

Kontrol PID Untuk Keseimbangan Bola Ping-Pong Dengan Sensor Ultrasonik Dan Motor Servo Berbasis Labview

PID Control For Ping-Pong Balance With Ultrasonic Sensor And Servo Motor Based On Labview

Ivan Candra Utama, Abdul Kharis

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Komputer Indonesia Jl. Dipati ukur No 112, Bandung
Email : ivancandrautama@email.unikom.ac.id

Abstrak - Sistem *balancing ball* adalah sebuah sistem dimana pada sistem tersebut terdapat bola yang dapat bergerak bebas pada sebuah batang dan posisi dari perpindahan bola tersebut dapat diatur secara otomatis sesuai dengan *set point* diinginkan. Sistem *balancing ball* merupakan sistem yang sangat penting dalam mempelajari sistem kontrol. Hal tersebut dikarenakan sistem *balancing ball* merupakan sistem yang tidak stabil dimana *output* dari sistem (posisi bola) selalu bertambah tanpa batas untuk setiap *input* (sudut batang) dengan nilai yang tetap. Oleh karena itu sistem *balancing ball* membutuhkan teori kontrol yang kompleks. Untuk dapat menstabilkan sistem *balancing ball* maka dibutuhkan suatu controller. Agar diperoleh pengontrol yang terbaik, maka dilakukan tuning parameter pengontrol *Proporsional Integral Derifatif* (PID). Dalam tuning ini kita dapat mengetahui nilai dari proporsional gain (K_p), waktu integral (T_i) dan waktu derivatif (T_d). Pengontrol PID akan memberikan aksi kepada kontrol *balancing ball* berdasarkan error yang diperoleh, jarak antara sensor *ultrasonic* dengan bola yang diinginkan disebut dengan *set point*. Software LabVIEW digunakan sebagai monitor, kendali kecepatan motor servo.

Kata kunci : Labview, Keseimbangan Bola, Arduino, Motor Servo, Sensor Ultrasonik

Abstract - The *balancing ball* system is a system where there is a ball that can move freely on a rod and the position of the ball move can be adjusted automatically according to the desired *set point*. The *balancing ball* system is a very important system in studying the control system. This is because the *balancing ball* system is an unstable system where the *output* of the system (ball position) always increases indefinitely for each *input* (rod angle) with a fixed value. Therefore, ball balancing systems require complex control theories. To be able to stabilize the *balancing ball* system, a controller is needed. In order to get the best controller, tuning the *Integral Derivative* (PID) controller parameter is done. In this tuning we can know the value of proportional gain (K_p), integral time (T_i) and derivative time (T_d). The PID controller will give action to the *balancing ball* control based on the error obtained, the distance between the ultrasonic sensor and the desired ball is called the *set point*. LabVIEW software is used as a monitor, servo motor speed control.

Keyword : Labview, Balance Ball, Arduino, Motor Servo, Ultrasonic Sensor.

I. PENDAHULUAN

Menjaga keseimbangan suatu obyek terhadap obyek lainnya seringkali menjadi salah satu acuan untuk menerapkan system kendali pada aspek keseimbangan. Dalam sistem kendali, pengendalian keseimbangan suatu sistem merupakan salah satu hal yang sangat penting khususnya dalam aplikasi yang berkaitan dengan gerakan seperti yang dijumpai pada aplikasi robotika. Kontrol sistem yang tidak stabil sangat penting bagi banyak masalah kontrol. Sistem kendali keseimbangan *ball and beam* dapat dijadikan salah satu media sederhana dalam

mempelajari sistem kendali.

Ball and beam merupakan salah satu contoh klasik mengenai keseimbangan, dimana sebuah bola ping-pong diletakkan pada sebuah batang dan nantinya akan diberikan berbagai macam gangguan [1]. Pengendali PID dalam hal ini bertindak untuk menjaga posisi bola agar tetap pada posisi yang seimbang atau yang diinginkan walau diberi berbagai macam gangguan. Posisi atau lokasi bola akan selalu diukur menggunakan sensor ultrasonik yang kemudian akan menggerakkan motor servo agar bola berada pada titik setimbang yang diinginkan. Maka dari itu

Penulis memilih kontrol PID sebagai controller yang dapat menciptakan kontrol sesuai dengan yang diharapkan penulis. Penentuan pada metode kontrol PID ini karena dengan menggunakan PID tersebut keluaran dari sistem dapat menentukan besarnya kecepatan dan arah putar motor servo yang dapat menjaga kestabilan sistem yang dibuat dalam menjaga posisi atau jarak bola yang diinginkan atau ditentukan.

Sistem bola dan balok telah dipelajari dan digunakan dalam pengujian metode baru oleh banyak peneliti. Secara khusus, I. Petkovič, M. Brezak, dan R. Cupec telah melakukan tes berbasis penglihatan buatan dari sistem [2]. P. Dadios dan R. Baylon melakukan penelitian serupa pada logika fuzzy [3]. J. Whelan dan J. V. Ringwood, di sisi lain, menggunakan sistem yang sama untuk pelacakan posisi melalui kamera, bukan sensor, menggunakan pengontrol PID [4].

Pada penelitian ini menggunakan Arduino uno dan sensor *ultrasonic* sebagai inputan yang akan mengendalikan putaran motor servo. Masalah yang didapatkan pada penelitian ini antara lain ialah merealisasikan kontrol PID pada sistem *ball and beam*, sehingga sistem ini dapat tetap mempertahankan posisi atau jarak untuk berada pada titik *set point* yang ditentukan (diinginkan) atau dengan kata lain seimbang terhadap permukaan pada bidang datar.

A. Latar Belakang

Saat ini perkembangan teknologi pada bidang sistem kontrol maka pada tema tugas ini akan dilakukan perancangan dan pembuatan balancing ball. *Balancing ball* adalah sebuah plant dimana pada plant tersebut terdapat bola yang dapat bergerak dan posisi dari perpindahan bola tersebut dapat diatur sesuai dengan set point yang diinginkan.

Dilihat lebih jauh perkembangan barang elektronika yang banyak dicari dan diminati oleh masyarakat adalah yang memiliki nilai jual serta dapat diaplikasikan dengan mudah penggunaannya di lapangan. Pengambilan tema Kontrol PID Untuk Keseimbangan Bola Ping-Pong Dengan Sensor Ultrasonik Dan Motor Servo Berbasis Labview adalah sebuah bola akan bergerak ke tempat yang lebih rendah apabila bola tersebut ditaruh pada tempat yang miring. Seperti yang telah diketahui, besar jarak perpindahan bola tersebut tidak dapat diprediksi seberapa jauh bola itu akan bergerak. Besar perpindahan letak bola tergantung dari besar kemiringan bidang tempat bola tersebut berada.

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai perancangan Kendali Keseimbangan Posisi Bola Ping-Pong dengan sistematika Pendahuluan, Metode Penelitian yang terdiri dari perancangan hardware dan software, Hasil dan Pembahasan, serta yang terakhir Kesimpulan dan Saran.

B. Tinjauan *State of Art*

Dari penelitian yang dibuat ini, sebelumnya sudah ada yang melakukan diantaranya, Indra Laksana, Porman Pangaribuan dan Ig. Prasetya Dwi Wibawa dengan judul "Rancang Bangun Prototype Magnetic Levitation Sebagai Kontrol Posisi Bola Besi Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Control". Dari penelitian yang dilakukan, prototype sistem magnetic levitation dengan metode fuzzy logic tipe sugeno yang telah dirancang dengan menggunakan lima keluaran nilai out defuzzy serta tiga daerah fungsi keanggotaan pada kedua input fuzzy yaitu untuk nilai batas error -50,10,30 dan daerah batas delta error -20,5,20, prototype yang telah dibuat dapat melakukan proses pelayangan objek walaupun dengan waktu pelayangan paling lama selama lima detik diudara pada jarak 1,2 cm yang diukur dari batas bawah solenoid dengan beban yang tetap yaitu 18 gram dan tegangan sumber 6,63 volt. Jarak akan berubah sesuai dengan keluaran PWM yang dihasilkan dari proses logika fuzzy pada mikrokontroler[5]. Sedangkan penelitian pada alat ini menggunakan metode PID (Proportional, Integral and Derivative), untuk mengendalikan bola ping-pong agar seimbang atau sesuai dengan posisi yang diinginkan dengan mengatur set point nya. Untuk gangguannya atau error dengan menggerakkan bola ping-pong secara random.

Selain menggunakan metode fuzzy adapun yang menggunakan mikrokontroler untuk menyeimbangkan bola pada balok. Dalam merancang sistem kendali model kendalian harus diketahui terlebih dahulu, supaya karakteristik kendalian dapat diketahui terlebih dahulu. Struktur dan parameter pengendali baru kemudian bisa ditetapkan. Dalam makalah ini dibahas proses pemodelan dari kendalian, kemudian atas dasar pengetahuan model tersebut dapat ditetapkan struktur dari pengendali. Selanjutnya bisa ditetapkan parameter pengendalinya. Hasil perancangan kemudian diuji termasuk didalamnya pengujian disertai dengan gangguan-gangguan. Hasil pengujian kemudian ditunjukkan dalam grafik unjuk kerja yang hasilnya sangat memuaskan. Artinya gangguan yang diberikan ke sistem kendali hampir tidak berpengaruh atau

sedikit pengaruhnya. Dalam makalah ini penalaan parameter pengendali cukup sederhana yaitu penalaan penguat, penempatan pole dan zero (penempatan pole dan zero)[6]. Sedangkan penelitian pada alat ini menggunakan metode PID (Proportional, Integral and Derivative), untuk mengendalikan bola ping-pong agar seimbang atau sesuai dengan posisi yang diinginkan dengan mengatur set point nya. Untuk gangguannya atau error dengan menggerakkan bola ping-pong secara random.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perangkat keras serta spesifikasi dan karakteristik dari sistem Ball and Beam, untuk mencapai hal tersebut akan difokuskan pada beberapa hal, yaitu perancangan dan pembangunan sistem menggunakan pengendali PID dan pengendalian sistem Ball and Beam. Pengendali PID yang digunakan dalam bentuk Microcontroller Arduino dan mendapatkan umpan balik dari sensor jarak inframerah serta menggunakan aktuator berupa motor servo. Hasil akhir dari penelitian ini adalah didapatkan rentang sudut 66-69 derajat untuk mencapai kondisi tunak dan rentang jarak 10-25 cm untuk objek berupa bola, serta untuk memperbaiki hasil tersebut digunakan objek baru berupa kertas putih[7]. Sedangkan penelitian pada alat ini menggunakan metode PID (Proportional, Integral and Derivative), untuk mengendalikan bola ping-pong agar seimbang atau sesuai dengan posisi yang diinginkan dengan mengatur set point nya. Untuk pembacaan bola atau objeknya penulis menggunakan sensor ultrasonik.

C. Tujuan

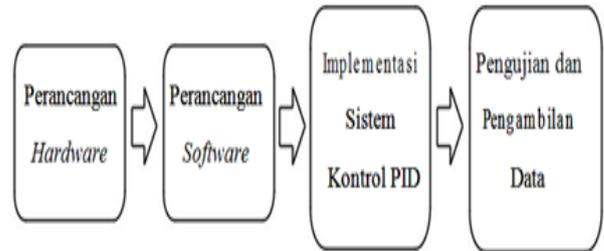
Tujuan penelitian alat ini adalah membuat system keseimbangan bola dengan kontrol PID dimana pada system tersebut terdapat bola yang dapat bergerak bebas pada sebuah batang dan posisi perpindahan bola tersebut dapat diatur secara otomatis sesuai dengan set point yang diinginkan.

D. Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan pada penulisan ini akan dilakukan beberapa tahapan yang akan saling berhubungan. Penelitian ini diorganisasikan sebagai berikut. Bagian 2 akan menjelaskan mengenai perancangan hardware dan perancangan software menggunakan metode PID. Bagian 3 akan menyajikan hasil pengujian dan pembahasan. Adapun kesimpulan dan saran akan disajikan pada bagian 4.

II. METODOLOGI

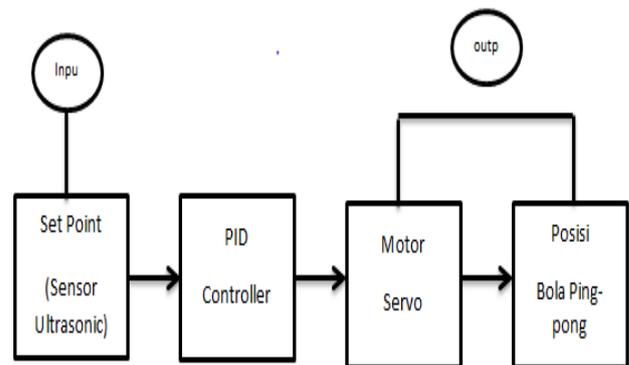
Pada penelitian ini perancangan dilakukan dengan menggunakan tahapan seperti pada **Gambar 1** berikut. Dimana akan dilakukan perancangan hardware dan software, implementasi sistem PID, serta pengujian dan pengambilan data.



Gambar 1. Alur perancangan alat

A. Perancangan Hardware

Sistem yang dibuat merupakan sebuah kendali posisi bola pingpong dengan motor servo. Ketika set point ditetapkan maka motor servo akan membuat bola bergerak ke nilai set point yang diinginkan dengan feedback yang diperoleh melalui sensor ultrasonik. Set point menggunakan satuan centimeter. Motor servo digunakan sebagai aktuator yang akan mempertahankan keadaan bola sehingga dapat mencapai nilai set point yang diinginkan. Diharapkan ketika plant mendapatkan gangguan, bola akan mempertahankan posisi *set point*. Berikut merupakan blok diagram dari sistem ditunjukkan **Gambar 2**.



Gambar 2. Blok diagram sistem

Terlihat pada diagram blok dari gambar 2, dimana digunakan pengendali berupa pengendali PID dalam mikrokontroler. Pengendali tersebut mendapatkan umpan balik dari sensor ultrasonik untuk menentukan tindakan apa yang akan diberikan terhadap posisi bola ping pong. Terdapat komponen motor servo, komponen tersebut merupakan bagian dari pengendali yang digunakan. Fungsi dari komponen motor servo

adalah untuk mengubah pergerakan bola ping pong yang dikirim oleh sensor ultrasonik dalam bentuk analog menjadi bentuk digital, yang kemudian diproses mikrokontroler untuk menghasilkan keluaran, keluaran tersebut yang nantinya akan digunakan oleh servo sebagai aktuator untuk menggerakkan bola ping pong. Keluaran yang dihasilkan dalam bentuk sudut atau posisi servo.

1. Arduino UNO

Arduino UNO adalah papan pengembangan (development board) mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P. Disebut sebagai papan pengembangan karena board ini memang berfungsi sebagai arena prototyping sirkuit mikrokontroler. Pada penelitian ini, Arduino disini berfungsi sebagai pusat kontrol komponen pendukung lainnya, seperti motor servo, sensor ultrasonik dll. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada **Gambar 3** berikut.



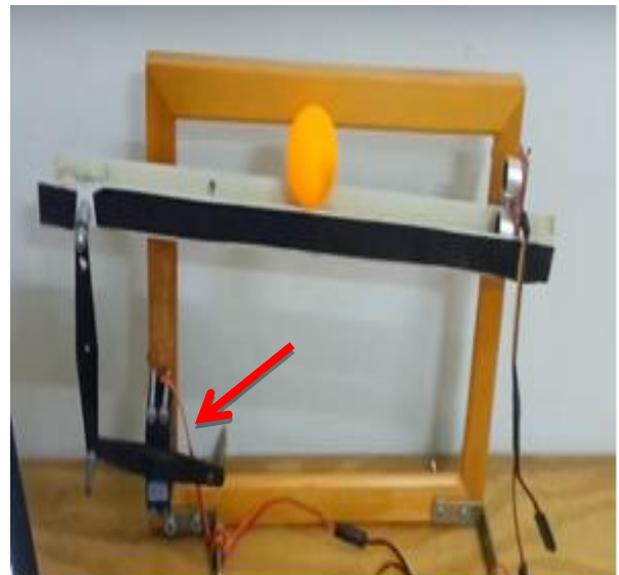
Gambar 3. Arduino UNO

2. Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC yang dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem closed feedback yang terintegrasi dalam motor tersebut. Pada penelitian ini, motor servo berfungsi sebagai penyeimbang posisi bola ping-pong agar sesuai pada posisi yang diinginkan atau sesuai dengan set point nya[8]. Posisi dari motor servo dapat dilihat pada **Gambar 4** berikut.

Pada motor servo posisi putaran sumbu axis dari motor di umpan balikkan ke dalam rangkaian kendali pada motor servo. Motor servo terdiri dari sebuah motor DC, gearbox, potensiometer dan rangkaian kendali. Potensiometer berfungsi untuk

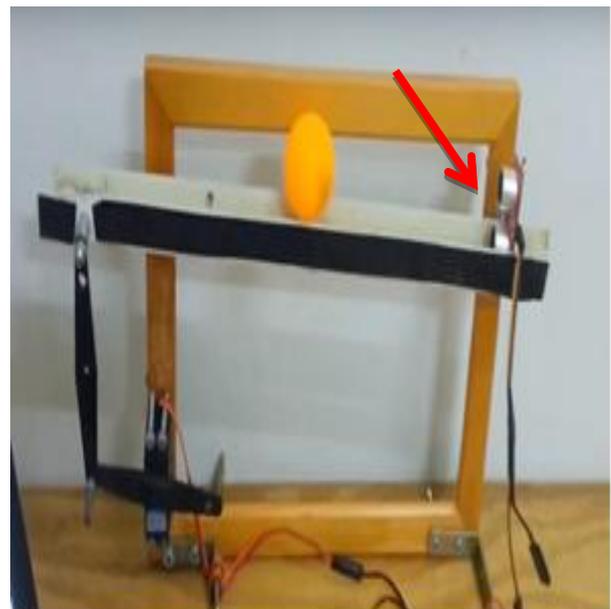
menentukan batas maksimum putaran sumbu (axis) dari motor servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang diberikan kepada pin pada motor servo



Gambar 4. Motor servo

3. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor HC-SR04 adalah sensor pengukur jarak berbasis gelombang ultrasonik. Prinsip kerja sensor ini menyerupai radar ultrasonik. Pada penelitian ini, sensor ultrasonik berfungsi sebagai pendeteksi keberadaan bola ping-pong. Dan juga sebagai pembacaan jarak antara posisi bola ping-pong dengan sensor ultrasonik. Posisi sensor ultrasonik dapat dilihat pada **Gambar 5** berikut.

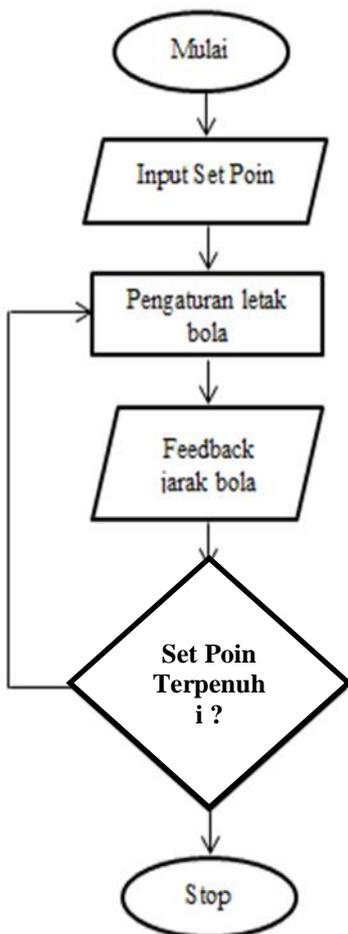


Gambar 5. Sensor ultrasonik

Perancangan alat keseimbangan bola berupa integrasi beberapa hardware yang telah dijabarkan di atas. Sensor ultrasonik, motor servo dan Arduino dirangkai sedemikian rupa, dimana koneksi ketiganya menggunakan papan triplek sehingga menjadi sebuah sistem utuh yang terlihat. Adapun jarak baca oleh sensor ultrasonic, dimana pada alat ini bola akan berada dititik seimbang atau berada ditengah dengan jarak 15 cm dari sensor. Sesuai dengan percobaan yang telah dilakukan, penulis menentukan set point nya hingga 35 cm.

B. Perancangan Software

Perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam perancangan sistem ini adalah Arduino IDE dengan menggunakan Bahasa Pemrograman C. Pengenalan Labview dan pembuatan plant simulasi [9]. Sementara metode kendali yang digunakan adalah metode kendali PID dengan aturan Ziegler Nichols. Bentuk flowchart dapat dilihat pada **Gambar 6** berikut.

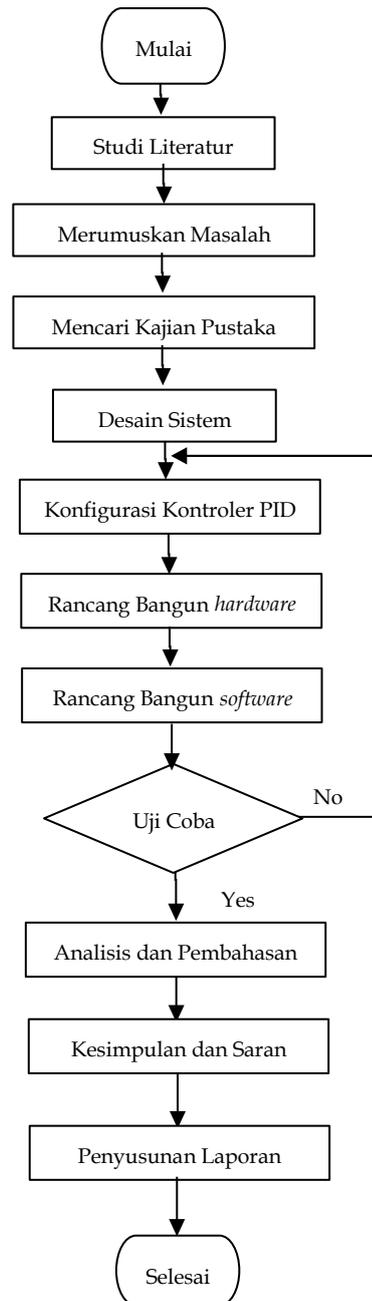


Gambar 6. Diagram alir sistem kerja software

Algoritma PID adalah kontroler umpan baik yang paling populer digunakan dalam proses industri yang telah berhasil digunakan selama lebih dari 50 tahun. Seperti namanya, algoritma PID terdiri dari tiga parameter yaitu parameter proposional, integral dan derivatif yang dapat dipakai bersamaan maupun masing-masing [10].

C. Teknik Analisis Data

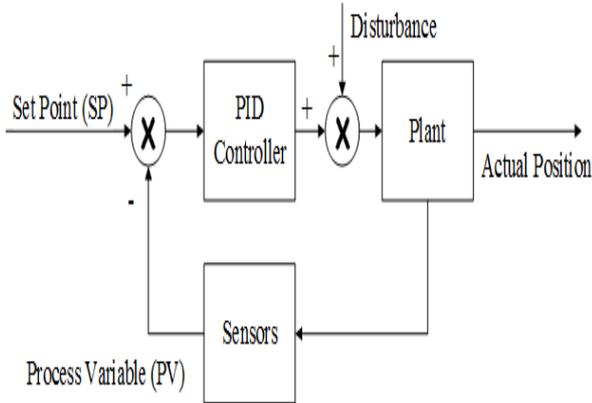
Analisis data yang diperoleh dalam penelitian ini bertujuan untuk menjawab permasalahan dalam rangka merumuskan kesimpulan, seperti dijelaskan pada diagram alir **Gambar 7** sebagai berikut:



Gambar 7. Diagram Alir Langkah-Langkah Penelitian

D. Perancangan Simulasi

Metode yang digunakan dalam perancangan sebuah sistem keseimbangan bola ping-pong pada plant dengan kontrol PID. Simulasi menggunakan software LabVIEW 2016. Adapun blok diagramnya pada **Gambar 8**.

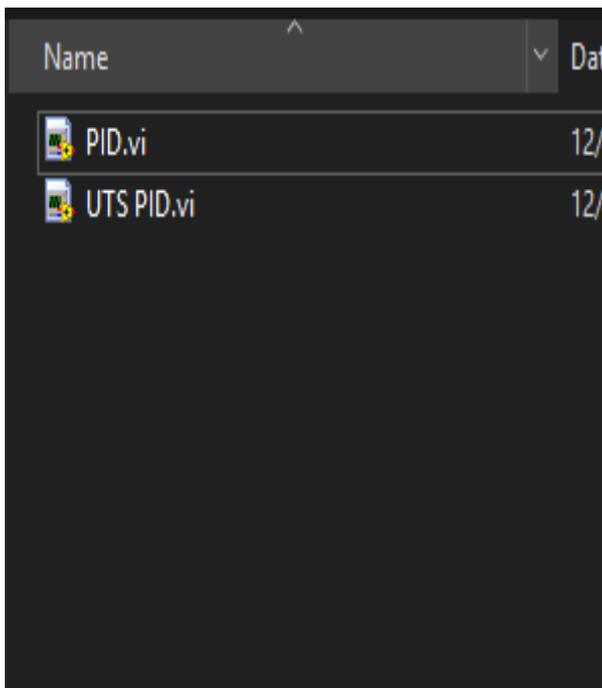


Gambar 8. Blok Diagram Perancangan Alat

E. Cara Pengoperasian Simulasi

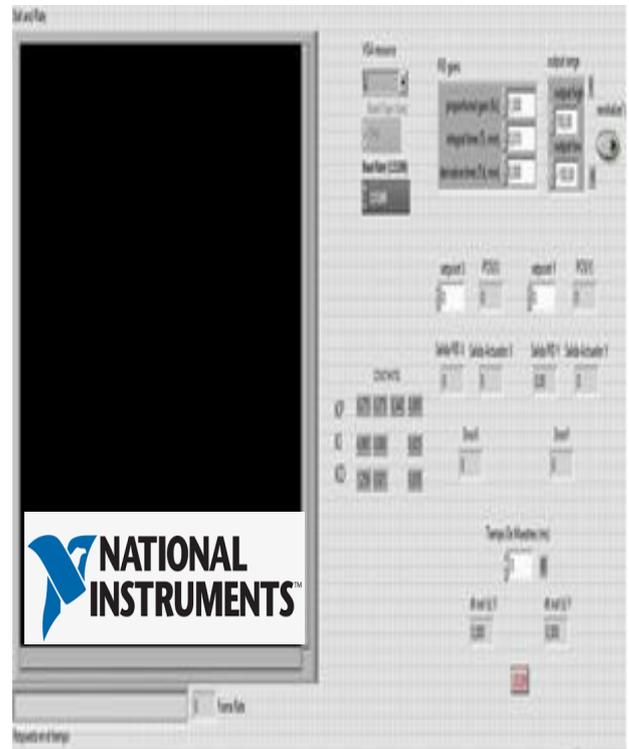
Untuk melakukan pengoperasian software LabVIEW ini dapat dilakukan beberapa langkah sebagai berikut.

- Pertama, file LabVIEW dapat di download pada alamat berikut:
- <https://github.com/adyezh/Automatic-Coffe-Mixer-Simulator>
- Terdapat 2 file yaitu PID dan UTS PID seperti **Gambar 9**.



Gambar 9. File Simulasi

- Buka file yang bernama UTS PID dan kemudian akan terlihat seperti **Gambar 10**. Sebelum menjalankan program isi terlebih dahulu nilai – nilai pada bagian pengontrolnya.



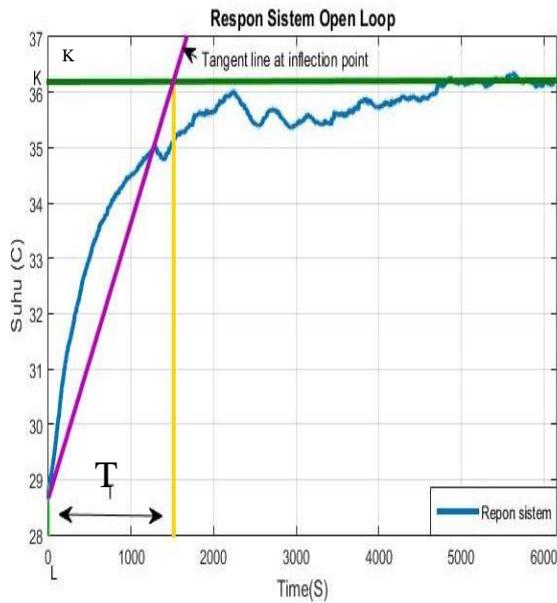
Gambar 10. Interface Simulasi

- Kemudian isi semua nilai Kp, Ki, dan Kd sesuai dengan hasil dari Tuning PID.
- Jalankan program dan tunggu.
- Geser ke kanan atau ke kiri bola ping-pong untuk memberikan gangguan.
- Dan pada tahap terakhir tunggu hingga posisi bola seimbang pada set point yang sudah ditentukan. Untuk cara pengoperasian yang lebih jelas dapat diakses videonya melalui alamat berikut ini.

<https://www.youtube.be/allx8ivjoFA>

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini menjelaskan mengenai hasil dan pembahasan dari penelitian ini. Untuk hasil dan pembahasannya dijelaskan per point berikut ini. Hasil dan pembahasan meliputi dari pencarian model , penentuan nilai konstanta Kp, Ki dan Kd dengan metode *Ziegler Nichlos* (Metode Kurva Reaksi). Untuk pengujiannya yang akan di lakukan adalah pengujian setiap *setpoint* berserta diberi gangguan atau *error*. Sementara itu, untuk respon sistem open loop nya dapat dilihat pada **Gambar 11** berikut.



Gambar 11. Respon sistem open loop



Gambar 12 Plant model

Dari Gambar 12 menunjukkan bahwa *plant* model memiliki output proses (PV) berupa jarak dalam satuan *centimeter* yang terus menerus membesar hingga mencapai keadaan tunak sesuai dengan aturan Ziegler-Nichlos. Metode kurva respon menggunakan garis bantu untuk menentukan dua buah konstanta yaitu waktu tunda (L) dan waktu constant (T) sesuai didapatkan data-data berikut L = 15 , K= 36.18 , T= 1500 .

$$Time\ delay\ (\tau d) = \tau \ln 2 \tag{1}$$

$$= 144.91 \ln 2 = 81,8877\ s$$

$$Rise\ time\ (\tau r = 5\%-95\%) = \tau \ln 19 \tag{2}$$

$$= 118,13 \ln 19 = 347,853\ s$$

$$Rise\ time\ (\tau r = 10\%-90\%) = \tau \ln 9 \tag{3}$$

$$= 118,139 \ln 9 = 259,577\ s$$

$$Settling\ time\ (\tau s = 5\%) = 3 \tau \tag{4}$$

$$= 3 (118,139) = 354,417\ s$$

$$Settling\ time\ (\tau s = 2\%) = 4 \tau \tag{5}$$

$$= 4 (118,139) = 472,556\ s$$

$$Settling\ time\ (\tau s = 0.5\%) = 5 \tau$$

$$(10) = 5 (118,139) = 590,695\ s$$

Setelah untuk mencari indikator yang sudah diketahui kurang satu indikator yang harus dicari yaitu *Error SteadyState* (Ess) dengan rumusnya bisa dibawah ini:

$$Error\ SteadyState\ (Ess) = \frac{Y_{ss} - X_{ss}}{X_{ss}} \cdot 100\% \tag{6}$$

Keterangan :

Y_{ss} = keluran dari sistem (SteadyState)

X_{ss} = keluran yang di inginkan (setpoint)

T_d = Time delay

T_r = Rise time

T_s = Settling time

Ess = Error SteadyState

Setelah diketahui nilai L , K , dan T dengan ini dapat mencari model *mathematic plant* inkubator bayi dengan cara memasukan 3 nilai dari aspek diatas ke rumus di bawah ini :

$$C(s) = \frac{ke^{-Ls}}{Ts+1} \tag{7}$$

$$(s) = \frac{36,19e^{-15s}}{1500s+1} \tag{8}$$

Keterangan :

K = Gain

T = Time Constant

L = Delay time

A. Perancangan kontroler PID

Perancangan kontroler PID dilakukan untuk mendapatkan parameter dari kontroler PID yaitu K_p, K_i, dan K_d. Pada pembahasan sebelumnya telah ditentukan bahwa fungsi alih ditentukan dengan metode *Ziegler Nichlos* maka dari pencarian nilai K_p K_i K_d dari sistem PID juga mengunakan metode *Ziegler Nichlos* metode kurva reaksi variable yang diperlukan hanya T dan L tapi dikarnakan *Output* respon dari sistem inkubator bayi ini adalah orde 1 maka yang akan

dicari hanya K_p dan K_i sedangkan K_d akan isi nol. dapat dilihat **Tabel II** untuk mencari K_p dan K_i .

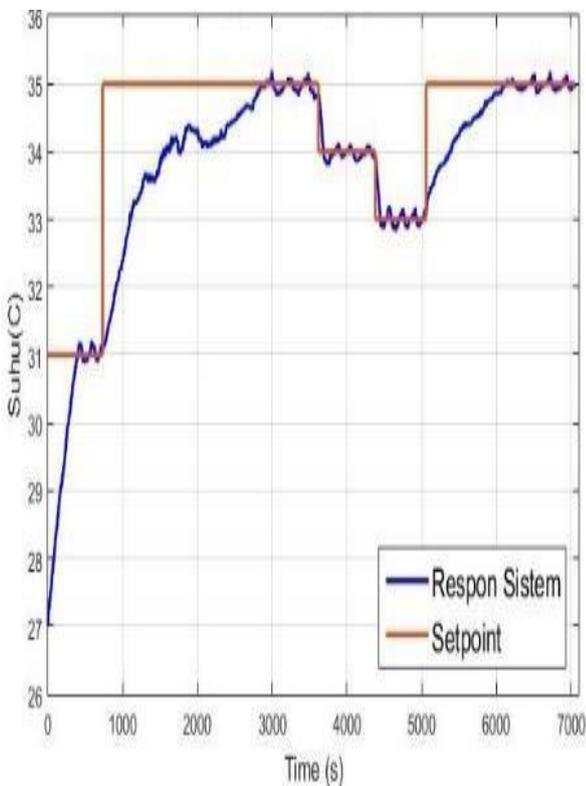
Dengan rumus $K_p = 0,9 \frac{T}{L}$ dengan T dan L yang

sudah diketahui di atas maka $K_p = 0,9 \frac{1500}{15}$ jadi $K_p = 90$. untuk rumus $K_i = \frac{0,3}{L}$ dengan nilai L yang sudah

diketahui di atas maka $K_i = \frac{15}{0,3}$ jadi $K_i = 50$.

B. Pengujian sistem

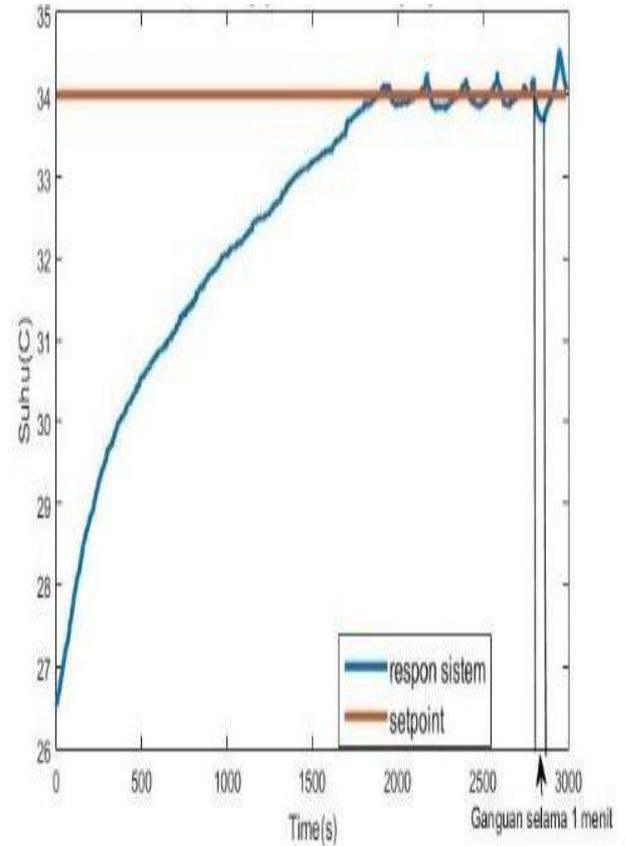
Pengujian meliputi dari pengujian setiap *set point* yaitu 10 cm, 20 cm, 35°C disertai juga pengujian dengan *set point* berubah ubah dan diberi gangguan. Pada **Gambar 13** merupakan grafik respon sistem ketika *set point* nya di ubah-ubah.



Gambar 13. Grafik respon sistem dengan *set point* diubah-ubah

Setelah melakukan *tunning* parameter PID maka didapatkan kontroler PID dengan respon yang cukup baik dengan memiliki nilai *error* yang kecil. Kemudian kontroler PID tersebut di implementasikan pada sistem *ball and beam* dan dilakukan pengujian untuk mengetahui bahwa kontroler tersebut mampu mengatasi gangguan dari keseimbangan sistem agar tetap berada pada titik *set point* yang ditentukan. Gangguan yang dimaksudkan disini adalah ketika bola sudah

berada di titik seimbang maka diberikan sedikit dorongan kepada bola dan apakah bola masih dapat kembali pada posisi seimbang akan ditunjukkan dari grafik respon pada **Gambar 14**. berikut ini:



Gambar 14. Respon grafik sistem dengan diberi gangguan

Gambar 15. menunjukkan respon dari sistem *ball and beam* ketika diberikan gangguan. Pada pengujian sistem *ball and beam* ini menggunakan parameter kontroler PID dengan nilai $K_p = 2.50002$, $K_i = 1.3889$ dan $K_d = 1.125$ yang telah ditentukan berdasarkan *tunning* nilai K_{cr} . Ketika sistem *ball and beam* diberikan gangguan, keseimbangan sistem dapat diatasi oleh kontroler PID dengan cara menggerakkan motor servo untuk menyeimbangkan atau membuat posisi bola berada pada jarak yang diinginkan (*set point*) kembali.

Dari percobaan yang telah dilakukan maka terdapat tingkat keberhasilan suatu alat diantaranya dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian

No	Set Point (cm)	Respon sensor
1	5	gagal
2	10	gagal
3	15	merespon
4	20	gagal
5	25	gagal
6	30	gagal

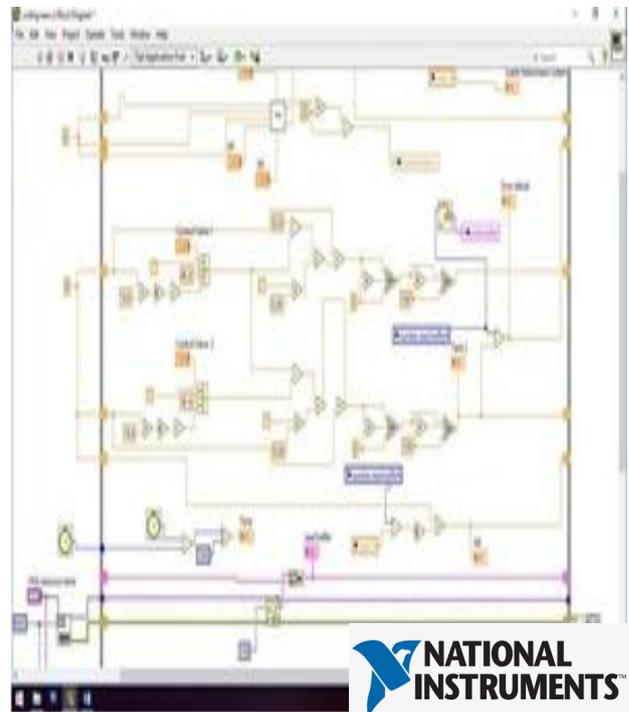
Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan terdapat *error* pada salah satu komponen yang berada pada alat yang dibuat yaitu sensor ultrasonik. Karena sensitivitas tidak stabil pada sensor ultrasonik, maka pembacaan bola pingpong tidak akurat sehingga terjadi kegagalan pada respon sensor ultrasonik.

Komponen PID ada tiga jenis yaitu proporsional, integral, derivative. Dari ketiga ini bias di pakai Bersama tergantung dari respon yang kita inginkan dari suatu set point. **Gambar 15** dan **Gambar 16** dibawah ini merupakan tampilan program pada software labview.

**Gambar 15.** Front panel software labview

Pengujian sensor ultrasonic dengan menerapkan metode pengaturan pada sesuatu yang mendekati maka motor servo akan bergerak dengan sesuatu yang mendekati sensor ultrasonic. Dengan begitu

software akan membantu dengan set point yang disesuaikan. Setelah set point diatur maka bola pingpong akan seimbang diantara plant dan tidak akan jatuh. Setelah seimbang maka akan diberikan gangguan gangguan untuk menguji kontrol PID nya apakah ada error atau tidak di penelitian ini.

**Gambar 16.** Blok diagram software labview

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan serta saran untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

A. Kesimpulan

Kesalahan pembacaan pada sensor ultrasonik disebabkan oleh kurangnya tingkat sensitifitas dari sensor yang digunakan. Untuk dapat mencapai posisi yang diinginkan bola tidak akan langsung dapat berhenti apabila posisi yang diinginkan telah tercapai tetapi bola akan berosilasi terlebih dahulu dan kemudian baru dapat berhenti. Osilasi tersebut terjadi karena masih besarnya gaya yang menggerakkan bola.

B. Saran

Saran untuk penelitian ini adalah dalam pemilihan sensor ultrasonik diharapkan agar menguji tingkat sensitifitasnya terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil yang lebih kongkrit dan agar tidak terjadi kesalahan dalam pembacaannya. Dan sedikit modifikasi terhadap desain

mekaniknya, karena terkadang sensor ultrasonik membaca papan tempat bola ping-pong nya.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setiawan dan Michael., "Perancangan Pengendali PID Untuk Sistem Ball and Beam," 2012.
- [2] EP Dadios, R. Baylon, RD Guzman, A. Florentino, dan RM Lee ve Z. Zulueta, "Sistem *Ball-Beam Balancing* yang Dipandu Visi Menggunakan *Fuzzy Logic*," Konferensi Tahunan ke-26 Masyarakat Industri Industri IEEE, Cilt 3, hlm. 1973-1978, 2000.
- [3] J. Whelan ve J. W. dan Ringwood, Rig "Demonstrasi untuk Sistem Kontrol Berbasis pada Bola dan Balok dengan Umpan Balik Visi," Simposium IFAC ke-3 tentang Pendidikan Kontrol, Tokyo, 1994.
- [4] Sitki KOCAOĞLU, dan Hilmi KUŞÇU "Desain dan Kontrol Sistem Bola dan Balok yang Dikontrol PID," Unitech. Int. Konferensi Sains, hal. 41-46., Gabrovo, 2013
- [6] Wahjudi, R. S. (2019, April). PERANCANGAN SISTEM KENDALI UNTUK BOLA PENYEIMBANG PADA BALOK. In Prosiding Seminar Nasional Pakar (pp. 1-35).
- [7] Setiawan, M. (2012). Perancangan Pengendali PID untuk Sistem Ball And Beam.
- [9] Aria, M. (2011). PID control of a three-degrees-of-freedom model helicopter. *Majalah Ilmiah UNIKOM*, 9(2), 207-214.
- [10] Bindu, R., & Namboothiripad, M. K. (2012). Tuning of PID controller for DC servo motor using genetic algorithm. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2(3), 310-314.
- [13] Prasad, K. T., & Hote, Y. V. (2014, May). Optimal PID controller for Ball and Beam system. In *International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE-2014)* (pp. 1-5). IEEE.