

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI NIRKABEL LENGAN ROBOT

5 DOF BERODA BERBASIS ARDUINO MEGA 2560

MENGGUNAKAN SMARTPHONE ANDROID

Jaya Hutaaruk ¹⁾, Elang Derdian Marindani ²⁾, Ferry Hadary ³⁾

Program Studi Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

e-mail: jaya.pamera@gmail.com ¹⁾, elangdm@yahoo.co.id ²⁾, ferry.hadary@invent.untan.ac.id³⁾

Abstrak - Dalam perancangan ini, *board* mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang terhubung secara nirkabel melalui modul *bluetooth* HC-05 dengan sebuah *smartphone* android yang difungsikan sebagai pengendali lengan robot 5 DOF beroda, dibantu dengan dua buah sensor jarak (*ultrasonic*) yang diposisikan pada bagian depan dan belakang robot beroda sebagai sistem keamana pendeteksi objek/halangan berupa dinding ataupun benda lainnya. Modul *bluetooth* HC-05 ini terdiri dari *transmitter* dan *receiver*, *smartphone* android dikoneksikan dengan *board* mikrokontroler Arduino Mega 2560 menggunakan komunikasi serial dari modul *bluetooth* HC-05 secara nirkabel. Data-data yang diterima dari *smartphone* android diolah dan diproses oleh Arduino, setelah data diterima dan diproses oleh Arduino, data tersebut digunakan sebagai acuan dalam mengendalikan berbagai aktuator pada lengan robot 5 DOF beroda ini. Hasil pengujian, seperti pengujian pengendalian menggunakan *smartphone* android terhadap pergerakan sudut dari setiap sendi lengan robot serta pergerakan navigasi maju, mundur, belok kanan, belok kiri dan sistem sensor pada lengan robot 5 DOF beroda, menunjukkan bahwa sistem kendali nirkabel dapat mengendalikan lengan robot 5 DOF beroda sesuai dengan perancangan, dimana lengan robot 5 DOF dapat bekerja mengambil barang dengan baik pada area kerja 50° pada bagian sisi kiri dan 50° pada bagian sisi kanan robot beroda. Komunikasi nirkabel antara *smartphone android* dengan Arduino Mega 2560 dapat terhubung dengan baik pada jarak 0 sampai dengan 30 meter. Sedangkan pada jarak lebih dari 30 meter komunikasi nirkabel akan melemah hingga tidak dapat terhubung atau terputus.

Kata Kunci- Lengan Robot 5 DOF, Robot Beroda, Arduino Mega 2560, Smartphone Android.

I. PENDAHULUAN

Lengan robot atau manipulator robot adalah jenis robot yang memiliki struktur berbentuk tangan dan memiliki bagian satu lengan lengkap mulai dari pundak, siku, telapak tangan dan jari. Kemampuan serta fungsi suatu lengan robot didasarkan pada bentuk perancangan lengan robot itu sendiri. Secara umum hanya ada dua jenis robot, lengan robot atau manipulator robot adalah robot yang tidak dapat berpindah tempat atau statik posisi sehingga area kerja dari lengan robot itu sendiri dalam lingkup yang terbatas, lain halnya dengan *mobile* robot atau robot beroda adalah robot yang dapat bergerak dan berpindah posisi dari suatu titik ke titik lain.

Pada saat ini pengendalian sebuah robot *mobile*, kebanyakan masih menggunakan kabel sehingga kurang efisien dalam

penggunaannya. Pada umumnya pengguna tersebut harus menggunakan kabel yang panjang sehingga dapat mengganggu gerak dari robot. Selain itu komunikasi nirkabel sedang mengalami perkembangan yang cukup pesat dan banyak digunakan sebagai salah satu *interface* pada alat-alat elektronika, salah satunya penggunaan *smartphone* yang berbasis android sebagai sarana kendali nirkabel. Pada sistem kendali nirkabel, robot dan kontroler sudah tidak perlu lagi terhubung langsung dengan kabel sehingga penggunaan kabel berlebih bisa di atasi dengan sistem nirkabel.

Dilihat dari masalah yang ada serta perkembangan *smartphone* android saat ini, dilakukanlah sebuah penelitian terhadap pengembangan sistem kendali sebuah lengan robot 5 DOF beroda yang mampu dikendalikan secara nirkabel menggunakan sebuah *smartphone* android. Sinyal kendali yang dikirim oleh *user* melalui *smartphone* android akan masuk ke sistem lengan robot 5 DOF beroda yang telah terintegrasi dengan *board* mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pusat kendali dari seluruh sistem yang ada, sehingga memungkinkan *user* untuk mengendalikan sebuah robot menggunakan *smartphone* android secara nirkabel dengan mudah tanpa harus menggunakan kabel yang berlebih.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Lengan Robot Beroda

Robot berasal dari kata “*robota*” yang dalam bahasa Ceko (Chech) yang berarti budak, pekerja atau kuli. Robot merupakan suatu perangkat mekanik yang mampu menjalankan tugas-tugas fisik, baik dibawah kendali pengawasan manusia, ataupun yang dijalankan dengan serangkaian program yang telah didefinisikan terlebih dahulu atau kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Pada umumnya ada dua jenis robot, yaitu:

a. Robot Beroda atau *Mobile Robot* adalah konstruksi robot yang ciri khasnya adalah mempunyai aktuator berupa roda untuk menggerakkan keseluruhan badan robot tersebut, sehingga robot tersebut dapat melakukan perpindahan posisi dari satu titik ke titik yang lain.

Robot manipulator atau yang juga biasa disebut dengan robot tangan adalah jenis robot yang memiliki struktur berbentuk tangan. Biasanya dalam satu robot manipulator terdapat bagian satu lengan lengkap mulai dari pundak, siku, telapak tangan, dan jari. Robot jenis ini biasa digunakan di bidang industri untuk mengangkat benda-benda berat. Dari penjelasan diatas lengan robot beroda merupakan penggabungan dari fungsi-fungsi pada robot *mobile* dan robot manipulator, sehingga keduanya saling melengkapi dimana robot manipulator dapat terbantu fungsinya dengan bergerak dari satu tempat ke

tempat yang lain. Beberapa penelitian tentang robot lengan beroda yang telah dilakukan diantaranya adalah sebagai berikut:

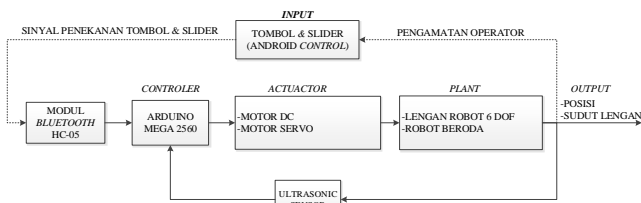
- Robot Beroda Dilengkapi Dengan Lengan Manipulator Yang Dapat Dikendalikan Secara Nirkabel Untuk Mengikuti Gerakan Tangan**, oleh Andreas Kristianto.
- Kontrol Lengan Robot Berbasis Smartphone Android**, oleh Yoel Anggun Wiratma Putra.
- Lengan Robot Penulis Kata Yang Dikendalikan Oleh Aplikasi Pada Android**, oleh Petrus Calver Hendar Kristyanto, 2015.
- Rancang Bangun Prototype Sistem Kendali Lengan Robot Menggunakan Interface Wireless 2.4Ghz**, oleh Anak Agung Ekayana dan Gusti Ngurah Kade Ary P.

Penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini adalah merancang dan membangun sebuah lengan robot beroda yaitu gabungan antara *mobile* robot dan manipulator robot. *Mobile robot* merupakan *base* dari sistem ini sehingga robot dapat bergerak baik itu maju dan mundur atau berbelok ke kiri dan kekanan, sedangkan manipulator robot diletakkan diatas dari *base* yang berfungsi seperti tangan manusia, dengan kendali secara nirkabel menggunakan *smartphone* android melalui media *bluetooth*.

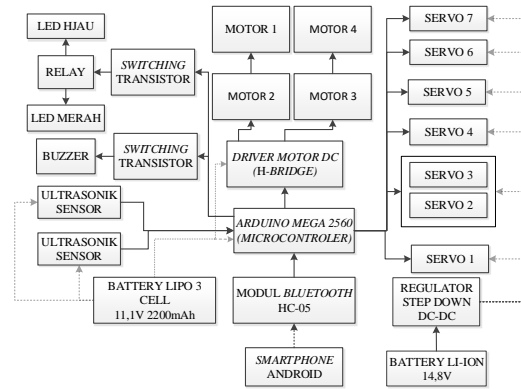
III. PERANCANGAN

A. Perancangan Sistem

Sistem kendali nirkabel lengan robot 5 DOF beroda berbasis Arduino Mega 2560 menggunakan *smartphone* android yang dirancang bangun ini adalah sebuah robot lengan 5 DOF dengan tujuh buah servo penggerak lengan yang digabungkan dengan sebuah robot beroda dengan empat buah motor dc penggerak (*thruster*) dimana robot beroda menjadi *base* dari lengan robot itu sendiri, sehingga memungkinkan lengan robot dapat bergerak berpindah posisi dari suatu posisi keposisi lainnya. Rancangan lengan robot 5 DOF beroda ini dikendalikan manual secara nirkabel menggunakan sebuah *smartphone* android yang terhubung secara serial dengan *board* mikrokontroler Arduino Mega 2560 menggunakan modul *bluetooth* HC-05 sebagai media penghubungnya dan dibantu oleh sensor jarak (*ultrasonic*) untuk mendeteksi benda di depan dan belakang robot pada saat bergerak. Adapun diagram blok sistem kendali pada robot ini dapat dilihat pada Gambar 1, dan diagram blok sistem lengan robot beroda yang dapat dilihat pada Gambar 2.



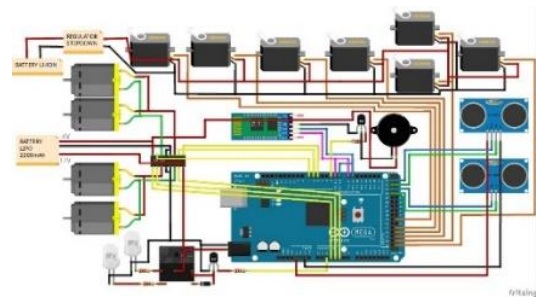
Gambar 1 Diagram Blok Sistem Kendali Robot Lengan Beroda



Gambar 2 Diagram Blok Sistem Lengan Robot 5 DOF Beroda

B. Perancangan Komponen Elektronik

Pada sistem lengan robot 5 DOF beroda ini penulis menggunakan beberapa komponenn utama yaitu *board* Arduino Mega 2560, modul *bluetooth* HC-05, motor servo, motor dc, IC L293D dan sensor jarak *ultrasonic*. Arduino Mega 2560 ini sebagai otak dari sistem yang akan dikendalikan, module *bluetooth* HC-05 sebagai media penghubung antara *smartphone* android ke arduino, sedangkan IC L293D sebagai *driver* motor dc dan sensor *ultrasonic* sebagai pendeteksi halangan yang ada di depan dan belakang robot, sedangkan motor servo sebagai aktuator untuk lengan robot. Serta beberapa komponen pendukung lainnya yang membantu kinerja dari sistem ini seperti yang terlihat pada Gambar 3 sebagai berikut:

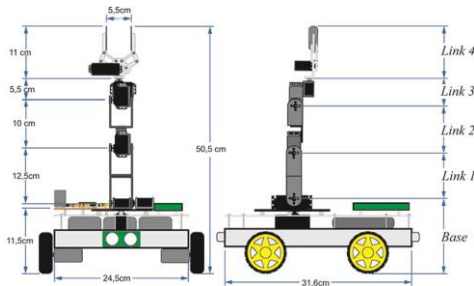


Gambar 3 Gambar keseluruhan rangkaian elektronik

Gambar 3 menunjukkan skema keseluruhan rangkaian elektronik pada lengan robot 5 DOF beroda. Bagian ini dirancang berdasarkan board mikrokontroler Arduino Mega 2560.

C. Perancangan Kerangka Lengan Robot 5 DOF Beroda

Desain lengan robot 5 DOF beroda dilengkapi dengan kerangka atau *body*, penggerak (motor dan roda), sebuah lengan robot 5 DOF dengan griper sebagai *end-efectorny*, dan sensor *ultrasonic* sebagai pendeteksi halangan. Untuk bentuk desain robot yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 4, dimana desain robot tampak dari depan dan tampak dari samping.

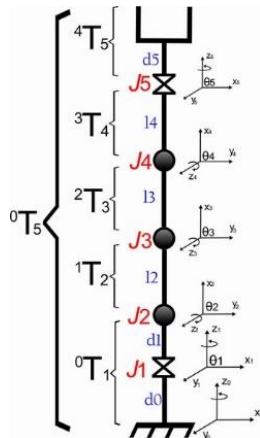


Gambar 4 Lengan Robot 5 DOF Beroda tampak dari depan dan samping

Kerangka lengan robot 5 DOF beroda yang dirancang terdiri dari 6 bagian, yaitu robot beroda yang sekaligus menjadi *Base*, *link 1*, *link 2*, *link 3* dan *link 4* yang berhubungan langsung dengan *end-effector*. Tinggi dari dasar *base* ke *joint 2* yaitu 11,5 cm, *link 1* 12,5 cm, *link 2* 10 cm, *link 3* 5,5 cm dan panjang *end-effector* yaitu 11 cm. Jadi, total tinggi robot lengan ini adalah 50,5 cm. Bahan utama yang digunakan untuk mendesain kerangka dasar atau bodi dibuat dari aluminium dan *acrylic*, untuk roda penggerak (*thruster*) digunakan motor DC 12V yang telah dimodifikasi dengan menambahkan roda pada masing-masing motor DC, motor tersebut diletakan masing-masing 2 buah pada bagian kiri robot dan 2 buah pada bagian kanan robot.

D. Pemodelan Kinematik Langsung Lengan Robot 5 DOF

Untuk menentukan kinematik langsung lengan robot 5 DOF, langkah pertama adalah menentukan *frames link* robot, langkah kedua adalah mengidentifikasi 4 *link* parameter pada setiap *link* robot, dan yang ketiga adalah menemukan hubungan matrik transformasi. Desain lengan robot 5 DOF memiliki 5 *joint* yang dihubungkan dengan 6 *link*. Untuk mencari parameter pada lengan robot dimulai dari *joint* pertama dan berakhir pada *joint* kelima. Pada Gambar 5 menunjukkan *link* parameter lengan robot 5 DOF, sehingga parameter pada lengan robot dapat diketahui.



Gambar 5 *Frames* Lengan Robot 5 DOF

Berdasarkan gambar 5 frames lengan robot 5 DOF, maka parameter posisi awal lengan robot 5 DOF dapat diketahui. Parameter lengan robot 5 DOF dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Parameter posisi awal Lengan Robot 5 DOF

Sumbu	a_i [cm]	α_i [cm]	d_i [cm]	θ_i [°]
1	0	0	10	0
2	0	0	1,5	90
3	12,5	-90	0	10
4	10	0	0	10
5	5,5	0	0	100
6	0	0	11	10

Dari tabel diatas akan diperoleh transformasi matrik dari sumbu satu sampai dengan sumbu lima.

Transformasi matrik untuk sumbu 1 (0T_1):

$${}^0T_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \cos(90) & -\sin(90) & 0 & 0 \\ \sin(90) & \cos(90) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1,5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(-90) & -\sin(-90) & 0 \\ 0 & \sin(-90) & \cos(-90) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \cos(-90) & -\sin(-90) & 0 & 0 \\ \sin(-90) & \cos(-90) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^0T_1 = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0000 & -1.0000 & 0 \\ 0 & -1.0000 & 0.0000 & 11.5000 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0000 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Transformasi matrik untuk sumbu 2 (1T_2):

$${}^1T_2 = \begin{bmatrix} \cos(10) & -\sin(10) & 0 & 0 \\ \sin(10) & \cos(10) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 12,5 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^1T_2 = \begin{bmatrix} 0.9848 & -0.1736 & 0 & 12.3101 \\ 0.1736 & 0.9848 & -1.0000 & 2.1706 \\ 0 & 0 & 1.0000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0000 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Transformasi matrik untuk sumbu 3 (2T_3):

$${}^2T_3 = \begin{bmatrix} \cos(10) & -\sin(10) & 0 & 0 \\ \sin(10) & \cos(10) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 10 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^2T_3 = \begin{bmatrix} 0.9848 & -0.1736 & 0 & 9.8481 \\ 0.1736 & 0.9848 & 0 & 1.7365 \\ 0 & 0 & 1.0000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0000 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Transformasi matrik untuk sumbu 4 (3T_4):

$${}^3T_4 = \begin{bmatrix} \cos(100) & -\sin(100) & 0 & 0 \\ \sin(100) & \cos(100) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 5,5 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\times \begin{bmatrix} \cos(90) & 0 & \sin(90) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin(90) & 0 & \cos(90) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \cos(90) & -\sin(90) & 0 & 0 \\ \sin(90) & \cos(90) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^3T_4 = \begin{bmatrix} -0.9153 & 0.3717 & -0.1552 & -0.9551 \\ 0.0425 & 0.4723 & 0.8804 & 5.4164 \\ 0.4006 & 0.7992 & -0.4481 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0000 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Transformasi matrik untuk sumbu 4 (4T_5):

$${}^4T_5 = \begin{bmatrix} \cos(10) & -\sin(10) & 0 & 0 \\ \sin(10) & \cos(10) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 11 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$${}^4T_5 = \begin{bmatrix} 0.9848 & -0.1736 & 0 & 0 \\ 0.1736 & 0.9848 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.0000 & 11.0000 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

Setelah memperoleh nilai transformasi matrik untuk setiap sumbu, selanjutnya dilakukan perkalian matrik dari masing-masing nilai transformasi untuk mendapatkan nilai dari kinematik langsung manipulator. Sehingga diperoleh:

$${}^0T_5 = {}^0T_1 \cdot {}^1T_2 \cdot {}^2T_3 \cdot {}^3T_4 \cdot {}^4T_5$$

$${}^0T_5 = \begin{bmatrix} -0.8287 & 0.3368 & -0.4470 & 14.0400 \\ -0.5333 & -0.7175 & 0.4481 & 4.9288 \\ 0.1698 & -0.6097 & -0.7742 & -7.3704 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0000 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Dari hasil perhitungan matriks 0T_5 pada persamaan 3.12 kita telah dapat mengetahui orientasi setiap sendi hingga posisi dari *end-effector* lengan robot 5 DOF, dimana posisi awal orientasi *end-effector* lengan robot 5 DOF pada saat pertama kali dihidupkan berada di koordinat $P_x = 14.0400$, $P_y = 4.9288$, dan $P_z = -7.3704$.

E. Perancangan Perangkat Lunak

Sistem *software* yang akan dirancang pada lengan robot 5 DOF beroda ini terdiri dari 2 bagian yaitu:

- a) Perancangan aplikasi antarmuka *smartphone* android sebagai *transmitter* (Tx)
- b) Perancangan program arduino sebagai *receiver* (Rx).

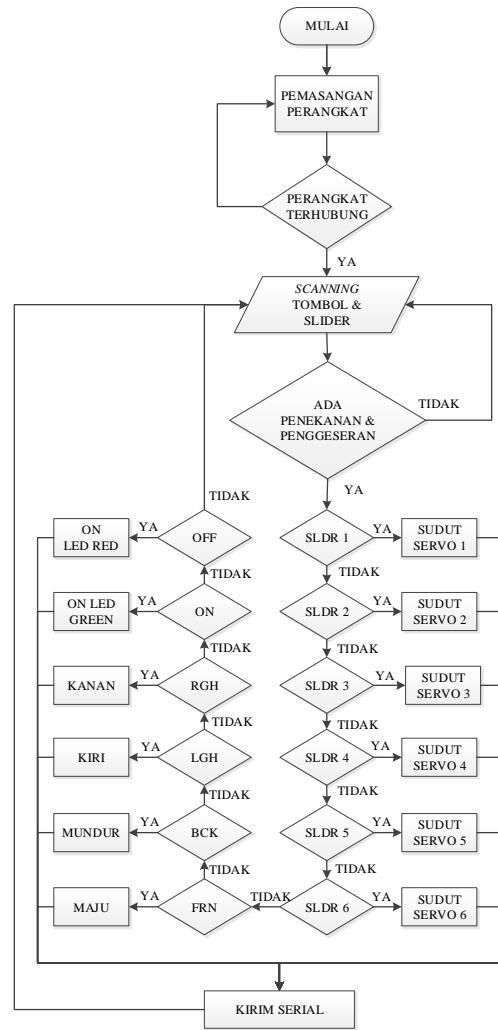
a) Perancangan Aplikasi Antarmuka Android

Pada perancangan aplikasi antarmuka *smartphone* android ini penulis menggunakan MIT App Inventor dalam perancangannya, dimana program yang digunakan berbasis visual *block* dengan sistem *drag & drop* sehingga memudahkan penulis dalam *listnig* program. Aktivitas panel kendali ini dirancang dengan tombol dan *slider* yang berfungsi untuk mengendalikan pergerakan lengan robot 5 DOF beroda yang di rancang. Aktivitas tampilan panel dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Tampilan *Interface* Pengendali Robot Lengan 5 DOF Beroda

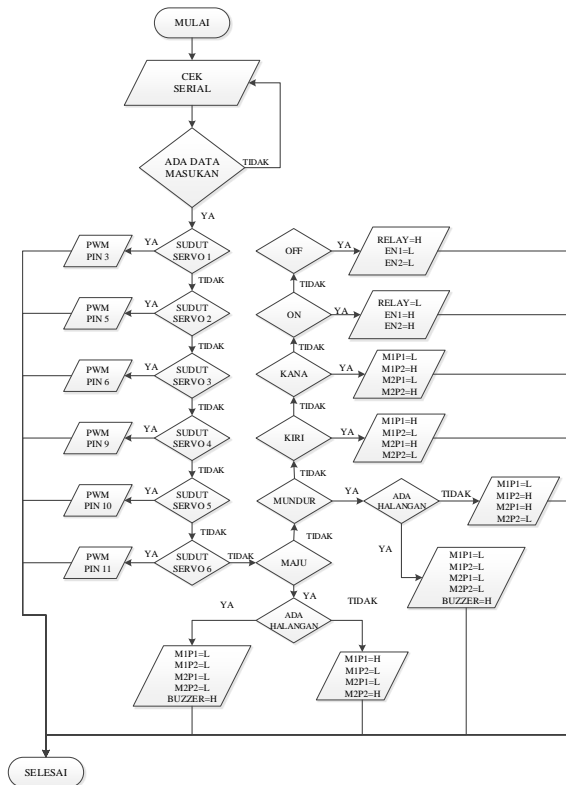
Alur program untuk aktivitas panel kendali *Transmitter* ditunjukkan pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7 Diagram Alir Program *Transmitter*

b) Perancangan Program Arduino

Software yang digunakan dalam pemrograman *board* Arduino Mega 2560 ini adalah Arduino IDE, dalam perancangan program Arduino pada lengan robot 5 DOF beroda ini, *board* Arduino Mega 2560 akan diprogram berdasarkan deskripsi kerja dari sistem lengan robot 5 DOF beroda yang dirancang bangun. Pada gambar 3.20 menunjukkan diagram alir program *receiver*, pada diagram alir tersebut dapat dilihat bagaimana tahapan langkah-langkah sistem kerja dari program Arduino Mega 2560 yang telah dirancang.



Gambar 8 Diagram Alir Program Receiver

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

A. Pengujian Sistem Minimum

Pada komunikasi *interface* antara aplikasi *smartphone* android pengendali dengan *board* mikrokontroler Arduino Mega 2560 terjadi proses pengiriman (Tx) dan penerima (Rx) data serial yang berupa data *byte*. Setiap *byte* data yang dikirim oleh penggeseran *slider* dan penekanan tombol pada aplikasi antarmuka *smartphone* android pengendali ke *board* mikrokontroler Arduino Mega 2560, menghasilkan tegangan pada *pin* keluaran digital (PWM) dan *pin* keluaran *high* atau *low* untuk IC L293D yang digunakan saat proses pengiriman (Tx) dan penerima (Rx) data serial. Dalam pengujian ini dapat diketahui tegangan keluaran PWM yang dihasilkan sistem minimum *board* mikrokontroler Arduino Mega 2560 dengan cara menghubungkan *probe* positif multimeter digital dengan *pin* keluaran digital (PWM) dan *probe* negative dengan *pin ground*. Berikut ini data hasil pengujian tegangan dari *pin* PWM keluaran mikrokontroler Arduino:

Tabel 2 Data Pengujian Tegangan dari Pin PWM Keluaran Mikrokontroler Arduino.

Derajat pergeseran slider	Tegangan pada pin keluaran Arduino (pin 30, pin 31, pin 32, pin 33, pin 34, pin 35)
0°	0.14 Volt
10°	0.16 Volt
20°	0.19 Volt
30°	0.22 Volt
40°	0.24 Volt
50°	0.27 Volt
60°	0.29 Volt

70°	0.32 Volt
80°	0.34 Volt
90°	0.37 Volt
100°	0.39 Volt
110°	0.42 Volt
120°	0.45 Volt
130°	0.47 Volt
140°	0.50 Volt
150°	0.52 Volt
160°	0.55 Volt
170°	0.57 Volt
180°	0.60 Volt

B. Pengujian Koneksi Bluetooth

Pada pengujian koneksi *bluetooth* ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sambungan *bluetooth*, dan mengetahui kemampuan jarak jangkauan komunikasi antara perangkat *bluetooth* pada *smartphone* android dengan modul *bluetooth* HC-05 pada *board* Arduino Mega 2560 pada kondisi tanpa halangan dan pada kondisi ada halangan. Untuk hasil pengujian jarak jangkauan koneksi *bluetooth* tanpa halangan dapat dilihat pada Tabel 3, dan dengan ada halangan pada Tabel 4 berikut:

Tabel 3 Hasil Pengujian Jarak Jangkauan Koneksi Bluetooth Tanpa Halangan Pada Jarak 30 Meter

NO	JARAK	KONEKSI	RESPON
1	30m	Terhubung	0,4
2	30m	Terhubung	0,3
3	30m	Terhubung	0,4
4	30m	Terhubung	0,3
5	30m	Terhubung	0,4
Rata-rata	-	-	0,36

Tabel 4 Data Hasil Pengujian Jarak Jangkauan Koneksi Bluetooth pada Kondisi ada Halangan Pada Jarak 20m

NO	JARAK	KONEKSI	RESPON
1	20m	Terhubung	0,7
2	20m	Terhubung	0,6
3	20m	Terhubung	0,6
4	20m	Terhubung	0,8
5	20m	Terhubung	1,0
Rata-rata	-	-	0,74

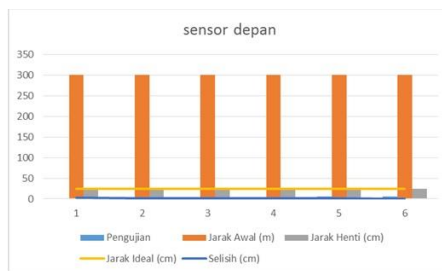
C. Pengujian Sistem Sensor

Pada pengujian sistem sensor robot ini bertujuan untuk mengetahui apakah *listing* program Bahasa C sistem sensor sudah benar dan bekerja sesuai dengan program yang diberikan, serta kemampuan sensor jarak (*ultrasonic*) dalam mendeteksi jarak objek atau halangan, berupa dinding ataupun benda yang ada di depan dan belakang robot. Dengan batas jarak yang diberikan pada masing-masing sensor depan dan sensor belakang robot sejauh 25cm sesuai dengan *listing* program yang telah diberikan, serta mengetahui *accuracy* respon dari motor DC terhadap sistem sensor. Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian sistem sensor.

Tabel 5 Hasil Pengujian Sistem Sensor Depan

Pengujian	Jarak Awal (cm)	Jarak Henti (cm)	Jarak Ideal (cm)	Selisih (cm)
1	300	22	25	3
2	300	24	25	1
3	300	24	25	1
4	300	24	25	1
5	300	23	25	2
6	300	25	25	0
Rata-rata	-	23,6	-	1,3

Untuk lebih jelas, grafik hasil pengujian sistem sensor depan dapat dilihat pada Gambar 9 berikut:

**Gambar 9** Grafik Hasil Pengujian Sistem Sensor Depan

D. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem pada lengan robot 5 DOF beroda ini dilakukan untuk mengetahui apakah semua sistem yang telah dirancang dapat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsi dan tujuan awal perancangan, yaitu apakah sebuah aplikasi *smartphone* android dapat berfungsi dengan baik sebagai pengendali lengan robot 5 DOF beroda berbasis Arduino Mega 2560 secara nirkabel, mengetahui *listing* program pada Arduino Mega 2560 dapat bekerja dengan baik, serta mengetahui kemampuan dari lengan robot 5 DOF beroda dalam hal mengangkat dan memindahkan barang, bergerak maju, mundur, belok kiri, belok kanan, mendeteksi halangan, melewati medan yang menanjak, serta mengetahui area kerja lengan robot untuk mengambil barang. Adapun data hasil dari pengujian unjuk kerja lengan robot 5 DOF beroda dapat dilihat pada Tabel 6, dan Data hasil pengujian unjuk kerja robot dalam melewati medan terjal dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6 Data Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Lengan Robot 5 DOF Beroda.

Pengujian	a	b	c	d	e	f
Objek	Kubus	Silinder	Kubus	Silinder	Kubus	Silinder
Komunikasi	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
Aplikasi Pengendali	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
Minimum Sistem	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
Sistem Navigasi	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
Sistem	Depan	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
Sensor	Belakang	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil

Tabel 7 Data Hasil Pengujian Unjuk Kerja Melewati Medan Menanjak

N0	Sudut	Hasil
1	10°	Berhasil
2	20°	Berhasil
3	30°	Berhasil
4	40°	Gagal

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan terhadap lengan robot 5 DOF beroda dengan kendali nirkabel menggunakan *smartphone* android yang telah dirancang, maka ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Lengan robot 5 DOF beroda yang dibuat dapat bekerja dengan baik.
2. Komunikasi nirkabel melalui media *bluetooth* antara *smartphone* android pengendali dengan *board* mikrokontroler Arduino Mega 2560 pada lengan robot 5 DOF beroda ini memudahkan dalam perancangan serta pengendalian robot, karena tidak perlu menggunakan kabel yang berlebih dan menghambat pergerakan dari robot tersebut.
3. Jarak jangkauan antara *smartphone* android pengendali dengan lengan robot 5 DOF beroda berbasis Arduino Mega 2560 ini maksimal mencapai jarak 30 meter dengan kondisi tanpa halangan, dan mencapai jarak maksimal 18 meter pada kondisi ruang tertutup.
4. Program aplikasi antarmuka *smartphone* android pengendali sebagai pengendali robot secara nirkabel yang dibangun dengan Mit App Inventor dapat bekerja dengan baik.
5. Semakin besar nilai derajat pergeseran *slider* pengendali maka tegangan dari *pin* keluaran mikrokontroler Arduino Mega 2560 semakin besar. Nilai rata-rata tegangan yang dihasilkan yaitu 115,03 mV.

B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lengan robot 5 DOF beroda berbasis Arduino Mega 2560 dengan kendali nirkabel menggunakan *smartphone* Android ini adalah:

1. Penambahan sensor pendeteksi objek pada robot agar robot dapat dioperasikan dengan *mode* otomatis.
2. Pengembangan media komunikasi antara *smartphone* android pengendali dengan *board* mikrokontroler Arduino Mega 2560, misalnya menggunakan modul wifi atau wab agar jangkauan komunikasi antara *smartphone* android pengendali dengan robot lebih jauh.
3. Penggunaan torsi motor servo lengan robot dan motor DC robot beroda yang tepat, agar robot mampu mencapai tujuan tanpa kendala.
4. Pengembangan desain mekanik robot yang disesuaikan dengan fungsi pekerjaan yang khusus, agar kemampuan robot lengan 5 DOF beroda yang dirancang dapat bekerja dengan maksimal sesuai fungsi dan gunanya, sehingga lebih efisien dengan fungsi sebagai robot yang dapat membantu pekerjaan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

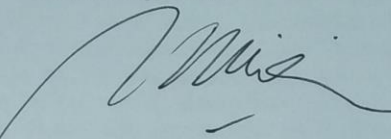
- [1] Anonym. *Bluetooth To Serial Port Overview Module HC-05, E-Book Datasheet*. <http://www.electronicab0norte.com/mwfls/pdf/newBluetooth.pdf>.
- [2] Banzi Massimo. 2009. *Getting Started with Arduino*, First Edition. Published by Make:Books, an imprint of Maker Media, a division of O'reilly Media, Inc.
- [3] Budiharto, Widodo., dan Purwanto, Djoko. 2012. *Robot Vision- Teknik Membangun Robot Cerdas Masa Depan*. Jakarta: C.V Andi Offset.
- [4] Djuandi Feri. 2011. *Pengenalan Arduino*. Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Trisakti, Jakarta.
- [5] McRoberts, Michael. 2010. *Beginning Arduino*. New York: Apress.
- [6] Nelwan, Andi. 2012. *Teknik Rancang Bangun Robot*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- [7] Pratama Widiyanto. 2011. *Pengenalan Android*. Mahasiswa Jurusan Teknik Informatika Universitas Gunadarma, Depok.
- [8] Mengenal Arduino Mega. (n.d.). September 10, 2017. <http://ecadio.com/belajar-dan-mengenal-arduino-mega>
- [9] Putra, Yoel Anggun Wiratama. 2015. *Kontrol Lengan Robot Berbasis Smartphone Android*. Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- [10] Kristyanto, Petrus Claver Hendra. 2015. *Lengan Robot Penulis Kata Yang Mampu Dikendalikan Oleh Aplikasi Pada Android*. Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- [11] Kristianto, Andreas. 2013. *Robot Beroda Dilengkapi Dengan Lengan Manipulator Yang Dapat Dikendalikan Secara Nirkabel Untuk Mengikuti Gerakan Tangan*. Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- [12] Ekayana. Anak Agung. P.Gusti Ngurah Kade Ary. 2017. *Rancang Bangun Prototype Sistem Kendali Lengan Robot Menggunakan Interface Wireless 2.4Ghz*. Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja. Mahasiswa Sistem Komputer STMIK STIKOM Indonesia Denpasar.

BIOGRAFI



Jaya Hutauruk
lahir di manokwari pada tanggal 19 februari 1994, mendapatkan gelar S.T. (sarjana) Teknik Elektro tahun 2018 dari Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Mengetahui,
Pembimbing Utama,


Elang Derdian Marindani, ST, MT.
NIP. 19720301 199802 1 001

Pembimbing Pembantu,


Dr. Eng. Ferry Hadary, S.T., M.Eng.
NIP. 19710228 1995121 001

