



RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI ROBOT LENGAN 6 DERAJAT KEBEBASAN BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

¹Eliyana Firmansya, ^{2,*}Syahban Rangkuti, ³Andri Fitriyadi

^{1,2,3}Teknik Elektro, Universitas Faletahan, Bandung, Jawa Barat

Abstrak — Teknologi robotika telah berkembang sangat pesat pada saat ini. Berbagai teknologi canggih telah menggantikan peralatan manual yang membutuhkan banyak tenaga manusia untuk dioperasikan, salah satunya yaitu dengan menggunakan robot. Pada penelitian ini akan dirancang bangun sistem kendali robot lengan dengan 6 derajat kebebasan berbasis *internet of things*. Aplikasi atau penerapan dari lengan robot ini pada dunia industri sudah banyak diterapkan, diantaranya adalah memindahkan barang pada suatu tempat yang berbahaya atau tidak boleh dimasuki oleh manusia. Lengan robot 6 derajat kebebasan ini menggunakan 2 unit motor servo dan 4 unit motor DC sebagai penggerak, dimana seluruh motor yang digunakan dapat bergerak secara individu ataupun bergerak secara bersamaan. Untuk menggerakkan lengan robot sesuai dengan perintah yang diberikan maka diperlukan berbagai perangkat elektronik diantaranya adalah modul penggerak motor DC tipe L298N motor *driver*, modul mikrokontroler Arduino Mega 2560 untuk menggerakkan motor sesuai dengan perintah yang diterima, dan ESP8266 NodeMCU yang berfungsi sebagai komunikasi data menerapkan teknologi *internet of things*. Lengan robot ini dapat dikendalikan dengan menggunakan *smartphone* atau komputer melalui aplikasi yang telah dibangun didalamnya. Komunikasi data yang akan digunakan untuk mengaplikasikan teknologi *internet of things* pada sistem kendali lengan robot adalah protokol MQTT. Dengan menggunakan protokol MQTT maka sistem kendali dapat dikembangkan dengan mudah dengan menggunakan aplikasi *webserver*.

Kata Kunci: sistem kendali, robot lengan, 6 derajat kebebasan, *internet of things*.

Abstract — Robotics technology has developed very rapidly at this time. Various advanced technologies have replaced manual equipment that requires a lot of human power to operate, one of which is using robots. In this research, a robot arm control system with 6 degrees of freedom will be designed. There are many applications or applications of this robotic arm in the industrial world, including moving goods to places that are dangerous or cannot be entered by humans. The 6 degrees of freedom robot arm uses two servo motor units and 4 DC motor units as its driving force, where all the motors used can move individually or simultaneously. In order to be able to move the robot arm according to the commands given, various electronic devices are needed, including a DC motor drive module type L298N motor driver, an Arduino Mega 2560 microcontroller module to move the motor the commands received, and an ESP8266 NodeMCU which functions as data communication using technology *internet of things*. This robot arm can be controlled using a *smartphone* or computer via an application that has been built into it. The data communication that will be used to apply *internet of things* technology to the robot arm control system is the MQTT protocol. By using the MQTT protocol, control systems can be developed easily using a web server application.

Keywords: control system, robot arm, 6 degrees of freedom, *internet of things*.

* Corresponding author:
Syahban Rangkuti
Universitas Faletahan, Bandung, Jawa Barat, Indonesia
syahban3477@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Teknologi robot saat berkembang dengan pesat bahkan telah dapat dikendalikan melalui *internet of things* sehingga banyak dikendalikan dari jarak jauh melalui internet. Perkembangan teknologi robotika mampu meningkatkan kualitas maupun kuantitas produksi berbagai pada dunia industri atau pabrik [1]. Teknologi robot juga telah menjangkau sisi hiburan dan pendidikan bagi manusia, pembuatan robot

dengan khusus sangat berkaitan erat dengan adanya kebutuhan dalam dunia industri modern yang menuntut adanya suatu alat dengan yang dapat membantu menyelesaikan pekerjaan manusia [2].

Salah satu jenis robot adalah lengan robot yang dapat digerakan secara manual dan otomatis, menggerakkan lengan robot memerlukan sebuah perangkat kendali yang mengatur semua gerakan, dan memastikan fungsinya telah sesuai dengan yang ditetapkan. Salah satu perangkat kendali yang digunakan adalah Arduino Mega2560 dan NodeMCU ESP8266. Perancangan sistem ini diimplementasikan dengan mengendalikan lengan robot secara jarak jauh yang di gerakan melalui mikrokontroler yang terintegrasi dengan internet. Sistem pengendalian jarak jauh yang di bangun memanfaatkan teknologi internet of things yang diimplementasikan pada smartphone dengan sistem operasi Android digunakan sebagai pengendalinya karena fasilitas yang disediakan cukup lengkap. Koneksi data yang digunakan pada lengan robot ini adalah koneksi wifi karena sudah terdapat pada smartphone, oleh karena itu dibuat sistem lengan robot yang dapat di kendalikan dengan melalui komputer atau melalui smartphone [3].

Agar lengan robot dapat bergerak dengan fleksibel dan dapat memindahkan suatu objek maka dikembangkan sistem lengan robot yang memiliki 6 derajat kebebasan. Derajat kebebasan pada robot sama dengan jumlah joint yang berdiri sendiri dalam suatu struktur robot yang memiliki referensi koordinat ruang, sehingga sudut manipulator akhir (end-effector) dapat bergerak sesuai dengan yang diinginkan [4]. Untuk dapat memberikan perintah dari smartphone ataupun komputer dengan menggunakan internet maka dibutuhkan protokol komunikasi data yang sudah ada dan sering digunakan yaitu Message Queueing Telemetry Transport (MQTT) Broker. MQTT broker merupakan suatu sistem backend yang dapat mengkoordinasikan pesan antar client yang berbeda [5].

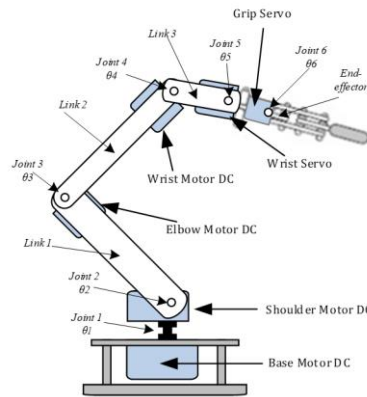
2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini banyak hal yang harus dilakukan diantaranya adalah merancang perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) untuk robot lengan. Pada perancangan perangkat keras dilakukan perancangan mekanik lengan robot dan perancangan elektronik untuk menggerakkan mekanik dari lengan robot. Pada perancangan perangkat lunak dirancang 3 program untuk dapat mensinergikan antara robot dengan perangkat pengendalinya seperti *laptop* ataupun *smartpone*. Agar aplikasi perangkat lunak mudah diinstal dan mudah digunakan maka dibuat aplikasi berbasis *web*, sehingga dapat digunakan oleh perangkat komputer ataupun perangkat lainnya.

2.1. Perancangan Perangkat Keras

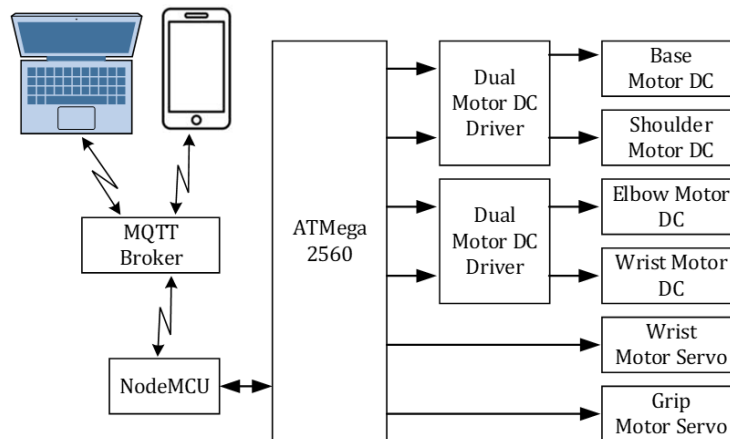
Pada perancangan perangkat keras yang pertama dilakukan adalah mendesain bentuk lengan robot yang akan diimplementasikan. Gambar 1 menunjukkan desain mekanik secara global untuk lengan robot 6 derajat kebebasan. Pada setiap sendi atau titik joint menggunakan motor sebagai penggeraknya sehingga link pada lengan robot dapat bergerak sesuai dengan arah yang diinginkan [6].

Motor DC pada bagian *Base* berguna untuk memutar dudukan dari *Shoulder Motor DC* dengan batasan sudut putar Q_1 maksimal 360° , pembatasan derajat putaran dilakukan agar kabel yang digunakan untuk mengendalikan motor tidak terlilit ataupun tidak putus. Hubungan antara bagian *Base* dan *Shoulder* disebut sebagai *joint 1*. *Shoulder Motor DC* berguna untuk menggerakkan sendi *Joint 2* yang secara otomatis akan menggerakkan *Link 1* dengan besar sudut maksimum Q_2 adalah 120° . *Elbow Motor DC* menghasilkan pergerakan pada sendi *Joint 3* dengan besar sudut maksimum Q_3 sebesar 120° yang secara otomatis akan menggerakkan *Link 2*. *Wrist Motor DC* akan menggerakkan sendi *Joint 4* dengan besar sudut maksimum Q_4 sekitar 120° dan secara otomatis akan menggerakkan *Link 3* sesuai dengan nilai sudut yang diberikan. *Wrist Servo* berguna untuk memutar seluruh objek yang ada didepan *Joint 5* dengan besar sudut Q_5 maksimal 180° . *Grip servo* berguna untuk mencengkram benda atau objek yang akan dipindahkan. Pengaturan buka tutup *gripper* bergantung dengan sendi *Joint 6*, besar sudut Q_6 akan secara otomatis mengatur besar sudut dari *gripper*. *Gripper* merupakan bagian akhir dari lengan robot dan disebut juga dengan istilah *end-effector* [7].



Gambar 1. Gambar Desain Mekanik Robot Lengan 6 Derajat Kebebasan

Berdasarkan dari perancangan mekanik untuk pergerakan lengan robot maka dilanjutkan dengan perancangan perangkat elektronik. Secara umum untuk perancangan diagram blok perangkat elektronik dari lengan robot 6 derajat kebebasan dapat dilihat pada Gambar 2.

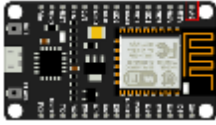








Gambar 2. Diagram Blok Elektronik Robot Lengan 6 Derajat Kebebasan

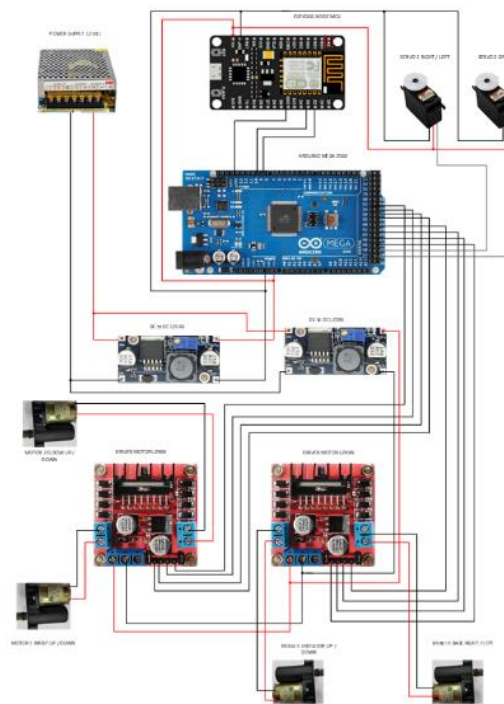
Robot Lengan dirancang agar dapat dikendalikan oleh smartphone ataupun komputer sehingga dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui internet. Teknologi internet of things saat ini telah berkembang dengan pesat sehingga banyak protokol komunikasi yang dapat digunakan diantaranya akan menggunakan MQTT broker. Dengan menggunakan protokol MQTT maka robot dapat dikendalikan melalui perangkat komputer atau smartphone yang terhubung dengan internet. Berdasarkan desain mekanik dan diagram blok modul elektronik dari lengan robot maka dibutuhkan modul komponen elektronika seperti yang dipelihatkan pada Tabel 1.

Seluruh modul elektronik yang dibutuhkan harus diintegrasikan antara satu dengan yang lainnya dengan jalur penghubung. *Wiring diagram* untuk skematik rangkaian elektronik dari lengan robot 6 derajat kebebasan diperlihatkan pada Gambar 3.

Tabel 1. Daftar Modul Komponen Elektronik pada Robot Lengan

| No. | Nama Modul | Jumlah | Keterangan |
|-----|---|--------|--|
| 1 | NodeMCU ESP8266  | 1 unit | Modul <i>NodeMCU</i> digunakan sebagai media untuk komunikasi data <i>wireless</i> sehingga perangkat elektronik dan perangkat komputer dapat berkomunikasi. |
| 2 | Arduino Mega 2560  | 1 unit | Modul <i>Arduino Mega 2560</i> berguna untuk mengontrol motor DC yang berada pada tiap sendi atau <i>joint</i> lengan robot. Modul Arduino ESP2560 akan berkomunikasi dengan modul <i>NodeMCU</i> ESP8266. |
| 3 | Motor Driver L298N  | 2 unit | Modul motor <i>driver</i> tipe L298N berguna untuk mengontrol kecepatan serta arah putaran motor DC. Modul motor <i>driver</i> ini dapat menerima perintah dari modul mikrokontroler. |
| 4 | Motor DC  | 4 unit | Motor DC yang digunakan harus memiliki torsi yang cukup kuat agar dapat menggerakkan lengan robot sesuai yang diinginkan. |
| 5 | Motor Servo  | 2 unit | Motor Servo berguna dipasang pada bagian akhir dari robot lengan. Dipilih motor servo karena kemudahannya diatur berdasarkan sudut. |
| 6 | DC to DC Converter  | 2 unit | Modul <i>DC to DC Converter Stepdown</i> berguna untuk menurunkan tegangan dari <i>power supply</i> sesuai dengan kebutuhan dari motor DC dan motor Servo. |
| 7 | Power Supply  | 1 unit | <i>Power supply</i> merupakan sumber listrik searah yang akan digunakan oleh seluruh perangkat elektronik pada lengan robot. |

Seluruh modul elektronik menggunakan sumber listrik searah yang berasal dari *power supply*. Pada sistem yang menggunakan banyak motor DC sebaiknya sumber listrik searah pada modul kendali dan modul elektromekanik dipisah, pemisahan ini dilakukan untuk menghindari gangguan atau interperensi tegangan pada modul kendali dari komponen elektromekanik seperti motor DC atau motor servo [8]. Pemisahan sumber tegangan searah ini dapat dilakukan dengan menggunakan 2 unit modul *DC to DC Converter Stepdown*. Modul motor *driver* L298N berguna untuk menggerakkan motor DC, pada setiap modul motor L298N dapat menggerakkan 2 unit motor DC, sehingga untuk menggerakkan 4 motor DC dibutuhkan 2 modul motor *driver* L298N. Untuk mengatur putaran motor DC maka dapat digunakan modul mikrokontroler tipe Arduino Atmega2560. Untuk menggerakkan motor servo dapat langsung dikendalikan melalui modul mikrokontroler. Agar modul mikrokontroler Mega 2560 dapat menggerakkan motor DC sesuai dengan perintah dari *smartphone* atau komputer melalui jaringan internet maka dapat menggunakan modul NodeMCU ESP8266. Bentuk akhir dari lengan robot 6 derajat kebebasan diperlihatkan seperti pada Gambar 4.



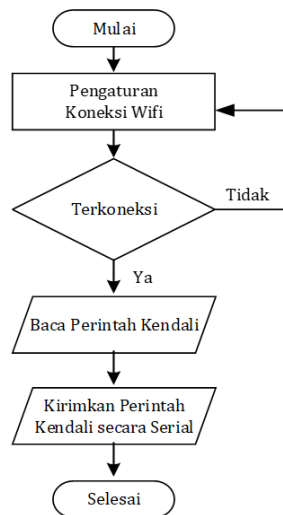
Gambar 3. Wiring Rangkaian Robot Lengan 6 Derajat Kebebasan



Gambar 4. Realisasi Perangkat Keras Robot Lengan 6 Derajat Kebebasan

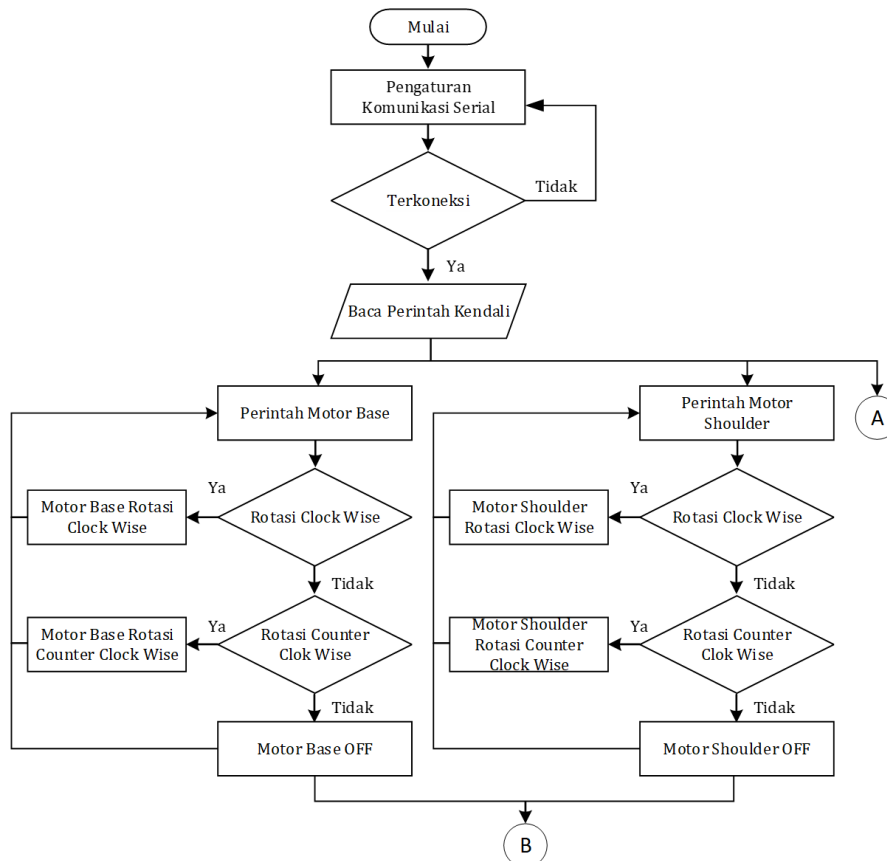
2.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak harus disesuaikan dengan arah pergerakan robot yang diinginkan. Perancangan perangkat lunak untuk program yang akan dibagi menjadi 3 bagian, yaitu untuk modul NodeMCU ESP8266, modul Arduino Mega2560, dan aplikasi *web*. Pada modul NodeMCU hanya melakukan koneksi internet secara wireless sehingga perintah dari komputer atau *smartphone* dapat diterima oleh NodeMCU dan kemudian perintah tersebut diteruskan pada modul Arduino Mega2560 dengan menggunakan komunikasi serial. *Flowchart* untuk pemrograman pada NodeMCU dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Flowchart program pada Modul NodeMCU ESP8266

Program selanjutnya yang dibuat adalah program yang akan ditanamkan pada modul Arduino Mega2560. Hal pertama yang harus dilakukan sebelum lengan robot dapat dikendalikan adalah inisialisasi atau pengaturan komunikasi *serial* antara Arduino Mega2560 dengan NodeMCU8266.

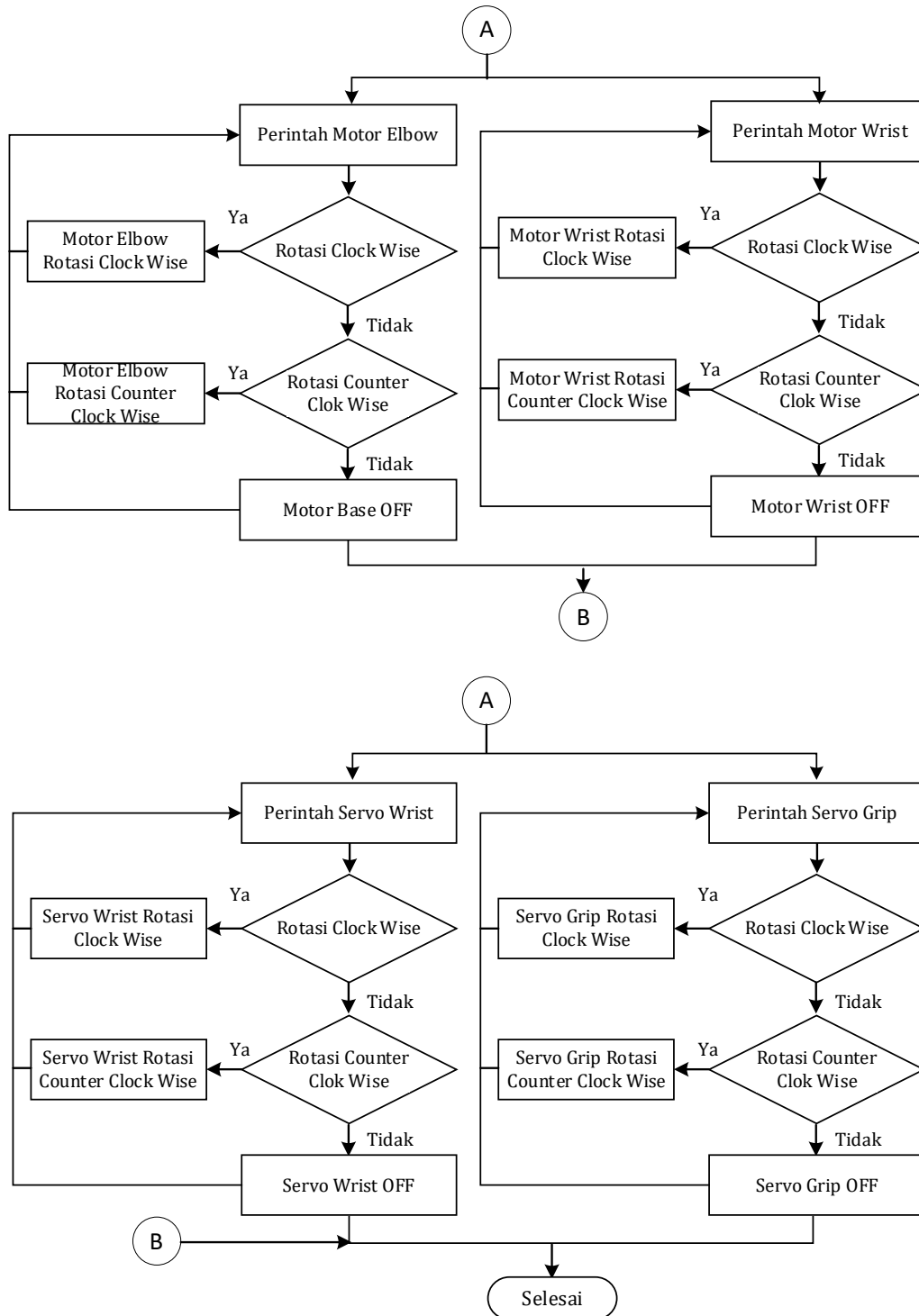


Gambar 6. Flowchart untuk Pengaturan Wifi, Motor Base dan Motor Shoulder

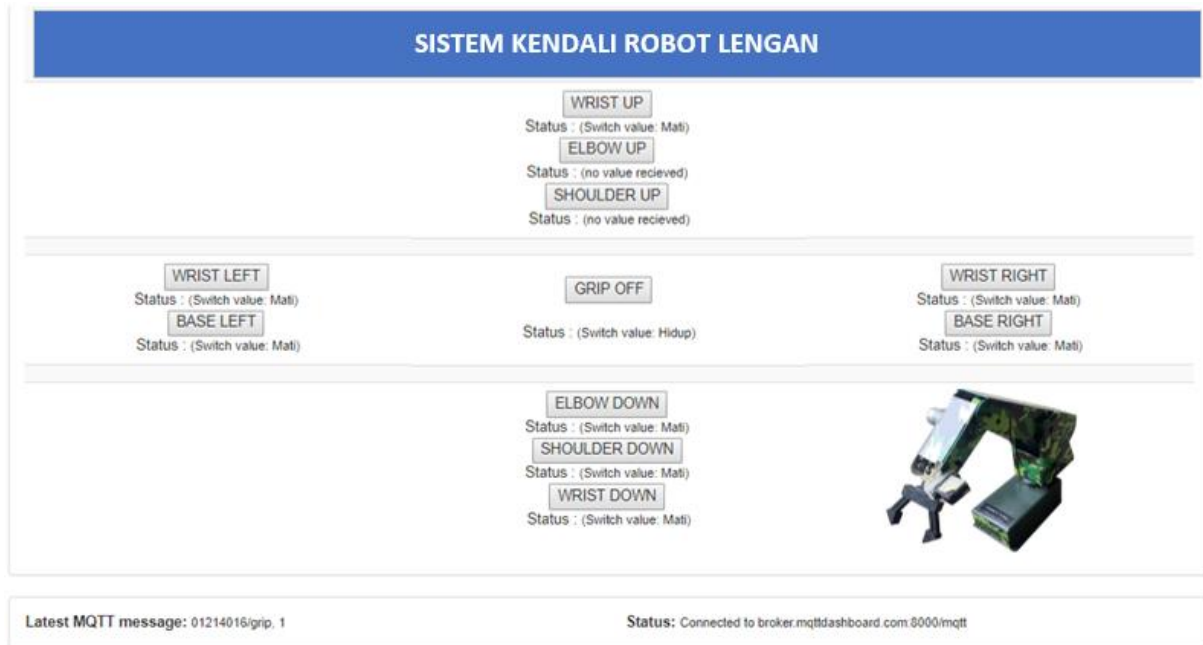
Setelah pengaturan komunikasi *serial* selesai dilakukan maka selanjutnya adalah membaca perintah untuk pengaturan gerakan motor. Flowchart untuk pengaturan *wifi*, pengaturan motor *Base*, dan pengaturan untuk motor *Shoulder* dapat dilihat pada Gambar 6. Proses kerja untuk pengaturan

selanjutnya adalah pengaturan gerakan motor *Elbow*, motor *Wrist*, *servo Wrist*, dan *servo Grip*. *Flowchart* pengaturan motor dan servo dapat dilihat pada Gambar 7. *Flowchart* tersebut merupakan kelanjutan dari *flowchart* sebelumnya.

Program perangkat lunak selanjutnya yang dibuat adalah aplikasi berbasis web untuk mengatur pergerakan setiap bagian dari lengan robot. Gambar berikut memperlihatkan tampilan aplikasi sistem kendali lengan robot 6 derajat kebebasan.



Gambar 7. *Flowchart* Pengaturan Motor *Elbow*, *Wrist*, *Servo Wrist*, dan *Servo Grip*



Gambar 8. Perancangan Aplikasi Sistem Kendali Robot Lengan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk mengetahui perangkat lunak dan perangkat keras yang dibuat dapat terintegrasikan dengan baik. Pengujian dilakukan dengan teknik pengujian *black box* untuk menguji setiap bagian dari subsistem yang telah dirancang. Pengujian program dibagi menjadi beberapa bagian, diantaranya adalah pengujian *server* untuk aplikasi sistem kendali dan modul NodeMCU yang terhubung pada jaringan internet dengan menggunakan komunikasi *wifi*, pengujian modul mikrokontroler dan tampilan antarmuka dari aplikasi yang telah dibuat.

3.1. Pengujian Antarmuka

Pengujian aplikasi atau antar muka dari program yang dibuat dilakukan untuk mengetahui apakah tombol yang dibuat bekerja sesuai dengan fungsinya. Setiap tombol akan diuji satu persatu meliputi tombol Base, tombol Shoulder, tombol Elbow, tombol Wrist, dan tombol Grip. Hasil pengujian antarmuka dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari hasil pengujian seluruh tombol yang terdapat pada aplikasi yang telah dibuat dapat diketahui bahwa seluruh data pada setiap tombol akan terkirim setiap kali tombol tersebut di klik. Pengujian tombol dilakukan satu persatu dan harus dipastikan tidak ada data yang hilang pada saat pengiriman data dari aplikasi pada *server MQTT*.

3.2 Pengujian Sudut Gerakan Motor DC dan Servo

Mekanik robot harus mampu bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan. Sumber listrik yang digunakan perlu diperhitungkan untuk menggerakkan setiap joint sesuai dengan sudut yang diinginkan. Tabel 3 menunjukkan sumber listrik yang diberikan melalui *power supply* dan sumber tegangan yang dibutuhkan untuk menggerakkan motor DC dan servo yang keluar dari modul *DC to DC Converter*.

Tabel 2. Tabel Pengujian Antarmuka Aplikasi Robot Lengan

| Parameter | Keluaran yang diharapkan | Pengamatan | Kesimpulan |
|-----------------------------------|---|----------------------|---------------------------|
| Tombol Base Left click | Tombol <i>Base Left</i> dapat mengirim data ke <i>server MQTT</i> | Data tombol terkirim | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol Base Right click | Tombol <i>Base Right</i> dapat mengirim data ke <i>server MQTT</i> | Data tombol terkirim | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol Shoulder Up click | Tombol <i>Shoulder Up</i> dapat Mengirim data ke <i>server MQTT</i> | Data tombol terkirim | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol Shoulder Down click | Tombol <i>Shoulder Down</i> dapat mengirim data ke <i>server MQTT</i> | Data tombol terkirim | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol Elbow Up click | Tombol <i>Elbow Up</i> dapat mengirim data ke <i>server MQTT</i> | Data tombol terkirim | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol Elbow Down click | Tombol <i>Elbow Down</i> Dapat mengirim data ke <i>server MQTT</i> | Data tombol terkirim | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol Wrist Up click | Tombol <i>Wrist Up</i> dapat mengirim data ke <i>server MQTT</i> | Data tombol terkirim | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol Wrist Down click | Tombol <i>Wrist Down</i> dapat mengirim data ke <i>server MQTT</i> | Data tombol terkirim | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol Wrist Left click | Tombol <i>Wrist Left</i> dapat mengirim data ke <i>server MQTT</i> | Data tombol terkirim | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol Wrist Right click | Tombol <i>Wrist Right</i> dapat mengirim data ke <i>server MQTT</i> | Data tombol terkirim | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol Grip On click | Tombol <i>Grip on</i> dapat mengirim data ke <i>server MQTT</i> | Data tombol terkirim | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol Grip Off click | Tombol <i>Grip off</i> dapat mengirim data ke <i>server MQTT</i> | Data tombol terkirim | [✓] Berjalan [] Gagal |

Tabel 3. Pengujian Tegangan Searah Saat Menggerak Motor DC dan Servo

| No | Arah | Sudut | Input (VDC) | Output (VDC) |
|----|----------------------|----------------------------------|-------------|--------------|
| 1 | <i>BASE RIGHT</i> | 60 ^o | 5.3 | 3.2 |
| 2 | <i>BASE LEFT</i> | 90 ^o | 5.3 | 3.2 |
| 3 | <i>SHOULDER UP</i> | 60 ^o | 5.3 | 3.3 |
| 4 | <i>SHOULDER DOWN</i> | 90 ^o | 5.3 | 3.3 |
| 5 | <i>ELBOW UP</i> | 50 ^o | 5.3 | 3.3 |
| 6 | <i>ELBOW DOWN</i> | 100 ^o | 5.3 | 3.3 |
| 7 | <i>WRIST UP</i> | 120 ^o | 5.3 | 3.6 |
| 8 | <i>WRIST DOWN</i> | 120 ^o | 5.3 | 3.7 |
| 9 | <i>WRIST RIGHT</i> | 5 ^o - 90 ^o | 6.2 | 5 |
| 10 | <i>WRIST LEFT</i> | 5 ^o - 90 ^o | 6.2 | 5 |
| 11 | <i>GRIP ON / OFF</i> | 90 ^o | 6.2 | 5 |

3.2. Pengujian Integrasi

Pengujian sistem secara terintegrasi secara keseluruhan dari perangkat keras sampai perangkat lunak perlu dilakukan untuk mengetahui apakah sistem sudah berjalan seperti yang diinginkan. Tabel 4 memperlihatkan hasil pengujian keseluruhan sistem dari lengan robot.

Tabel 4. Tabel Pengujian Antarmuka Aplikasi Robot Lengan

| Parameter | Keluaran yang diharapkan | Pengamatan | Kesimpulan |
|-----------------------------------|--|--|---------------------------|
| Tombol <i>Base Left click</i> | Tombol <i>Base Left</i> dapat menggerakkan Motor <i>Base</i> ke arah kiri | Dapat menggerakkan motor <i>Base</i> ke arah kiri | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol <i>Base Right click</i> | Tombol <i>Base Right</i> dapat menggerakkan motor <i>Base</i> ke arah kanan | Dapat menggerakkan motor <i>Base</i> ke arah kanan | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol <i>Shoulder Up click</i> | Tombol <i>Shoulder Up</i> dapat menggerakkan motor <i>Shoulder</i> ke arah atas | Dapat menggerakkan motor <i>Shoulder</i> ke arah atas | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol <i>Shoulder Down click</i> | Tombol <i>Shoulder Down</i> dapat menggerakkan motor <i>Shoulder</i> ke arah bawah | Dapat menggerakkan motor <i>Shoulder</i> ke arah bawah | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol <i>Elbow Up click</i> | Tombol <i>Elbow Up</i> dapat menggerakkan motor <i>Elbow</i> ke arah atas | Dapat menggerakkan motor <i>Elbow</i> ke arah atas | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol <i>Elbow Down click</i> | Tombol <i>Elbow Down</i> dapat menggerakkan motor <i>Elbow</i> ke arah bawah | Dapat menggerakkan motor <i>Elbow</i> ke arah bawah | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol <i>Wrist Up click</i> | Tombol <i>Wrist Up</i> dapat menggerakkan motor <i>Wrist</i> ke arah atas | Dapat menggerakkan motor <i>Wrist</i> ke arah atas | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol <i>Wrist Down click</i> | Tombol <i>Wrist Down</i> dapat menggerakkan motor <i>Wrist</i> ke arah bawah | Dapat menggerakkan motor <i>Wrist</i> ke arah bawah | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol <i>Wrist Left click</i> | Tombol <i>Wrist Left</i> dapat menggerakkan motor <i>Wrist</i> ke arah kiri | Dapat menggerakkan motor <i>Wrist</i> ke arah kiri | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol <i>Wrist Right click</i> | Tombol <i>Wrist Right</i> dapat menggerakkan motor <i>Wrist</i> ke arah kanan | Dapat menggerakkan motor <i>Wrist</i> ke arah kanan | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol <i>Grip On click</i> | Tombol <i>Grip on</i> dapat menggerakkan motor <i>Grip</i> ke arah kiri | Dapat menggerakkan motor <i>Grip</i> ke arah kiri | [✓] Berjalan [] Gagal |
| Tombol <i>Grip Off click</i> | Tombol <i>Grip off</i> dapat menggerakkan motor <i>Grip</i> ke arah kanan | Dapat menggerakkan motor <i>Grip</i> ke arah kanan | [✓] Berjalan [] Gagal |

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian sistem kendali lengan robot 6 derajat kebebasan, didapat beberapa kesimpulan di antaranya adalah bahwa lengan robot ini dapat dirancang dengan menggunakan 4 motor DC dan 2 motor servo sebagai penggerak setiap joint lengan. Sebagai media komunikasi Internet of Things (IoT) pada sistem lengan robot ini, dapat digunakan protokol MQTT (Message Queue Telemetry

Transport) yang dapat diimplementasikan secara lokal maupun global. Dengan menggunakan server MQTT, robot dapat diakses dari manapun dan kapanpun selama terdapat koneksi internet. Kecepatan koneksi internet sangat mempengaruhi kecepatan proses pengiriman dan penerimaan data. Desain perangkat elektromekanik harus disesuaikan dengan kebutuhan sehingga mudah untuk dioperasikan. Lengan robot dapat dikendalikan dengan menggunakan smartphone ataupun laptop yang terhubung internet.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hartayu, R., Santoso, Abraham, O.U.K., & Moh., K.M., Desain Simulasi Robot Keseimbangan Dua Roda dengan Kecerdasan Buatan, *Jurnal Sains dan Informatika*, vol.6, no.2, 2020.
- [2] Misah, F.R., Sompie, S.R.U.A., & Putro, M.D, Pengendalian Lengan Robot Pemindah Objek dengan Smartphone Android, *e-journal Teknik Elektro dan Komputer*, vol.4, no.5, pp. 44-50, 2015.
- [3] Rendyansyah, Prasetyo, A.P.P., Exaudi, K., Sembiring, S., Alfaretz, B., & Amaria, M.A., Pergerakan Robot Lengan Pemngambil Objek Dengan Sistem Perekem Gerak Berbasis Komputer, *Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional*, vol.8., No.2, pp. 230-240, 2022.
- [4] Waghmare, P., Khan, S., Bhanse, A., Nagarale, A., Kambale, A., & Pardhi, R.J., Fabrication of hand motion control end effector, *International Journal of Innovation in Engineering and Science*, vol.3, no.7, 2018.
- [5] Azzedin, F., & Alhazmi, T., Secure Data Distribution Architecture in IoT Using MQTT, *Applied Sciences*, 2023.
- [6] Shahshoseini, M., Rastegary, R., & Abbasi, R., A New 6 DOF Robotic Arm with Linkage Motion Mechanism and Actuator Place in Base, *International Journal of Robotics and Automation*, vol.5, no.1, pp.35-48, 2016.
- [7] Muhammad Irwan, dan Alaudin Y, “Sistem Kendali Lengan Robot 6 DOF untuk Pemindah Barang”, *Jurnal Mosfet*, Vol.2, No.2, pp. 16-25, Desember 2022.
- [8] Jamshed Iqbal, Raza ul Islam, and Hamza Khan, “Modeling and Analysis of a 6 DOF Robotic Arm Manipulator”, *Canadian Journal in Electrical and Electronics Engineering*, Vol.3, No.6, pp. 300-306, July 2012.