

RANCANG BANGUN NAMPAN KESEIMBANGAN

Rusmida

D3 Mekatronika, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura
Jl. Raya Telang PO BOX 2 Kamal Bangkalan
Email: lia_mida@yahoo.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi industri yang semakin pesat, canggih dan modern mendorong manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya dengan cepat, tepat serta efisien. Sebagai contoh yaitu sistem keseimbangan yang merupakan penerapan dari sistem kontrol umpan balik. Seperti halnya pada pembuatan rancang bangun nampun keseimbangan ini merupakan suatu sistem untuk mengontrol gerakan keseimbangan benda diatas nampun. Sistem ini membutuhkan kontrol sehingga benda tersebut ketika kondisi menggelinding diatas nampun akan kembali ke titik tengah, yaitu dengan menggunakan sensor ultrasonik sebagai pembaca jarak benda ketika bergerak atau menggelinding dan servo sebagai *plant* yang akan mengatur gerakan nampun pada saat benda menggelinding. Pembacaan sensor sangat terkait dengan besarnya gerakan servo, dimana sensor pada saat 27 cm maka besarnya gerakan servo 93⁰. Posisi tersebut merupakan titik keseimbangan atau kembalinya bola setelah bergeser atau menggelinding. Sensor akan membaca panjang nampun 51 cm dengan titik tengah 27 cm dan servo akan berada pada posisi 93⁰. Hasil pembacaan ketika bola menggelinding dan kembali ke titik seimbang akan ditampilkan pada LCD.

Kata kunci: Nampun Keseimbangan, Sensor Ultrasonik, Motor Servo, Arduino Mega2560, LCD (*Liquid Cristal Display*), *Ball Balance*.

ABSTRACT

The development of industrial technologies is rapidly increasing, sophisticated and modern encourage people to meet their needs quickly, accurately and efficiently. For example the system of balance which is the application of a feedback control system. Just as in the manufacture of balance tray design is a system to control the movement of objects on the tray balance. This system requires that the object of control when rolling conditions above the tray will go back to the midpoint, using ultrasonic sensors as a reader object distance when moving or rolling and servo as a plant that will regulate the movement of the tray when the object roll. Sensor readings strongly related to the amount of servo movement, wherein the sensor when 27 cm, the amount of servo movement 930. The position is a balance point or return of the ball after a shift or roll. The sensor will read the length of the tray 51 cm with a mean of 27 cm and the servo will be at position 930. The results of the reading when the ball rolling and get back to the point of balance will be displayed on the LCD.

Keywords: *Tray Balance, Ultrasonic Sensor, Servo Motor, Arduino Mega2560, LCD (LiquidCristalDisplay) BallBalance.*

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi serta otomatisasi industri yang semakin pesat, canggih dan modern mendorong manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Sehingga dikembangkan teknologi robot untuk membantu dan mempermudah pekerjaan manusia di masa datang. Selain hal tersebut, terdapat juga sistem keseimbangan yang merupakan contoh dari sistem kontrol umpan balik. Sistem ini banyak digunakan oleh para peneliti untuk diterapkan pada penelitiannya.

Robot sudah banyak dikembangkan oleh beberapa negara di seluruh dunia. Diantaranya robot *humanoid*, *bioloid*, tak terkecuali jenis *mobile robot*. *Mobile robot* banyak digunakan dalam beberapa penelitian dengan dilengkapi bermacam-macam sensor, diantaranya menggunakan sensor ultrasonik dan kamera. Hal ini bertujuan membantu terciptanya kontrol gerakan yang menjadikannya sangat penting untuk pengaplikasian pada *mobile robot* yang dibahas. Contoh lain misalnya robot pelayan yang sudah banyak digunakan dimasa sekarang. Negara lain menggunakan robot pelayan sebagai pengantar makanan di restoran yang bertujuan agar pekerjaan pada restoran tersebut lebih ringan dan cepat.

Penelitian akan membahas pembuatan rancang bangun nampan keseimbangan yang mana nantinya dapat diimplementasikan pada robot pelayan, troli pengangkut barang serta meja pengantar makanan. Masalah terbentuknya pengimplementasian perancangan ini yaitu ketika troli atau meja pengantar makanan berada pada kondisi jalan menurun atau menanjak. Kondisi tersebut membuat nampan yang membawa barang atau benda akan bergeser, menggelinding, serta tumpah. Sehingga diharapkan, pembuatan rancang bangun nampan keseimbangan akan mempermudah manusia dalam membawa benda ketika terdapat gangguan atau kondisi menanjak dan menurun. Selama ini robot pelayan, troli serta meja

pengantar makanan selalu dipakai oleh manusia tanpa memikirkan gangguan yang akan terjadi. Hal tersebut yang melatarbelakangi pembuatan rancang bangun ini.

Peneliti mengambil sebuah judul penelitian mengenai “Rancang Bangun Nampan Keseimbangan”. Alat ini masih berbentuk sederhana sehingga tidak dapat diimplementasikan sekarang terhadap robot pelayan atau troli. Sistem kerjanya masih menggunakan bola sebagai obyek dari pengambilan hasil uji cobanya. Bola akan menggelinding di atas nampan yang berbentuk seperti balok dengan menggunakan sensor sebagai alat ukur jarak bola pada saat keadaan normal maupun menggelinding. Sebagai *plant* yang akan menggerakkan nampan ketika rancang bangun ini beroperasi yaitu motor servo. *Output* dari penelitian rancang bangun ini yaitu pada saat bola menggelinding akan berhenti pada posisi seimbang atau titik tengah dengan nilai jarak dan sudut ditampilkan pada LCD.

B. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dan diselesaikan dalam penulisan ini adalah:

- a. Bagaimana membuat rancang bangun nampan keseimbangan untuk mengatur posisi bola agar selalu di tengah pada saat menggelinding.
- b. Bagaimana sensor pembaca jarak alat nampan keseimbangan dapat bekerja untuk membaca titik tengah agar benda yang menggelinding kembali pada posisi seimbang.

C. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mampu membuat rancang bangun nampan keseimbangan untuk mengatur posisi bola agar selalu di tengah pada saat menggelinding.
- b. Mengetahui hasil pembacaan jarak benda pada saat menggelinding dan kembali pada posisi tengah yang menggunakan sensor ultrasonik.

D. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut:

- a. Nampan yang dibuat sebagai tempat bendanya berbentuk persegi panjang

- seperti balok dengan dimensi 51 x 3 x 5 cm.
- b. Penentuan keseimbangan titik berat bola pada alat ini dibaca oleh sensor untuk menggerakkan motor servo.
- c. Pembacaan sensor akan berpengaruh pada gerakan motor servo.
- d. Pengukur kecepatan menggunakan motor servo dan sensor *ultrasonic* sebagai pengukur jarak bola saat menggelinding sehingga tidak jatuh dan berada pada titik keseimbangan.
- e. Alat ini hanya membuat rancang bangun nampan keseimbangan yang diterapkan pada robot pelayan.
- f. Alat ini menggunakan 4 bola dengan ukuran diameter yang berbeda untuk pengambilan hasil penelitian.
- g. Ukuran dan posisi nampan sangat berpengaruh pada jalannya bola saat bergeser.

2. TEORI PENUNJANG

A. Penelitian Pendukung

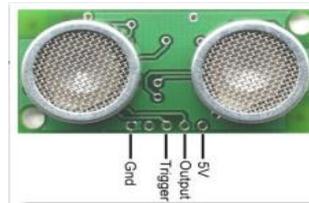
David Evanko, Arend Dorsett, dkk meneliti tentang “*A Ball-on-Beam System with an Embedded Controller*” menggunakan bola dan balok dengan sistem PI, PD, dan PID yang diimplementasikan untuk mengendalikan posisi bola pada balok. Mempertahankan posisi bola yang menggelinding bersama dengan bebas di tengah balok diperlukan prinsip-prinsip kontrol umpan balik. Balok dipasang di pusat untuk motor servo yang dapat memiringkan balok searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam. Servo motor pada poros vertikal dipasang pada kedua ujung balok dengan sensor jarak infra merah untuk menentukan posisi bola pada balok.

Ketika posisi bola terganggu dari posisi tengah, sensor akan membaca posisi tersebut. *Controller* akan memutar balok sehingga memindahkan bola ke arah *center*. Tindakan ini terus berlanjut sampai bola menjadi stasioner di pusat. Sebuah umpan balik kecepatan kontroler digunakan untuk mengurangi osilasi yang berlebihan [3].

B. Sensor Ultrasonik

Sensor jarak *SRF04* adalah sebuah *device transmitter* dan *receiver* ultrasonik dalam 1

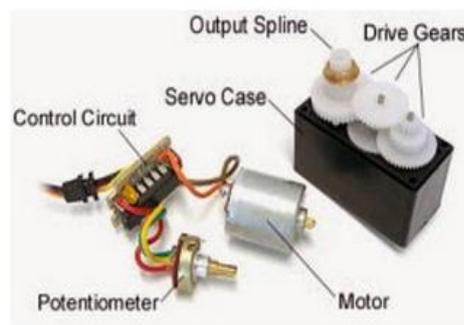
package buatan *Devantech* yang dapat membaca jarak dengan prinsip sonar. Prinsip kerja *SRF04* adalah *transmitter* memancarkan seberkas sinyal ultrasonik (40 KHz) yang berbentuk *pulsatic*, kemudian jika di depan *SRF04* adaobyekpadat maka *receiver* akan menerima pantulan sinyal ultrasonik tersebut. *Receiver* akan membaca lebar pulsa (dalam bentuk PWM) yang dipantulkan obyek dan selisih waktu pemancaran. Dengan pengukuran tersebut, jarak obyek di depan sensor dapat diketahui. Bentuk sensor ultrasonik ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sensor Ultrasonik

C. Motor Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di-*setup* atau diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros *output* motor. Motor servo merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian *gear*, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo. Bentuk motor servo ditunjukkan pada Gambar 2.

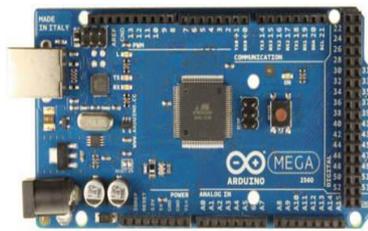


Gambar 2. Motor Servo

D. Arduino Mega2560

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Perangkat kerasnya memiliki prosesor Atmel AVR dan perangkat lunaknya memiliki bahasa pemrograman yang dinamakan *processing*.

Arduino dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment (IDE)* yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, *compile* menjadi kode biner dan *upload* ke dalam memori *microcontroller*. Lebih jelasnya seperti pada Gambar 3.

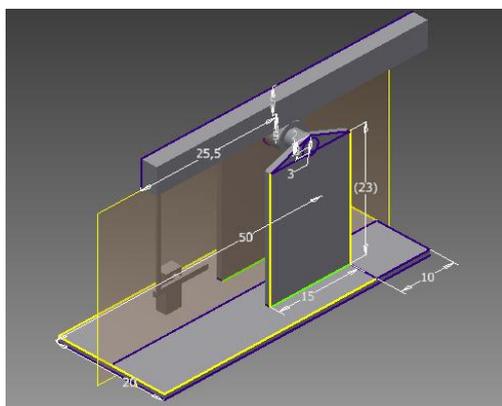


Gambar 3. Arduino Mega2560

3. PERANCANGAN SISTEM

A. Sistem Mekanik

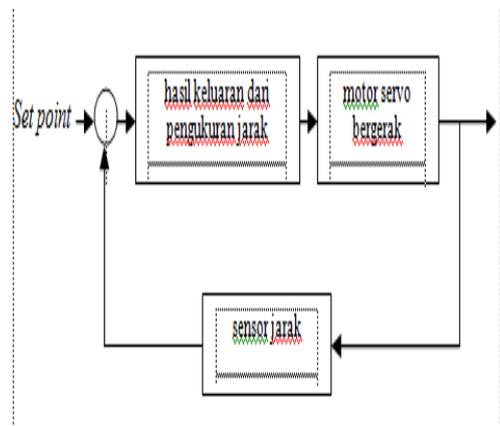
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai gambaran kerja sistem, perencanaan sistem dan pembuatan sistem. Desain dari rancang bangun nampan keseimbangan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Sistem Mekanik Rancang Bangun Nampan Keseimbangan

B. Blok Diagram

Berdasarkan alur kerja sistem keseluruhan yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. sebagai masukan atau inputan yaitu pengukuran *set point* dengan sensor ultrasonik sebagai pengukur jarak bola saat menggelinding. Pembacaan sensor berpengaruh pada gerakan motor servo. pembacaan awal sensor yaitu mengukur berapa panjang nampan keseimbangan. Setelah sensor membaca dengan benar panjang nampan tersebut, bola akan diletakkan pada posisi awal sehingga akan terbaca oleh sensor ultrasonik posisi bola tersebut. Pengukuran posisi bola dengan menggunakan sensor ultrasonik akan dikirim hasil nilai pengukurannya ke motor servo. Motor servo bergerak sebagai *plant* yang akan menerima hasil bacaan dari sensor ultrasonik sehingga dapat mengatur posisi bola ke titik seimbang. Pembacaan sensor ultrasonik dan motor servo akan menentukan *output* posisi bola.

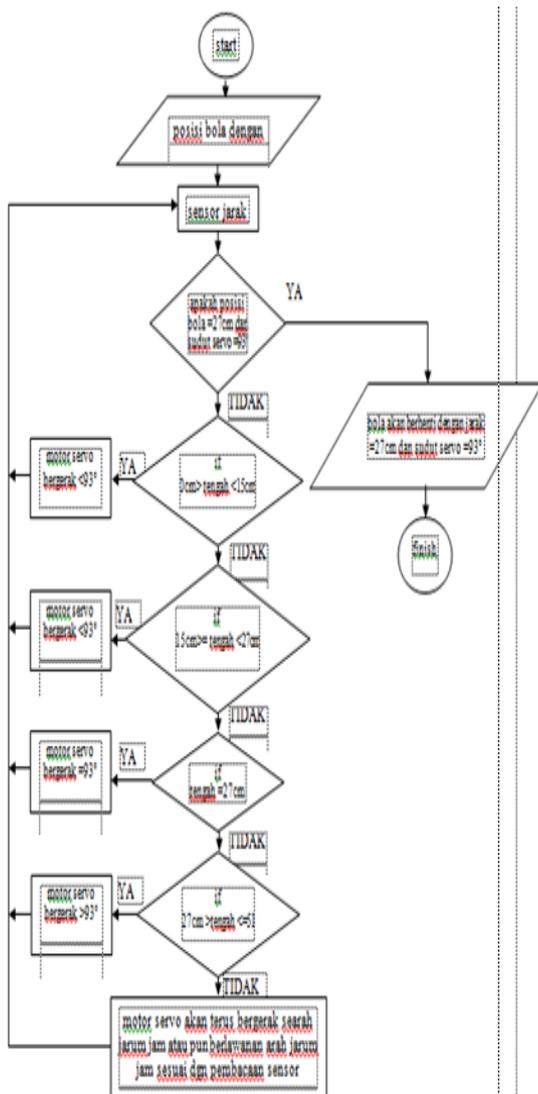


Gambar 5. Blok Diagram Keseluruhan Sistem

C. Flowchart

Diagram alir (*flowchart*) pembacaan jarak dan gerakan motor servo dari rancang bangun nampan keseimbangan ditunjukkan pada Gambar 6 Pada *flowchart* tersebut dapat diketahui bahwa sistem ini memiliki kemampuan untuk terus menyesuaikan kondisi benda atau bola agar selalu kembali ke titik tengah. Pertama dari diagram alir ini yaitu start, kemudian sebagai masukan sistem yaitu posisi bola dengan nampan. Selanjutnya proses baca sensor dan pengecekan apakah posisi bola = 27 cm dengan sudut servo = 93°. Jika YA maka bola akan berhenti dengan jarak = 27 cm dan sudut servo = 93°. Jika TIDAK dan 0

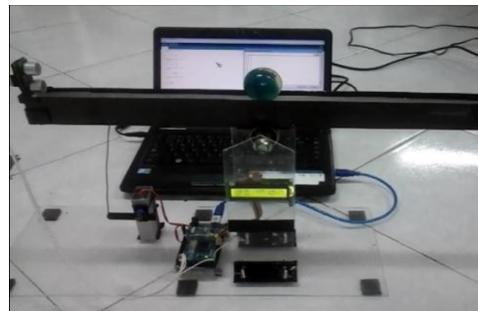
cm > tengah < 15 cm maka akan dilakukan pengecekan lagi yaitu jika motor servo akan bergerak < 93°. Jika pengecekan tersebut TIDAK dan 15 cm >= tengah < 27 cm maka akan dilakukan pengecekan lagi yaitu motor servo akan bergerak < 93°. Pengecekan akan terus dilakukan hingga bola berada pada posisi tengah. Jika pengecekan > 27 cm dan <= 51 maka motor servo akan bergerak > 93°. Jika TIDAK maka motor servo akan terus bergerak baik searah jarum jam ataupun berlawanan arah jarum jam sampai diproses kembali semuanya ke sensor jarak. Setelah pengecekan sesuai dengan pembacaan posisi tengah maka bola akan berhenti pada titik tengah dan selesai.



Gambar 6. Flowchart Rancang Bangun Nampan Keseimbangan

D. Hasil Alat

Penelitian ini menghasilkan rancang bangun alat dengan penataan tata letak komponen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 Nampan keseimbangan berbentuk seperti balok persegi panjang, kemudian menggunakan dua penyangga dimana balok tersebut bisa bergerak dengan seimbang. Selain itu, sensor diletakkan pada bagian atas nampan untuk mengukur jarak bola ketika alat tersebut digunakan atau dimulai. Penempatan motor servo yaitu pada bagian bawah sejajar dengan arduino agar lebih mudah dalam proses kerjanya. Penghubung untuk menggerakkan nampan dari motor servo menggunakan kawat yang kuat sehingga bisa menarik dan mendorong nampan keseimbangan. Kemudian terdapat bola sebagai obyek dari penelitian ini dan untuk mengetahui nilai dari pengujian ketika bola menggelinding di atas nampan yaitu ditampilkan pada LCD.



Gambar 7. Hasil Alat

4. PENGUJIAN DAN ANALISA

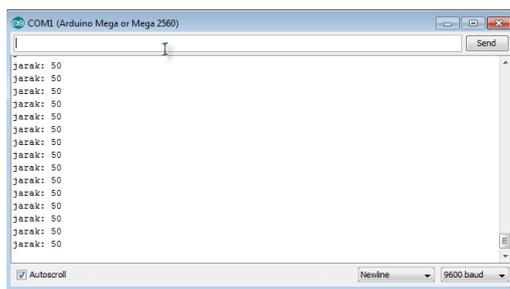
A. Pembacaan Nilai Sensor

Proses implementasi untuk membaca posisi bola berdasarkan jarak sangat penting supaya alat ini bisa berjalan dengan maksimal. Nilai jarak untuk posisi bola pada pembacaan awal terdiri dari nilai 1–50 cm. Proses pembacaan nilai sensor sangat sensitif sekali ketika pembuatan mekanik tidak menggunakan ukuran yang benar dan akurat. Selain bentuk mekanik, ukuran dan diameter bola sangat berpengaruh pada pembacaan sensor ultrasonik.

Pembacaan sensor ultrasonik akan membaca posisi bola pada titik awal bola

diletakkan dan bola digeser ke arah kanan atau kiri. Prinsip kerja sensor ultrasonik SRF04 adalah *transmitter* memancarkan seberkas sinyal *ultrasonic* (40 KHz) yang berbentuk *pulsatic*, kemudian jika di depan SRF04 ada obyek padat maka *receiver* akan menerima pantulan sinyal *ultrasonic* tersebut. *Receiver* akan membaca lebar pulsa (dalam bentuk PWM) yang dipantulkan obyek dan selisih waktu pemancaran. Dengan pengukuran tersebut, jarak obyek di depan sensor dapat diketahui.

Proses implementasinya peneliti bisa membaca nilai keluaran dari sensor ultrasonik dengan bantuan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Dimulai dari deklarasi pin berapa yang dipakai di mikrokontroler Arduino Mega 2560, kemudian inisialisasi pin tersebut untuk dijadikan sebagai inputan atau outputan. Proses pembacaan sensor ultrasonik akan dimasukkan ke program yang dijalankan secara berulang-ulang. Cara kerja program yang, pertama adalah kita deklarasi pin yang dipakai yaitu pin 48 dan 52. Kemudian masuk ke **void setup()** yang berisi tentang inisialisasi pin yang digunakan yakni untuk pin 48 inisialisasi sebagai **TRIGGER** dan 52 sebagai **ECHO**. Hasilnya dari proses yang dijalankan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

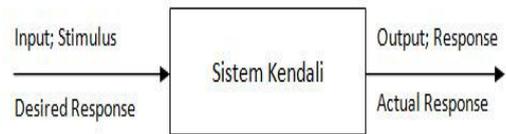


Gambar 8. Hasil Pembacaan Jarak

B. Sistem Kendali Motor Servo

Sistem kendali atau sistem kontrol (*control system*) adalah suatu alat untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur keadaan dari suatu sistem. Istilah sistem kendali ini dapat dipraktekkan secara manual atau otomatis untuk mengendalikan aktuaktor. Sistem kendali terdiri dari sub-sistem dan proses (atau *plants*) yang

disusun untuk mendapatkan keluaran (*output*) dan kinerja yang diinginkan dari input yang diberikan. Gambar 9 menunjukkan blok diagram untuk sistem kendali paling sederhana, yang mana sistem kendali dengan *input* yang diberikan menghasilkan *output* yang diharapkan.



Gambar 9. Deskripsi Sistem Kendali

Implementasi kontrol yang digunakan untuk rancang bangun nampan keseimbangan adalah sebuah kendali motor servo. Motor servo ini untuk menggerakkan nampan ketika posisi bola yang digeser atau menggelinding terbaca oleh sensor ultrasonik. Pembacaan sensor sangat penting untuk gerakan motor servo dalam mengendalikan bola agar tidak melebihi nilai tengah yang diinginkan.

C. Hasil Pengujian

Selain pengujian baca sensor dan gerakan motor servo, sistem ini juga akan dilakukan beberapa pengujian untuk membandingkan nilai % keberhasilannya. Setelah membandingkan akan dibagi rata-rata persentase keberhasilannya sesuai dengan banyaknya sampel bola yang diuji. Berhubungan dengan sampel bola, maka akan digunakan bola dengan berat di bawah 9 gram. Hal tersebut dikarenakan kekuatan servo untuk menggerakkan bola yaitu 9 gram. Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali percobaan dengan menggunakan waktu untuk menentukan sukses tidaknya pengujian tersebut. Alasan menggunakan waktu disini dikarenakan sistem ini akan terus bergerak ketika berat bola yang digunakan terlalu ringan dan ukuran diameternya kecil.

Pada pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil seperti yang terdapat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4 yang berisi tentang hasil setelah melakukan pengujian terhadap 4 *sample* bola. Setiap 4 *sample* bola akan diuji sebanyak 5 kali.

**Note : uji coba dikatakan berhasil ketika mencapai waktu <=1 menit && >=2 menit.

Hasil pengujian 1 ditunjukkan pada Tabel 1 dan dapat disimpulkan bahwa setiap bola dengan berat yang berbeda memiliki persentase keberhasilan yang berbeda. Bola ping pong dengan pengujian sebanyak 5 kali menghasilkan 20% keberhasilan, bola balken 80%, bola roda 100%, dan bola tenis 80%. Selain itu, dari pengujian juga dapat diketahui berapa waktu mencapai *set point* setiap pengujian bola dan hasil persentase rata-ratanya adalah 70%.

Tabel 4.1. Pengujian 1

Jenis Bola	Berat (gram)	Waktu Mencapai Set Point (menit) pada Uji Coba ke					Tdk Sukses	Sukses	% Berhasil
		1	2	3	4	5			
Bola Ping Pong	1 gram	>2 mnt	>2 mnt	>2 mnt	1 mnt 45 dtk	>2 mnt	4 kali	1 kali	20%
Bola Balken	3 gram	1 mnt 10 dtk	1 mnt 49 dtk	2 mnt 10 dtk	58 dtk	1 mnt 30 dtk	1 kali	4 kali	80%
Bola Roda	5 gram	23 dtk	30 dtk	49 dtk	37 dtk	1 mnt	0 kali	5 kali	100%
Bola Tenis	3,5 gram	1 mnt 15 dtk	1 mnt 20 dtk	1 mnt 35 dtk	2 mnt	59 dtk	1 kali	4 kali	80%
Rata-rata = 70%									

Hasil pengujian 2 ditunjukkan pada Tabel 2 dan ada perbedaan nilai persentasenya, percobaan bola ping pong menghasilkan 0%, bola balken 100%, bola roda 100%, dan bola tenis 80%. Sedangkan rata-rata persentase waktu mencapai *set point* adalah 70%. Hal ini menunjukkan bahwa waktu mencapai *set point* berubah-ubah, sehingga sangat berpengaruh terhadap sukses tidaknya suatu pengujian.

Tabel 2. Pengujian 2

Jenis Bola	Berat (gram)	Waktu Mencapai Set Point (menit) pada Uji Coba ke					Tdk Sukses	Sukses	% Berhasil
		1	2	3	4	5			
Bola Ping Pong	1 gram	>2 mnt	>2 mnt	>2 mnt	>2 mnt	>2 mnt	5 kali	0 kali	0%
Bola Balken	3 gram	1 mnt 25 dtk	1 mnt 49 dtk	1 mnt 43 dtk	1 mnt	1 mnt	0 kali	5 kali	100%
Bola Roda	5 gram	30 dtk	50 dtk	28 dtk	37 dtk	40 mnt	0 kali	5 kali	100%
Bola Tenis	3,5 gram	1 mnt 32 dtk	2 mnt	1 mnt 35 dtk	1 mnt 21 dtk	1 mnt	1 kali	4 kali	80%
Rata-rata = 70%									

Hasil pengujian 3 ditunjukkan pada Tabel 3 dan ada perbedaan nilai persentasenya, percobaan bola ping pong menghasilkan 0%, bola balken 100%, bola roda 100%, dan bola tenis 100. Sedangkan rata-rata persentase waktu mencapai *set point* adalah

75%. Waktu mencapai *set point* setiap kali pengujian juga memiliki nilai yang berbeda.

Tabel 3. Pengujian 3

Jenis Bola	Berat (gram)	Waktu Mencapai Set Point (menit) pada Uji Coba ke					Tdk Sukses	Sukses	% Berhasil
		1	2	3	4	5			
Bola Ping Pong	1 gram	>2 mnt	>2 mnt	>2 mnt	>2 mnt	>2 mnt	5 kali	0 kali	0%
Bola Balken	3 gram	1 mnt 10 dtk	1 mnt 49 dtk	1 mnt	58 dtk	1 mnt 30 dtk	0 kali	5 kali	100%
Bola Roda	5 gram	23 dtk	30 dtk	49 dtk	37 dtk	1 mnt	0 kali	5 kali	100%
Bola Tenis	3,5 gram	1 mnt 15 dtk	1 mnt 20 dtk	1 mnt 35 dtk	2 mnt	59 dtk	0 kali	5 kali	100%
Rata-rata = 75%									

Hasil pengujian 4 ditunjukkan pada Tabel 4 dan ada perbedaan nilai persentasenya, percobaan bola ping pong menghasilkan 0%, bola balken 100%, bola roda 100%, dan bola tenis 100%. Sedangkan rata-rata persentase waktu mencapai *set point* adalah 75%.

Tabel 4. Pengujian 4

Jenis Bola	Berat (gram)	Waktu Mencapai Set Point (menit) pada Uji Coba ke					Tdk Sukses	Sukses	% Berhasil
		1	2	3	4	5			
Bola Ping Pong	1 gram	>2 mnt	>2 mnt	>2 mnt	>2 mnt	>2 mnt	5 kali	0 kali	0%
Bola Balken	3 gram	1 mnt 20 dtk	1 mnt 39 dtk	1 mnt 31 dtk	58 dtk	1 mnt 43 dtk	0 kali	5 kali	100%
Bola Roda	5 gram	37 dtk	1 mnt	21 dtk	37 dtk	43 mnt	0 kali	5 kali	100%
Bola Tenis	3,5 gram	1 mnt 9 dtk	1 mnt 35 dtk	1 mnt 15 dtk	2 mnt	1 mnt 59 dtk	0 kali	5 kali	100%
Rata-rata = 75%									

Berdasarkan semua pengujian yang telah dilakukan persentase keberhasilan dari 4 sampel bola dengan 20 kali percobaan mencapai 72,5%. Hal tersebut terjadi karena beberapa alasan diantaranya adalah ukuran mekanik yang kurang presisi sangat berdampak negatif terhadap jalannya bola mencapai titik keseimbangan, serta pembacaan sensor dan beratnya obyek yang menggelinding. Ketika peletakan sensor miring, maka pembacaan sensor tidak akan akurat. Jika kita lihat dari motor servo, maka gerakan motor servo berkaitan dengan pembacaan sensor. Bola dengan ukuran diameter yang berbeda akan menghasilkan persentase keberhasilan yang berbeda sesuai dengan banyaknya percobaan yang dilakukan.

5. Kesimpulan Dan Saran

A. Kesimpulan

Setelah dilakukan beberapa pengujian secara bertahap pada alat, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengujian terhadap sensor ultrasonik menghasilkan jarak maksimum 51 cm, sehingga jarak yang digunakan adalah 0 cm sampai 50 cm untuk menggerakkan motor servo.
2. Bola yang menggelinding akan berhenti pada posisi tengah dengan pembacaan sensor ultrasonik 27 cm dan gerakan servo 93° .
3. Ukuran diameter bola menghasilkan nilai keseimbangan yang berbeda, sehingga ada yang sesuai dengan titik tengah yang telah ditentukan dan ada yang tidak sesuai.
4. Tampilan nilai jarak dan derajat akan ditampilkan oleh LCD dengan pembacaan jarak pada sebelah kiri dan sudut servo sebelah kanan.
5. Perancangan mekanik yang kurang presisi sangat berpengaruh pada jalannya bola.

B. Saran

Untuk menyempurnakan lebih lanjut maka ada beberapa saran yang perlu ditambahkan antara lain:

1. Rancang bangun nampan keseimbangan pada robot pelayan ini diharapkan dapat diaplikasikan metodenya pada benda yang sebenarnya.
2. Rancang bangun nampan keseimbangan pada robot pelayan ini belum mampu bergerak secara mulus untuk kembali ke titik keseimbangan.
3. Benda yang dibawa harus menutupi sensor agar pembacaan sensor lebih akurat.

4. Dikembangkan lagi menggunakan metode agar lebih akurat dalam menentukan titik keseimbangannya.
5. Dikembangkan lagi menggunakan sensor yang lebih canggih dalam pembacaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Keshmiri, Muhammad, Ali Fellah Jahroni, dkk. [2012],” Modeling and Control of Ball and Beam System Using Model Based and Non-Model Based Control Approaches “. Department of Mechanical and Industrial Engineering Concordia University Montreal, QC, H3G 2W1, Canada.
- [2] Kumar, Tapan Swain, dan Vaibhav Baid. [2014],” Analog Fabrication of PID Controller “. Bachelor of Technology in Electrical Engineering.
- [3] Evanko, David, Arend Dorsett, dkk. “A Ball-on-Beam System with an Embedded Controller “. Department of Electrical Engineering University of North Florida.
- [4] Basil, Hamed. [2010], “Application of a LabVIEW for Real-Time Control of Ball and Beam System”. IACSIT International Journal of Engineering and Technology Vol.2, No.4 ISSN: 1793-8236.
- [5] Andani, Christoforous Y, dkk.[2011],” Sistem Kendali Servo Posisi dan Kecepatan Motor dengan Programmable Logic Control (PLC) “. Jurnal Ilmiah Foristek Vol.11.No.2. Makasar.