

## **Pengembangan Sistem Kendali Pada Purwarupa Robot Humanoid Untuk Autism Spectrum Disorder Berbasis IoT**

**Muhammad Axel Radityoadji**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email : muhammadaxel.20068@mhs.unesa.ac.id

**Muhamad Syariffuddien Zuhrie, Lusia Rahmawati, Agus Wiyono**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: zuhrie@unesa.ac.id , lusiarakhmawati@unesa.ac.id , aguswiyono@unesa.ac.id

### **Abstrak**

Robot humanoid adalah pengembangan robot yang dirancang dan dibangun berdasarkan struktur tubuh manusia, di program untuk dapat menirukan penampilan manusia dan pergerakan manusia melalui sensor dan bahkan kecerdasan buatan. Memiliki keseimbangan dan stabilitas yang canggih serta kemampuan untuk berinteraksi dengan manusia dan lingkungan sekitarnya. Robot humanoid dapat digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk sebagai asisten pribadi, dalam riset dan pengembangan, dalam pendidikan, atau bahkan di industri manufaktur, Robot Humanoid merupakan bentuk pengembangan bidang robotika dan elektronika yang sedang menjadi perbincangan hangat di era revolusi industry 4.0. Dalam misi untuk meningkatkan kualitas pertumbuhan anak dengan Autism Spectrum Disorder, menggunakan metode intervensi dini dimana anak pengidap ASD dapat melakukan interaksi dengan robot humanoid yang didasari dengan kecenderungan anak ASD yang tertarik dengan teknologi serta memiliki kekuatan dalam visual. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengembangan rangkaian sistem kendali dengan mengadaptasi Internet of Things (IoT) untuk mengendalikan robot yang diintegrasikan dengan visualisasi webcam dan konversi HSV untuk menjadi input utama dari sistem. pengembangan IoT telah menjadi sebuah inovasi yang berkembang secara pesat dalam konteks telekomunikasi nirkabel modern, ekosistem yang melibatkan IoT dapat memungkinkan pengoptimalan operasi sebuah alat elektronik menggunakan internet. Pengaplikasian IoT dalam robot humanoid dapat diimplementasikan pada pengiriman data jaringan sensor, Pengendalian jarak jauh, Analisis data real-time, monitoring, serta integrasi berbagai macam sistem lainnya. Hasil yang didapatkan berupa respon dari anak dengan autisme apabila berinteraksi dengan robot humanoid yang dipadukan dengan sistem IoT serta kinerja robot humanoid yang lebih mulus.

**Kata Kunci:** *Robot Humanoid, IoT (Internet of Things), ASD (Autism Spectrum Disorder), Webcam , Sistem Control System.*

### **Abstract**

Humanoid robots are developments designed and built based on the human body structure, programmed to mimic human appearance and movement through sensors and even artificial intelligence. They possess advanced balance and stability as well as the ability to interact with humans and their surroundings. Humanoid robots can be used for various purposes, including as personal assistants, in research and development, in education, or even in manufacturing industries. Humanoid robots represent a development in the fields of robotics and electronics that is currently a hot topic in the era of Industry 4.0 revolution. In the mission to improve the growth quality of children with Autism Spectrum Disorder (ASD), early intervention methods are employed where ASD children can interact with humanoid robots. This is based on the tendency of ASD children to be interested in technology and their strength in visual stimuli. The method used in this research involves developing a control system using Internet of Things (IoT) adaptation to control robots integrated with webcam visualization and HSV conversion as the main input of the system. IoT development has rapidly evolved as an innovation in modern wireless telecommunications contexts. The IoT ecosystem enables optimization of electronic device operations using the internet. The application of IoT in humanoid robots can be implemented in various ways including network sensor data transmission, remote control, real-time data analysis, monitoring, and integration with various other systems. The results obtained include responses from ASD children when interacting with humanoid robots combined with IoT systems, as well as smoother performance of humanoid robots.

**Keywords:** *Robot Humanoid, IoT (Internet of Things), ASD (Autism Spectrum Disorder), Webcam , Sistem Control System.*

## PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi pada bidang Artificial Intelligence (AI) dan automasi telah menstimulasi berbagai macam bentuk inovasi, salah satunya adalah robotika yang menggabungkan berbagai macam teknik dan aspek. Humanoid adalah jenis robot yang secara khusus di desain untuk menyerupai memiliki bentuk dan karakteristik yang menyerupai manusia, baik secara keseluruhan struktur maupun pergerakan dari robot. Pertumbuhan robot humanoid sudah digunakan diberbagai bidang, baik dalam industry seperti manufaktur, maupun pendidikan. Dalam bidang pendidikan robot humanoid seringkali berperan sebagai media pembelajaran yang berhubungan dengan gerakan kompleks mausia, biologis, dan kedokteran. Robot humanoid juga seringkali dijadikan sebagai media untuk memotivasi perubahan dalam pendidikan terutama dalam bidang pemrograman computer, kecerdasan buatan, dan desain teknik. Kemajuan perkembangan robot humanoid diharapkan dapat diaplikasikan menjadi solusi berbagai macam permasalahan yang ada, serta terus memicu perkembangan dalam bidang elektronika.

Autism Spectrum Disorder (ASD) adalah gangguan perkembangan saraf yang diidentifikasi dengan adanya penurunan interaksi dan komunikasi sosial baik secara verbal maupun non verbal serta perilaku yang cenderung berulang. Kondisi Autism Spectrum Disorder di Indonesia mencapai angka 3,2 juta anak yang tercatat pada tahun 2019, jumlah tersebut terus bertambah hingga sekarang. Permasalahan yang dijumpai oleh masyarakat saat ini bukan hanya tentang jumlah, namun juga kurangnya fasilitas dan teknologi yang dapat membantu rehabilitasi anak dengan Autism Spectrum Disorder. Penggunaan teknologi seperti robot humanoid dapat menjadi salah satu solusi mutakhir bagi anak dengan ASD, mengingat karakteristik anak-anak pengidap ASD yang cenderung memiliki ketertarikan dengan teknologi, serta potensi yang dimiliki robot humanoid pada era revolusi industri 4.0.

Penelitian Terdahulu yang berkaitan dengan pemanfaatan Robot Humanoid untuk proses rehabilitasi anak dengan penyakit Autism Spectrum Disorder juga telah dilakukan. A. Nazari, S. Höhn, A. Paikan, dan P. Ziafati (2023) mengembangkan QTrobot sebagai media rehabilitasi. Penelitian oleh Luke J Wood, A. Zaraki, Michael L. Walters (2017) menghasilkan pengembangan dari Robot Kaspar. Penelitian lainnya dilakukan oleh A. Febtriko, W. Yulianti, dan T. Rahayuningsih (2019) memanfaatkan UBTECH humanoid robot sebagai media pembelajaran kepada guru di bidang Autisme. Hal ini menjadi bukti bahwa eksistensi robot humanoid dalam proses rehabilitasi Autism Spectrum Disorder sangatlah signifikan, sehingga peneliti ingin mengembangkan

sistem dengan mengintegrasikan IoT sebagai dasar sistem kontrol pada robot.

Pada penelitian ini, peneliti mengusulkan desain robot humanoid yang difungsikan untuk rehabilitasi anak kecil penderita ASD. Robot humanoid yang diusulkan memanfaatkan IoT sebagai sistem kontrol utama dengan beberapa fitur yang ditawarkan seperti monitoring jarak jauh, sistem untuk bergerak berinteraksi dengan anak kecil penderita ASD seperti bermain bola dan bernyanyi, serta optimalisasi sistem penggerak pada robot humanoid.

## KAJIAN PUSTAKA

### *Autism Spectrum Disorder (ASD)*

Autisme adalah salah satu kelompok dari penyakit neurodevelopmental yang dikenal dengan pervasive developmental disorder (PDD). Penyakit ini dapat diidentifikasi dengan tiga kekurangan utama yaitu gangguan kemampuan berkomunikasi, gangguan interaksi timbal balik dan keterbatasan sosial, serta pola perilaku atau ketertarikan yang berulang dan atau distereotipkan. Autism Spectrum Disorder disebabkan karena adanya anomaly pertumbuhan otak, serta reorganisasi syaraf yang dipicu oleh banyak faktor antara lain :

1. **Epidemiologi**  
Epidemiologi adalah sebuah cabang keilmuan yang mempelajari kecenderungan penyebaran suatu penyakit, serta cara menanganinya. Autism Spectrum Disorder seringkali ditemukan lebih banyak pada anak laki-laki daripada anak perempuan dengan perbandingan 4:1.
2. **Etiologi**  
Etiologi adalah sebuah cabang keilmuan yang mempelajari tentang sebab dari sebuah penyakit. Etiologi dari Autism Spectrum Disorder telah berkembang dan berubah, pada awalnya etiologi dari penyakit autisme adalah dari kesalahan pengasuhan anak, namun seiring berjalannya waktu bidang etiologi mengindikasikan bahwa faktor penyebab autisme datang dari faktor generic yang kompleks.
3. **Faktor Genetik**  
Studi dalam bidang genetic menunjukkan bahwa penyakit autisme dapat diwariskan secara genetic. Saudara kembar monozygotic memiliki peluang lebih besar terkena autisme daripada dizygotic.
4. **Faktor Lingkungan**  
Faktor lingkungan saat ibu mengandung juga dapat mempengaruhi resiko penyakit autisme. Zat yang dikonsumsi oleh ibu hamil seperti vaksin, paparan penyakit campak, gondok, dan

rubella, injeksi berbasis merkuri, dan berbagai macam zat lainnya.

### **Internet of Things (IoT)**

Internet of Things (IoT) merujuk kepada konsep dimana sebuah produk teknologi diintegrasikan dalam spektrum jaringan luas, sistem, dan sensor, yang memanfaatkan kemajuan dalam daya komputasi, miniaturisasi elektronik, dan jaringan terhubung, sehingga dapat berbagi data dan di kontrol menggunakan internet (Rose, Eldridge, & Chapin, 2015). Implementasi berskala besar dari IoT menjanjikan transformasi dari berbagai aspek kehidupan manusia, perkembangan seperti konsep “Smart House”, teknologi untuk memonitor kesehatan, dan berbagai macam aplikasi lainnya yang dapat meningkatkan kualitas hidup dengan harga yang sesuai (Ariowo, Widyartono, & Wardani, 2023).

Untuk mengembangkan aplikasi IoT dibutuhkan hardware yang sesuai dengan kebutuhan spesifik dari penelitian, platform yang digunakan untuk menghubungkan hardware tersebut dengan sistem biasanya menggunakan mikrokontroler dan mikroprosesor seperti Raspberry Pi, ESP8266, atau ESP32 (Utomo & Anifah, 2023). Platform tersebut biasanya telah diintegrasikan dengan modul lain seperti NodeMCU yang mengemas ESP8266 ke dalam papan kompak dengan akses kepada WiFi dan chip serial USB, modul ini nantinya dapat digunakan bersamaan dengan mikrokontroler tambahan untuk kontrol utama dari produk. Tegangan kerja ESP8266 adalah 3,3 volt, jadi untuk penggunaan mikrokontroler tambahan bisa menggunakan Arduino.

### **Mikrokontroler**

Mikrokontroler adalah sebuah perangkat terintegrasi yang dapat mengolah sinyal input sesuai dengan program yang diinginkan oleh peneliti (Nurdiansyah, Erick, Bakri, Imam, & Prasetyo, 2020). Didalam Mikrokontroler terdapat CPU, ROM, RAM, I/O, Clock dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi dengan baik sehingga hanya perlu memprogram isi ROM (Jalil, 2016). Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini adalah NodeMCU dalam Arduino IDE atau STM32.

NodeMCU adalah sebuah mikrokontroler sumber terbuka (open source) untuk Internet of Things. Mikrokontroler ini mengemas ESP8266 ke dalam papan kompak dengan akses kepada WiFi dan chip serial USB, modul ini nantinya dapat digunakan bersamaan dengan mikrokontroler tambahan untuk kontrol utama dari produk. (Sutniko, et al., 2021).

STM32 adalah jenis mikrokontroler yang sering digunakan dalam proses pembelajaran serta trial dari

sebuah produk, hal ini dikarenakan harganya yang relative murah dengan spesifikasi yang memenuhi untuk menggerakkan motor servo pada robot humanoid.

### **Mini Computer**

Mini Computer adalah jenis computer yang bersifat multiuser yang berarti dapat digunakan oleh banyak pengguna dalam waktu bersamaan dengan perhitungan distribusi waktu yang sangat sempit (Aditya, Hamdi, Azzaria, Sintya, & Yahfizham, 2024). Mini Computer yang digunakan dalam penelitian ini adalah Intel NUC i3.

Intel NUC i3 adalah internal PC yang biasa digunakan pada modul robot humanoid sumber terbuka, memungkinkan daya komputasi tingkat tinggi yang mendukung OS 64-bit dan Bluetooth 4.1, (cartft.com). Model ini biasanya digunakan dalam penelitian berskala besar seperti modul ROBOTIS OP3.

### **XbeePro**

Xbee Pro adalah salah satu perangkat komunikasi data wireless yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz dengan menggunakan protokol standart IEEE 802.15.4. Xbee Pro sudah banyak digunakan untuk beberapa aplikasi diantaranya Wireless Sensor Network (WSN) untuk monitoring kelembaban, temperature, kecepatan dan angin. Selain itu digunakan untuk komunikasi robot.

Performa yang ditawarkan oleh XbeePro antara lain, jangkauan outdoor hingga 2500 kaki (750 m), Transmit power output sebesar 10mW, Seria Interface data rate dari 1200 sampai 250 kbps, sensitivitas -100 dBm (1% error rate). Dengan kebutuhan tenaga 2.8 sampai 3.4 Volt, serta arus 150mA (Digi, 2009).

### **Motor Servo**

Motor servo adalah sebuah penggerak dengan sistem closed feedback yang dapat diatur atau disesuaikan dengan menggunakan rangkaian kontrol yang ada di dalam sistem servo sehingga posisi sudut poros keluaran motornya dapat dipastikan. Komponen penyusun motor servo adalah motor DC, rangkaian gear, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer pada motor servo berfungsi untuk menentukan batas sudut putaran, Roda gigi berfungsi untuk meningkatkan torsi, dan sudut dari sumbu motor diatur dengan lebar pulsa yang dikirim melalui sinyal kabel motor (Wu, et al., 2019).

Jenis motor servo yang digunakan adalah Dynamixel AX 12 A, merupakan motor servo yang memiliki kapasitastorsi hingga 15kgf.cm, dan dilengkapi dengan kemampuan networking dengan interface UART TTL half duplex multidrop, berbahan dasar engineering plastic. Parameter berupa posisi, kecepatan, dan torsi pada Dynamixel AX 12 A dapat diatur dengan sebuah

command packet untuk mempermudah sistem kontrol utama (Shamsuddin, et al., 2011).

**Webcam**

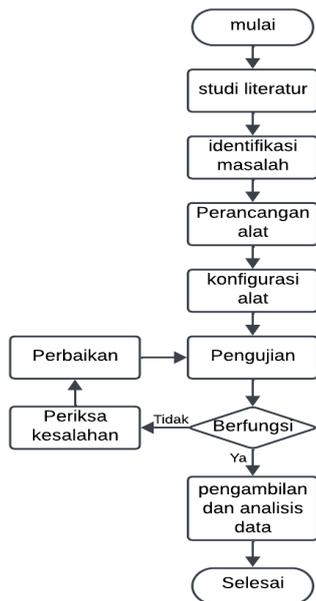
Webcam adalah perangkat elektronik yang berfungsi sebagai alat untuk mentransfer data media seperti foto atau video secara langsung, webcam bersifat seperti sebuah sensor yang akan mendeteksi objek yang ada di depannya, kemudian data yang di tangkap dapat diproses dan di integrasikan dengan sistem lain.

Sebuah webcam biasanya terdiri dari lensa yang dipasang pada sirkuit untuk menangkap sinyal gambar, kabel support yang dibuat dari bahan yang fleksibel untuk menyesuaikan arah dan sudut pandang kamera. Webcam biasanya dilengkapi dengan software yang mengambil gambar secara terus menerus dalam interval waktu tertentu. Webcam yang digunakan untuk proyek ini adalah Logitech C920 HD Pro karena relatif lebih murah.

**METODE**

**Alur Penelitian**

Penelitian ini akan dilakukan mengikuti alur penelitian yang telah ditentukan dengan tujuan agar proses penelitian dapat dilakukan sesuai dengan arahan. Adapun alur penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

Tujuan utama dari metode penelitian ini adalah untuk mencapai hasil optimal dari sistem kontrol robot humanoid yang difokuskan kepada penerapan teknologi IoT pada kerangka pengendali robot. Fokus utama dari pengembangan ini adalah agar robot humanoid dapat

memberikan respons yang lebih interaktif selama berinteraksi dengan pengguna.

Dengan mengimplementasikan metode ini, diharapkan hasil kinerja sistem dapat meningkatkan dampak yang diberikan robot humanoid. Hal ini menjadi penting terutama saat robot digunakan oleh subjek yang sensitif seperti penderita Autism Spectrum Disorder, sistem yang optimal dibutuhkan untuk menciptakan lingkungan interaksi yang nyaman serta sesuai dengan karakteristik penderita Autisme.

**Desain Perancangan Teknis**

Rancangan yang akan dibuat ialah alat untuk mengontrol robot humanoid berbasis IoT. Alat dan bahan yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1 Alat Dan Bahan**

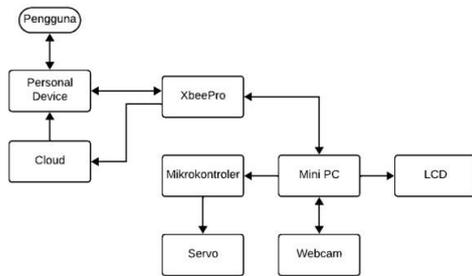
No	Alat/Bahan	Spesifikasi
1	Motor Servo	Dynamixel AX 12 A
2	Mikrokontroler	STM32F746ZGT6 / 32-bit ARM Cortex®-M7 with FPU (216MHz, 462DMIPS)
3	Webcam	Logitech C920 HD Pro
4	Sensor	Gyroscope 3Axis, Accelerometer 3Axis, Magnetometer 3Axis (MPU9250)
5	Kabel Servo	AX12 140&200mm
6	Modul IoT	ESP8266
7	Modul komunikasi	XbeePro
8	Mini Computer	Intel NUC i3 8GB RAM, M.2 SSD 128 GB
9	Multimeter	DT9205A
10	Communication Ports	Micro-B USB connector, B3B-EH-A / DYNAMIXEL, 20010WS-
11	LED & Buttons	Poer on/off, Reset button, LED red/green/blue,
12	Power Source	Default Battery LI-PO 11.1V 1,800mAh 19.98Wh

Motor servo bekerja sebagai sistem penggerak utama yang akan menjadi sendi dari setiap bagian robot humanoid seperti kepala, tangan, dan kaki. Mikrokontroler bekerja sebagai otak bagi robot humanoid, tempat mengontrol semua pergerakan yang ada, serta tempat untuk mengintegrasikan sistem IoT

pada percobaan. Webcam berfungsi sebagai pengambil data berupa gambar atau video yang dapat diproses sebagai trigger utama dari kegiatan yang dilakukan robot humanoid, komponen lainnya adalah komponen pembantu untuk memanifestasikan sistem.

**Diagram Blok Sistem**

Diagram blok akan menggambarkan mekanisme rangkaian alat secara garis besar.

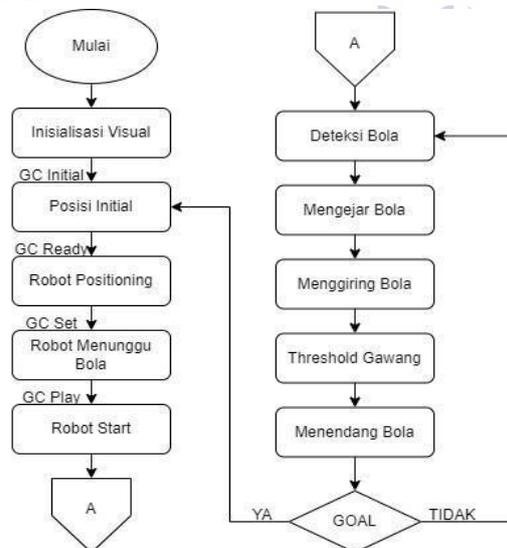


Gambar 2 Diagram Blok Sistem

Pengguna dapat mengontrol robot humanoid melalui device yang mereka miliki, device tersebut juga akan terhubung dengan cloud sebagai penyimpanan data utama, yang membuat sistem kontrol robot humanoid menjadi efektif. XbeePro digunakan sebagai pengirim data yang telah diolah oleh mikrokontroler sehingga pergerakan robot humanoid dapat dikontrol dari jarak jauh serta bersifat semi otomatis.

**Diagram Alur Kerja Sistem**

Diagram alur kerja akan memberikan ilustrasi alur system hingga dapat membuat robot berinteraksi dengan manusia.



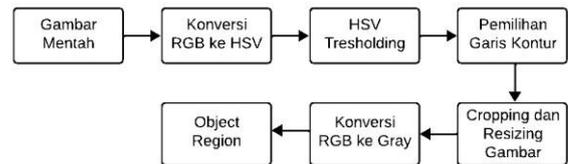
\*Note: GC = Game Controller

Gambar 3 Diagram Alur Kerja

Diagram diatas menunjukkan bagaimana robot berinteraksi dengan cara bermain bola. Sesaat ketika robot di start, mini pc Intel NUC i3 akan memberikan perintah kepada webcam untuk mendeteksi bola, serta memberikan perintah respon kepada mikrokontroler untuk menggerakkan motor servo sehingga robot dapat bermain dengan bola.

**Diagram Penginderaan Robot**

Diagram penginderaan menggambarkan mekanisme kerja indra pengelihatian dari robot sehingga dapat mendeteksi objek.



Gambar 4 Diagram Penginderaan

Sebuah gambar awalnya ditangkap oleh webcam dalam format Red, Green, and Blue (RGB), kemudian akan dikonversi kepada nilai Hue, Saturated, Value (HSV). Nilai konversi dari RGB menuju HSV dapat dirumuskan dalam persamaan berikut :

$$R' = \frac{R}{255}$$

$$G' = \frac{G}{255}$$

$$B' = \frac{B}{255}$$

$$Cmin = \min (R', G', B'), Cmax = \max (R', G', B')$$

$$H = \begin{cases} 60^\circ \left( \frac{G' - B'}{Cmax - Cmin} \text{mod} 6 \right), & Cmax = R' \\ 60^\circ \left( \frac{B' - R'}{Cmax - Cmin} + 2 \right), & Cmax = G' \\ 60^\circ \left( \frac{R' - G'}{Cmax - Cmin} + 4 \right), & Cmax = B' \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} 0, & Cmax = 0 \\ \frac{Cmax - Cmin}{Cmax}, & Cmax \neq 0 \end{cases}$$

$$V = Cmax$$

Setelah melakukan proses konversi tahapan selanjutnya adalah marking dan resizing gambar kepada objek yang ditentukan, dalam hal ini menyesuaikan bentuk dengan bola.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada hasil penelitian “Pengembangan Sistem kendali pada purwarupa robot humanoid untuk Autism Spectrum Disorder, berbasis IoT” memberikan hasil berupa implementasi perancangan perangkat. Perangkat yang dimaksudkan ialah prototipe atau purwarupa robot humanoid yang merupakan hasil realisasi dari diagram alir program. Proses uji coba memperoleh hasil berupa robot yang mampu berjalan mendekati objek sesuai perintah, robot dapat bernyanyi selama waktu yang ditentukan. Uji coba robot menggunakan baterai 2200 mAh 3S memperoleh hasil yang sangat stabil sesuai dengan parameter pada program.

**Implementasi Desain Mekanik**

Implementasi desain mekanik merupakan proses desain bentuk robot humanoid menggunakan AUTOCAD yang digunakan dalam penelitian. Hasil desain digital dari AUTOCAD tersebut kemudian dilakukan perakitan bentuk fisik disertai cover yang dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 5 Bentuk Fisik Robot

**Pengujian Rangkaian Mikrokontroler dan Servo**

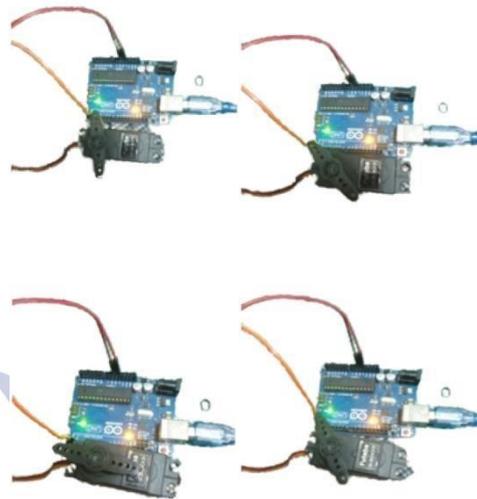
Pada pengujian ini, dilakukan uji coba kinerja motor servo yang akan menjadi penggerak utama pada robot humanoid. Motor servo yang di uji adalah Dynamixel AX 12 A, adapun bentuk fisik dari motor servo dapat dilihat pada gambar



Gambar 6 Motor Servo

Mikrokontroler yang digunakan pada pengujian rangkaian ini adalah arduino UNO, sebelum nantinya akan dipadukan dengan mikrokontroler lain seperti

STM32. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 7 Pengujian Motor Servo

Data yang diambil berupa kinerja motor servo pada derajat kemiringan 10°, 30°, 45°, dan 90° yang disesuaikan dengan engsel kaki dan tangan manusia. Data pengujian tersaji dalam table berikut

**Tabel 2 Hasil Pengujian Servo**

Sudut	Delay vs Presisi (%)				
	200ms	400ms	600ms	800ms	1000ms
10°	84.9	96.5	98.8	100	100
30°	89.4	90.1	100	100	100
45°	87.3	93.8	100	100	100
90°	89.6	90	100	100	100

Data diolah dengan cara membandingkan presisi dari motor servo dengan set point delay yang berbeda beda. Dengan ini didapat hasil yang optimal pada delay 600ms apabila menimbang kecepatan dan presisi motor servo.

**Tabel 3 Kesimpulan Pengujian Servo**

No	Aktivitas Pengujian	Indikator Pencapaian	Hasil pengujian	Kesimpulan
1	Menguji respon, pergerakan, dan kestabilan motor servo pada robot humanoid	Respon, pergerakan, dan kestabilan motor servo dalam kondisi baik	Motor servo merespon mikrokontroler, dapat bergerak dengan stabil	<input checked="" type="checkbox"/> Sesuai <input type="checkbox"/> Tidak sesuai

### Pengujian Rangkaian webcam dan mini pc

Pada pengujian ini, dilakukan uji coba kinerja webcam yang akan digunakan pada penelitian sistem kontrol robot humanoid. Webcam yang di uji adalah Logitech C920 HD Pro yang akan dirangkai dengan Mini PC Intel NUC i3, bentuk fisik mini PC Intel NUC i3 sebagai berikut.

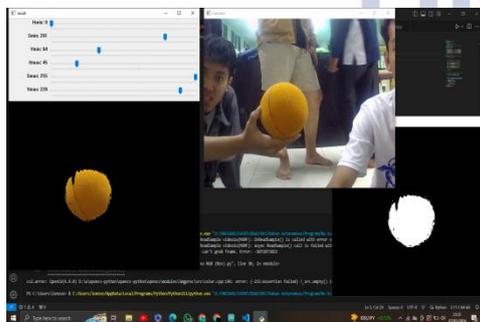


Gambar 8 Intel NUC i3

Adapun hasil pengujian webcam dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 4 Pengujian Webcam

No	Aktivitas Pengujian	Indikator Pencapaian	Hasil pengujian	Kesimpulan
1	Menguji kemampuan webcam untuk mendeteksi serta menangkap objek yang ada di depan robot humanoid	Webcam dapat mendeteksi serta menangkap objek yang ada di depan robot humanoid	Webcam dapat mendeteksi bola yang ada di depan robot	<input checked="" type="checkbox"/> Sesuai <input type="checkbox"/> Tidak sesuai



Gambar 9 Pengujian Webcam

### Pengujian XbeePro

Pada pengujian ini, dilakukan uji coba kinerja XbeePro sebagai modul komunikasi data dari robot humanoid kepada cloud dan device IoT. Adapun hasil pengujian dapat dipaparkan pada table

Tabel 5 Pengujian Xbee Pro

No	Aktivitas Pengujian	Indikator Pencapaian	Hasil pengujian	Kesimpulan
1	Menguji kemampuan XbeePro untuk mengirimkan data dari robot humanoid	XbeePro dapat mengirimkan data berupa aktivitas robot humanoid kepada device	Data dari robot humanoid berhasil terkirim dan tersimpan di dalam cloud	<input checked="" type="checkbox"/> Sesuai <input type="checkbox"/> Tidak sesuai

### Pengujian Interaksi Manusia

Pada pengujian ini, dilakukan uji coba dengan cara memberikan program pada robot humanoid untuk berinteraksi dengan manusia seperti member salam, dan menyapa. Program akan di perintah melalui perangkat, kemudian mikrokontroler pada robot akan memberikan reaksi sesuai perintah. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada gambar.



Gambar 10 Pengujian Kinerja Robot

Pada pengujian kinerja pergerakan robot humanoid menggunakan sistem kontrol yang diteliti, hasil yang ditunjukkan adalah pergerakan yang stabil dengan delay yang rendah. Pengujian respon dilakukan untuk mengetahui apakah kinerja utama robot sebagai media untuk berinteraksi dengan anak anak pengidap penyakit Autism Spectrum Disorder memeberikan respon yang diharapkan atau tidak. Pengujian dilakukan dengan cara mengenalkan media robot kepada anak anak, kemudian melihat bagaimana respon yang diberikan apabila dibandingkan dengan interaksi dengan manusia.

**Tabel 6 Pengujian Responden**

No	Aktivitas Pengujian	Indikator Pencapaian	Hasil pengujian	Kesimpulan
1	Menguji respon dari anak anak pengidap Autism Spectrum Disorder	Terdapat respon yang positif dari anak anak pengidap Autism Spectrum Disorder	Anak anak antusias dengan adanya robot berinteraksi dengan mereka	<input checked="" type="checkbox"/> Sesuai <input type="checkbox"/> Tidak sesuai
2	Membandingkan respon yang diberikan dengan interaksi manusia	Hasil dari interaksi yang lebih baik daripada manusia	Antusiasme anak anak dalam memberikan respon baik secara motorik maupun verbal lebih baik	<input checked="" type="checkbox"/> Sesuai <input type="checkbox"/> Tidak sesuai

**Pengujian Kapasitas Bermain**

Pada pengujian ini, dilakukan uji coba dengan cara memberikan program pada robot humanoid untuk bermain bola sebagai ajang interaksi dengan manusia. Adapun hasil pengujian data dilihat pada gambar.



**Gambar 11 Pengujian Kapasitas Bermain**

Hasil yang ditunjukkan adalah kemampuan sistem untuk mendeteksi bola yang ada didepannya, lalu bekerja sesuai dengan perintah untuk menendang bola tersebut.

**PENUTUP**

**Simpulan**

Pada penelitian Pengembangan Sistem kendali pada purwarupa robot humanoid untuk Autism Spectrum Disorder, berbasis IoT, maka diperoleh kesimpulan bahwa desain sistem kendali robot humanoid menggunakan IoT adalah suatu hal yang dapat penambah ke efektifan kinerja robot humanoid. Robot humanoid yang diteliti memiliki kemampuan antara lain, dapat berjalan mendekati subjek sesuai dengan perintah yang dikirim, berinteraksi dengan manusia sesuai dengan

perintah yang dikirim, serta bermain bola dengan lancer. Uji coba berhasil membandingkan sistem manual dengan autonomus, dimana Uji coba robot mode manual menggunakan baterai 2200 mAh 3S diperoleh hasil robot dapat menjalankan lebih banyak kali perintah, sedangkan Uji coba robot mode autonomus menggunakan baterai 2200 mAh 3S diperoleh hasil sangat stabil karena dalam mode autonomus diberikan parameter pada programnya. Sehingga sistem kontrol IoT dapat memenuhi kinerja utama robot humanoid untuk memberikan rehabilitasi kepada anak dengan Autism Spectrum Disorder dengan baik.

**Saran**

Berdasarkan uji coba yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa saran yang muncul sebagai outcome dari peelitian untuk memudahkan pengembangan penelitian, saran tersebut antara lain :

1. Pada penelitian selanjutnya bisa menggunakan metode *image processing* untuk menjadi penelitian yang lebih sesuai dengan kondisi user yang berbeda beda
2. Pada penelitian selanjutnya bisa mengembangkan integrasi sistem pendingin untuk melindungi keseluruhan sistem yang kompleks

**DAFTAR PUSTAKA**

Aditya, F., Hamdi, F., Azzaria, F., Sintya, A., & Yahfizham. (2024). Analisis Perkembangan Dan Klasifikasi Komputer Dari Awal Konsep Hingga Era Modern. *NJMS : Nusantara Journal of Multidisciplinary Science*, 14-27.

Aribowo, W., Widyartono, M., & Wardani, A. L. (2023). Kendali dan Monitoring Motor DC Pada Atap Tambak Garam Bertenaga Sel Surya Berbasis IOT menggunakan sensor Rain Humidity Detector. *Jurnal Teknik Elektro*, 49-56.

Behnke, S., Schreiber, M., St'uckler, J., Renner, R., & Strasdat, H. (2006). See, walk, and kick: Humanoid robots start to play soccer. *HUMANOIDS'06*, 497-503.

cartft.com. (n.d.). Intel NUC NUC7i3DNBE Mainboard. Retrieved from cartft.com: <http://www.cartft.com/catalog/il/2391>

Digi, I. i. (2009). XBee/XBee-Pro RF Modules. *RF Modules*.

Febtriko, A., Yulianti, W., & Rahayuningsih, T. (2019). PEMANFAATAN UBTECH HUMANOID ROBOT SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN KEPADA GURU MENUJU ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0 DIBIDANG PENDIDIKAN UNTUK ANAK AUTIS DI SEKOLAH PEKANBARU LAB SCHOOL. *Jurnal pengabdian masyarakat Multidisiplin*, 42-52.

Indranuddin, Risnumahwan, A., Puspita, E., & Alasiry, A. H. (2021). Implementation of IMU-based balanced motion using ROS for EROS humanoidsoccer robot. *Internationals Electronics Symposium*.

J, J., Yang, J., Christmann, G. H., & Baltes, J. (2023). Lightweight mechatronic system for humanoid robot. *The Knowledge Engineering Review*, 1-15.

Jalil, A. (2016). RANCANG BANGUN ROBOT HUMANOID. KONIK.

Nazari, A., Höhn, S., Paikan, A., & Ziafati, P. (2023). Receptive Language Development Intervention and Assessment in Conversational Interactions with QTrobot for Autism. *ICARD*, 12-16.

Ngarianto, H., & Gunawan, A. A. (2020). Pengembangan Sistem Kendali Robot Humanoid untuk Edukasi berdasarkan Robosapien dan Raspberry Pi Zero. *EMACS*, 85-90.

Nurdiansyah, M., Erick, Bakri, M., Imam, & Prasetyo, A. B. (2020). SISTEM KENDALI ROTASI MATAHARI PADA PANEL SURYA BERBASIS ARDUINO UNO. *JTIKOM*, 1(2), 40-45.

P, A., Louise, C., Lera, F. R., Ziafati, P., Nazarihorram, A., Torre, L. V., & Steffgen, G. (2018). More Attention and Less Repetitive and Stereotyped Behaviors using a Robot with Children with Autism. *Conference Paper*.

Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). *The Internet of Things : An Overview*. Geneva: Internet Society.

Shamsuddin, S., Ismail, L. I., Yussof, H., Zahari, N. I., Bahari, S., Hasyim, H., & Jaffar, A. (2011). Humanoid Robot NAO: Review of Control and Motion Exploration. *Computing and Engineering*, 511-516.

Sutniko, T., Purnama, H. S., Pamungkas, A., Fadlil, A., Mohd, I., & Hatta, M. (2021). Internet of things-based photovoltaics parameter monitoring system using NodeMCU ESP8266. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 5578-5587.

Utomo, B., & Anifah, L. (2023). Rancang Bangun Smart Aquarium Untuk Ikan Channa Berbasis IoT.

Wood, L. J., Robins, B., Zarak, A., Walters, M. L., Novanda, O., & Dautenhahn, K. (2017). The Iterative Development of the Humanoid Robot Kaspar: An Assistive Robot for Children with Autism. *ICSR*.

Wu, F., Li, L., Wang, C., Jin, X., Wang, H., Yang, Z., . . . Yiping, Z. (2019). Design and Development of Autonomous Soccer Humanoid Robot CU-legendary. *Journal of Physics*.