

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC
PADA KONVEYOR MINI MENGGUNAKAN KENDALI PID BERBASIS LABVIEW

Rembuyung

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: rembuyung18@gmail.com

Endryansyah

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: endryansyah@gmail.com

Abstrak

Indonesia sebagai negara industri, produktivitas merupakan faktor utama untuk memajukan industri. Produktivitas ini berkaitan dengan kuantitas. Salah satu faktor yang dapat meningkatkan kuantitas tersebut ialah sistem distribusi dari proses produksi yang efisien dan terkontrol dengan baik. Konveyor merupakan alat transportasi vertikal yang umum digunakan dalam proses produksi. Penelitian ini menerapkan kendali PID pada motor DC dari konveyor mini. Sehingga kecepatan konveyor dapat dikontrol dengan *error* seminimal mungkin. Perancangan kendali PID ini menggunakan *software* LabVIEW 2014 beserta NI Elvis II+. Dengan pendekatan karakteristik respon sistem orde satu, didapatkan parameter kendali PID yaitu $K_p = 3,9712$; $K_i = 11,4584$; dan $K_d = 0,6882$. Respon kecepatan motor DC berhasil mencapai nilai *setpoint* dan mengurangi nilai *Ess* (*Error Steady State*) sistem. Tercatat bahwa *Ess* dari sistem tanpa kendali bernilai 49,63% kemudian menjadi 1,34% saat keadaan tanpa beban dan 12,65% dengan beban riil sebesar 3 Kg.

Kata Kunci: Motor DC, Konveyor, Kendali PID, LabVIEW 2014, NI Elvis II+

Abstract

As an industrial country, Indonesia has productivity as the main factor to advance the industry. Productivity associates with quantity. Quantity can be increased by the distribution system of the production process that is needed to be efficient and well-controlled. Conveyors commonly used in the production process as vertical transportation. This study applies a PID controller to the DC motor of a mini conveyor. So the speed of the conveyor can be controlled within minimum error. The design of this PID controller uses LabVIEW 2014 along with NI Elvis II+. Parameters of PID controller that is obtained by using the first-order system are $K_p = 3,9712$; $K_i = 11,4584$; and $K_d = 0,6882$. The speed response of DC motor able to reach *setpoint* and reduce *Ess* (*Error Steady State*) of the system. Note that *Ess* of the system without a controller is 49,63%. It decreases to 1,34% in condition with no load and 12,65% with a load of 3 Kg.

Keywords: DC Motor, Conveyor, PID Controller, LabVIEW 2014, NI Elvis II+

PENDAHULUAN

Dunia industri merupakan kontributor terbesar bagi perekonomian nasional dengan pencapaian lebih dari 20 persen, porsi ekonomi itu pula Indonesia dikategorikan sebagai negara industri (Kemenperin, 2017). Untuk memajukan dunia industri, dipertimbangkan beberapa faktor salah satunya nilai produktivitas. Nilai produktivitas berkaitan dan berbanding lurus dengan kuantitas. Salah satu faktor yang dapat meningkatkan kuantitas tersebut ialah sistem distribusi dari proses produksi yang efisien dan terkontrol dengan baik. Sejauh ini kelompok konveyor paling kerap digunakan dalam distribusi materi (Ray Siddharta, 2008).

Konveyor merupakan alat transportasi vertikal yang memanfaatkan motor sebagai penggerak utama. Penggunaan konveyor ini meringankan kerja manusia dan

meningkatkan nilai produktivitas produksi. Namun dalam penggunaannya masih ditemui kendala dan kekurangan. Kekuatan motor akan berkurang ketika diberikan beban berupa muatan barang sehingga kecepatan konveyor juga menurun. Konveyor yang ideal seharusnya memiliki kecepatan sesuai dengan kebutuhan meskipun terdapat beban muatan. Maka dari itu diperlukan pengendali untuk memastikan kecepatan konveyor sesuai dengan yang dibutuhkan.

Pada beberapa penelitian terdahulu mengenai motor DC dibuktikan bahwa kendali PID secara baik mampu meningkatkan dan mengoptimalkan respon kecepatan motor DC sehingga mencapai nilai sesuai *setpoint* dengan *error* kecil. Fokus dari penelitian ini yaitu merancang dan membuat konveyor mini dengan kendali PID yang dapat

bekerja optimal dengan kecepatan motor DC sesuai *setpoint* dan nilai *error* kecil.

KAJIAN PUSTAKA

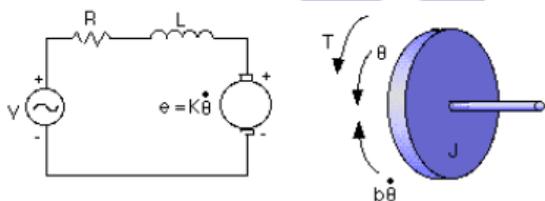
Belt Conveyor

Konveyor terangkai dari berbagai macam bagian dengan fungsi yang berbeda. Terdapat *Belt, idlers, pulleys,* dan *drives*. *Belt* merupakan sabuk yang berfungsi menopang dan mengangkut beban. *Idlers* merupakan *rollers* berbentuk tabung yang diruntun pada jarak tertentu untuk mendukung sisi aktif dan sisi pasif dari sabuk. Pada dua ujung *belt conveyor* terpasang *pulley* agar sabuk dapat berputar dan mengganti arah. Pergerakan sabuk dari *conveyor* terjadi karena gesekan antara salah satu *pulley* yang tersambung ke *drive* motor, dinamai *drive pulley*.

Belt conveyor beroperasi dalam satu garis tetap. Bekerja dalam bidang datar secara horizontal atau dengan kemiringan tergantung pada gesekan properti. Untuk mengganti arah material yang diangkut, diperlukan *belt* lain pada ujung *conveyor*. Kapasitas *conveyor* dapat dikendalikan dengan mengganti kecepatan *belt*. Pada dasarnya digunakan untuk material yang mengalir berkelanjutan (Ray Siddharta, 2008).

Motor Direct Current

Motor DC adalah Motor listrik yang membutuhkan suplai tegangan arus searah atau arus DC (*Direct Current*) pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Sebuah motor DC dengan poros dihubungkan dengan roda gigi atau beban inersia, rangkaian setara elektriknya diperlihatkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Ekuivalen Motor DC (Sumber: Bambang Siswoyo, 2012)

Terdapatkan fungsi alih dimana kecepatan rotasi sebagai *output* dan tegangan sebagai *input* sebagai berikut.

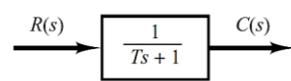
$$\frac{\theta}{V} = \frac{K}{(Js+b)(Ls+R)+K^2} \tag{1}$$

Keterangan:

- θ : Kecepatan rotasi (θ)
- V : Tegangan masuk (v)
- K : Konstanta torsi motor (Nm/Amp)
- Js : Momen inersia rotor ($Kg.m^2/s^2$)
- b : Rasio *damping* (N.m.s)
- Ls : Induktansi elektrik (H)
- R : Resistensi elektrik (Ω)

Sistem Orde Satu

Sistem orde satu digambarkan dengan diagram blok yang telah disederhanakan pada Gambar 2.



Gambar 2. Penyederhanaan Diagram Blok Sistem Orde Satu (Sumber: Ogata, 2009)

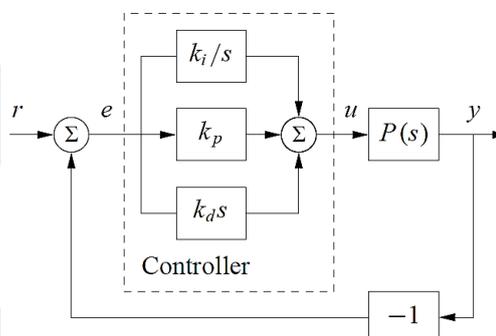
Dari Gambar 2, dapat dirumuskan hubungan antara *input* dan *output* seperti pada Persamaan 2.

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{Ts+1} \tag{2}$$

Keterangan:

- $C(s)$: Respon sistem
- $R(s)$: Referensi masukan
- Ts : Konstanta waktu

Kendali PID



Gambar 3. PID Menggunakan Umpan Balik Error (Sumber: Astrom, 2010)

Diagram blok dari sistem *loop* tertutup dengan kendali PID dapat dilihat pada Gambar 3. Dimana y adalah variabel proses terukur, r adalah variabel referensi, u adalah sinyal kendali, dan e adalah *error* kendali. Terdapat tiga parameter yaitu penguatan proporsional (K_p), penguatan integrasi (K_i), dan penguatan derivatif (K_d). Berikut merupakan persamaan sistem kendali PID.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \tag{3}$$

Keterangan:

- $u(t)$: Sinyal keluaran kendali
- $e(t)$: Sinyal *error*
- K_p : Konstanta proporsional
- K_i : Konstanta integral
- K_d : Konstanta derivatif

Rotary Encoder (IC LM393)

Rotary encoder berfungsi untuk membaca dan memonitor gerakan atau posisi benda yang berputar. Pada

rotary encoder biasanya terdapat sensor optik yaitu optocoupler yang berfungsi membaca jumlah pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi maupun arah yang kemudian diolah menjadi informasi kode digital dan dikirimkan atau diteruskan ke rangkaian kendali. Berikut merupakan spesifikasi LM393, yaitu tipe *encoder* yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 4. Modul LM393
(Sumber: Rajguru Electronics, 2018)

Tabel 1. Spesifikasi Modul LM393

Tegangan kerja	3.3-5 Volt
Arus	15 mA
Nilai keluaran	Digital switch (0 dan 1)
Dimensi	32 x 14 x 7 mm
Reading slot	5 mm
Pin	Vcc, GND, D0, A0

(Sumber: Rajguru Electronics, 2018)

LabVIEW

LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) adalah bahasa pemrograman grafis yang tidak menggunakan baris teks melainkan ikon untuk membuat aplikasi. Berbeda dengan bahasa pemrograman berbasis teks dimana instruksi menentukan eksekusi program, LabVIEW menggunakan pemrograman *dataflow* dimana aliran dari data menentukan eksekusi (National Instruments, 2003).

NI ELVIS II+



Gambar 5. Modul NI ELVIS
(Sumber: National Instruments, 2003)

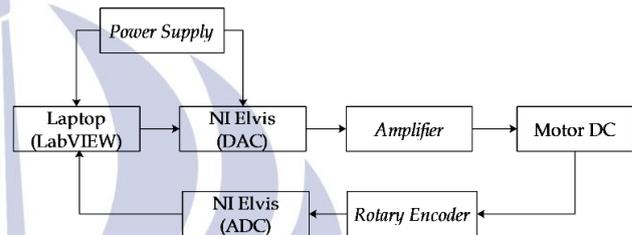
National Instruments Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS) adalah suatu modul instrumentasi dan *prototyping* berbasis LabVIEW dan komputer. NI ELVIS terdiri dari *prototyping board*, piranti *data acquisition* (DAQ) multifungsi, dan instrumen virtual berbasis LabVIEW. Kombinasi ini menghasilkan

suatu platform instrumentasi modular terintegrasi yang kemampuan fungsionalnya dapat dibandingkan dengan instrumen pada umumnya seperti multimeter digital, Osiloskop, *Function Generator*, dan *Power Supply* yang biasa dijumpai di dunia teknik elektro (National Instruments, 2003).

METODE PENELITIAN

Rancangan Sistem

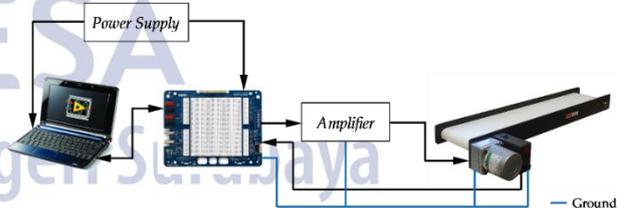
Dapat diartikan bahwa sistem merupakan gabungan dari *software*, *hardware*, dan *controller*. Pada Gambar 6 ditunjukkan rancangan sistem konveyor mini dengan kendali PID.



Gambar 6. Rancangan Sistem
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Software LabVIEW yang terpasang pada laptop akan mengirim sinyal digital ke NI ELVIS. Sinyal digital yang telah diubah menjadi analog diteruskan ke motor DC melalui *operational amplifier*. Gerak putaran motor DC tersebut dibaca nilai kecepatannya oleh sensor *rotary encoder*. Nilai yang dibaca oleh sensor berupa sinyal analog. Sinyal tersebut dikonversikan kembali ke digital oleh NI ELVIS yang selanjutnya diproses oleh LabVIEW.

Rancangan Hardware



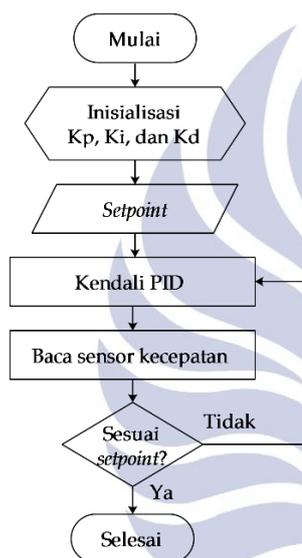
Gambar 7. Rancangan Hardware
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Pada Gambar 7, diilustrasikan rangkaian *hardware* dari sistem. *Power supply* sebesar 220V melalui adaptor masing-masing terhubung ke laptop dan NI ELVIS II+. Laptop yang sudah terpasang *software* LabVIEW disambungkan menggunakan kabel USB ke NI ELVIS II+. Data digital dari LabVIEW akan dikonversikan menjadi data analog pada NI ELVIS II+. Data analog tersebut selanjutnya akan diteruskan ke *amplifier* lalu selanjutnya ke motor DC pada konveyor. Kecepatan putaran motor DC

akan dibaca oleh *rotary encoder* yang selanjutnya diteruskan kembali ke NI ELVIS II+. Hasil pembacaan *rotary encoder* akan dikonversi menjadi data digital agar dapat diteruskan kembali ke *software* LabVIEW pada laptop. *Line* biru menunjukkan sambungan ground dari NI ELVIS II+, *amplifier*, motor DC, dan *rotary encoder*.

Rancangan Software

Software yang digunakan dalam penelitian ini yaitu LabVIEW versi 2014 32-bit yang sudah terintegrasi dengan NI ELVIS II+. LabVIEW 2014 berfungsi sebagai pusat pengendali dan juga berfungsi untuk menyimulasikan fungsi alih yang telah didapatkan sebelumnya. Berikut diagram alir rancang bangun *software*.



Gambar 8. Rancang Bangun *Software* (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Dimulai dengan inisialisasi nilai parameter kendali PID. Kemudian menentukan nilai *setpoint*. Lalu dilakukan proses pengendalian kecepatan motor DC oleh kendali PID. Setelah nilai kecepatan didapat melalui sensor, nilai tersebut akan dibandingkan dengan nilai *setpoint*. Jika nilai keduanya belum sesuai, maka dilakukan kembali proses kendali PID.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi Sensor *Rotary Encoder*

Tabel 2. Data Kalibrasi Sensor *Rotary Encoder*

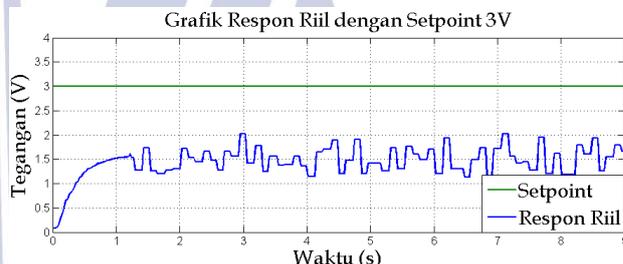
Sumber Tegangan	Tachometer (RPM)	Rotary Encoder (RPM)	Error (RPM)
2,5 V	32,70	31,69	1,01
3 V	42,00	40,74	1,26
3,5 V	53,30	51,66	1,64
4 V	64,50	61,88	2,62
4,5 V	76,00	72,24	3,76
5 V	85,00	82,60	2,40

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Enam nilai sumber tegangan pada Tabel 2 merupakan *setpoint* yang akan digunakan dalam penelitian ini. Nilai *tachometer* dan *rotary encoder* yang dicantumkan pada tabel merupakan satu data yang mendekati rata-rata dari total data yang telah diambil. Jika nilai *error* dirata-rata maka akan ditemukan nilai 2.11 RPM. Dapat disimpulkan bahwa kalibrasi cukup baik sehingga *error* antara pembacaan sensor *roary encoder* dan *tachometer* tak terlalu signifikan.

Pemodelan Sistem

Setelah dilakukan percobaan dan didapatkan grafik sistem konveyor, diketahui bahwa sistem termasuk orde-1. Dengan pendekatan karakteristik sistem orde-1 akan didapatkan fungsi alih sistem dengan nilai penguatan K dan waktu τ . Fungsi alih digunakan sebagai perbandingan antara respon riil dengan respon simulasi. Sinyal *input* uji *step* digunakan pada simulasi sistem ini. Pada Gambar 9 terdapat hasil percobaan sistem dengan *setpoint* 3V.



Gambar 9. Respon Riil dengan *Setpoint* 3V (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Dari grafik tersebut, didapatkan nilai X_{ss} dan Y_{ss} . Berikut rumusan untuk mengetahui nilai parameter yang membentuk fungsi alih dari *setpoint* 3V.

$$\begin{aligned}
 X_{ss} &= 3 V \\
 Y_{ss} &= 1,51085 V \\
 K &= \frac{Y_{ss}}{X_{ss}} = \frac{1,51085}{3} = 0,50362 \\
 C\tau &= Y_{ss} \times 0,632 = 0,95486 \\
 \tau &= 0,34658285
 \end{aligned}$$

Dari parameter tersebut akan didapatkan fungsi alih dengan *setpoint* 3V.

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1} = \frac{0,50362}{0,34658 s + 1}$$

Validasi Model

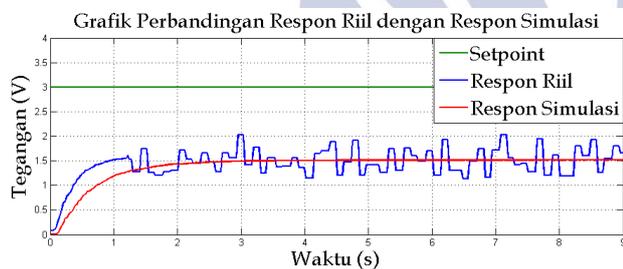
Validasi model dilakukan untuk mendapatkan fungsi alih dari sistem yang memiliki respon dengan nilai *error* terendah. Berdasarkan penelitian Achmad Riza Maulana, fungsi alih dari 6 *setpoint* yang telah dimodelkan beserta *error* rata-rata ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Fungsi Alih dan Perhitungan Error

Setpoint	Fungsi Alih	Error
2,5 V	$G(s) = \frac{0,48919}{0,16749 s + 1}$	0,228
3 V	$G(s) = \frac{0,50362}{0,34658 s + 1}$	0,218
3,5 V	$G(s) = \frac{0,49278}{0,03296 s + 1}$	0,234
4 V	$G(s) = \frac{0,67157}{0,20489 s + 1}$	0,328
4,5 V	$G(s) = \frac{0,65984}{0,40043 s + 1}$	0,404
5 V	$G(s) = \frac{0,49278}{0,20694 s + 1}$	0,381

(Sumber: Maulana, 2018)

Nilai error merupakan hasil perbandingan antara respon simulasi dengan respon riil. Untuk melakukan percobaan selanjutnya, digunakan fungsi alih dari setpoint 3V dengan nilai error 0,218. Berikut merupakan grafik perbandingan antara respon simulasi dengan respon riil.



Gambar 10. Perbandingan Respon Riil dengan Respon Simulasi

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Respon sistem tanpa kendali yang berbentuk kurva pada Gambar 10 memiliki dua karakteristik, yaitu karakteristik respon transient dan karakteristik respon steady state. Berikut tabel nilai parameter kedua karakteristik. Diketahui bahwa nilai $\tau = 0,34658$.

Tabel 4. Parameter Respon Sistem Tanpa Kendali

Parameter	Nilai
Time delay	0,24023 s
Rise time (10%-90%)	0,76151 s
Settling time (5%)	1,03974 s
Persen kesalahan steady state	49,63%

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Kendali PID

Untuk mengimplementasikan kendali PID pada sistem konveyor mini, diperlukan nilai tiga parameter yaitu penguatan proporsional (Kp), penguatan integrasi (Ki), dan penguatan derivatif (Kd). Mengacu pada fungsi alih dengan setpoint 3V, maka ketiga parameter tersebut dapat dicari

menggunakan metode analitik. Mengingat sistem ingin dipercepat 2x dari sebelumnya, maka:

$$\tau^* = \tau \times \frac{1}{2} = 0,34658 \times 0,5 = 0,17329$$

$$Kp = \frac{\tau}{\tau^* \times K} = \frac{0,34658}{0,17329 \times 0,50362} = 3,971248$$

$$Ki = \frac{Kp}{\tau} = \frac{3,971248}{0,34658} = 11,458388$$

$$Kd = Kp \times \tau^* = 3,971248 \times 0,17329 = 0,688177$$

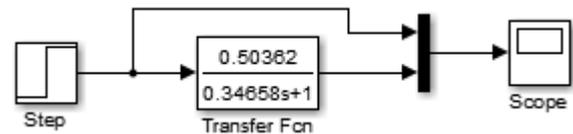
Tabel 5. Parameter Kendali PID

Parameter	Nilai
Kp	3,9712
Ki	11,4584
Kd	0,6882

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

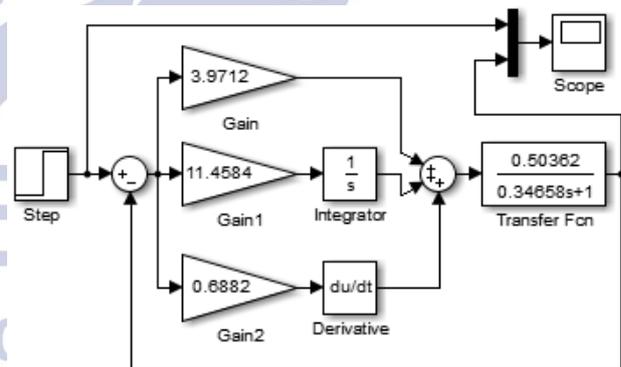
Pengujian Kendali PID Pada Simulasi

Terdapat dua simulasi yang dilakukan dengan menggunakan MATLAB yaitu sistem konveyor mini tanpa kendali PID dan sistem konveyor mini menggunakan kendali PID.



Gambar 11. Diagram Blok Simulasi Tanpa Kendali PID

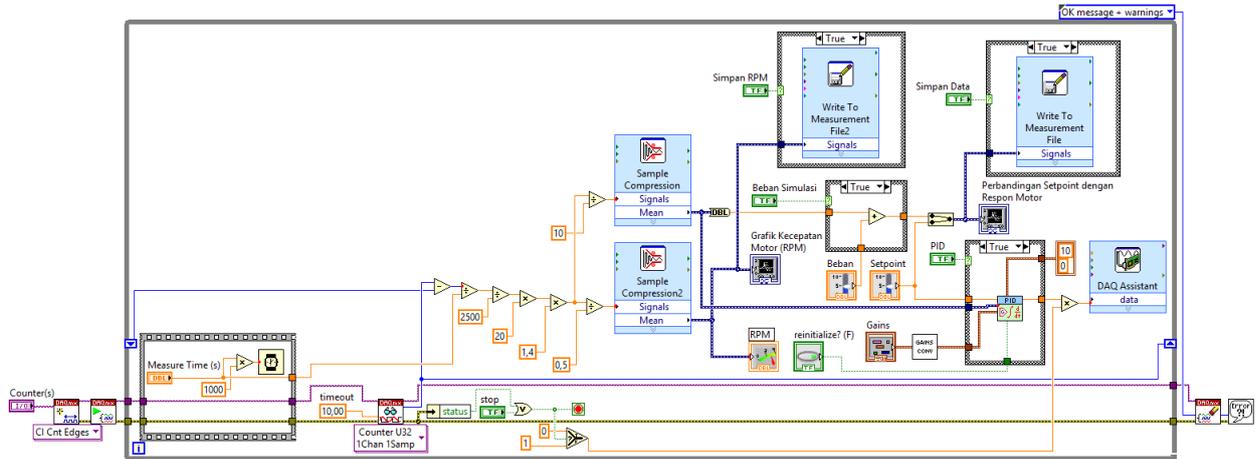
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)



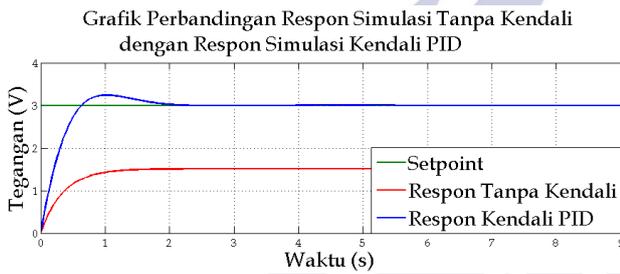
Gambar 12. Diagram Blok Simulasi dengan Kendali PID

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Respon simulasi sistem konveyor mini tanpa kendali PID dan dengan kendali PID ditunjukkan pada Gambar 13. Dari hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa kendali PID bekerja sesuai yang berarti nilai Kp, Ki, dan Kd sudah sesuai. Maka kendali PID dapat diimplementasikan ke plant.



Gambar 14. Diagram Blok LabVIEW Sistem
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)



Gambar 13. Perbandingan Respon Simulasi Tanpa Kendali dengan Respon Simulasi Kendali PID
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Dari grafik respon simulasi sistem kendali PID di Gambar 13, akan dianalisis karakteristik respon *transient* dan respon *steady state*-nya. Didapat nilai $\tau = 0,26657$.

Tabel 6. Parameter Respon Simulasi Sistem Tanpa Kendali

Parameter	Nilai
<i>Time delay</i>	0,18477 s
<i>Rise time (10%-90%)</i>	0,58671 s
<i>Settling time (5%)</i>	0,79971 s
Persen kesalahan <i>steady state</i>	3,531%

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Pengujian Kendali PID pada Konveyor



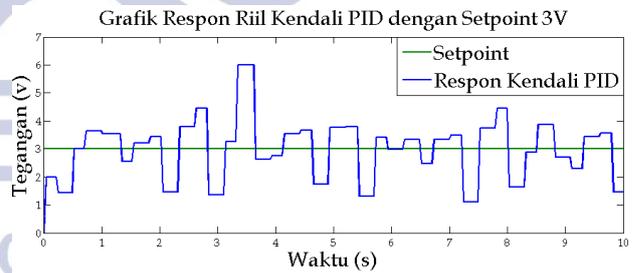
Gambar 15. Front Panel LabVIEW Sistem
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Untuk menerapkan kendali PID pada *plant*, diperlukan diagram blok dan antarmuka menggunakan *software* LabVIEW. Gambar 14 merupakan tampilan diagram blok LabVIEW. Pada Gambar 15 terdapat tampilan *front panel* LabVIEW sebagai GUI (*graphical user interface*) dengan judul Pengendalian Kecepatan Motor DC pada Konveyor Mini dengan Kendali PID.

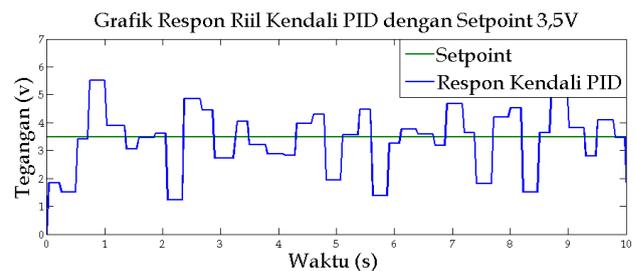
Terdapat empat metode uji yang dilakukan terhadap sistem konveyor mini:

1. Pengujian dengan *Setpoint* Tetap

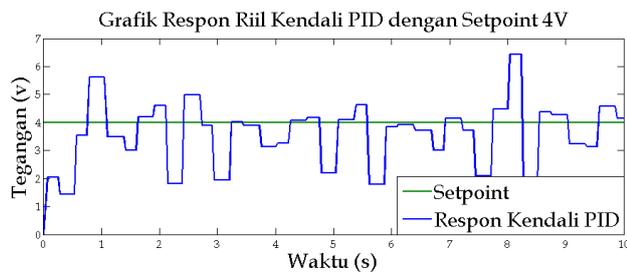
Pengujian ini dilakukan pada *setpoint* 3V, 3.5V, dan 4V selama 10 detik dengan sampling waktu 0.02 detik. Hasil respon kendali PID pada *plant* ditunjukkan pada Gambar 16, 17, dan 18.



Gambar 16. Respon Riil Kendali PID dengan *Setpoint* 3V
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)



Gambar 17. Respon Riil Kendali PID dengan *Setpoint* 3,5V
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)



Gambar 18. Respon Riil Kendali PID dengan Setpoint 4V (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Mengacu pada Gambar 16 mengenai grafik respon Riil kendali PID dengan setpoint 3V, didapat nilai $\tau = 0,03754$.

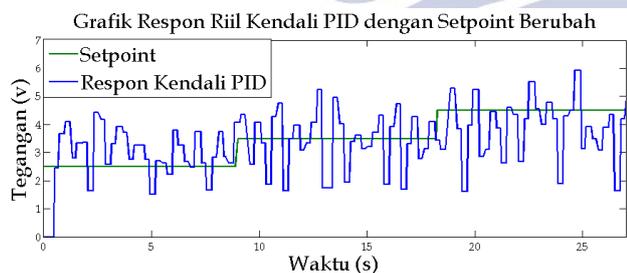
Tabel 7. Perbandingan Respon Sistem dengan Setpoint 3V

Parameter	Tanpa Kendali	Kendali PID
τ	0,34658	0,03754
Time delay	0,24023 s	0,02602 s
Rise time (10%-90%)	0,76151 s	0,08248 s
Settling time (5%)	1,03974 s	0,11262 s
Persen Ess	49,63%	1,34133%

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

2. Pengujian dengan Mengubah Setpoint

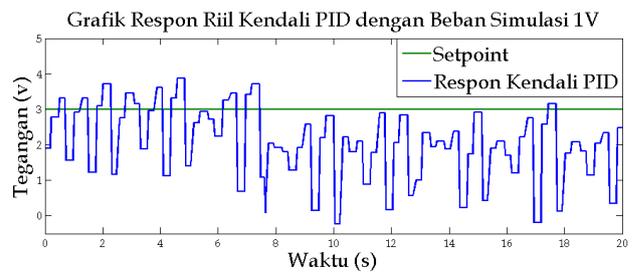
Pengujian ini dilakukan dengan memberi input setpoint yang diubah-ubah. Nilai setpoint yang digunakan yaitu, 2.5V, 3V dan 3.5V dengan sampling time 0.02 detik dan pengambilan data dilakukan selama 28 detik. Hasil respon menggunakan kendali PID ditampilkan pada Gambar 19.



Gambar 19. Respon Riil Kendali PID dengan Setpoint Berubah (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

3. Pengujian dengan Beban Simulasi

Sebelum melakukan pembebanan pada sistem secara riil, dilakukan pembebanan secara simulasi terlebih dahulu. Proses pembebanan simulasi dilakukan dengan menambahkan sinyal step sebesar 1V. Hasil respon kendali PID ditunjukkan pada Gambar 20.

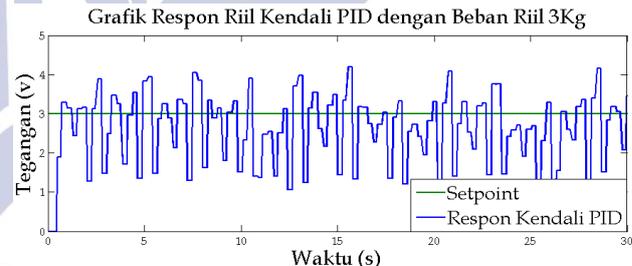


Gambar 20. Respon Riil Kendali PID dengan Beban Simulasi (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Dengan setpoint sebesar 3V, saat diberikan beban simulasi sebesar 1V, nampak pada grafik bahwa terjadi penurunan nilai output respon sebesar 1V. Namun, kendali PID masih kurang baik dalam mengembalikan respon sistem ke setpoint yang seharusnya.

4. Pengujian dengan Beban Riil

Pembebanan secara riil dilakukan dengan memberi pemberat pada belt conveyor senilai 3Kg. Dikarenakan jalur konveyor yang pendek, beban tidak dapat ditambahkan secara konstan dan stabil. Dalam percobaan ini, dilakukan pembebanan sebanyak dua kali dalam kurun waktu 30 detik. Hasil respon sistem pembebanan secara riil ditunjukkan pada Gambar 21.



Gambar 21. Respon Riil Kendali PID dengan Beban Riil (Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Dengan setpoint 3V, terlihat pada grafik respon bahwa sistem memiliki respon yang baik karena berhasil menyesuaikan nilai respon menuju setpoint. Sekitar detik ke-10 dan detik ke-23, beban riil ditambahkan pada konveyor. Mengacu pada Gambar 21, didapat nilai $\tau = 0,48961$.

Tabel 9. Perbandingan Respon Sistem dengan Setpoint 3V

Parameter	Nilai
Time delay	0,33937 s
Rise time (10%-90%)	1,07578 s
Settling time (5%)	1,46883 s
Persen kesalahan steady state	12,65266%

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

PENUTUP

Simpulan

Konveyor mini memiliki fungsi alih dengan *setpoint* 3V dan nilai *error* rata-rata sebesar 0,218 yang dirumuskan pada persamaan,

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1} = \frac{0,50362}{0,34658 s + 1}$$

Dengan pendekatan karakteristik respon sistem orde satu, didapatkan parameter kendali PID yaitu $K_p = 3,9712$; $K_i = 11,4584$; dan $K_d = 0,6882$.

Kendali PID yang dirancang untuk mengendalikan respon kecepatan motor DC, berhasil mencapai nilai *setpoint* dan mengurangi nilai *Ess* (*Error Steady State*) sistem. Dari sistem tanpa kendali 49,63% menjadi 1,34% (tanpa beban) dan 12,65% (dengan beban riil)

Saran

Terdapat beberapa aspek yang dapat diperbaiki dan dikembangkan agar memberikan hasil yang lebih maksimal. Utamanya dengan menggunakan komponen mekanik, yaitu motor dan sensor yang memiliki kualitas lebih baik agar pembacaan nilai makin akurat. Metode pendekatan lain maupun metode *tuning* PID lain dapat diterapkan untuk menjadi pembanding hingga ditemukan metode yang lebih mendekati sempurna.

Pembaharuan pada blok diagram LabVIEW perlu dilakukan untuk memperbaiki respon terhadap perubahan *setpoint* maupun beban simulasi. Sistem ini masih dapat dikembangkan pada penelitian lain dengan menggunakan metode kendali yang berbeda seperti *PID-Fuzzy*, *Linear Quadratic Regulator*, dan metode lainnya untuk mendapatkan respon yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Astrom, Karl Johan dan Murray, M. Richard. 2010. *Feedback System*. New Jersey: Princeton University Press.
- Endryansyah dan Maulana, Achmad Riza. 2018. *Desain Sistem Pengendalian Kecepatan Motor DC pada Rancang Bangun Mini Konveyor Berbasis Fuzzy Logic Controller*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Humas Kemenperin. 2017. *Kemenperin: Indonesia Masuk Kategori Negara Industri*. (Online) (<http://www.kemenperin.go.id/artikel/18473/Indonesia-Masuk-Kategori-Negara-Industri>, diakses 19 Januari 2019)
- National Instruments. 2003. *LabVIEW: User Manual*. Texas: National Instrument.
- Ogata, Katsuhiko. 2009. *Modern Control Engineering*. Fifth Edition. New York: Prentice Hall.
- Rajguru Electronics. 2018. *Lm393 Motor Speed Measuring Sensor Module For Arduino*. Mumbai: Rajguru Electronics (I) Private Limited.
- Ray, Siddhartha. 2008. *Introduction to Material Handling*. New Delhi: New Age International Publisher.
- Siswoyo, Bambang. 2012. *Motor DC: Model State Space*. (Online) (<http://bsiswoyo.lecture.ub.ac.id/2012/01/motor-dc-model-state-space/>, diakses 7 Agustus 2018)