

RANCANG BANGUN SISTEM PENGONTROLAN ARM ROBOT PEMINDAH BARANG SECARA ELEKTRO PNEUMATIK BERBASIS ARDUINO

Yusman¹, Arsy Febrina Dewi², Afrizal Sulaiman³, Yusran Hafid⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: yusman@pnl.ac.id¹, arsyfebrinadw@pnl.ac.id², khalik.jibrani15@gmail.com³, apit.ok76@gmail.com⁴

Corresponding Author : Yusman

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: yusman@pnl.ac.id

Abstrak – Arm Robot adalah jenis lengan mekanik yang diprogram dengan fungsi mirip seperti lengan manusia. Robot lengan atau *arm robot* banyak digunakan di bidang industri, yang berfungsi salah satunya untuk memindahkan suatu benda dari satu titik ke titik yang lain. Arm robot pada umumnya menggunakan penggerak secara elektrik, yaitu menggunakan motor servo. Namun permasalahan yang terjadi adalah bahwa penggunaan motor servo akan meningkatkan konsumsi energi listrik, daya angkat beban yang lebih lemah, panjang lengan maksimum yang lebih terbatas, dan kelemahan kinematika. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem pengontrolan arm robot pemindah barang secara elektro pneumatik, yang dapat diimplementasikan untuk arm robot pendeteksi dan pemindah objek berwarna RGB. Metode dan tahapan penelitian yang dilakukan yaitu: merancang mekanik dan elektronik sistem pengontrolan arm robot, merancang dan membuat software sistem kontrolnya beserta implementasi algoritmanya, menguji kinerja sistem secara keseluruhan, serta mengukur dan menganalisa data hasil pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor proximity pada arm robot mampu mendeteksi objek pada jarak rata-rata 2 cm. Dari 15 kali sampel pengujian, Arm robot mampu secara keseluruhan (100%) mendeteksi warna objek RGB sesuai dengan warna yang sebenarnya. Arm robot juga mampu memindahkan objek tersebut ke zona yang sesuai sebanyak 14 kali, dengan kinerja kemampuan memindahkan objek sebesar 93%.

Kata-kata kunci: derajat kebebasan, elektro pneumatik, motor servo, robot lengan, sensor.

Abstract – Robot Arm is a type of mechanical arm programmed with functions similar to human arms. Robot arms are widely used in the industrial sector, one of which functions is to move an object from one point to another. Robot arms generally use electrical drives, namely using servo motors. However, the problem that occurs is that the use of servo motors will increase electrical energy consumption, weaker load lifting power, more limited maximum arm length, and kinematic weaknesses. The purpose of this study is to create an electro-pneumatic control system for moving goods by robot arms, which can be implemented for RGB object detection and moving robot arms. The methods and stages of the research carried out are: designing the mechanics and electronics of the robot arm control system, designing and creating its control system software along with its algorithm implementation, testing the overall system performance, and measuring and analyzing test data. The results showed that the proximity sensor on the robot arm was able to detect objects at an average distance of 2 cm. From 15 test samples, the robot arm was able to detect the color of RGB objects according to the actual color as a whole (100%). The robotic arm was also able to move the object to the appropriate zone 14 times, with an object moving performance of 93%.

Keywords: degree of freedom, electro pneumatic, servo motor, arm robot, sensor.

I. PENDAHULUAN

Arm Robot adalah jenis lengan mekanik yang diprogram dengan fungsi mirip seperti lengan manusia. Robot lengan atau *arm robot* ini banyak digunakan di bidang industri manufaktur, yang berfungsi salah satunya untuk memindahkan suatu benda dari suatu titik ke titik yang lain dengan grippernya [1][2]. Robot lengan

sebagai pembawa atau pemindah barang (*payload*) memiliki beberapa keunggulan dibandingkan conveyor, robot lengan dapat membawa beban dengan lokasi yang berpindah-pindah, berbahan material tipis, lebih ringan, lebih hemat dalam konsumsi daya, hanya memerlukan aktuator yang kecil, lebih mudah dioperasikan, serta lebih murah dalam proses manufacturing [3].

Arm robot pada umumnya menggunakan penggerak secara elektrik, yaitu menggunakan motor servo. Namun permasalahan yang terjadi adalah bahwa penggunaan motor servo menyebabkan konsumsi energi listrik, kecenderungan *overheat* akibat pemberian torsi besar secara kontinyu, daya angkat beban yang lebih lemah, panjang lengan maksimum yang lebih terbatas, dan kelemahan kinematika [4][5]. Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan solusi alternatif atau inovasi untuk membangun suatu arm robot dengan fungsi dan kinerja yang sama namun memiliki keunggulan pada beberapa aspek lain, yaitu menerapkan arm robot dengan penggerak secara elektro pneumatik.

Lengan robot dengan penggerak sistem pneumatik adalah gabungan ruas bersendi yang dapat bergerak oleh dorongan atau tarikan udara bertekanan. Sistem pneumatik lebih ramah lingkungan dan murah dibanding dengan penggerak hidraulik, serta lebih tahan lama, tahan kerusakan akibat peluang kesalahan instalasi. Sementara disisi lain juga arm robot dengan penggerak pneumatik lebih rendah konsumsi energi listriknya dibandingkan dengan penggerak motor servo. Selain itu, ikatan antara lengan dengan aktuator sistem pneumatik, secara umum dilakukan sedemikian sehingga efisiensi momen gaya/torsi lebih baik dibandingkan motor servo [5].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan rancang bangun Arm Robot 6 *Degree of Freedom* (DoF) yang dapat memindahkan barang atau objek dengan penggerak secara elektro pneumatik berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560. Serta untuk mengimplementasikan sistem penggerak secara elektro pneumatik pada lengan robot untuk modul praktikum pembelajaran mahasiswa di laboratorium.

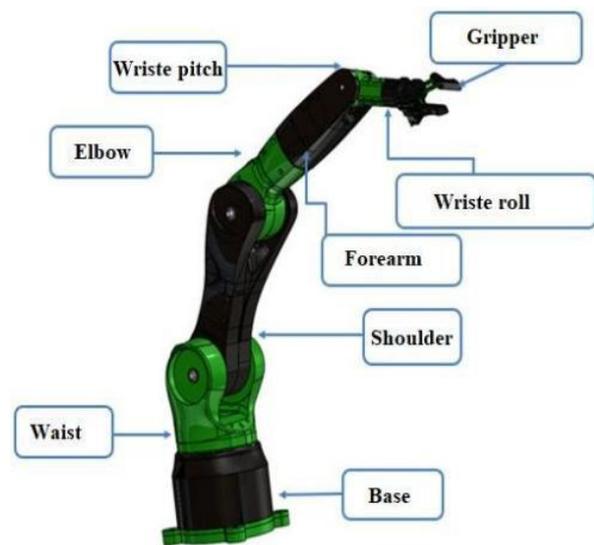
II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian tentang rancang bangun robot lengan atau arm robot telah dilakukan oleh Supriyono dkk yang meneliti tentang “Rancang Bangun Robot Lengan dengan Penggerak Sistem Pneumatik Menggunakan PLC”. Robot lengan yang dirancang berbasis Programmable Logic Controller memiliki 3 link dengan sudut pemindahan objek maksimum adalah 30° dan jangkauan maksimum 32 cm. Arm robot ini mampu memindahkan objek bila memiliki tekanan minimal 1,5 bar dengan rata-rata waktu pemindahan objek adalah 18 detik [2]. Muhammad Andhy Satrio Anwar dkk (2021), telah melakukan penelitian tentang “Rancang Bangun Robot Arm 4 DoF Berbasis Mikrokontroler ATmega328”. Dalam penelitian ini, arm robot digerakkan dengan motor stepper dan gripper-nya dengan motor servo, memiliki 4 DoF dan mampu mengangkat beban maksimum sebesar 350 gram [6]. Penelitian sejenis juga telah dilakukan oleh Rendyansyah dkk (2022), yaitu meneliti tentang “Pergerakan Robot Lengan Pengambil Objek dengan Sistem Perakam Gerak Berbasis Komputer”. Robot ini dirancang memiliki 4 Degree of Freedom dengan mekanisme pengambilan objek atau benda menggunakan sistem perekam

koordinat lokasi objek yang telah terprogram di dalam computer menggunakan cubic trajectory, dengan kesalahan pergerakan rata-rata $7,2^\circ$ [7].

A. Arm Robot

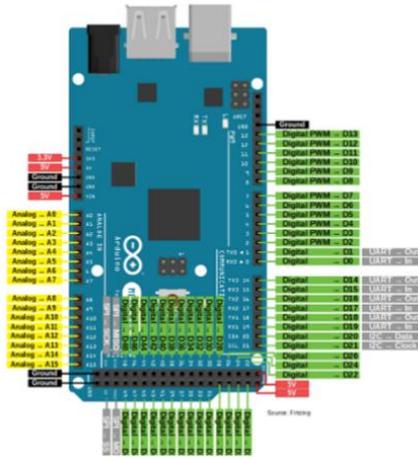
Arm robot manipulator merupakan gabungan dari beberapa segmen dan sendi yang secara umum dibagi menjadi 3 bagian, yaitu: arm, wrist dan gripper. Konfigurasi robot digunakan untuk mengklasifikasikan robot-robot industri. Konfigurasi robot mengarah pada bentuk geometri dari arm robot manipulator, yaitu informasi hubungan dari setiap sendi pada manipulator. DOF adalah singkatan dari degree of freedom. Setiap sendi minimal terdiri dari 1 DOF. Robot lengan mempunyai rata-rata 3 DOF sehingga dapat bergerak ke atas-bawah, ke kiri-kanan, ke depan-belakang. [8]. Gambar 1 menunjukkan contoh dari arm robot dengan 6 DoF (derajat kebebasan).



Gbr. 1 Arm Robot dengan 6 DoF [9]

B. Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Mikrokontroler adalah sebuah piranti elektronik berupa chip IC (Integrated Circuit) yang berkemampuan dalam memanipulasi sebuah informasi (data) berdasarkan perintah atau program dari pembuat (programmer). Adapun *arduino* merupakan sebuah rangkaian elektronik yang bersifat open source, fleksibel serta mudah digunakan. Arduino Mega 2560 merupakan pengembangan dari papan Arduino Mega sebelumnya. Pada awalnya Arduino Mega menggunakan chip Atmega1280 yang kemudian diubah menjadi chip Atmega2560, karena penggantian nama tersebut maka sekarang lebih dikenal dengan nama Arduino Mega 2560. Sampai saat ini Arduino Mega 2560 telah sampai pada revisi yang ke 3 (R3). Gambar 2 menunjukkan diagram pin dari Arduino Mega 2560 [10].



Gbr. 2 Konfigurasi pin Mikrokontroler Arduino Mega2560

C. Aktuator Pneumatik

Aktuator Pneumatik merupakan jenis aktuator yang dapat bekerja dengan mengubah energi yang diciptakan oleh kompresi udara menjadi gerakan mekanis. Sebagai contoh, dapat dilihat pada drive yang digerakkan oleh pesawat. Ketika udara dilepaskan, gerakan beradaptasi dengan jenisnya, baik linier atau berputar. Aktuator ini berisi piston yang dapat membantu menghasilkan tenaga motif dari udara untuk menjaga udara agar tetap tinggi, sehingga dapat memaksa diafragma untuk memutar atau memindahkan batang katup. Kelebihannya yaitu dapat dioperasikan pada suhu tinggi, tingkat kekakuan tinggi dan beat yang sangat cepat. Selain itu, konstruksi pada aktuator piston pneumatik sederhana, kapasitas tinggi dan torsi yang rendah. Kekurangannya yaitu harus diberi pegas, aksesoris tambahan dan aksesoris untuk sistem ketika komponen rusak selama operasi mesin. Positioner juga mengakibatkan biaya yang lebih tinggi karena diperlukan proses perlambatan. Struktur aktuator pneumatik dapat dilihat dalam Gambar 3 [10].



Gbr. 3 Struktur Aktuator Pneumatic

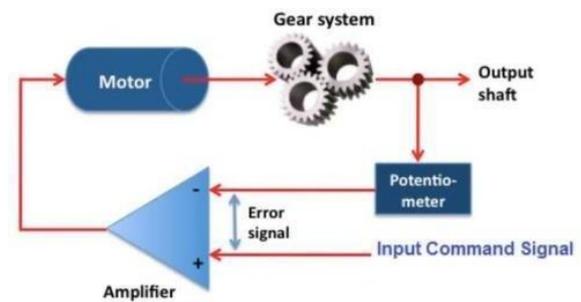
D. Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem *closed feedback* di mana posisi dari motor akan di informasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor dc, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian

kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Gambar 4 adalah bentuk fisik dari motor servo dan Gambar 5 merupakan diagram Motor Servo [11].



Gbr. 4 Motor servo

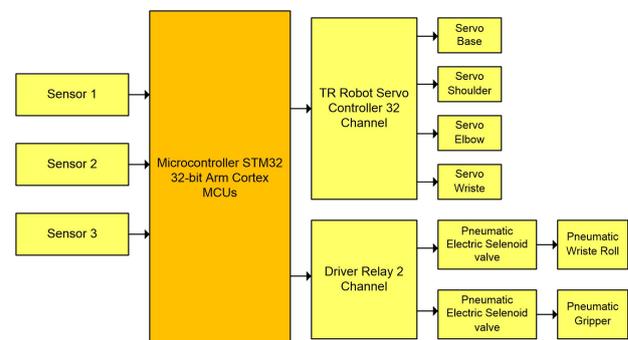


Gbr. 5 Diagram Motor Servo

III. METODOLOGI

A. Perancangan Diagram Blok Sistem

Gambar 6 merupakan rancangan Blok Diagram Sistem. Arm robot yang dirancang disini memiliki 6 Derajat Kebebasan atau Degree of Freedom (DoF), Dimana 4 DoF digerakkan secara elektrik dengan motor servo, yaitu joint Base, Shoulder, Elbow dan Wristle. Sedangkan 2 DoF digerakkan secara pneumatik meliputi Wristle Roll dan Gripper.



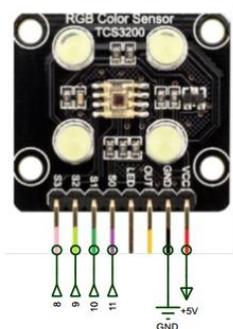
Gbr. 6 Blok Diagram Sistem

Sensor 1 merupakan sensor warna, berfungsi untuk mendeteksi warna objek RGB yang dipasang pada gripper. Bila gripper arm robot mendeteksi objek dengan salah satu warna RGB, maka robot akan mendefisikan

warna tersebut untuk selanjutnya mengambil dan meletakkan objek RGB tersebut pada drop zone yang sesuai dengan warna objeknya. Sensor 2 merupakan limit switch yang berfungsi sebagai sensor pembatas maksimum gerakan arm robot ke arah kanan maupun ke kiri. Dalam hal ini sudut pergerakan arm robot dari posisi awal (home) adalah 90° ke kanan dan 90° ke kiri, jadi total pergerakan maksimum arm robot ini adalah 180°, maka sensor limit switch berfungsi untuk menjaga agar pergerakan servo base tidak melewati batas maksimumnya dan mencegah kerusakan servo. Serta Sensor 3 merupakan sensor proximity untuk membaca jarak yang tepat antara objek dengan gripper.

B. Perancangan Elektronik Rangkaian Sensor Warna

Sensor warna yang digunakan pada arm robot ini adalah seri TCS3200 yang mampu mendeteksi berbagai jenis warna berdasarkan panjang gelombang. Tegangan kerja sensor antara 2,7 V sampai dengan 5 V, dilengkapi dengan 4 array photodiode dan filter yang berbeda. Gambar 7 menunjukkan perencanaan diagram skematik sensor warna RGB TCS3200. Pin S0 dan S1 merupakan *select lines* untuk penskalaan frekuensi keluaran, dihubungkan ke pin 10 dan 11 dari Arduino Mega 2560. Sementara saluran S2 dan S3 sensor merupakan *select lines* untuk jenis photodiode, dihubungkan ke pin 8 dan 9 Arduino Mega 2560. Hasil pembacaan dari photodiode diubah dalam bentuk arus, kemudian nilai arus ini dikonversi menjadi bentuk pulsa, dimana frekuensinya proporsional dengan intensitas cahaya dari warna yang dipilih.

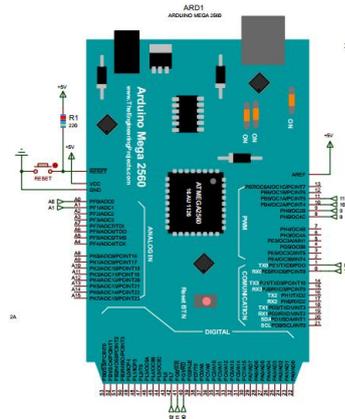


Gbr. 7 Diagram skematik sensor warna RGB TCS3200

C. Perancangan Rangkaian Arduino Mega 2560

Rancangan skematik beserta konfigurasi pin untuk rangkaian Arduino Mega 2560 ditunjukkan dalam Gambar 8. Spesifikasi umum Arduino 2560 diantaranya memiliki 54 pin input / output digital (dengan 15 di antaranya dapat digunakan sebagai keluaran PWM), 16 input analog, 4 UART (*hardware* port serial), osilator kristal 16 MHz, terminal USB, terminal power, header ICSP, dan tombol reset. Dalam perancangan ini, 3 pin I/O digunakan untuk input dari sensor, 2 pin untuk input dari receiver joystick PS2, 4 pin sebagai output ke motor servo dan 2 pin terhubung sebagai output ke *pneumatic*

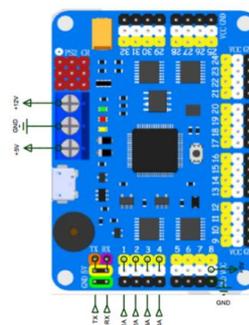
electric solenoid valve yang selanjutnya terhubung secara langsung ke aktuator pneumatik.



Gbr. 8 Diagram skematik rangkaian arduino 2560

D. Perancangan Elektronik Rangkaian Driver Servo Controller

Rangkaian ini berfungsi untuk mengatur dan mengendalikan pergerakan motor servo berdasarkan perintah input joystick, yaitu menggunakan RT robot controller 32 channel untuk pengendalian kinematik motor servo. Diagram skematik driver controller motor servo dan konfigurasi pin dengan Arduino 2560 ditunjukkan dalam Gambar 9. Tegangan kerja driver 5 volt dan tegangan input motor servo dapat bervariasi antara 4,2 V sampai 7,2 V. Memiliki channel sebanyak 32, driver ini mampu mengendalikan 32 motor servo sekaligus. Pada arm robot ini hanya menggunakan 4 motor servo, sehingga konfigurasi pin yang digunakan sebagaimana ditunjukkan dalam gambar adalah 4 pin, yaitu pin 1A, 2A, 3A dan 4A. Serta pin TX dan RX adalah interface dengan Arduino Mega 2560. Driver controller ini juga support untuk antarmuka dengan joystick PS2 secara wireless dengan frekuensi 2,4 GHz.



Gbr. 9 Diagram Skematik dan Konfigurasi Pin Driver Servo

E. Perencanaan Konfigurasi Pin Motor Servo

Motor servo pada arm robot ini berfungsi sebagai penggerak beberapa bagian lengan robot, yaitu base, shoulder, elbow dan wriste. Jenis motor servo yang digunakan adalah DS3235SG yang memiliki spesifikasi sebagai Coreless Digital Servo yang *water proof*,

tegangan operasi 5 V sampai 7,4 V, sudut pergerakan 180°, memiliki torsi yang tinggi 35 kg, serta kecepatan maksimum 0,11 detik/60° pada tegangan kerja 7,4 volt. Gambar 10 merupakan diagram skematik perencanaan konfigurasi pin motor servo ke modul drivernya. Untuk lengan shoulder memiliki beban daya angkat yang tinggi, sehingga dalam perancangan ini perlu digandeng 2 servo sekaligus untuk meningkatkan kemampuan torsi, serta dihubungkan ke pin 2A pada modul driver. Untuk lengan base, elbow dan wriste masing-masing menggunakan servo tunggal dan dihubungkan ke terminal 1A, 3A dan 4A dari modul driver kontroler pada Gambar 9.



Gbr. 10 Konfigurasi Perencanaan Pin Motor Servo Shoulder, Base, Elbow dan Wriste

F. Perencanaan Konfigurasi Pemasangan Aktuator Pneumatik

Silinder pneumatik berperan sebagai penggerak lengan bagian wriste roll dan gripper. Dalam hal ini silinder pneumatic juga dilengkapi dengan valve solenoid sebagai terminal yang terhubung langsung dengan Arduino Mega 2560, yang akan memberikan sinyal secara elektrik. Dalam perancangan ini, untuk solenoid valve pada silinder pneumatic gripper dihubungkan ke pin 42 Arduino 2560, sementara solenoid valve pada silinder pneumatic wriste roll dihubungkan ke pin 41 Arduino 2560. Konfigurasi perencanaan pin solenoid valve pada silinder pneumatic wriste roll dan gripper ke Arduino ditunjukkan dalam Gambar 11.

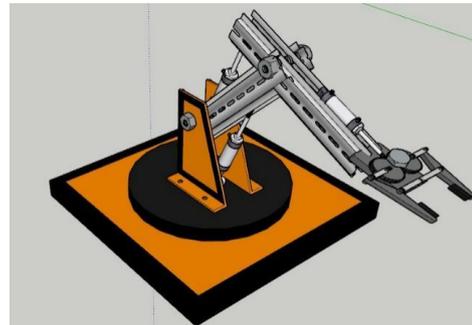


Gbr. 11 Konfigurasi perencanaan pin antara solenoid valve pada silinder pneumatik ke Arduino

G. Perancangan Mekanik 3-D Arm Robot

Gambar 12 menunjukkan rancangan 3-D Arm Robot pemindah barang secara elektro pneumatik yang akan direalisasikan. Arm Robot ini memiliki 6 derajat kebebasan (DoF), dengan 4 DoF digerakkan dengan motor servo, terdiri dari base, shoulder, elbow dan wriste. Serta 2 DoF digerakkan dengan aktuator pneumatik, yaitu wriste roll dan gripper, sebagaimana dapat dilihat dalam Gambar, yaitu tampak sisi atas dan kanan lengan. Material arm robot terbuat dari material akrilik dengan

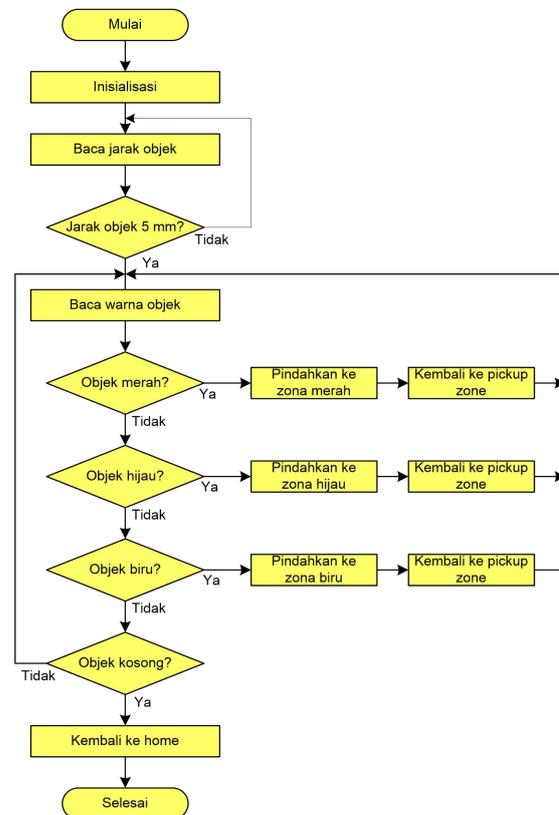
spesifikasi dimensi, Panjang base 17 cm, lebar base 17 cm, tinggi base 10 cm, lebar lengan 6 cm, Panjang total lengan 65 cm, serta memiliki berat 3 kg.



Gbr. 12 Model Rancangan 3-D Arm Robot

H. Perancangan Diagram Alir Sistem

Perancangan diagram alir atau flowchart dari sistem pengontrolan arm robot secara elektro pneumatik ini ditunjukkan dalam Gambar 13. Pada kondisi awal, arm robot berada di posisi home. Ketika arm robot mulai diaktifkan, maka arm robot bergerak ke posisi pickup zone (zona awal peletakan objek) dan sensor proximity aktif membaca jarak antar sensor dengan objek. Bila jarak telah mencapai batas proximity, maka arm robot berhenti sesaat untuk mengaktifkan sensor warna dan membaca nilai grayscale warna.



Gbr. 13 Diagram Alir Sistem

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang telah dicapai dalam penelitian ini mencakup beberapa kondisi pengujian atau pengukuran parameter terhadap alat arm robot pemindah barang secara elektro pneumatik. Beberapa pengujian yang dilakukan yaitu : Pengujian kondisi pembacaan objek terhadap jaraknya dengan sensor proximity; Pengukuran nilai RGB objek terhadap perubahan jaraknya dengan sensor proximity; serta pengujian kemampuan deteksi dan pergerakan arm dalam memindahkan objek.

A. Pengujian kondisi pembacaan objek oleh Sensor Proximity terhadap perubahan jaraknya

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan pendeteksian objek oleh sensor proximity terhadap perubahan jarak antara objek dengan sensor tersebut. Sensor proximity merupakan sensor yang mampu mendeteksi objek tanpa bersentuhan langsung, namun jarak objek yang dideteksi relatif sangat dekat atau dibawah 2 cm. Disini penting untuk diketahui berapa jarak efektif antara sensor dengan objek, sehingga sensor masih mampu mendeteksi suatu objek. Hasil pengujian kondisi pembacaan sensor proximity terhadap perubahan jarak dengan objek ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1.

Hasil pengujian kondisi pembacaan objek terhadap jaraknya dengan sensor proximity.

Uji objek ke-	Warna objek	Jarak pembacaan (cm)	Kondisi pembacaan objek
1	merah	0.5	tidak terdeteksi
2	merah	1.0	tidak terdeteksi
3	merah	1.5	terdeteksi
4	merah	2.0	terdeteksi
5	merah	2.5	Tidak terdeteksi
6	hijau	0.5	tidak terdeteksi
7	hijau	1.0	tidak terdeteksi
8	hijau	1.5	Pembacaan berubah
9	hijau	2.0	terdeteksi
10	hijau	2.5	Tidak terdeteksi
11	biru	0.5	tidak terdeteksi
12	biru	1.0	tidak terdeteksi
13	biru	1.5	tidak terdeteksi
14	biru	2.0	terdeteksi
15	biru	2.5	tidak terdeteksi

Untuk pengujian pembacaan deteksi objek oleh sensor dengan jarak yang berubah-ubah antara sensor dengan objek, dilakukan pengujian sebanyak 15 kali dengan jarak yang berbeda pada masing-masing warna RGB. Sensor proximity memiliki kemampuan pembacaan yang relatif dekat, sehingga range jarak pembacaan diambil antara 0.5 hingga 2.5 cm. Pada jarak 2 cm, sensor proximity mampu melakukan pembacaan deteksi adanya objek dengan sangat baik untuk semua objek-objek yang berwarna merah, hijau dan biru. Untuk jarak 1.5 cm, kondisi pembacaan masih baik, namun

masih tidak terdeteksi. Hal ini dapat dilihat sebagaimana kondisi pembacaan dalam Tabel 1.

Untuk jarak yang lebih jauh diatas 2 cm, hasil pembacaan sudah tidak sesuai, artinya sensor sudah tidak mampu mendeteksi keberadaan objek dengan tepat. Begitu juga hal dengan jarak yang sangat dekat dibawah 1.5 cm, sensor juga tidak mampu mendeteksi objek dengan baik. Dari kondisi hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa jarak pembacaan objek oleh sensor proximity yang optimal dengan kepekaan yang tinggi adalah berada pada jarak 2 cm. Sehingga nilai-nilai pembacaan RGB akan diset menyesuaikan dengan nilai pembacaan pada jarak tersebut.

B. Pengukuran nilai RGB objek terhadap perubahan jaraknya dengan sensor warna

Pengujian nilai kadar warna RGB disini adalah untuk mengetahui kadar abu-abu (grayscale) 8-bit objek yang terbaca pada setiap perubahan jarak, hasil pengujian diharapkan dapat ditentukan Batasan atau range jarak yang masih sesuai sehingga kadar warna RGB yang diinginkan masih dapat terbaca atau sesuai. Hasil pengujian nilai RGB terhadap perubahan jarak sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2.

Hasil pengukuran nilai RGB objek terhadap perubahan jarangnya dengan sensor proximity

Data ke-	Warna objek	Jarak (cm)	Nilai komponen RGB		
			R	G	B
1	Merah	2.5	81	255	196
2	Merah	2.0	61	199	160
3	Merah	1.5	47	152	134
4	Merah	1.0	44	145	128
5	Merah	0.5	42	140	121
1	Hijau	2.5	159	143	243
2	Hijau	2.0	152	141	142
3	Hijau	1.5	98	83	140
4	Hijau	1.0	88	75	139
5	Hijau	0.5	81	73	130
1	Biru	2.5	205	205	134
2	Biru	2.0	143	144	101
3	Biru	1.5	142	144	97
4	Biru	1.0	139	143	96
5	Biru	0.5	139	140	91

Tabel 2 menunjukkan hasil pembacaan data serial monitor dari nilai-nilai RGB yang ditampilkan pada IDE Arduino. Sampel data yang diambil dari serial monitor sebanyak 5 sampel untuk masing-masing warna RGB. Pengujian ini juga dilakukan dengan membuat perubahan jarak antara sensor RGB dengan objek, agar dapat diketahui tingkat sensitivitas pembacaan oleh perubahan

jarak objek dan kadar warna. Variasi jarak pengujian dilakukan dari jarak terdekat hingga terjauh antara 0.5 cm sampai dengan 2.5 cm.

Untuk pengujian objek (kubus) berwarna merah, komponen R (red) cenderung lebih rendah dibandingkan warna lainnya. Ketika objek diletakkan pada jarak terjauh 2.5 cm, nilai masing-masing komponen RGB adalah R = 81, G = 255, dan B = 196. Sementara pada jarak terdekat yaitu 0.5 cm, nilai-nilai komponen RGB adalah R = 42, G = 140, dan B = 121. Dari tabel menunjukkan jika sensor RGB diatur makin dekat dengan objek merah, maka nilai komponen "R" makin mengecil, begitu juga dengan nilai-nilai RGB untuk komponen "G" dan "B". Dalam hal ini perlu dilakukan pengambilan nilai RGB minimum dan maksimum komponen "R" sebagai acuan pembacaan atau deteksi warna merah, namun hanya dalam toleransi disekitar jarak 2 cm, untuk menyesuaikan dengan jarak pembacaan sensor proximity.

Pada pengujian objek (kubus) berwarna hijau, maka komponen G (green) yang mendapatkan nilai pembacaan RGB paling rendah dibandingkan warna lainnya. Dimana nilai pembacaan pada jarak terjauh yaitu 2.5 cm, nilai grayscale untuk ketiga komponen RGB adalah R = 159, G = 143, dan B = 243. Sementara pada jarak terdekat yaitu 0.5 cm, nilai-nilai komponen RGB adalah R = 81, G = 73, dan B = 130. Dari hasil pengamatan kelima sampel objek hijau, menunjukkan bahwa jika sensor RGB dibuat pengaturan makin dekat dengan objek hijau, maka nilai komponen "G" makin mengecil, begitu juga dengan nilai-nilai RGB untuk komponen "R" dan "B". Disini hal yang sama juga perlu dilakukan, yaitu pengambilan nilai RGB minimum dan maksimum komponen "G" sebagai acuan pembacaan atau deteksi warna hijau dalam toleransi disekitar jarak 2 cm.

Selanjutnya untuk pengujian objek (kubus) berwarna biru, maka komponen B (blue) yang mendapatkan nilai pembacaan RGB paling rendah dibandingkan warna lainnya. Dimana nilai pembacaan pada jarak terjauh yaitu 2.5 cm, nilai grayscale untuk ketiga komponen RGB adalah R = 205, G = 205, dan B = 134. Sementara pada jarak terdekat yaitu 0.5 cm, nilai-nilai komponen RGB adalah R = 139, G = 140, dan B = 91. Dari hasil pengamatan kelima sampel objek biru, diketahui bahwa jika sensor RGB dibuat pengaturan makin dekat dengan objek biru, maka nilai komponen "B" makin mengecil, begitu juga dengan nilai-nilai RGB untuk komponen "R" dan "B". Kondisi yang sama juga perlu dilakukan untuk pengujian objek biru, yaitu pengambilan nilai RGB minimum dan maksimum komponen "B" sebagai acuan pembacaan atau deteksi warna hijau dalam toleransi disekitar jarak pembacaan sensor proximity.

C. Pengujian deteksi dan pergerakan robot dalam memindahkan objek

Pengujian ini bertujuan untuk melihat kinerja arm robot yang telah dirancang apakah mampu mendeteksi dan mengenali warna objek sesuai dengan warna yang

sebenarnya serta mampu memindahkannya ke tempat yang sesuai. Adapun hasil pengujian deteksi dan pergerakan arm robot dalam mengenali dan memindahkan objek ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3.

Hasil pengujian deteksi dan pergerakan arm dalam memindahkan objek

Uji ke-	Objek	Warna yang terdeteksi	Kondisi objek
1	Kubus merah	merah	Pindah ke zona merah
2	Kubus merah	merah	Pindah ke zona merah
3	Kubus merah	merah	Pindah ke zona merah
4	Kubus merah	merah	Pindah ke zona merah
5	Kubus merah	merah	Pindah ke zona merah
6	Kubus hijau	hijau	Pindah ke zona hijau
7	Kubus hijau	hijau	Pindah ke zona hijau
8	Kubus hijau	hijau	Pindah ke zona hijau
9	Kubus hijau	hijau	Pindah ke zona hijau
10	Kubus hijau	hijau	Pindah ke zona hijau
11	Kubus biru	biru	Pindah ke zona biru
12	Kubus biru	biru	Pindah ke zona biru
13	Kubus biru	biru	Pindah ke zona biru
14	Kubus biru	biru	Pindah ke zona biru
15	Kubus biru	biru	gagal

Pengujian dalam Tabel 3 diatas dilakukan pada 3 kubus dengan warna berbeda, yaitu kubus merah, kubus hijau dan kubus biru. Masing-masing kubus dilakukan 5 kali sampel pengujian, dalam hal ini jarak antara sensor RGB/proximity dengan objek kubus telah diset pada jarak yang tetap sebagai jarak acuan, yaitu 2 cm. untuk pengujian objek kubus merah, dari lima kali pengujian, arm robot mampu mendeteksi objek tersebut berwarna merah dan mampu memindahkannya ke zona merah secara keseluruhan. Sensor bekerja dengan baik dan actuator mampu menjalankan perintah yang sesuai. Kemudian untuk pengujian objek kubus hijau, arm robot mampu mendeteksi warna yang sesuai pada keseluruhan pengujian, yaitu sebanyak 5 kali. Selanjutnya pada pengujian objek kubus biru, sensor bekerja dengan sangat baik dengan mampu mendeteksi warna yang sesuai (warna biru), namun 1 kali gagal mengangkat objek tersebut ke zona biru, karena permasalahan di silinder pneumatik. Dari keseluruhan pengujian, arm robot mampu mendeteksi warna RGB yang sesuai untuk 15 sampel pengujian, serta mampu memindahkan objek ke zona warna yang sesuai dan tepat sebanyak 14 kali. Kinerja keberhasilan arm robot dalam memindahkan objek adalah 93%.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rancangan dan realisasi sistem mekatronik arm robot secara elektro pneumatik ini dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu Arm robot dapat dirancang dan diimplementasikan dengan mengkombinasikan actuator elektrik maupun pneumatic, kedua penggerak ini dapat disesuaikan jumlah masing-masing DoF yang digerakkan dengan menyesuaikan dengan jenis dan berat beban yang diangkat; Sensor

proximity dapat membantu arm robot untuk jarak konstan pada jarak 2 cm agar pembacaan nilai warna RGB lebih stabil; Sensor RGB mampu mendeteksi warna objek pada semua sampel pengujian yang dilakukan untuk warna merah, hijau dan biru.

REFERENSI

- [1] Teli, S. N., Bhalerao, A., Ingole, S., Jagadale, M., & Kharat, K. (2017). Design and fabrication of pneumatic robotic arm. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 3, 126.
- [2] Supriyono, S., Yusuf, M., & Rafiq, A. A. (2017). Rancang Bangun Robot Lengan dengan Penggerak Sistem Pneumatik Menggunakan PLC. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 4(1), 7-10.
- [3] Khairudin, M., Asnawi, R., & Hadi, S. (2015). Desain Robot Lengan Raket dengan Kombinasi Aktuator Motor dan Pneumatik untuk Mendapatkan Optimasi Pukulan. Prosiding Semnas Pendidikan Teknik Elektro FT Universitas Negeri Yogyakarta, 74-79.
- [4] Rouzbeh, B., Bone, G. M., Ashby, G., & Li, E. (2019). Design, implementation and control of an improved hybrid pneumatic-electric actuator for robot arms. *IEEE access*, 7, 14699-14713.
- [5] Cesar, D. (2017). *Pengembangan Lengan Robot Menggunakan Sistem Pneumatik Untuk Mengambil Benda*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Satrio, M. A., Mirna, M., Rifaldi, M., Nur, M., & Ishak, I. (2021). Rancang Bangun Robot Arm 4 DOF Berbasis Mikrokontroler ATmega328. *Mechatronics Journal in Professional and Entrepreneur (MAPLE)*, 3(2), 59-63.
- [7] Rendyansyah, R., Prasetyo, A. P., Exaudi, K., Sembiring, S., Tarigan, B. A., & Amaria, M. A. (2022). Pergerakan Robot Lengan Pengambil Objek Dengan Sistem perekam Gerak Berbasis Komputer. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 8(2), 230-240. <https://doi.org/10.24036/jtev.v8i2.113147>
- [8] Rahmawan, A., Munadi, M., & Prahasto, T. (2013). Optimasi Gripper Dua Lengan dengan Menggunakan Metode Genetic Algorithm pada Simulator Arm Robot 5 DOF (Degree of Freedom). *JURNAL TEKNIK MESIN*, 1(2), 9-16.
- [9] BENOTSMANE, R., KACEMI, S. E., DUDÁS, L., & KOVÁCS, G. (2021). SIMULATION OF INDUSTRIAL ROBOTS'SIX AXES MANIPULATOR ARMS-A CASE STUDY. *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, 19(1).
- [10] Prastyo, E.A. (2022). Penjelasan tentang Mikrokontroler STM32. Arduino Indonesia. <https://www.arduinoindonesia.id/2022/08/penjelasan-tentang-mikrokontroler-stm32.html>.
- [11] Hilal, A., & Manan, S. (2015). Pemanfaatan Motor Servo Sebagai Penggerak Cctv Untuk Melihat Alat-Alat Monitor Dan Kondisi Pasien Di Ruang Icu. *Gema Teknologi*, 17(2).