

Implementasi Komunikasi *Wifi* dalam Perancangan Lengan Robot

Aziz Octavianto^{1*}, Muhammad Ramdani¹, Mujirudin¹, Harry Ramza¹, Yohannes Dewanto²

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA
Jalan Tanah Merdeka No 6, Kp Rambutan, Jakarta, Indonesia

Telp : +62-21-8400341, Faks : +62-21-8411531, *Email : azizocta@gmail.com
muhammadramdani@uhamka.ac.id, mujirudin@uhamka.ac.id; hramza@uhamka.ac.id;

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Universitas Suryadarma
Jalan Protokol Halim Perdanakusuma Komplek Bandara, Jakarta, Indonesia
Telp : +62-21-8009249, Faks : + 62-21-8009246, Email : dewantoyohanes@gmail.com

Abstrak –Keberadaan teknologi robotika saat ini sangat membantu dalam aktivitas manusia untuk mempermudah melakukan pekerjaan. Salah satu teknologi robotika saat ini yaitu lengan robot. Lengan robot merupakan jenis robot yang menyerupai lengan manusia yang dapat memindahkan barang dari satu tempat menuju tempat lainnya. Namun ketika lengan robot ditempatkan pada area yang memiliki kondisi lingkungan yang ekstrim, maka lengan robot tersebut harus dilengkapi dengan sebuah sistem pengendali jarak jauh. Penelitian ini bertujuan untuk merancang lengan robot yang memiliki 4 derajat kebebasan dan mampu dikendalikan dari jarak jauh melalui komunikasi *wifi* dengan menentukan nilai waktu tunda. Lengan robot dirancang menggunakan mikrokontroler *NodeMCU ESP-12E* dimana mikrokontroler tersebut sudah memiliki fitur untuk terhubung kedalam jaringan *WiFi*. Lengan robot memiliki lima buah motor servo dan dapat bergerak berdasarkan empat bagian yaitu *base*, *shoulder*, *elbow*, dan *wrist* serta sebagai *end-effector*nya adalah *gripper*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lengan robot mampu dikendalikan dengan jarak jangkauan maksimum sejauh 16 meter dan memiliki rata-rata waktu tunda sebesar 66.6 ms.

Kata kunci: Lengan Robot, 4 DOF, Komunikasi *Wifi*, Motor Servo, Mikrokontroler, *NodeMCU*

1 Pendahuluan

Keberadaan teknologi robotika saat ini sangat membantu dalam aktivitas manusia untuk mempermudah melakukan pekerjaan. Salah satu teknologi robotika saat ini yaitu lengan robot.

Lengan robot atau biasa disebut dengan robot manipulator terdiri dari gabungan dari beberapa segmen dan *joint* yang dibagi menjadi empat bagian yaitu *base*, *elbow*, *shoulder* dan *gripper* [1]. Secara umum lengan robot merupakan alat mekanik yang menggantikan tugas manusia yang berhubungan dengan pekerjaan fisik yang sifatnya berulang-ulang, mempunyai resiko tinggi seperti mengangkat barang-barang berat dari satu tempat ke tempat lain, melakukan pekerjaan cepat, presisi, dan membutuhkan daya tahan serta konsentrasi tinggi [2]. Namun ketika lengan robot ditempatkan pada area yang memiliki kondisi lingkungan yang ekstrim, maka lengan robot tersebut harus dilengkapi dengan sebuah sistem pengendali jarak jauh.

Lengan robot dirancang menggunakan mikrokontroler *NodeMCU V.3 Lollin* dimana mikrokontroler tersebut sudah memiliki fitur untuk terhubung kedalam jaringan *WiFi*. Lengan robot memiliki 5 buah motor servo dan dapat bergerak berdasarkan empat bagian actuator yaitu

base, *shoulder*, *elbow*, dan *wrist* serta sebagai *end-effector*nya adalah *gripper*.

2 Dasar Teori

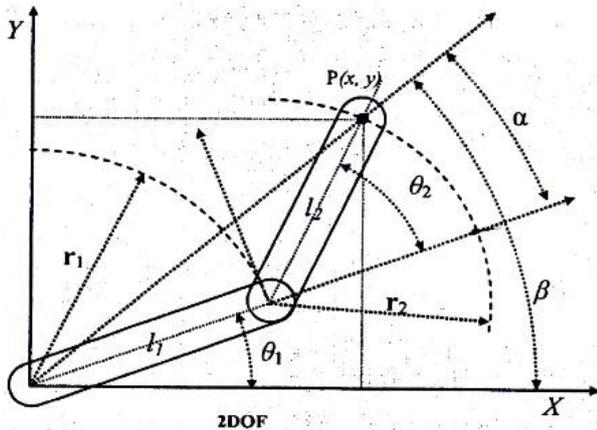
2.1. Lengan Robot

Lengan robot memiliki tiga bagian utama yaitu struktur bagian mekanik, bagian penggerak (actuator), dan bagian elektrik. Bagian mekanik merupakan bagian yang terdiri dari susunan rangka lengan robot yang terhubung satu sama lain oleh *joint* (sendi) dan *link* (penghubung tiap *joint*).

Lengan robot dapat bergerak menggunakan lima buah motor servo sebagai aktuatornya yang bergerak berdasarkan empat bagian yaitu *base*, *shoulder*, *elbow*, dan *wrist* sertasebagai *end-effector*nya adalah *gripper*. Derajat kebebasan (*Degree of Freedom*) adalah sambungan pada lengan yang dapat diputar maupun digeser. Derajat kebebasan digunakan untuk mengetahui cara robot bergerak dan jumlah aktuator lengan robot yang digunakan.

Kinematika adalah studi yang mempelajari pergerakan robot tanpa memperhatikan gaya yang mempengaruhi pergerakan lengan robot. Pada sebuah analisis kinematic, posisi, kecepatan dan akselerasi dari seluruh link dihitung tanpa memperhatikan gaya yang menyebabkan pergerakan tersebut

Kinematika lengan robot 2 sendi ditunjukkan pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 Kinematika Lengan Robot 2 sendi [5]

Invers Kinematik lengan robot dua sendi pada gambar 2.22 dapat dijabarkan menggunakan rumus trigonometri secara forward kinematika. Kedudukan ujung lengan dinyatakan sebagai P(x,y), dengan:

$$P(x,y) = f(\theta_1, \theta_2)$$

Jika p diasumsikan sebagai vektor penjumlahan yang terdiri dari vektor r1 lengan-1 dan r2 lengan r2, yaitu :

$$r_1 = [l_1 \cos \theta_1 \cdot l_2 \cos(\theta_1)] \quad (1)$$

$$r_2 = [l_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \cdot l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2)] \quad (2)$$

Maka,

$$x = l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \quad (3)$$

$$y = l_1 \sin \theta_1 + l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) \quad (4)$$

Persamaan (3) dan (4) dapat diperoleh menggunakan analisis kinematika maju dengan hukum identitas trigonometri:

$$\cos(a + b) = \cos(a)\cos(b) - \sin(a)\sin(b) \quad (5)$$

$$\sin(a + b) = \sin(a)\cos(b) + \sin(b)\cos(a) \quad (6)$$

maka didapatkan:

$$Px = l_1 \cos(\theta_1) + l_2 \cos(\theta_1) \cos(\theta_2) - l_2 \sin(\theta_1) \sin(\theta_2) \quad (7)$$

$$Py = l_1 \sin(\theta_1) + l_2 \sin(\theta_1) \cos(\theta_2) - l_2 \cos(\theta_1) \sin(\theta_2) \quad (8)$$

Dari Persamaan (7) dan (8) serta menggunakan analisis kinematika balik, maka akan didapatkan:

$$\theta_2 = \cos^{-1} \left\{ \frac{x^2 + y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2l_1 l_2} \right\} \quad (9)$$

Sedangkan sudut θ_1 dapat dicari melalui,

$$\tan \alpha = \frac{l_2 \sin \theta_2}{l_2 \cos \theta_2 + l_1} \text{ dan } \tan \beta = \frac{y}{x} \quad (10)$$

sudut dapat dicari melalui θ_1 dapat dicari melalui

$$\theta_1 = \beta - \alpha \quad (11)$$

Dengan hukum identitas trigonometri :

$$\tan a + b = \frac{\tan a - \tan b}{1 + \sin a \sin b} \quad (12)$$

didapatkan:

$$\tan \theta_1 = \frac{y \cdot l_1 + l_2 \cos \theta_2 - x \cdot l_2 \sin \theta_2}{x \cdot l_1 + l_2 \cos \theta_2 - y \cdot l_2 \sin \theta_2} \quad (13)$$

Sehingga

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{y \cdot l_1 + l_2 \cos \theta_2 - x \cdot l_2 \sin \theta_2}{x \cdot l_1 + l_2 \cos \theta_2 - y \cdot l_2 \sin \theta_2} \quad (14)$$

Dengan penjabaran trigonometri maka persamaan (1) sampai (14) merupakan persamaan dari invers kinematika lengan robot dua sendi.

1.2. Node Micro Controller Unit (NodeMCU) V.3 Lollin

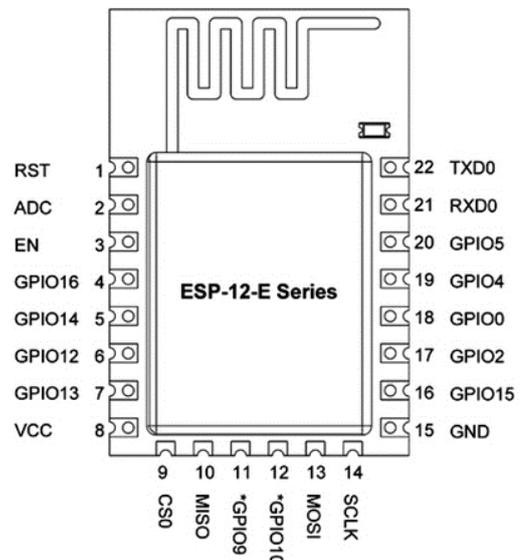
NodeMCU (Node Micro Controller Unit) merupakan sebuah platform Internet Of Things yang bersifat *opensource*. NodeMCU dikembangkan berdasarkan pada modul ESP8266 yang mengintegrasikan GPIO, PWM (Pulse Width Modulation), IIC, Wire, dan ADC (Analog to Digital Converter). mikrokontroler ini dilengkapi fitur wifi dan *firmware* yang bersifat *open source*.

NodeMCU dapat berfungsi sebagai host maupun sebagai modul transfer data dalam jaringan *WiFi*. Mikrokontroler ini memiliki kemampuan pengolahan dan penyimpanan data yang baik sehingga memungkinkan untuk diintegrasikan dengan sensor dan perangkat khusus lainnya melalui GPIO (*general pin input output*) [3]. Bentuk fisik NodeMCU dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Bentuk Fisik NodeMCU V.3 Lollin [6]

Jantung dari NodeMCU adalah unit chip mikrokontroler ESP12 CORE. dimana chip mikrokontroler ini sudah tertanam antenna microstrip. NodeMCU dipetakan agar setiap kakinya (pin) selalu sama dengan board NodeMCU versi lainnya, hal ini berguna agar setiap board NodeMCU saling kompatibel [6]. Peta pin ESP-12E dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3 Peta pin chip mikrokontroler ESP12-E [6]

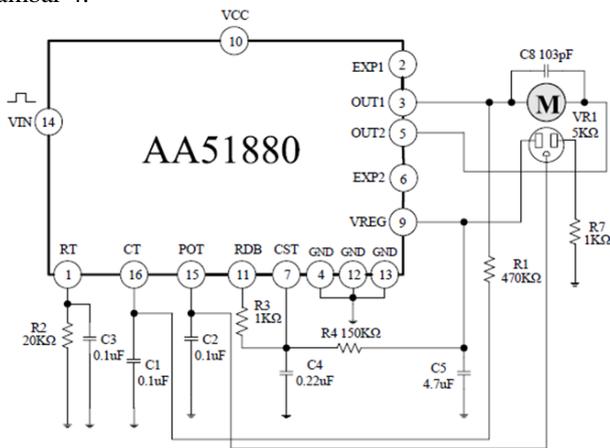
Berikut adalah spesifikasi dari NodeMCU V.3 Lollin

Tabel 1 Spesifikasi NodeMCU V.3 Lollin

SPEKIFIKASI	NodeMCU V.3 Lollin
Mikrokontroler	ESP12-E
Ukuran Board	57 mm x 30 mm
Tegangan Kerja	3.3 V ~ 5 V
Wifi	IEEE 802.11 b/g/n 802.11b : +16 ± 2 dBm (at 11 Mbps) 802.11g : +14 ± 2 dBm (at 54 Mbps) 802.11n : +13 ± 2 dBm (at HT20, MCS7)
Power Transmisi	
Range Frekuensi	2.412 Ghz ~ 2.484 Ghz
Wireless Form	On board PCB antenna mikrostrip
Serial Transmisi	110 – 921600 bps, TCP Client 5
Network Protokol	IPv4, TCP / UDP / FTP / HTTP
IO Capability	UART, I2C, PWM, GPIO, 1 ADC
Temperatur operasi	40 ~ 125° C
Flash Memory	4 Mb
Clock speed	40/26/24 Mhz
Usb to serial converter	CH340G
USB port	Micro USB

1.3. Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC yang dilengkapi rangkaian kontrol dengan sistem umpan balik tertutup. Pada motor servo posisi dari motor akan diinformasikan kembali kerangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo [3]. Skematik rangkaian kontrol motor servo dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Skematik Rangkaian Kontrol Elektrik Motor Servo [8]

3 Metodologi Penelitian

1.1 Perancangan Lengan Robot

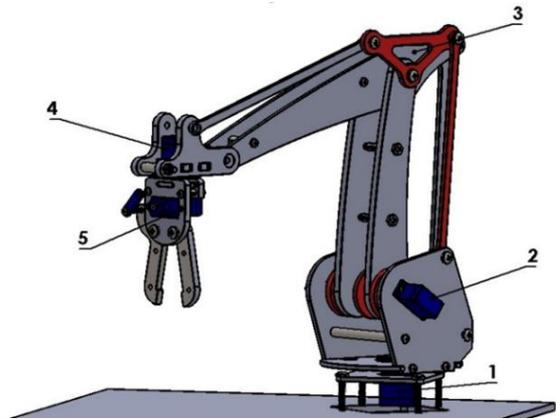
Pada perancangan lengan robot menggunakan 5 buah motor servo sebagai actuator dimana masing-masing motor servo diletakkan ditempat yang berbeda tergantung dari torsi yang dihasilkan oleh motor servo tersebut.

Gambar 5 merupakan perancangan mekanik lengan robot dimana lima bagian utama pada robot tersebut berperan sebagai penghubung (link), yang meliputi :

1. Bagian dasar (Base)
2. Bagian bahu (Shoulder)
3. Bagian Siku (Elbow)

4. Bagian Pergelangan (Wrist)

5. Bagian ujung yang diberi gear penjepit (End effector)



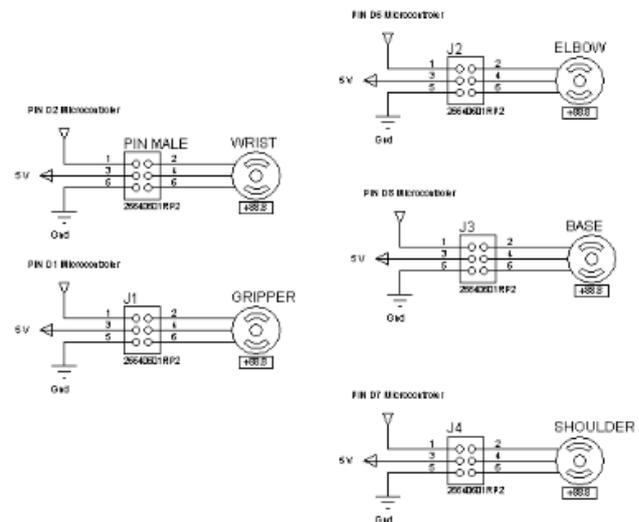
Gambar 5 Perancangan Mekanik Lengan Robot

Tabel 2 Spesifikasi Lengan Robot

No	Lengan penghubung (joint)	Panjang setiap bagian lengan	Sensifitas sudut	Sudut maksimum yang dapat dijangkau
1	Penjepit (Gripper)	7 cm	0° – 40°	40°
2	Pergelangan (wrist)	5.5 cm	0° – 180°	180°
3	Siku (Elbow)	21.4 cm	100° – 180°	80°
4	Bahu (shoulder)	14.8 cm	10° – 120°	110°
5	Dasar (base)	9 cm	0° - 180°	180°

1.2 Perancangan Rangkaian Motor Servo

Motor servo yang digunakan berjumlah 5 buah, 4 buah untuk menggerakkan lengan dan 1 buah untuk menggerakkan gripper. Masing-masing motor servo baik yang digunakan pada lengan ataupun motor servo yang digunakan pada gripper agar dapat berfungsi dengan baik membutuhkan tegangan 5 VDC. Skematik rangkaian motor servo ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6 Skematik Rangkaian Motor Servo

1.3 Perancangan Antarmuka Aplikasi Lengan Robot

Untuk menggerakkan lengan robot dari jarak jauh melalui koneksi jaringan Wifi, penulis memanfaatkan aplikasi yang sudah tersedia pada "Play store" android. Dengan kata kunci "BLYNK", aplikasi ini sebagai remote control untuk mengirimkan perintah ke lengan robot. antarmuka untuk menggerakkan lengan robot dirancang seperti gambar7.



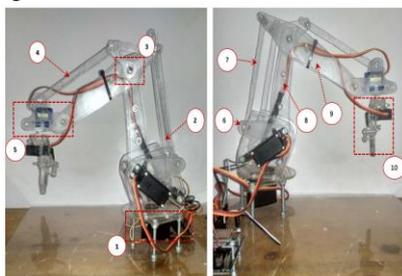
Gambar 7 Perancangan Antarmuka Aplikasi Lengan Robot

4 Temuan dan Pembahasan

4.1 Hasil Perancangan Lengan Robot

Hasil dari perancangan lengan robot ini terdiri dari kerangka yang saling dihubungkan membentuk lengan robot yang sebagian besar terbuat dari bahan akrilik dengan ketebalan 3 mm.

Lengan robot ini memiliki 4 derajat kebebasan yang biasa disebut dengan DOF (Degree of Freedom), yang terdiri dari base, shoulder, elbow, wrist, dan gripper sebagai end effector. Selain itu terdapat juga link dan joint yang ada dalam mekanik lengan robot. Hasil dari perancangan lengan robot dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Hasil Perancangan Lengan Robot

Keterangan pada gambar 8.

1. Nomor 1 merupakan bagian base lengan robot
2. Nomor 2 merupakan link 1 wrist lengan robot
3. Nomor 3 merupakan bagian joint untuk menghubungkan link 1 wrist dengan link 2 wrist.
4. Nomor 4 merupakan link 2 wrist lengan robot
5. Nomor 5 merupakan bagian wrist lengan robot
6. Nomor 6 merupakan joint untuk menggerakkan elbow

7. Nomor 6 merupakan link untuk menggerakkan elbow
8. Nomor 8 merupakan rangka bagian shoulder lengan robot
9. Nomor 9 merupakan rangka bagian elbow lengan robot
10. Nomor 10 merupakan bagian end effector yaitu gripper

4.2 Pengujian Lengan Robot

4.1.1. Pengujian Sudut Lengan Robot

Pengujian sudut lengan robot dilakukan untuk mengetahui jangkauan maximum dan minimum lengan robot dengan cara mengukur nilai sudut x dan y serta membandingkan sudut servo dengan sudut terukur pada bagian servo elbow dan servo shoulder. Hasil pengujian sudut lengan robot dengan cara menentukan nilai terukur x dan y serta membandingkan sudut servo dengan sudut terukur ditunjukkan pada tabel 3 dibawah ini

Tabel 3 Hasil Pengujian Sudut Lengan Robot

No	Sudut Servo (°)		Sudut Terukur (°)		Jarak Jangkau Lengan Robot (Cm)	
	Elbow	Shoulder	Elbow	Shoulder	x	y
1	180°	10°	178°	18°	8.5	8
2	180°	20°	178°	27°	8.5	8
3	180°	30°	178°	35°	9	8
4	180°	40°	178°	45°	9	8.5
5	180°	50°	178°	53°	9	9.5
6	180°	60°	175°	65°	12	8
7	180°	70°	175°	73°	14	7.5
8	180°	80°	175°	90°	16	5.5
9	180°	90°	175°	95°	17	5
10	180°	100°	170°	105°	19	4
11	180°	110°	170°	117°	20	2
12	180°	120°	170°	123°	21	0
13	170°	50°	180°	58°	16	7
14	160°	50°	170°	58°	14	6.5
15	150°	50°	165°	55°	13	5
16	140°	50°	150°	55°	12	4.5
17	130°	50°	135°	53°	11	4
18	120°	50°	130°	53°	11	3
19	110°	50°	120°	50°	11	2
20	100°	50°	105°	50°	10.5	1

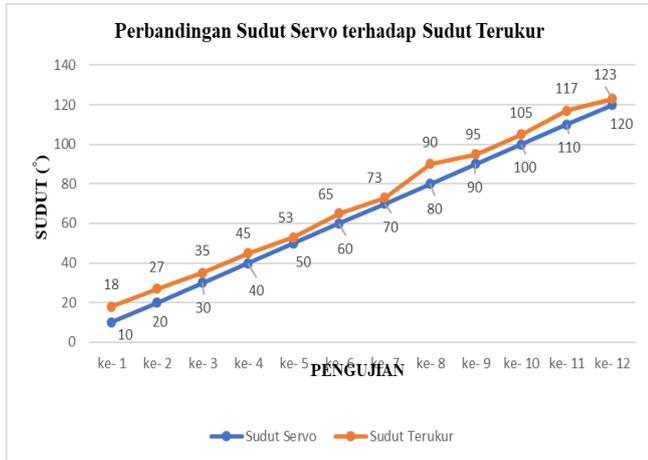
Berdasarkan pada tabel 3 maka didapatkan hasil Errorsendi Shoulder antara sudut servo dengan sudut terukur yang dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini

Tabel 4 Hasil Pengujian Error pada Sendi Shoulder

No	Sudut Servo	Sudut Terukur	Error
1	10°	18°	44.4 %
2	20°	27°	25.9 %
3	30°	35°	14.2 %
4	40°	45°	11.11 %
5	50°	53°	5.66 %
6	60°	65°	7.69 %
7	70°	73°	4.1 %
8	80°	90°	20 %
9	90°	95°	11.11 %
10	100°	105°	4.76 %
11	110°	117°	5.98 %
12	120°	123°	2.43 %

Berdasarkan pada tabel 4 data diambil sebanyak 12 kali percobaan didapatkan nilai error sudut yang diinput dengan sudut yang terukur. Nilai error terendah yaitu 2.43% nilai tersebut didapatkan pada saat sendi shoulder berada posisi

terukur 123° dan sudut servo berada pada posisi 120°. Grafik antara sudut yang diinput dengan sudut yang terukur pada sendi *Shoulder* ditunjukkan pada gambar 9 dibawah ini.



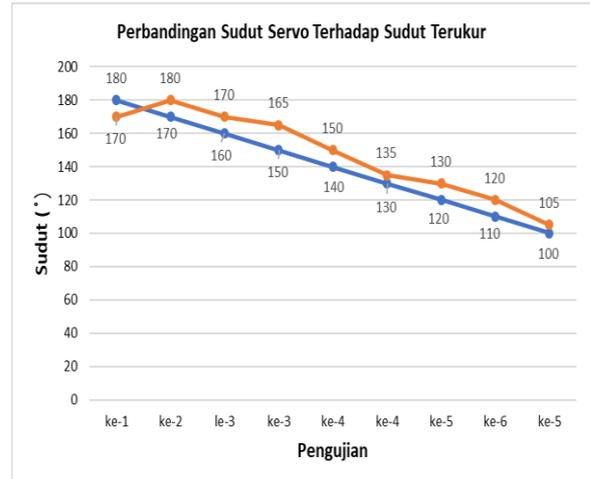
Gambar 9 Grafik Perbandingan Sudut Servo terhadap Sudut Terukur pada Sendi *Shoulder*

Pada bagian sendi *elbow* menggunakan penggerak yang dirancang seperti tuas untuk menggerakkan sendinya, jadi motor servo *elbow* tidak langsung menggerakkan sendinya seperti pada bagian lengan robot lainnya. Pada bagian sendi *elbow* untuk menggerakkan sendinya menggunakan *joint* pembantu sehingga letak perancangan motor servo *elbow* berada dibawah berdampingan dengan motor servo *shoulder*. Berikut tabel 5 yang menunjukkan hasil pengambilan data selisih sudut servo dengan sudut terukur.

Tabel 5 Hasil Pengujian Error pada Sendi *Elbow*

No	Sudut Servo	Sudut Terukur	Error
1	180°	170°	5.88 %
2	170°	180°	5.5 %
3	160°	170°	5.8 %
4	150°	165°	9.09 %
5	140°	150°	6.6 %
6	130°	135°	3.7 %
7	120°	130°	7.69 %
8	110°	120°	8.33 %
9	100°	105°	4.76 %

Pada tabel 5 data pada sendi *elbow* diambil dari sudut maksimal ke sudut minimal. Sudut input maksimal mencapai nilai 180° dan sudut minimal mencapai 100°.Grafik antara sudut yang diinput dengan sudut yang terukur pada sendi *Elbow* ditunjukkan pada gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10 Grafik Perbandingan Sudut Servo terhadap Sudut Terukur pada Sendi *Elbow*

4.1.2. Pengujian Kinerja Gripper dan Menentukan Beban Angkat Maximum Lengan Robot

Pengujian kinerja gripper dan menentukan beban angkat maximum lengan robot dilakukan sebanyak lima belas kali percobaan dengan obyek yang berbeda-beda. Pengulangan pengambilan obyek sebanyak tiga kali lalu diambil kesimpulan hasil pengamatannya. Hasil dari pengujian ini ditampilkan pada tabel 6

Tabel 6 Hasil Pengujian kinerja Gripper dan Menentukan Beban Angkat Maksimum Lengan Robot

No	Bentuk objek	Dimensi (cm)	Berat (Gram)	Permukaan	Waktu Translasi (Detik)	Hasil Pengamatan
1	Heatsink	2.5 x 2 x 1.4	10.7	Kasar	10.5	Baik
2	Relay SPDT	1.5 x 2 x 1.5	11.5	Licin	11.2	Baik
3	Penghapus	2 x 2 x 1	12.2	Kasar	11.4	Baik
4	Motor servo SG90	2.2 x 2.2 x 1.2	12.6	Licin	12.4	Baik
5	Motor servo MG90S	2.2 x 2.2 x 1.2	13.7	Licin	12.3	Bergeser
6	Kotak Battry 3.7V	7.5 x 4 x 1.3	17.3	Kasar	12.2	Baik
7	Motor DC gearbox	6.3 x 1.8 x 2	28.3	Kasar	13.8	Bergeser
8	Battry AA 1.5V	4.8 x 1.2	28.3	Licin	-	Terlepas
9	Cartridge Printer	4.5 x 3 x 4.2	30	Licin	-	Terlepas
10	Sensor load cell	8 x 1.2 x 1.2	32.3	Kasar	13.4	Bergeser
11	Shield Arduino Nano	5.7 x 5.2 x 1	33.3	Kasar	12.7	Bergeser
12	Battry 3.7V	6.5 x 1.8	36.1	Licin	-	Terlepas
13	Battry 9 V	2.5 x 2 x 1.4	45	Licin	-	Terlepas
14	Motor Servo Futaba S3003	4 x 3.7 x 2	48	Licin	-	Tidak Kuat
15	Kotak Isolasi	7 x 7 x 2.5	46	Kasar	-	Tidak Kuat

Berdasarkan tabel 6 dapat dilihat bahwa *gripper* akan mengalami kegagalan dalam pencengkraman objek apabila permukaan objek licin dan bobotnya cukup besar. Beban maximum yang mampu diangkat oleh lengan robot sebesar 33.3 gram dengan dimensi 5.7 x 5.2 x 1

4.2 Pengujian Rangkaian Cayu Daya (Power Supply)

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan catu daya dengan sumber tegangan AC 220 volt. Kemudian, keluaran dari catu daya diukur dengan multimeter untuk mengetahui besarnya tegangan yang keluar dari catu daya tersebut. Dari hasil pengukuran tegangan dapat diketahui keluaran catu daya tersebut yang menjadi kebutuhan komponen pada lengan robot. Hasil pengukuran catu daya yang ditunjukkan pada tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7 Hasil Pengujian Catu Daya

Tegangan Input	Tegangan Output	Tegangan Multimeter
220 VAC	5 VDC	5.4 VDC

Berdasarkan pada tabel 7 maka hasil pengukuran rangkaian catudaya yang diukur menggunakan multimeter didapatkan nilai tegangannya sebesar 5,4 VDC yang seharusnya 5 VDC sesuai dengan IC regulator yang digunakan 7805 (5 volt). hal ini dikarenakan komponen dan alat ukur yang digunakan masing-masing memiliki toleransi yang menyebabkan tegangan yang keluar pada rangkaian catudaya tidak sama. Namun dengan nilai tegangan 5.4 VDC Masih relatif aman untuk digunakan karena selisih nilainya tidak terlalu besar.

4.3 Pengujian Mikrokontroler

Pengujian Mikrokontroler dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian mikrokontroler masih berfungsi dengan baik atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan program pada mikrokontroler. Program sederhana yang digunakan adalah *blink led* pada pin D0 NodeMCU. Program *blink* dapat menjadi program *troubleshooting* yang dapat digunakan untuk memastikan bahwa mikrokontroler masih berfungsi dengan baik atau tidak. Berikut adalah *listing* program dari *blink led* yang ditunjukkan pada gambar 11 dibawah ini.

```
void setup() {
  pinMode(D0, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(D0, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(D0, LOW);
  delay(1000);
}
```

Gambar 11 Listing Program Pengujian Mikrokontroler

4.4 Pengujian Motor Servo

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sudut servo yang diinginkan dengan pergerakannya sesuai atau tidak. Pergerakan servo dikatakan baik apabila nilai error derajat pada servo bernilai rendah.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur busur derajat guna untuk mengetahui besar pergeseran dari motor servo. Pada program mikrokontroler motor servo disetting melakukan penambahan derajat sebesar 45 dengan waktu delay 3000 ms (3 detik). Setelah motor mencapai mencapai sudut 180° maka motor servo akan melakukan pengurangan derajat sebesar 45° hingga kembali pada posisi 0°. Penggunaan waktu delay sebesar 3 detik guna memberi waktu untuk mengamati besar perubahan motor servo. Hasil pengujian motor servo dapat dilihat pada tabel 8 dibawah ini.

Tabel 8 Hasil Pengujian Motor Servo

No	Sudut yang diinginkan	Pembacaan Alat Ukur	Absolute Error	Relative Error (%)
1	0°	0°	0°	0 %
2	45°	50°	5°	11.11 %
3	90°	90°	0°	0 %
4	135°	140°	5°	3.7 %
5	180°	185°	5°	2.77 %

Berdasarkan pada hasil pengujian motor servo yang ditunjukkan pada tabel 4 maka didapatkan nilai sudut pengukuran yang tidak sesuai diantaranya pada saat posisi sudut 45, 135, dan 180. Namun nilai *error* masih dalam keadaan relatif kecil yaitu rata-rata memiliki selisih 5 tetapi dengan selisih sudut tersebut masih relatif baik untuk digunakan.

4.5 Pengujian Koneksi NodeMCU Dengan Menentukan Nilai Waktu Tunda

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jarak jangkauan maksimum yang mampu diakses oleh mikrokontroler nodeMCU untuk menggerakkan lengan robot dengan menentukan waktu tunda. Proses untuk menentukan nilai waktu tunda ditampilkan pada serial monitor yang ditunjukkan gambar 12 sebagai berikut.



Gambar 12 Proses Pengambilan Data Waktu Tunda

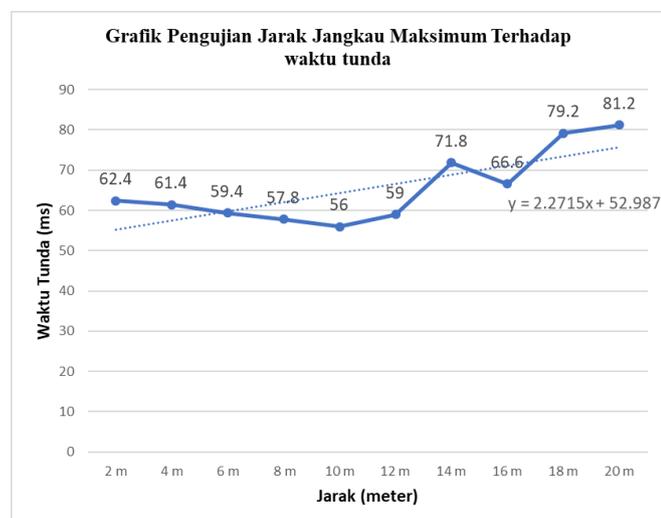
Berdasarkan pada gambar 21 waktu tunda dengan kondisi koneksi yang baik adalah waktu tunda dengan waktu antara 10 ms hingga 90 ms semakin rendah nilai waktu tunda maka koneksi semakin bagus. Sedangkan waktu tunda yang semakin besar nilainya maka *response* penerimaan perintah pada lengan robot akan semakin lambat atau bahkan koneksi gagal tersambung.

Tabel 9. Hasil Pengujian Jarak Jangkauan Lengan Maksimum terhadap waktu tunda

No	Jarak (meter)	Rata-rata Waktu Tunda Pingtime (ms)	Kondisi jaringan	Keterangan
1	2	62.4	baik	Data terkirim
2	4	61.4	baik	Data terkirim
3	6	59.4	baik	Data terkirim
4	8	57.8	baik	Data terkirim
5	10	56	baik	Data terkirim
6	12	59	baik	Data terkirim
7	14	71.8	baik	Data terkirim
8	16	66.6	baik	Data terkirim
9	18	79.2	Kurang Baik	Data Terkirim
10	20	81.4	Kurang Baik	Data Tidak Terkirim

Berdasarkan Pada tabel 9 telah diketahui jarak jangkauan maksimum NodeMCU dengan didapatkan nilai waktu tunda. Jarak jangkauan maksimum NodeMCU untuk menerima perintah melalui jaringan *wifi* dengan kondisi yang baik yaitu pada jarak 16 meter dengan rata-rata waktu tunda 66.6 ms. pada jarak 18 meter perintah diterima kurang baik terkadang koneksi terputus karena kondisi jaringan *wifi* memiliki rata-rata waktu tunda hampir mendekati 80 ms. pada jarak 20 meter perintah sudah tidak dapat diterima oleh NodeMCU karena kondisi jaringan sudah terputus serta mempunyai rata-rata waktu tunda diatas 80 ms.

Berdasarkan pada hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel maka dapat dibuat grafik yang ditunjukkan pada gambar 13 dibawah ini.



Gambar 13 Grafik Pengujian Jarak Maksimum Terhadap Waktu Tunda

5 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai beban angkat maximum yang mampu diangkat oleh lengan robot yaitu memiliki berat objek sebesar 33.3 gram dengan dimensi objek 5.7 x 5.2 x 1. Kemudian pengendalian gerak lengan robot dapat dikendalikan jarak jauh melalui komunikasi Wi-Fi dengan jarak maksimum sejauh 16 Meter dengan nilai rata-rata waktu pengiriman data 66.6 ms hal ini menunjukkan bahwa kondisi koneksi jaringan *wifi* masih dalam kondisi baik.

Kepustakaan

- [1] Saefullah Asep, Dewi Immaiar, dan Reza Amar Juliansah. [2015]. "Sistem Kontrol Robot Pemindah Barang Menggunakan Aplikasi Android Berbasis Arduino Uno". Vol. 8, No.2 (Januari 2015)
- [2] Putra, A.W dan Untoro Djoko. [2015]. "Perancangan Kontroler Lengan Robot Robot menggunakan Android dan Arduino dengan komunikasi Bluetooth". Yogyakarta : Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma. Vol. 8, No.2, 61-70.
- [3] Kristyanto, Hendar. [2015]. Lengan Robot Penulis Kata yang Dikendalikan Oleh Aplikasi Pada Android. Skripsi. Tidak Diterbitkan
- [4] Andrianto Heri, dan Darmawan Aan, [2016]. "Arduino Belajar Cepat dan Pemrograman". Bandung : Informatika
- [5] Syam, Rafiuddin. [2015]. "Kinematika dan Dinamika Robot Lengan". Makassar : Universitas Hasanuddin
- [6] Datasheet NodeMCU ESP12, <http://www.datasheetnodemcu.com/>, diakses tanggal 2 Juli 2018
- [7] Datasheet IC AA51880, <https://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/849/AA51880.php/>, diakses tanggal 2 Juli 2018.
- [8] Motor Servo <http://elektronika-dasar.web.id/motor-servo/motor-servo/>, diakses tanggal 2 Juli 2018