

RANCANG BANGUN TRAINER KIT MASTER – SLAVE ROBOT LENGAN PADA APLIKASI PEMETAAN POSISI VIA BLUETOOTH

Aan Febriansyah^{1*}, Adhi Budiono², Junaidi Burdadi³, Natalia⁴

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro & Informatika, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung,
Sungailiat Propinsi Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia 33211

*Email : aan9277@gmail.com.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi robotika saat ini sudah sangat pesat. Teknologi Robot tidak hanya dipakai di pabrik-parik maupun laboratorium tetapi juga dipakai sebagai media pembelajaran dalam dunia pendidikan. Khusus di dunia pendidikan, teknologi robot menjadi salah satu bidang ilmu yang sangat digemari karena secara fisik dapat langsung dilihat dan diaplikasikan pada beberapa kebutuhan. Penggunaan robot sebagai media pembelajaran harus dapat memenuhi aspek pembejaraan secara teoritis dan aplikasi secara langsung yang dapat disertai program-program khusus. Salah satu yang sering dijumpai adalah Robot Lengan. Agar penggunaan Robot Lengan sebagai media pembelajaran dapat berjalan efisien dan interaktif, maka konsep dari pengendalian gerakan Robot Lengan harus dipahami terlebih dahulu, antara lain pemahaman tentang koordinat end effector, terutama Robot Lengan 3 sumbu dengan 5 degree of freedom dengan hubungan master-slave dan komunikasi via bluetooth sebagai media pembelajaran yang interaktif. Robot Lengan ini dihubungkan dengan komputer sebagai display pembacaan sensor sudut yang dikirimkan oleh master dan perhitungan forward kinematic dengan aplikasi pemrograman Visual Basic. Dari hasil yang diperoleh, Trainer Kit ini mampu dalam meningkatkan efisiensi waktu dan sebagai media pembelajaran yang interaktif dalam pembelajaran tentang teknologi Robotika.

Kata kunci: Robot Lengan, Master-Slave, Degree of Freedom (DoF)

ABSTRACT

The development of robotics technology nowadays is very rapidly. Robot technology is not only used in factories and laboratory, but also used as aids of learning in education. Specialized in education, robot technology into one field of science that are very popular because physically can be directly viewed and applied to multiple needs. The use of robots as learning aids must be able to meet the theoretical learning aspects and direct application which may be accompanied by special programs. One of the frequently encountered is the Robot Arm. In order for the use of Robot Arm as a learning aids can be run efficiently and interactively, then the concept of controlling the movement of Robot Arms should be understood in advance, among others, an understanding of the coordinates of end effector, especially Robot Arm 3-axis to 5 degree of freedom to the master-slave relationship and communication via Bluetooth as media interactive learning. Robot Arm is connected to a computer as the display angle sensor readings sent by the master and forward kinematic calculations with Visual Basic programming applications. From the results obtained, Trainer Kit is able to improve the efficiency of time and as a method of interactive learning in learning about technology Robotics.

Keywords : Robot Arms, Master-Slave, Degree of Freedom (DoF)

PENDAHULUAN

Pendahuluan memuat tentang latar belakang, landasan teori, masalah, rencana Saat ini teknologi elektronika semakin berkembang pesat, khususnya teknologi yang berhubungan dengan pengontrolan otomatis,

Dunia pendidikan merupakan salah satu tonggak awal untuk menghasilkan teknologi robot terapan yang handal dan tepat guna bagi masyarakat khususnya masyarakat industri. Metode pembelajaran tentang teknologi robot

terus berkembang, salah satunya adalah teknologi Master-Slave Robot.

Pada teknologi ini, robot lengan merupakan salah satu media pembelajaran yang akan diterapkan. Kesulitan yang dihadapi untuk memahami konsep robot lengan pada saat ini adalah kurangnya pengetahuan mengenai robot lengan dan fasilitas pendukung untuk melihat langsung cara pergerakan robot lengan. Sementara itu, untuk mempelajari dasar-dasar robot, dibutuhkan peralatan (*tools*) penunjang yang harganya tidak murah. Diperlukan simulator arm robot yang merupakan *prototype* robot manipulator sebagai media pembelajaran dengan biaya yang terjangkau untuk kepentingan dunia pendidikan.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dirancang bangun sebuah sistem kendali robot lengan yang dapat digunakan secara interaktif. Dengan aplikasi ini, pengguna dapat dengan mudah mengendalikan robot lengan. Robot lengan yang digunakan memiliki *5 Degree Of Freedom* (DoF) atau derajat kebebasan. Masing-masing DoF digerakan oleh sebuah motor servo yang dikendalikan oleh *Arduino Uno*. Pada master pengendali diletakkan sensor pembaca posisi berupa *Arduino* dan *encoder module* yang akan mengirim informasi posisi ke *Arduino*. Kemudian *Arduino* akan mengirim kan sinyal ke robot lengan (*slave*) untuk bergerak ke koordinat posisi yang sama dengan *master* pengendali dengan komunikasi via *bluetooth*. Trainer kit ini juga dilengkapi dengan display perubahan nilai sudut yang ditampilkan pada *software Visual Basic* agar mempermudah mahasiswa untuk mengetahui perubahan nilai sudut dari robot lengan. Selain itu, *software* ini juga dilengkapi perhitungan invers kinematik yang akan menghitung jarak end point pada robot lengan. *Software* memiliki 4 mode yang terdiri dari *learning mode*, *play mode*, dan *save mode*.

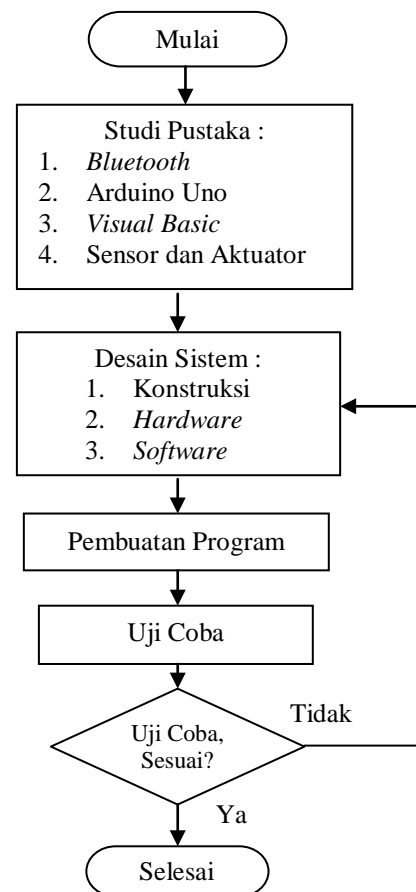
Rumusan masalah yang dibuat pada penelitian ini adalah Bagaimana membuat trainer kit (*hardware dan software*) Master – Slave Robot Lengan dengan pergerakan robot bisa tersimpan sebanyak 5 kali siklus di *software* dan bisa diulang setiap siklus yang koneksinya menggunakan metode komunikasi serial dan *bluetooth*?

Batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini antara lain:

1. Jumlah pergerakan robot yang tersimpan maksimal 5 kali siklus;
2. Menggunakan komunikasi *bluetooth* dan serial pada robot dan master;
3. Batasan jarak *bluetooth* yang digunakan maksimal 7 meter;
4. Pergerakan sudut dan jarak robot ke *end effector* akan terekam pada *software visual basic*.

METODE

Metode penelitian yang digunakan tertera dalam diagram alir berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan pencarian data referensi yang berhubungan dengan pembuatan penelitian ini baik melalui internet maupun dari buku-buku referensi yang berhubungan dengan *Bluetooth*, *Visual Basic*, motor servo, potensiometer, system control menggunakan *Arduino Uno* dan lain-lain. Referensi-referensi yang sudah dikumpulkan

akan didiskusikan bersama oleh tim. Dari hasil diskusi akan diambil kesimpulan mengenai desain konstruksi, komponen yang akan digunakan, teknik pengerjaan, maupun metode yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini.

Desain Sistem

Desain sistem bertujuan agar penelitian dapat mencapai target yang diinginkan dan semua system dapat bekerja dengan baik. Proses awal yang dilakukan adalah membuat desain secara keseluruhan baik dari konstruksi, hardware, maupun software agar pengerjaan penelitian ketahap selanjutnya dapat berjalan dengan lebih mudah. Pada tahap ini, desain system meliputi desain pada:

Konstruksi

Rancang Bangun Trainer Kit Master - Slave Robot Lengan Pada Aplikasi Pemetaan Posisi Via Bluetooth ini terdiri dari master robot dan robot lengan dengan perbandingan dimensi skala 1:2 antara master robot dan robot lengan. Bahan yang digunakan untuk membuat konstruksi penelitian ini menggunakan alumunium agar konstruksi lebih kuat, kokoh dan ringan. Komunikasi antara master robot dan robot lengan (slave) menggunakan bluetooth dan serial serta menggunakan motor servo sebagai penggerak robot lengan yang dikontrol menggunakan Arduino Uno.

Hardware

Desain hardware dibuat setelah menentukan komponen yang tepat dan akan digunakan pada rangkaian. Piranti elektronika yang akan digunakan pada desain hardware penelitian ini terdiri dari 4 buah motor servo Tower Pro MG95, 1 buah micro servo, 7 buah potensiometer, 2 buah Bluetooth, dan 2 buah Arduino Uno sebagai main control unit (MCU).

Software

Setelah merancang desain hardware, penulis akan menyusun program-program yang dibutuhkan untuk mengatur pergerakan motor servo pada robot lengan menggunakan Arduino uno dan merancang tampilan pc berbasis Visual Basic dengan demo mode dan practice mode menggunakan VB 10.

Uji Coba

Proses uji coba dilakukan sebagai tolak ukur berhasil atau tidaknya penelitian Rancang Bangun Trainer Kit Master - Slave Robot Lengan Pada Aplikasi Pemetaan Posisi Via Bluetooth yang dibuat. Pada tahap ini, mengevaluasi system kerja dari robot lengan apakah telah sesuai dengan kondisi yang telah didesain sebelumnya. Apabila tidak sesuai, maka akan dilakukan analisa dan perbaikan baik dari hardware, software, maupun program yang telah dibuat.

Laporan

Laporan merupakan resume dari keseluruhan kegiatan dalam penelitian ini yang dijelaskan secara terstruktur menurut pedoman yang sudah ditetapkan. Dengan adanya laporan ini, diharapkan dapat memberikan informasi yang benar dan akurat tentang alat yang sudah dibuat, dan dapat menjadi referensi untuk pengembangan di masa yang akan datang.

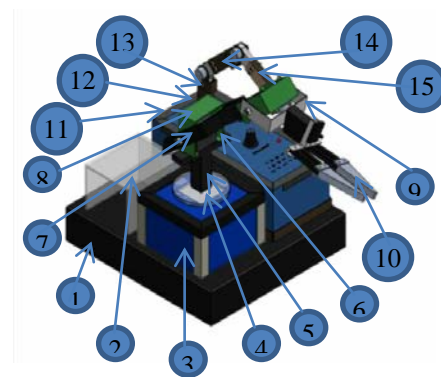
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai proses pembuatan trainer kit master – slave robot lengan pada aplikasi pemetaan posisi via bluetooth sehingga akhirnya dapat bekerja dengan baik dan siap untuk digunakan. Dalam proses ini terdapat beberapa tahap pembuatan trainer kit yaitu:

1. Pembuatan konstruksi
2. Pembuatan hardware
3. Pembuatan software
4. Pengujian Alat.

Pembuatan Konstruksi

Dari perancangan konstruksi yang telah dipertimbangkan, maka bentuk dari trainer kit yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Konstruksi Trainer Kit

Penjelasan Konstruksi Robot:

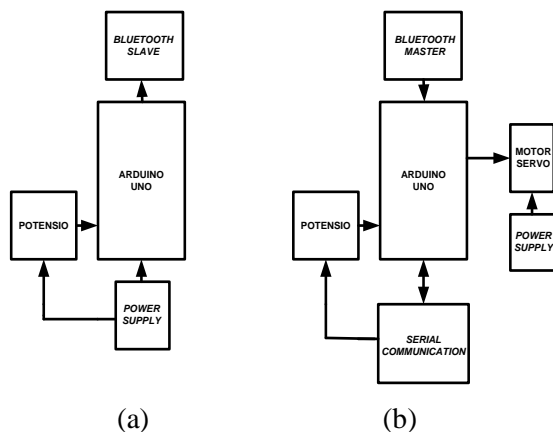
Base trainer kit (*Nomor 1*) dibuat berukuran 30x30 cm dengan menggunakan bahan kayu dan karpet berwarna hitam. Kontruksi pada box robot lengan (*Nomor 3*), gripper (*Nomor 10*), box master (*Nomor 11*), base master (*Nomor 12*), lengan 1 (*Nomor 5*), lengan 2 (*Nomor 7*), lengan 3 (*Nomor 9*) baik pada slave dan master menggunakan bahan alumunium dan pelat agar kontruksi lebih kokoh. Konstruksi pada housing hardware (*Nomor 2*) dan base robot lengan (*Nomor 4*) menggunakan bahan acrylic, sedangkan kontruksi pada housing lengan 1 (*Nomor 6*) dan housing lengan 2 (*Nomor 8*) menggunakan bahan plastik agar lebih mudah dibentuk. Untuk dimensi antara master dan slave, digunakan perbandingan 1:2 dengan ukuran tinggi keseluruhan master sebesar 42 cm dan ukuran tinggi keseluruhan robot lengan (slave) sebesar 58 cm. Gambar 4.2 menunjukkan hasil jadi dari trainer kit sesuai dengan design yang telah dirancang.

Pembuatan Hardware

Dalam pembuatan hardware ada beberapa tahap yang dilakukan, yaitu :

1. Pengujian rangkaian *power supply*
2. Pengujian Sistem Arduino
3. Pembuatan ADC
4. Pembuatan serial bluetooth slave
5. Pembuatan bluetooth master

Gambar 3 menunjukkan gambaran kegiatan pembuatan hardware secara umum.



Gambar 3. Blok Diagram Sistem Secara Keseluruhan; (a) Arduino Master, (b) Arduino Slave

Power supply berfungsi sebagai catu daya untuk motor servo sebesar 5VDC/5A. Nilai arus yang dibutuhkan dalam rangkaian ini sangat bergantung kepada beban yang akan diberikan kepada robot. Semakin berat beban yang diberikan, maka akan semakin besar pula arus yang diperlukan, dan begitu pula sebaliknya. Sedangkan untuk arduino, disuplai dari kabel serial USB yang digunakan untuk menampilkan nilai ke Visual Basic.

Arduino berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan pengendali bluetooth. Pada *arduino slave*, pin analog A0 - A4 digunakan untuk keluaran rangkaian ADC, sedangkan pada *arduino master*, pin analog A0 - A2 digunakan untuk keluaran rangkaian ADC dan pin digital D3 - D7 arduino master digunakan sebagai sinyal kontrol dari motor servo.

Tabel 1. Hasil Pengukuran PIN Arduino Uno

PIN	PIN Arduino Uno : High/Low			
D0	4,92 V	4,92 V	4,85 V	4,85 V
D1	4,92 V	4,92 V	4,85 V	4,78 V
D2	4,92 V	4,92 V	4,85 V	4,85 V
D3	4,92 V	4,92 V	4,85 V	4,85 V
D4	4,92 V	4,92 V	4,85 V	4,85 V
D5	4,92 V	4,92 V	4,85 V	4,85 V
D6	4,92 V	4,92 V	4,85 V	4,85 V
D7	4,92 V	4,92 V	4,85 V	4,85 V
D8	0 V	0 V	0 V	0 V
D9	0 V	0 V	0 V	0 V
D10	0 V	0 V	0 V	0 V
D11	0 V	0 V	0 V	0 V
D12	0 V	0 V	0 V	0 V
D13	0 V	0 V	0 V	0 V

Untuk komunikasi serial *bluetooth slave* menggunakan pin D0 dan pin D1. Sedangkan untuk komunikasi *bluetooth master* menggunakan pin D10 dan pin D11.

Pengujian rangkaian arduino uno dilakukan dengan melakukan pengukuran tegangan tiap-tiap pin dengan cara memberi logic 0 (*low*) dan logic 1 (*high*), seperti tertera pada Tabel 1. Untuk mengetahui apakah rangkaian bekerja, maka digunakan LED sebagai indikator.

Dari data pada Tabel 1, didapatkan hasil bahwa pin digital D1-D7 terdapat tegangan apabila diberikan *logic high* dan pada pin digital D8-D13 tidak terdapat tegangan apabila diberikan *logic low*. Setiap pin pada arduino uno mempunyai fungsi masing-masing, pin digital D0 dan D1 digunakan sebagai

komunikasi serial, pada semua pin tidak terdapat masalah atau cacat pada kaki-kaki pin, tegangan yang dihasilkan sama tiap pin. Hal ini mengindikasikan bahwa arduino uno berada dalam keadaan dapat digunakan dan dapat diisi dengan program yang lebih kompleks.

Rangkaian ADC berfungsi sebagai pemberi nilai ADC yang akan dikonversikan dan akan dikirimkan oleh Arduino Uno melalui komunikasi nirkabel berupa *bluetooth*. Nilai ADC yang di peroleh dari perubahan nilai resistansi potensiometer yang memiliki rentang nilai dari 0 sampai 1023 yang akan di konversikan oleh Arduino berupa derajat yang memiliki rentang nilai sebesar 0 sampai 220 derajat. Rangkaian ini terdiri dari 5 buah potensiometer yang bernilai 10K Ohm, yang memiliki tiga buah kaki, yaitu VCC, GND, dan Signal. Tegangan VCC di dapat dari VCC Arduino yaitu 5VDC dan GND di dapat dari GND Arduino. Sedangkan Sinyal dihubungkan ke Arduino untuk dikirim perubahan resistansinya ke master.

Rangkaian serial bluetooth pada penelitian ini ada 2 yaitu Rangkaian Serial Bluetooth Slave dan Rangkaian Bluetooth Master. Kedua rangkaian ini merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengirim dan menerima data ADC dari dan ke bluetooth master/slave yang akan digunakan untuk mengontrol pergerakan dari motor servo. Jenis bluetooth yang digunakan adalah jenis HC-05. Rangkaian ini terdiri dari 1 buah arduino yang digunakan untuk mengontrol data slave dan bluetooth digunakan untuk mengirim dan menerima data antar arduino atau antar slave dan master. Sebelum menulis program pada arduino, terlebih dahulu bluetooth di setting dan dikonfigurasi sesuai dengan AT-Command dari bluetooth tersebut, pada bluetooth HC-05 dapat di setting sebagai master dan slave, sedangkan HC-06 hanya dapat dijadikan sebagai slave yang berfungsi sebagai penerima. Pada rangkaian serial bluetooth slave pin RX pada bluetooth dihubungkan ke pin 1 arduino yaitu TX. Sedangkan untuk pin TX bluetooth dihubungkan ke pin 0 arduino yaitu RX.

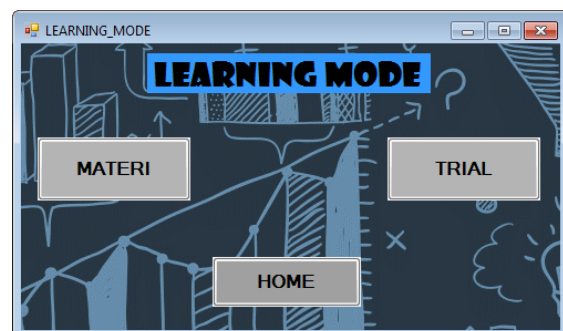
Pada penelitian ini juga dirancang sebuah perangkat lunak yang digunakan sebagai monitor atau penampil data yang dikirimkan oleh arduino dalam bentuk perubahan nilai sudut pada masing – masing DoF (*Degree of Freedom*) robot lengan dan juga menampilkan

hasil perhitungan rumus. Software yang digunakan adalah Visual Basic.



Gambar 4. Tampilan Software Trainer Kit

Gambar 4 merupakan tampilan perangkat lunak yang akan menjadi materi pembelajaran (trainer kit). Masing-masing menu terdiri atas tombol yang dapat diklik dan akan menampilkan beberapa visualisasi untuk proses pembelajaran. Pada menu learning, akan muncul tampilan seperti Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Learning Mode

Menu learning mode terdiri atas 3 mode, yaitu Materi, Trial dan Home. Masing – masing tombol memiliki fungsi seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Menu Pada *Form Learning Mode*

No	Bagian	Fungsi
1	<i>MATERI</i>	Berfungsi untuk menampilkan form “MATERI” yang berisi materi mengenai <i>forward kinematik</i> .
2	<i>TRIAL</i>	Berfungsi untuk membuka form “ <i>TRIAL LEARNING</i> ” yang menampilkan sudut pada masing – masing DoF (<i>Degree of Freedom</i>) pada robot lengan (<i>slave</i>).
3	<i>HOME</i>	Berfungsi menutup form <i>learning mode</i> dan menampilkan kembali form <i>main page</i> .

Pada form *TRIAL*, nilai sudut akan ditampilkan dan pengguna dapat memasukkan

nilai panjang lengan kemudian menghitung nilai *end effector* menggunakan rumus yang telah ditampilkan pada form materi. Setelah menghitung secara manual, pengguna dapat memastikan hasil *end effector* yang telah dihitung dengan hasil pada software. Menu pada form *TRIAL learning* akan ditampilkan pada Tabel 3.

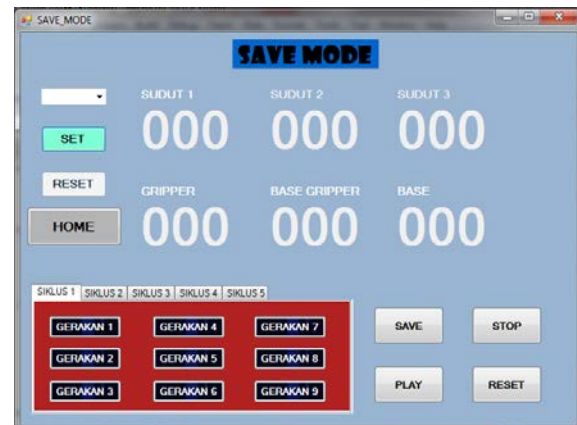
Tabel 3. Menu Pada *Form Trial Learning*

No	Bagian	Fungsi
1	<i>PROCCES</i>	Berfungsi untuk memberikan perintah untuk memproses nilai sudut untuk mendapatkan nilai <i>end point</i> yang akan ditampilkan pada <i>blank space</i> .
2		<i>Blank space</i> merupakan kolom yang berfungsi untuk menampilkan nilai dari panjang lengan dan sudut dan juga untuk menampilkan nilai <i>end effectort</i> yang telah diproses.
3	<i>SET</i>	Berfungsi untuk mengaktifkan <i>serial port1</i> dan menampilkan nilai sudut pada masing - masing DOF
4	<i>RESET</i>	Berfungsi untuk menonaktifkan <i>serial port1</i> .
5	<i>BACK</i>	Berfungsi menutup <i>form trial learning</i> dan menampilkan kembali <i>form learning mode</i>

Gambar 6 merupakan tampilan dari menu *play mode*. Tampilan dari menu *play mode* hampir sama dengan tampilan pada menu *learning mode*. Perbedaannya adalah pada menu *play mode*, nilai *end effector* hasil perhitungan akan langsung ditampilkan tanpa harus menekan tombol *process*. Fungsi dari menu – menu yang lainnya pada *form play mode* hampir sama dengan menu pada *form trial learning*.

Gambar 6. Tampilan Menu *Play Mode*

Selanjutnya adalah menu *save mode* yang akan ditunjukkan pada Gambar 7.

Gambar 7. Tampilan Menu *Save Mode*

Tabel 4. merupakan penjelasan dari fungsi dari menu pada *form save mode*.

Tabel 4. Fungsi Menu *Save Mode*

No	Bagian	Fungsi
1	<i>SET</i>	Berfungsi untuk mengaktifkan <i>serial port 1</i> dan menampilkan nilai sudut pada masing - masing DOF.
2	<i>RESET</i>	Berfungsi untuk menonaktifkan <i>serial port 1</i> .
3	GERAKAN 1-9	Berfungsi menyimpan koordinat perubahan nilai adc pada robot lengan. Total penyimpanan 5 siklus gerakan.
4	<i>SAVE</i>	Berfungsi menyimpan koordinat perubahan nilai adc pada siklus
5	<i>PLAY</i>	Berfungsi memanggil koordinat perubahan nilai adc sehingga robot lengan akan bergerak mengikuti koordinat perubahan nilai adc secara berulung.
6	<i>STOP</i>	Berfungsi menghentikan perulangan gerakan yang dilakukan oleh robot lengan.
7	<i>RESET</i> (di dalam siklus)	Berfungsi menghapus semua koordinat perubahan nilai adc yang tersimpan pada siklus 1-5.

Pengujian Alat

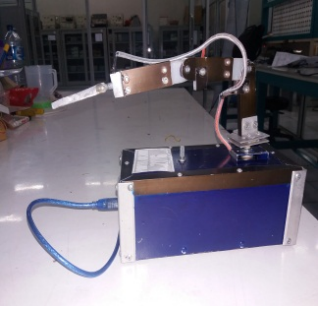

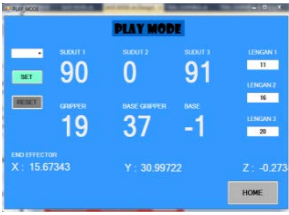
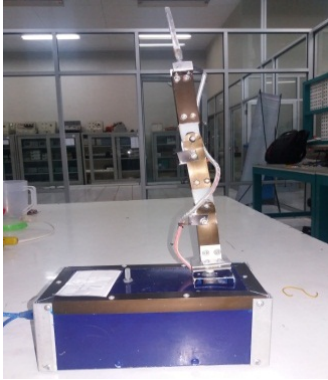

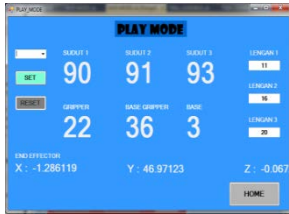
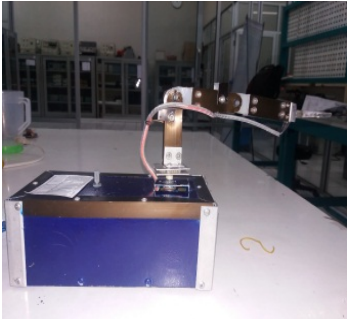


Uji coba penelitian dilakukan untuk memastikan bahwa alat yang dibuat dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya. Pada tahap uji coba alat ini, ada beberapa tahapan uji coba yaitu:

1. Pengujian *prototype* menggunakan bluetooth dalam aplikasi *master* dan *slave*. Pada tahap ini, dilakukan dengan cara mengirimkan nilai ADC yang didapat pada aplikasi master menggunakan potensiometer yang telah terkonfigurasi dengan hardware

master yang telah terhubung dengan bluetooth master yang digunakan sebagai pengirim data yang akan digunakan untuk mengontrol pergerakan motor servo yang telah terkonfigurasi dengan rangkaian slave dan terhubung ke rangkaian bluetooth slave

yang digunakan sebagai penerima data dari aplikasi master robot. Hasil Pengujian Prototype Menggunakan Bluetooth Dalam Aplikasi Master dan Slave seperti tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Prototype* Menggunakan *Bluetooth* Aplikasi *Master* dan *Slave*

No	Posisi Robot <i>Master</i>	Posisi robot <i>slave</i>	Tampilan posisi sudut	Sudut
1				$\theta_1 = 90$ <input type="checkbox"/> $\theta_2 = 0$ <input type="checkbox"/> $\theta_3 = 91$ <input type="checkbox"/> $\theta_4 = -1$ <input type="checkbox"/>
2				$\theta_1 = 90$ <input type="checkbox"/> $\theta_2 = 91$ <input type="checkbox"/> $\theta_3 = 93$ <input type="checkbox"/> $\theta_4 = 3$ <input type="checkbox"/>
3				$\theta_1 = 90$ <input type="checkbox"/> $\theta_2 = 176$ <input type="checkbox"/> $\theta_3 = 95$ <input type="checkbox"/> $\theta_4 = 14$ <input type="checkbox"/>

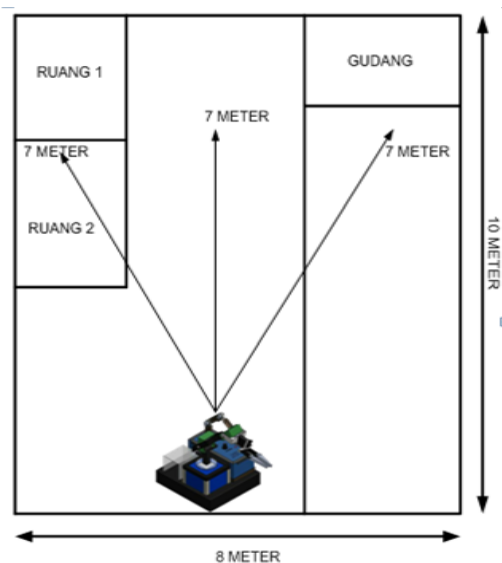
2. Pengujian *prototype* menggunakan *Bluetooth*.
 Pengujian komunikasi *PC* dengan *prototype* ini dilakukan untuk mengetahui jangkauan koneksi jaringan *bluetooth* atau komunikasi yang dapat dilakukan diantara *PC* dengan *prototype* menggunakan jaringan *bluetooth*.
 Pengujian menggunakan *software* Visual Basic dan robot *master* yang telah

terhubung dengan *bluetooth master* yang akan mengirimkan data berupa nilai ADC ke rangkaian robot *slave* menggunakan *bluetooth slave*.
 Pengujian dilakukan di dalam ruangan (*indoor*) dan di luar ruangan tanpa halangan (*outdoor*). Untuk rangkaian *bluetooth master* RX dan TX di hubungkan ke pin D0 dan D1 yang merupakan komunikasi serial asli *bluetooth* sedangkan

untuk rangkaian *bluetooth slave* RX dan TX dihubungkan ke pin D10 dan D11 yang merupakan serial buatan dari Arduino. Sebelum menggunakan pin ini harus diidentifikasi *library*-nya terlebih dahulu, *library* yang digunakan adalah “`#include <SoftwareSerial.h>` “. Sedangkan untuk *bluetooth* yang digunakan adalah 2 buah *bluetooth* HC-05 yang dapat digunakan sebagai *master* dan *slave*.

Inisialisasi untuk masing-masing *device* antara lain sebagai berikut:

- 1) *Baud* : 9600
- 2) *FlowControl* : NONE
- 3) *DataBits* : 8
- 4) *Parity* : NONE



Gambar 8. Denah Area Pengujian dan Jarak Koneksi Bluetooth (*Indoor*)

Gambar 8 menunjukkan denah area pengujian jangkauan koneksi bluetooth master dengan bluetooth slave yang menggunakan PC sebagai indikator.

Pengujian Jangkauan koneksi bluetooth master dengan bluetooth slave yang menggunakan PC sebagai indikator pada area tertutup. Pengujian dilakukan di laboratorium Elektro Polman Negeri Bangka Belitung yang bisa digunakan untuk jangkauan Indoor dikarenakan untuk bluetooth jarak untuk transmisi data masih sangat pendek.

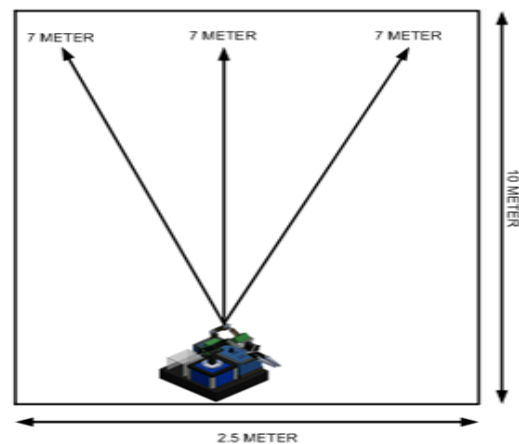
Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian jarak koneksi PC dengan prototype pada area tertutup. Uji coba indoor hanya mampu menempuh jarak 5 m adalah karena

bluetooth HC-05 kelas 2 hanya bisa menjangkau maksimal 10 meter.

Tabel 6. Pengujian Jarak *Wireless Indoor*

No	Jarak	Kondisi
1	1 m	Terdeteksi
2	2 m	Terdeteksi
3	3 m	Terdeteksi
4	4 m	Terdeteksi
5	5 m	Terdeteksi
6	6 m	Tidak Terdeteksi
7	7 m	Tidak Terdeteksi
8	8 m	Tidak Terdeteksi
9	9 m	Tidak Terdeteksi
10	10 m	Tidak Terdeteksi

Pengujian jangkauan koneksi *bluetooth master* dengan *bluetooth slave* yang menggunakan PC sebagai indikator pada area terbuka (*outdoor*) dilakukan di luar Laboratorium Polman Negeri Bangka Belitung.



Gambar 9. Denah Area Pengujian dan Jarak Koneksi Bluetooth (*Outdoor*)

Gambar 9 menunjukkan denah area pengujian luar ruangan dan jarak koneksi bluetooth master dengan bluetooth slave yang menggunakan PC sebagai indikator.

Tabel 7 menunjukkan hasil pengujian jangkauan koneksi bluetooth master dengan bluetooth slave yang menggunakan PC sebagai indikator.

Tabel 7. Pengujian Koneksi Bluetooth *Outdoor*

No	Jarak	Kondisi
1	1 m	Terdeteksi
2	2 m	Terdeteksi
3	3 m	Terdeteksi
4	4 m	Terdeteksi

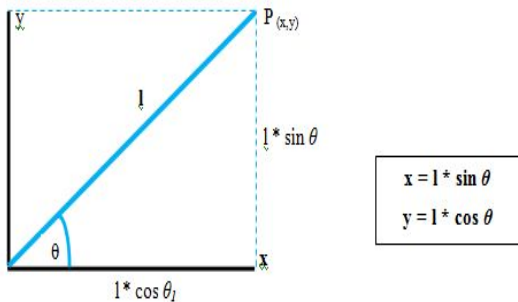
5	5 m	Terdeteksi
6	6 m	Tidak Terdeteksi
7	7 m	Tidak Terdeteksi
8	8 m	Tidak Terdeteksi
9	9 m	Tidak Terdeteksi

3. Pengujian perbandingan posisi *end point* robot lengan menggunakan teori *forward kinematic* dengan pengukuran langsung pada robot lengan.

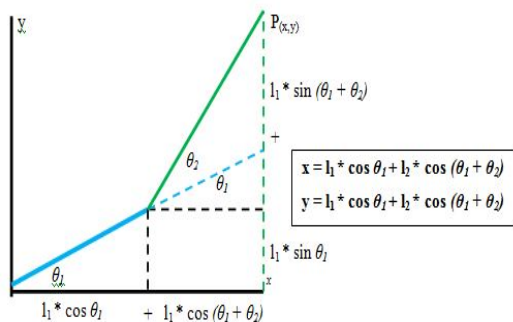
Kinematik merupakan pembelajaran pergerakan tubuh tanpa memperhitungkan gaya, torsi, maupun momen tertentu yang menyebabkan pergerakan. Persamaan kinematik dibagi menjadi 2 bagian yaitu:

1. *Forward kinematic* digunakan untuk mencari posisi *end effector* (x,y,z)
2. *Invers kinematic* digunakan untuk mencari nilai sudut tiap *joint* (teta1, teta1, teta3).

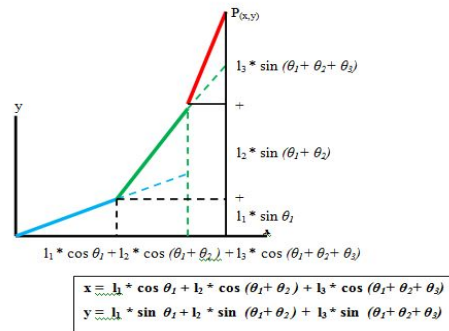
Pada penelitian ini hanya digunakan perhitungan nilai *end effector* menggunakan *forward kinematic*. Pada *forward kinematic* terdapat rumus *forward kinematic* 1 DoF, *forward kinematic* 2 DoF, dan *forward kinematic* 3 DoF, seperti ditunjukkan pada Gambar 10, Gambar 11, dan Gambar 12.



Gambar 10. *Forward Kinematic* 1 DoF

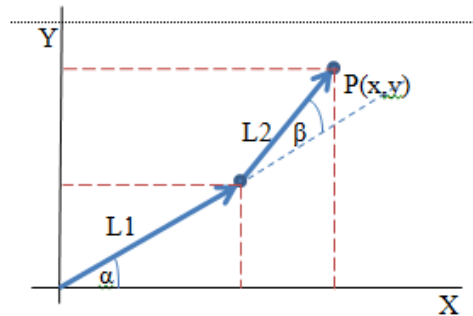


Gambar 11. *Forward Kinematic* 2 DoF



Gambar 12. *Forward Kinematic* 3 DoF

Metode *forward kinematic* menggunakan orientasi dan posisi dari frame pada joint untuk mendapatkan koordinat *end effector*. Gambar 13 berikut adalah contoh perhitungan *forward kinematic* pada lengan robot 2 derajat kebebasan.

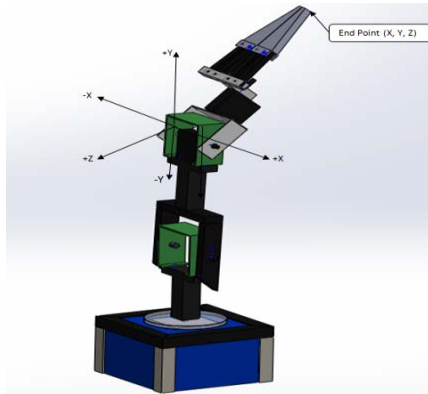


Gambar 13. Perhitungan *forward kinematic*

Pada Gambar 13 diketahui panjang $L1=16\text{cm}$, panjang $L2=20\text{cm}$, besar pergerakan sudut lengan pertama $\alpha = 30$, dan besar pergerakan sudut lengan kedua $\beta = 20$. Maka nilai koordinat *end point* $P(x,y)$ dapat dihitung menggunakan teorema *pythagoras* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} x &= [L1 \cdot \cos \alpha] + [L2 \cdot \cos (\alpha+\beta)] \\ &= [16 \cdot \cos 30] + [20 \cdot \cos (30+20)] \\ &= 2,468023198 + 19,29932057 \\ &= 21,76734377 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= [L1 \cdot \sin \alpha] + [L2 \cdot \sin (\alpha+\beta)] \\ &= [16 \cdot \sin 30] + [20 \cdot \sin (30+20)] \\ &= (- 15,80850599) + (- 5,247497074) \\ &= (- 21,05600306) \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 14. End Point Robot Lengan

Gambar 14 adalah formula *forward kinematic* yang digunakan pada robot lengan yang telah dibuat pada *software visual basic* dengan keterangan sebagai berikut :

- Panjang lengan 1 = L1
- Panjang lengan 2 = L2
- Panjang lengan 3 = L3
- Pergerakan lengan 1 = θ_1
- Pergerakan lengan 2 = θ_2
- Pergerakan lengan 3 = θ_3
- Pergerakan base = θ_4

Sehingga:

$$x = [(L1 \cdot \cos \theta_1) + (L2 \cdot \cos \theta_2) + (L3 \cdot \cos \theta_3)] \cdot [\cos \theta_4]$$

$$y = [(L1 \cdot \sin \theta_1) + (L2 \cdot \sin \theta_2) + (L3 \cdot \sin \theta_3)]$$

$$z = [((L1 \cdot \cos \theta_1) + (L2 \cdot \cos \theta_2) + (L3 \cdot \cos \theta_3)) \cdot (\cos \theta_4)] \cdot [\sin \theta_4]$$

Untuk menentukan nilai sudut pada robot *master* dan *slave* dilakukan dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$\text{Sudut} = \frac{ADC}{1023} + \text{Sudut Referensi}$$

Di bawah ini merupakan perhitungan nilai sudut pada robot *master* dan *slave* pada *prototype* yang telah dibuat :

Sudut lengan 1 : nilai sudut lengan 1 = 90°

$$\text{Sudut 1} = \frac{ADC}{1023} + \text{Sudut Referensi}$$

$$90^\circ = \frac{ADC}{1023} + 180^\circ$$

$$90^\circ = \frac{ADC}{5,6833}$$

$$90^\circ \times 5,6833 = ADC$$

$$511.5 = ADC$$

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisa dan uji coba yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

- Trainer kit master – slave* robot lengan ini menggunakan arduino uno sebagai pengontrolannya dan berkomunikasi menggunakan *bluetooth*.
- Ketika *indoor* atau TX dan RX berada pada satu ruangan dan saat *outdoor* atau TX dan RX berada pada luar ruangan yang sama, trainer kit dapat berkomunikasi dengan jarak jangkauan adalah sejauh 5 meter.
- Trainer Kit dapat digunakan dengan software visual basic untuk berinteraksi secara interface dengan pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir, Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya menggunakan Arduino, Yogyakarta : ANDI OFFSET, 2013.
- Arduino, Arduino Uno [Online], diakses pada 10 juni 2016, Available : <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>
- Hengky Alexander Mangkulo, Cara Mudah Menguasai Servo , Jakarta : PT.Elex Media Komputindo, 2011.
- Monitoring Robot Lengan [Online], diakses pada 12 juli 2016, Available: http://www.thebackshed.com/forum/forum_posts.asp?TID=2196
- Pengertian dan Fungsi Potensiometer [Online], diakses pada 23 juli 2016, Available: <http://teknikelektronika.com/pengertian-fungsi-potensiometer/>
- Serial Port Bluetooth Module (Master/Slave) HC-05 [Online], diakses pada 27 juli 2016, Available: [https://www.itead.cc/wiki/Serial_Port_Bluetooth_Module_\(Master/Slave\)_:_HC-05](https://www.itead.cc/wiki/Serial_Port_Bluetooth_Module_(Master/Slave)_:_HC-05)
- HC-05 Bluetooth to Serial Module [Online], diakses pada 27 juli 2016, Available: <https://splashtronic.wordpress.com/2012/05/13/hc-05-bluetooth-to-serial-module/>
- Retna Prasetia dan Catur Edi Widodo, Teori dan Praktek Interfacing Port Paralel dan Kinematik[Online], diakses pada 1 Agustus 2016, Available: <https://handritoar.wordpress.com/2013/08/28/1-kinematik/>