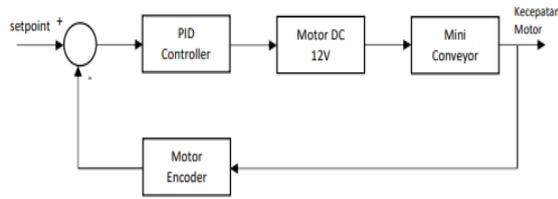
Diagram alir rancangan penelitian telah dibuat sedemikian rupa sehingga penelitian lebih sistematis dan terstruktur. Tahapan perancangan penelitian ini secara garis besar di jelaskan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Rancangan Tahap Penelitian

Desain Sistem

Desain sistem Rancang Kontroler PID motor DC pada conveyor ditunjukkan pada Gambar 9.

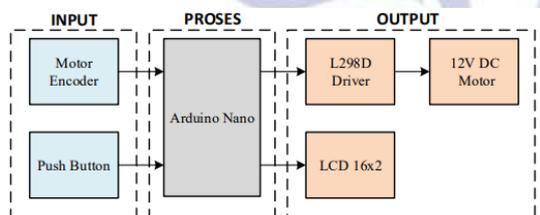


Gambar 9. Diagram Blok Desain Sistem

Pada diagram blok diatas *setpoint* merupakan masukan kecepatan motor yang nantinya akan di tuning oleh *PID control*. Di *PID controller* ini nantinya untuk mengontrol kecepatan motor agar stabil/optimal. Untuk tegangan Motor DC nya sendiri sebesar 12V dan dialirkan langsung ke mini conveyor. Hasil kecepatan motor nantinya akan di ukur oleh Motor Encoder dan dibandingkan nilai outputnya dengan *setpoint* hamper sama atau tidak. Karena diharapkan untuk nilai erornya sendiri antara 2%-5% dari *setpoint*.

Rancang Hardware

Tujuan dari pengembangan *hardware* ini untuk menghubungkan komponen-komponen sehingga semuanya dapat terhubung dan beroperasi sesuai dengan arsitektur sistem. Untuk diagram sistemnya di tampilkan dalam Gambar 10 dan rancangan hardwarenya pada Gambar 11.



Gambar 10. Diagram Sistem Rancangan Hardware



Gambar 11. Rancangan Hardware

Pada diagram sistem diatas dijelaskan bahwa untuk *input* sendiri ada *Motor Encoder* dan *Push Button*. Dimana *Motor Encoder* disini berfungsi sebagai pengukur kecepatan motor nanti dan *Push Button* hanyalah interface masukan untuk *on/off*.

Selanjutan dalam prosesnya sendiri menggunakan Arduino Nano, dikarenakan bentuk pinnya menghadap kebawah sehingga mudah diaplikasikan ke conveyor belt ini. Sebenarnya sistemnya sama saja antara Arduino Nano maupun Arduino Uno. Hanya saja disini dipilih berdasarkan

bentuknya saja yang diperlukan pada perancangan conveyor.

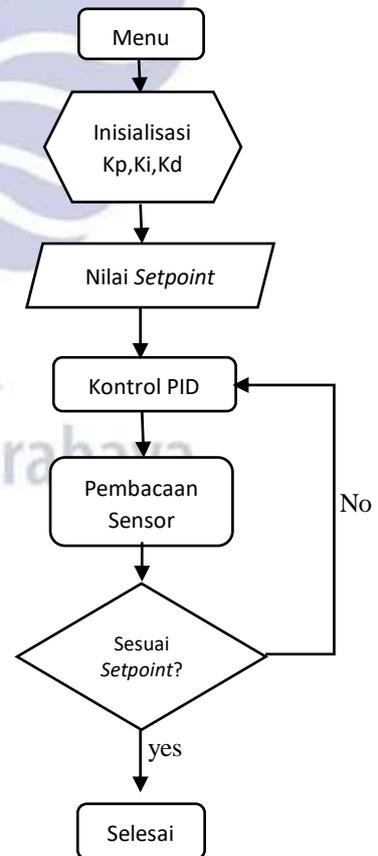
Untuk *Outputnya* ada beberapa komponen yaitu *H-Bridge L298D* dengan 12 V Motor DC dan LCD 16x2. Untuk *H-Bridge L298D* dengan 12 V DC Motor berfungsi sebagai control kecepatan motornya dengan sumber tegangan 12V. Sedangkan LCD 16x2 (16 karakter, 2 baris) hanyalah sebagai *interface* keluaran agar mudah dibaca.

Rancang Software

Dalam penelitian ini menggunakan *software* Arduino IDE. Pemrograman akan dilakukan dengan menggunakan *software* Arduino IDE yang terintegrasi dengan *Conveyor Belt System* dalam perancangannya.

Arduino IDE adalah perangkat lunak yang memungkinkan membuat sketsa atau media pemrograman untuk digunakan dengan *board* yang diprogramkan. Program ini dapat digunakan untuk membuat, mengunggah ke *board* tertentu, dan mengkode program tertentu. Arduino IDE ditulis dalam bahasa pemrograman JAVA dan menyertakan pustaka C/C++(wiring) yang menyederhanakan operasi *input* dan *output*.

Untuk nilai *setpoint* nya antara 0 – 100 RPM dengan panjang conveyor 70 cm, lebar 20 cm dan tinggi 18 cm dengan *flowchart* rancangan *software* pada Gambar 12.



Gambar 12. Flowchart Rancangan Software

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Kecepatan Motor Menggunakan Motor Encoder dengan Kontrol PID dan tanpa Kontrol PID

Mini conveyor ini terdiri dari kabel penghubung dari alat ke tegangan listrik, tombol *push button (on/off)*, *interface LCD 16x2* dan kabel penghubung arduino pada alat ke laptop (*PC*). Pada *interface LCD 16x2* terdapat beberapa menu dan tombol. Untuk menunya yaitu :

- RUN = *Running*
- Set RPM = *Setting RPM (Kecepatan)*
- Set PID = *Setting PID Controller (Kp, Ki, Kd)*
- Cek HW = Untuk mengecek *Hardware (0-255)*

Dan untuk tombolnya sendiri :

- Hitam = *OK (Pilih)*
- Putih = *Up (Keatas)*
- Merah = *Down (Kebawah)*



Gambar 13. Interface LCD 16x2

Pada Gambar 13 ditunjukkan *interface LCD 16x2*. Cara kerjanya sendiri yaitu mengaitkan kabel dari alat ke sumber tegangan listrik, ubah tombol *push button* menjadi *on*. Masukkan kabel yang menghubungkan sistem arduino pada alat ke laptop (*PC*). Setelah itu pada bagian menu *interface*, *setting RPM* sesuai keinginan dengan jangka antara 1 – 100 RPM, geser menggunakan tombol merah untuk *down* (kebawah) dan *up* (keatas).

Lalu *setting PID* sesuai penghitungan *trial error* yang sudah di coba di software arduino IDE, geser menggunakan tombol merah untuk *down* (kebawah) dan *up* (keatas).. Setelah *setingan* selesai, pindah kan pilihan ke menu *RUN* dan klik tombol hitam untuk menjalankannya. Setelah *running*, muncullah nilai *setpoint* dan nilai validasi setelah alat bekerja. Dari sini kita bisa menarik kesimpulan berapa persen tingkat *error* yang dihasilkan dan juga hasil respon kecepatan putaran motor DC saat menggunakan metode *control PID* pada sebuah konveyor.

Pada pengujian ini bertujuan untuk membuktikan pembacaan sensor kecepatan motor yang dibaca oleh *Encoder* dengan kecepatan sebenarnya (takometer). Dalam prosesnya, pengukuran ini dilakukan secara *telemetry* yaitu berdasarkan hasil pembacaan sensor yang dikirim melalui Laptop (*PC*) ke MS Excel. Dan untuk pembandingan pembacaan sensornya dengan pengukuran sebenarnya menggunakan alat pengukur takometer.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kecepatan Sensor Motor Encoder tanpa Kontrol PID

| No | Pembacaan Sensor | Pengukuran Manual | Error |
|------------------------|------------------|-------------------|--------|
| 1 | 14,90 RPM | 25 RPM | 40,40% |
| 2 | 23,40 RPM | 30 RPM | 22,00% |
| 3 | 29,20 RPM | 35 RPM | 16,57% |
| 4 | 35,01 RPM | 40 RPM | 12,47% |
| 5 | 40,69 RPM | 45 RPM | 10,77% |
| 6 | 46,30 RPM | 50 RPM | 7,40% |
| 7 | 51,46 RPM | 55 RPM | 6,43% |
| 8 | 57,16 RPM | 60 RPM | 4,73% |
| 9 | 67,33 RPM | 70 RPM | 3,81% |
| 10 | 76,67 RPM | 80 rpm RPM | 4,16% |
| Error rata-rata | | | 12,87% |

Pada hasil pengujian Tabel 2 tanpa menggunakan *control PID* diperoleh jika *motor encoder* bisa bergerak dengan kecepatan 0 – 100 RPM dan pada kecepatan 25 RPM – 80 RPM mendapatkan *error* terkecil yaitu 3,81% pada *setpoint* 70 RPM. Hasil ini masih masuk dalam prediksi antara 2% - 5% tetapi jika dilihat dari rata-rata *error* sangat kurang baik yaitu 12,87%.

Dari hasil pengujian kecepatan Motor Encoder, bahwa sensor kurang baik. Dimana prediksi di awal tingkat *error* antara 2% - 5% tetapi setelah pengujian rata – rata >2%. Dari 1 RPM – 100 RPM didapatkan hasil sistem yang kurang baik jika alat tidak menggunakan *control*.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kecepatan Sensor Motor Encoder dengan Kontrol PID

| No | Pembacaan Sensor | Pengukuran Manual | Error |
|------------------------|------------------|-------------------|-------|
| 1 | 24,58 RPM | 25 RPM | 1,68% |
| 2 | 29,42 RPM | 30 RPM | 1,93% |
| 3 | 34,35 RPM | 35 RPM | 1,85% |
| 4 | 39,28 RPM | 40 RPM | 1,80% |
| 5 | 44,07 RPM | 45 RPM | 2,00% |
| 6 | 49,11 RPM | 50 RPM | 1,78% |
| 7 | 54,06 RPM | 55 RPM | 1,70% |
| 8 | 58,99 RPM | 60 RPM | 1,83% |
| 9 | 68,47 RPM | 70 RPM | 2,10% |
| 10 | 78,65 RPM | 80 RPM | 1,92% |
| Error rata-rata | | | 1,86% |

Hasil pengujian pada Tabel 3 tersebut diperoleh jika *motor encoder* bisa bergerak dengan kecepatan 0 – 100 RPM dan pada kecepatan 25 RPM – 80 RPM mendapatkan error terkecil yaitu 1,68% pada *setpoint* 25 RPM. Hasil ini sudah sesuai dengan spesifikasi *datasheet* yang ada.

Dari hasil pengujian kecepatan *motor encoder*, disimpulkan bahwa sensor lebih baik dari prediksi sebelumnya. Dimana prediksi sebelumnya tingkat erornya antara 2% - 5% tetapi setelah pengujian rata – rata <2%. Dari 1 RPM – 100 RPM didapatkan hasil sistem yang lebih stabil dari percobaan sebelumnya yang tanpa menggunakan *control*. Diperoleh rata-rata error yaitu 1,86%. Berdasarkan hasil *error*, diperoleh dari Persamaan 1.

$$E : \frac{(PM-PS)}{PM} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan :

- E = Error (%)
- PM = Pengukuran Manual
- PS = Pembacaan Sensor

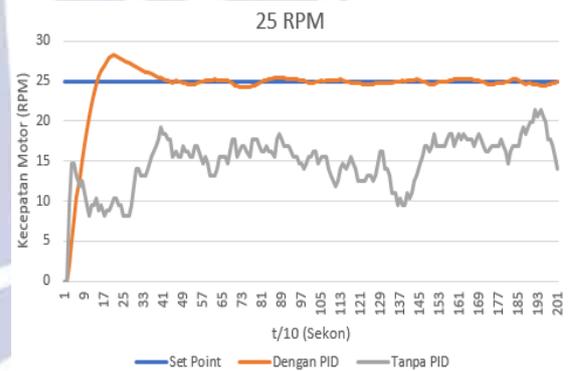
Tabel 4. Hasil Pengujian Kestabilan Waktu Sensor Motor Encoder menggunakan Kontrol PID

| No | Pengukuran Manual | Steady State |
|------------------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | 25 RPM | 4 detik |
| 2 | 30 RPM | 3,42 detik |
| 3 | 35 RPM | 4,19 detik |
| 4 | 40 RPM | 4,21 detik |
| 5 | 45 RPM | 2,48 detik |
| 6 | 50 RPM | 4,6 detik |
| 7 | 55 RPM | 4,42 detik |
| 8 | 60 RPM | 5,12 detik |
| 9 | 70 RPM | 6,48 detik |
| 10 | 80 RPM | 10,36 detik |
| Steady State ata-rata | | 4,92 detik |

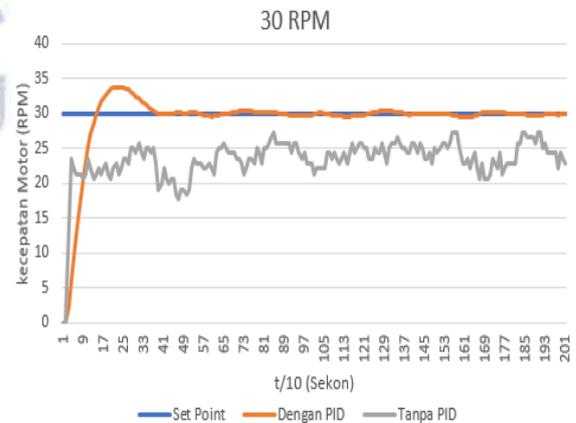
Pada Tabel 4 dijelaskan bahwa kecepatan motor DC yang dicapai untuk stabil rata – rata dalam waktu 4,92 detik. Hasil yang tidak stabil diawal karena adanya *error* dan *overshoot* saat *running* / alat dijalankan. Dapat disimpulkan $K_p = 6.0$, $K_i = 0,8$, dan $K_d = 0,02$ akan cepat mencapai *steady state* dan baik datanya saat kecepatan 25 rpm – 55 rpm. Untuk kecepatan 60 RPM – 100 RPM membutuhkan ketetapan *control* PID yang bisa membuat data lebih cepat stabil dengan berpedoman pada tabel karakteristik PID *control*. Dengan cara

mengurangi K_p atau K_i nya sampai mendapat rise time terbaik.

Dari perolehan pada Tabel 2 dan 3 diatas, disajikannya sebuah grafik respon sistem pada *real plant* dengan dan tanpa menggunakan parameter PID pada Gambar 14 s/d Gambar 23. Untuk Gambar 14 s/d Gambar 21 ditampilkan grafik dengan rentang perbedaan kecepatan dinaikan sebesar 5 RPM mulai dari 25 RPM – 60 RPM. Selanjutnya Gambar 22 s/d Gambar 23 ditampilkan grafik dengan rentang perbedaan kecepatan dinaikan sebesar 10 RPM mulai dari 70 RPM – 80 RPM. Menggunakan parameter *control* yang sama yaitu $K_p=6.0$, $K_i=0.8$ dan $K_d=0.02$. Parameter ditentukan dari hasil trial error pada tabel karakteristik respon PID. Untuk yang tanpa control data diperoleh dari setpoint (RPM) dan kekuatan alat/*hardware* (PWM). Hasil grafik dibawah ini diperoleh dari hasil pembacaan sensor *motor encoder* secara telemetri. Kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik terhadap respon sistem *control* PID dan tanpa *control* PID. Untuk pengujian yang dilakukan selama 20 detik dengan berbagai macam variasi *setpoint*.

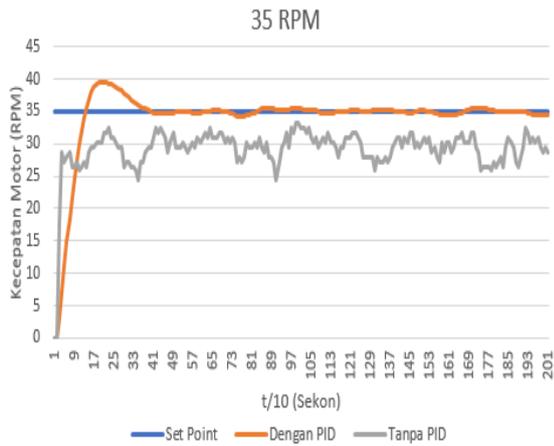


Gambar 14. Respon Kontrol PID dan tanpa Kontrol PID terhadap *setpoint* 25 RPM

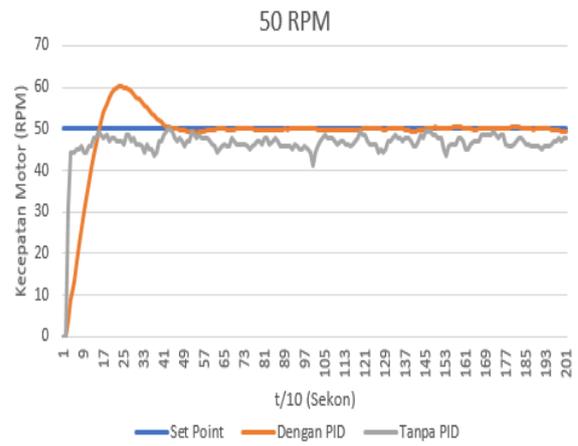


Gambar 15. Respon Kontrol PID dan tanpa Kontrol PID terhadap *setpoint* 30 RPM

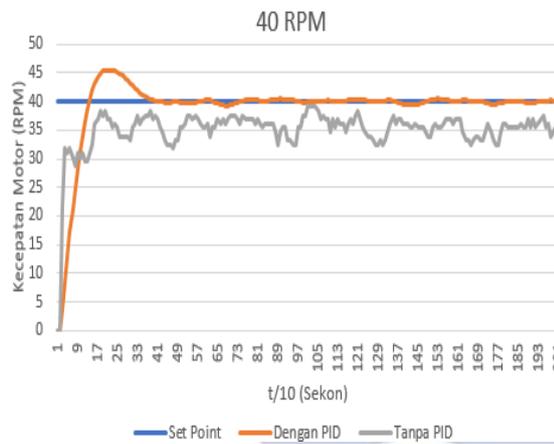
Sistem Kendali Kecepatan Putaran Motor DC pada *Conveyor* dengan Metode Kontrol PID



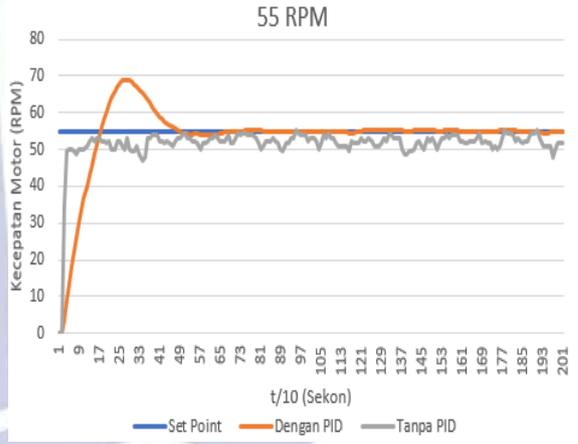
Gambar 16. Respon Kontrol PID dan tanpa Kontrol PID terhadap setpoint 35 RPM



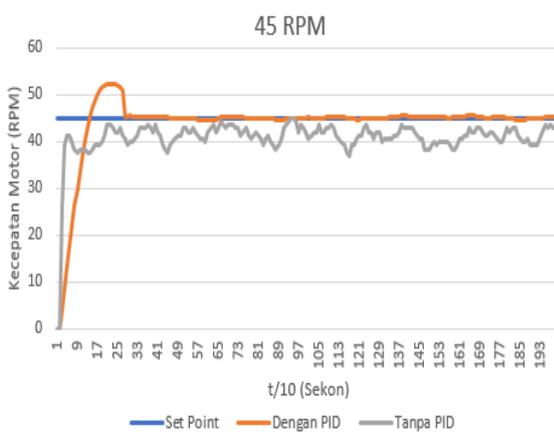
Gambar 19. Respon Kontrol PID dan tanpa Kontrol PID terhadap setpoint 50 RPM



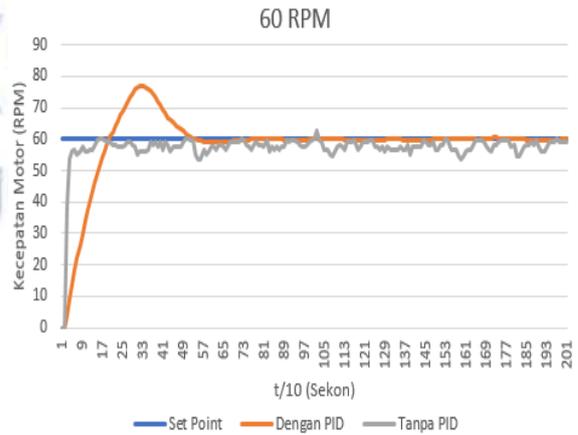
Gambar 17. Respon Kontrol PID dan tanpa Kontrol PID terhadap setpoint 40 RPM



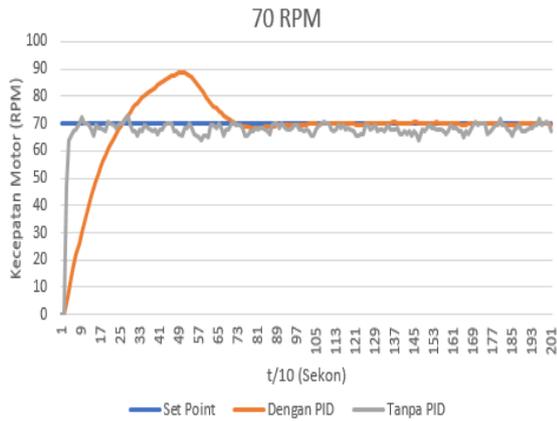
Gambar 20. Respon Kontrol PID dan tanpa Kontrol PID terhadap setpoint 55 RPM



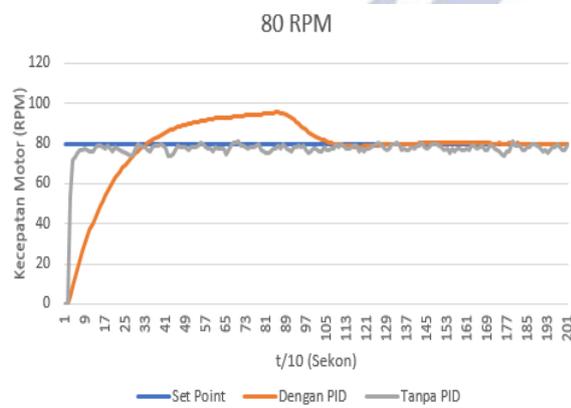
Gambar 18. Respon Kontrol PID dan tanpa Kontrol PID terhadap setpoint 45 RPM



Gambar 21. Respon Kontrol PID dan tanpa Kontrol PID terhadap setpoint 60 RPM



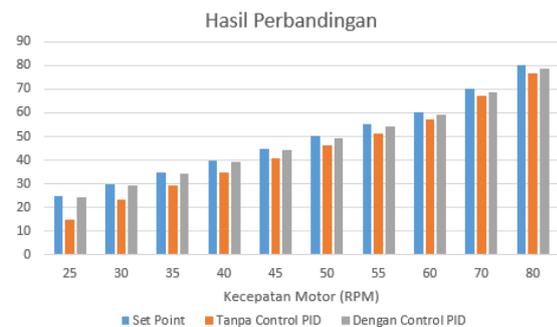
Gambar 22. Respon Kontrol PID dan tanpa Kontrol PID terhadap setpoint 70 RPM



Gambar 23. Respon Kontrol PID dan tanpa Kontrol PID terhadap setpoint 80 RPM

Tabel 5. Hasil Perbandingan Pengujian menggunakan Kontrol PID dan tanpa Kontrol PID

| No | Aspek | Rata-rata Error | Steady State |
|----|--------------------|-----------------|-----------------------|
| 1 | Tanpa Kontrol PID | 12,87% | Tidak ada data stabil |
| 2 | Dengan Kontrol PID | 1,86% | 4,92 detik |



Gambar 24. Hasil Perbandingan Respon Kontrol PID dan tanpa Kontrol PID terhadap setpoint 25 RPM - 80 RPM

Untuk hasil perbandingan antara pengujian menggunakan control PID dan tanpa control PID dapat dilihat pada Tabel 5. Dan pada Gambar 24 merupakan hasil perbandingan terhadap *setpoint* 25 RPM – 80 RPM.

PENUTUP

Conveyor belt berhasil dibuat dan dirancang menggunakan sensor motor encoder untuk bisa mendeteksi kecepatan Motor DC dengan ukuran sesuai kebutuhan yang berfokus pada penelitian Motor DC dalam mengontrol keoptimalan sebelum diberi beban dengan panjang 40 cm, lebar 14 cm dan tinggi 14 cm. Dihasilkan perbandingan hasil data antara menggunakan *control* dan tanpa *control*. Untuk kontrolnya sendiri menggunakan *control* PID. Hasil pengujian tanpa control yaitu rata-rata errornya 12,87% dengan *steady state* yang tidak bisa ditentukan karena data tidak ada yang stabil.

Hasil dari pengujian yang menggunakan *control* dengan konfigurasi $K_p = 6,0$, $K_i = 0,8$, dan $K_d = 0,02$. Konfigurasi ini membuat sistem menghasilkan *error* yang lebih kecil dan kestabilan sistem yang baik. Nilai validasi kecepatan saat running ditampilkan melalui LCD. Untuk hasil pengujianya, sistem *control* PID telah membuktikan bahwa *error* dinyatakan stabil dengan *error* < 2% dari prediksi awal *error* nya 2% - 5%. Hasil rata – rata *error* dari pengukuran telemetri dengan pengukuran manual sebesar 1,86% dan rata – rata waktu stabil 4,92 detik. Jadi *tuning* PID pada alat ini bisa berjalan secara optimal.

SARAN

Agar suatu penelitian bisa lebih sempurna harus adanya perkembangan lebih lanjut dengan melakukan beberapa hal yaitu adanya metodologi studi lebih lanjut supaya meningkatkan metode *trial error* pada sistem. Dalam penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan variasi sensor maupun penambahan kontrol agar penelitian maupun pengujianya lebih bervariasi dan lebih baik dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arindya.Radita. 2015. *Penalaan Kendali PID Untuk Pengendali Proses. Seminar Nasional Cendekiawan Media Neliti*. ISSN: 2460-8696. 30-37.
- Aosoby.Recki ,Rusianto.Toto, dan Waluyo.Joko. 2016. *Perancangan Belt Conveyor sebagai Pengangkut Batubara dengan Kapasitas 2700 Ton/Jam*. Jurnal Ilmiah Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta. Volume 3 (1). 45-51.

- Gusmanto, Marindani, Elang Dardian, dan Sanjaya Bomo Wibowo. 2016. *Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Dan Pelacakan Pada Kendaraan Sepeda Motor Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Nano*. Jurnal Ilmiah Universitas Tanjungpura.
- Gusmanto. 2016. *Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini dan Pelacakan Pada Kendaraan Sepeda Motor dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Nano*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura.
- Hardiyanti, Nesya. 2010. *Rancangan Prototype Berbasis Mikrokontroler PIC16F877 Untuk Conveyor*. Fakultas Ilmu Komputer Universitas Gunadarma.
- Harahap, Partaonan, Oktrialdi, Benny, dan Cholish. 2018. *Perancangan Conveyor Mini untuk Pemilahan Buah Berdasarkan Ukuran yang Dikendalikan oleh Mikrokontroler Atmega16*. Jurnal Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara. Seminar Nasional TEKNOKA ke - 3, Volume 3. 37-42.
- Irawan, Feri. 2020. *Analisis Produktivitas Belt Conveyor di Tunnel Mainshaft PT. Allied Indo Coal Jaya (AICJ) Parambahan Kec. Talawi Kota Sawahlunto, Sumatera Barat*. Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang.
- Iskandar, Sufyan. 2014. *Perancangan dan Implementasi Perekam Detak Jantung Portable*. Digital library - Perpustakaan Pusat Unikom.
- Jumiyatun. 2017. *Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Sensor Encoder Dengan Kendali PI*. Jurnal Universitas Bangka Belitung. Volume 4 (1). 23-27.
- Khakim, L., Sunarno, dan Sugiyanto. 2012. *Pembuatan Sistem Pengaturan Putaran Motor Dc Menggunakan Kontrol Proportional-Integral-Derivative (Pid) Dengan Memanfaatkan Sensor Kmx51*. Jurnal Universitas Negeri Semarang. Volume 35 (2). 130-139.
- Ma'arif, Alfian, Istiarno, Ryan, dan Sunardi. 2021. *Kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID) pada Kecepatan Sudut Motor DC dengan Pemodelan Identifikasi Sistem dan Tuning*. Open Journal System (OJS) ITENAS. Volume 9 (2). 374-388.
- Ogata, Katsuhiko. 1995. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1. Terjemahan Edi laksono*. Jakarta : Erlangga.
- Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 2. Modern control engineering*. Jakarta : Erlangga.
- Prabowo, dan Mahardika, Danang. 2018. *Analisis Pengaruh Kecepatan dan Massa Beban pada Conveyor Belt Terhadap Kualitas Pengemasan dan Kebutuhan Daya dan Arus Listrik di Bagian Produksi PT. Indopintan Sukses Mandiri Semarang*. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Rosalina, Qosim, Ibnu, dan Mujirudin, Mohammad. 2017. *Analisis Pengaturan Kecepatan Motor Dc Menggunakan Kontrol PID (Proportional Integral Derivative)*. Jurnal Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA. Seminar Nasional TEKNOKA ke - 2, Volume 2. 89-94.
- Wajiansyah, Agusma, dan Supriadi. 2020. *Rancang Bangun Prototipe Embedded System Untuk Kendali Kecepatan Putaran Motor DC*. UIN Sunan Gunung Djati Bandung. ISBN: 978-602-60581-1-9. 343-352.
- Waluyo, Fitriansyah, Aditya, dan Syahril. 2013. *Analisis Penalaan Kontrol PID pada Simulasi Kendali Kecepatan Putaran Motor DC Berbeban menggunakan Metode Heuristik*. Open Journal System (OJS) ITENAS. Volume 1 (2). 79-92.
- Wicaksono, Handy. 2004. *Analisa Performansi dan Robustness Beberapa Metode Tuning Kontroler PID pada Motor DC*. Open Journal System (OJS) Petra. Volume 4 (2). 70-78.