

Penerapan Protokol *ESP-Now* Untuk Komunikasi Pada Robot Tari *Humanoid*

Salsabila

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: salsabila.20070@mhs.unesa.ac.id

Muhamad Syariffuddien Zuhrie¹, Lusia Rakhmawati², Agus Wiyono^{3*}

^{1,2}S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

³S1 Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: zuhrie@unesa.ac.id, lusiarakhmawati@unesa.ac.id, aguswiyono@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan dengan menerapkan protokol *ESP-Now* pada robot *humanoid* yang digunakan dalam Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI). Kontes ini menantang robot untuk menari secara bersamaan dengan musik pengiring yang disiarkan melalui perangkat *Bluetooth*. Tantangan terbaru pada KRSTI 2023 menekankan perlunya menghentikan gerakan tarian selama 15 detik saat musik dihentikan tanpa mengubah total durasi penampilan. Metode penelitian melibatkan identifikasi kebutuhan, perancangan sistem komunikasi menggunakan protokol *ESP-Now*, implementasi protokol pada robot *humanoid*, dan pengujian kinerja sistem. Desain *hardware* melibatkan *ESP8266 Transmitter* sensor suara analog dan *ESP8266 Receiver*. Pengujian sensor suara menunjukkan kompleksitas respons terhadap volume suara, dengan nilai analog di bawah 300 dianggap sebagai tingkat suara yang tidak terdeteksi. Pengujian komunikasi *ESP-Now* menunjukkan keberhasilan pada jarak kurang dari 1 meter, sementara kegagalan terjadi pada jarak 4 meter. Implementasi pada robot *humanoid* melibatkan uji misi *mute*, di mana robot berhasil menghentikan gerakan tariannya selama 15 detik setelah musik dibisukan. Meskipun terdapat loncatan dalam gerakan tarian, robot dapat menutupi kekurangan waktu dengan mengadaptasi program.

Kata Kunci: Robot *humanoid*, Kontes Robot Seni Tari Indonesia, Protokol *ESP Now*, Sensor Suara Analog, Komunikasi Nirkabel.

Abstract

This research aims to apply the *ESP-Now* protocol to humanoid robots used in the Indonesian Dance Arts Robot Contest (KRSTI). This contest challenges robots to dance simultaneously to accompanying music broadcast via a *Bluetooth* device. The latest challenge at KRSTI 2023 emphasizes the need to pause dance movements for 15 seconds when the music stops without changing the total duration of the performance. The research method involves identifying requirements, designing a communication system using the *ESP-Now* protocol, implementing the protocol on a humanoid robot, and testing system performance. The hardware design involves *ESP8266 Transmitter* and *ESP8266* analog sound sensor. Testing of the sound sensor demonstrated the complexity of the response to sound volume, with analog values below 300 considered an undetectable sound level. *ESP-Now* communication testing showed success at a distance of less than 1 meter, while failure occurred at a distance of 4 meters. Implementation on a humanoid robot involves a mute mission test, where the robot successfully stops its dancing movements for 15 seconds after the music is muted. Even though there are jumps in the dance movements, the robot can make up for the lack of timing by adapting the program.

Keywords: Humanoid robot, Indonesian Dance Robot Contest, *ESP Now* Protocol, Analog Sound Sensor, *Wireless Communication*.

PENDAHULUAN

Istilah robot pertama kali diperkenalkan oleh dramawan Ceko Karel Capek Pada dekade 1920 dalam drama *Rossum's Universal Robots* (R.U.R.), yang diambil dari kata *robota* dalam bahasa Slavia yang berarti tenaga kerja bawahan (Goswami dan Vadakkepat, 2018). Robot *humanoid* merupakan salah satu jenis robot yang dirancang dan dibangun menyerupai manusia secara keseluruhan mulai dari karakteristik hingga anatomi tubuh berupa kepala dan badan dengan dua tangan dan dua kaki (Kajita dkk., 2014). Upaya pengembangan dari robot *humanoid* telah banyak dilakukan diantaranya yaitu oleh honda mulai dari P2 pada tahun 1996 (Hirose

dan Ogawa, 2007) P3 pada tahun 1997 (Hirai, 1999), dan ASIMO pada tahun 2000 (Yoshida, 2019). Robot *humanoid* yang telah beredar memiliki beragam kemampuan, sehingga menjadikan mereka salah satu robot yang paling canggih dalam berbagai bidang aplikasi seperti pertahanan, penyelamatan, pendidikan, medis hingga hiburan (Saeedvand dkk., 2019; Somiseti dkk., 2020).

Salah satu wadah pengembangan robot sekaligus merupakan ajang kompetisi antar universitas ialah Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI) merupakan salah satu divisi dalam ajang Kontes Robot Indonesia (KRI) yang diadakan oleh Balai Pengembangan Talenta Indonesia (BPTI) Pusat Prestasi Nasional (Puspresnas)

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia (Fahd dkk., 2018). Dalam divisi ini, robot *humanoid* menjadi fokus utama. Misi yang diberikan dalam KRSTI adalah memastikan dua robot *humanoid* mampu menari secara bersamaan saat musik pengiring mulai diputar di arena lapangan persegi panjang yang telah dibagi menjadi beberapa zona. Musik pengiring disiarkan melalui perangkat transmitter *Bluetooth* yang dioperasikan oleh pihak penyelenggara, dan kemudian dikirimkan kepada masing-masing robot. Tantangan dalam kontes ini melibatkan sinkronisasi gerakan tari antara dua robot dalam zona-zona yang telah ditentukan (Kusumoputro dkk., 2023).

Tema serta misi berubah dan bertambah setiap tahunnya. Salah satu yang menjadi misi tambahan pada KRSTI pada tahun 2023 adalah dihentikannya musik pengiring selama 15 detik dengan waktu penampilan tetap (Kusumoputro dkk., 2023). Misi tambahan ini menuntut robot untuk dapat menghentikan gerakan tariannya selama 15 detik saat musik pengiring dihentikan, sementara waktu total penampilan tetap tidak berubah. Hal ini menambah tingkat kesulitan dalam mempertahankan kekompakan dalam setiap gerakan, serta menuntut ketepatan dalam menjalankan tarian sesuai dengan ritme dan durasi yang telah ditetapkan sebelumnya. sehingga untuk mengatasi misi tambahan tersebut dilakukan penelitian dengan tujuan mencari alternatif komunikasi pada robot yang lebih efisien untuk memenuhi misi tersebut.

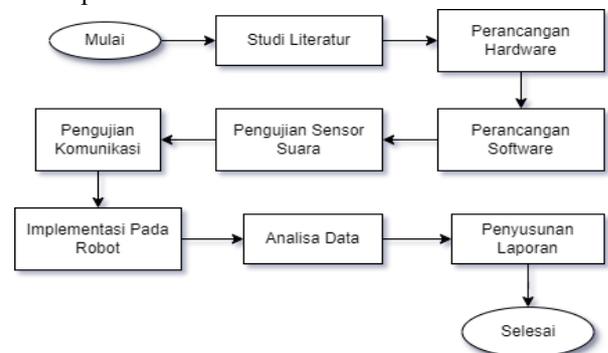
Beberapa penelitian yang difokuskan untuk mendalami tentang komunikasi pada kontes robot seni tari Indonesia (KRSTI) telah banyak dilakukan. Diantaranya Sulisty (2015), melakukan penelitian dengan melibatkan perancangan dan pembuatan sistem komunikasi berbasis USART yang menggunakan *Bluetooth* HC-05 sebagai media transfer serial data antara dua robot. Pada penelitian ini, Atmega8 bertindak sebagai perangkat pengirim dan penerima data, yang terhubung dengan CM-530 sebagai kontroller utama. Hasil penelitian menunjukkan keberhasilan komunikasi antara dua robot dengan pengiriman data serial berkecepatan tinggi. Selain itu penelitian juga dilakukan oleh Zahra dkk., (2017), melakukan penelitian dengan fokus pada keberhasilan robot dalam melakukan gerakan tari Gending Sriwijaya dengan memanfaatkan modul pengenalan suara EasyVR3. Dwisaputra dan Ocsirendi (2019), melakukan penelitian tentang bagaimana pemanfaatan pembacaan nilai *Analog-to-Digital Converter* (ADC) dari keluaran sinyal analog suara, dengan tujuan membuat robot mampu membedakan antara kondisi *mute* dan *play*.

Perbedaan antara penelitian yang sudah ada dengan penelitian ini adalah diterapkannya protocol komunikasi ESP *now* sebagai optimasi komunikasi pada robot dalam menjalankan misi. ESP *now* merupakan protocol komunikasi yang dikembangkan oleh espressif yang memungkinkan setiap mikrokontroler, dua atau lebih perangkat ESP8266 atau ESP32, baik pengirim atau penerima dapat berkomunikasi tanpa terhubung dengan jaringan wifi (Hoang dkk., 2019; Wicaksono dan Rahmatya, 2022). ESP *Now* juga memungkinkan pengiriman data dari jarak jauh dengan kecepatan transfer yang relatif cepat (Rizal Isnanto dkk., 2020). Dalam penelitian ini, digunakan tiga unit ESP8266, satu sebagai perangkat pengirim dan dua sebagai perangkat penerima. ESP8266 *transmitter* akan dihubungkan dengan sensor suara analog sebagai pendeteksi musik iringan tarian, sedangkan dua penerima ESP8266 akan dipasang, satu pada setiap tubuh robot.

METODE

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mendesain dan mengimplementasikan sebuah sistem komunikasi pada robot tari *humanoid* menggunakan protokol ESP *Now*. Tahapan penelitian ini dilakukan secara terstruktur untuk memastikan hasil yang sesuai dengan tujuan yang diharapkan.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Gambar 1 menunjukkan secara singkat alur dari tahapan penelitian. Tahap awal penelitian melibatkan identifikasi kebutuhan, di mana dilakukan analisis terhadap karakteristik terkait komunikasi robot tari *humanoid* dengan alunan musik. Analisis ini didukung oleh studi literatur dan observasi terhadap interaksi robot dengan elemen musik. Dengan kebutuhan yang teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah merancang sistem komunikasi menggunakan protokol *ESP-Now*. Proses rancangan melibatkan perencanaan dan seleksi perangkat keras yang sesuai serta penyiapan skenario pengujian yang terstruktur. Pengujian dan evaluasi sistem dilakukan untuk mengukur kinerja sistem, baik

dalam membaca suara musik maupun dalam pengiriman dan penerimaan data. Hasil pengujian dievaluasi secara kritis untuk memastikan bahwa sistem beroperasi sesuai dengan ekspektasi yang diinginkan.

Spesifikasi

Komponen-komponen yang dibutuhkan untuk mendukung penelitian komunikasi robot tari *humanoid* ditunjukkan pada Tabel 1.

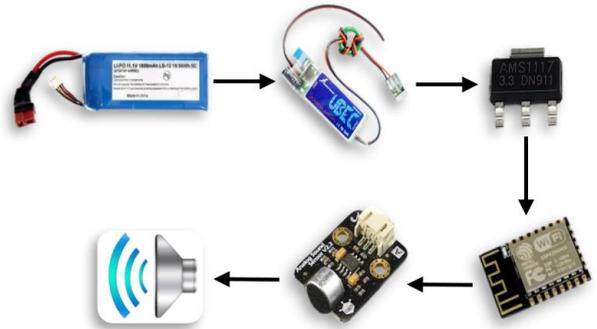
Tabel 1. Spesifikasi Komponen

Komponen	Spesifikasi
Kontroller	ESP8266
Sensor Suara	DFR0034
<i>Stepdown</i>	Ubec 5V, AMS1117 3,3V
<i>Power Supply</i>	Baterai Lipo 3s 3300mah

Perancangan Hardware

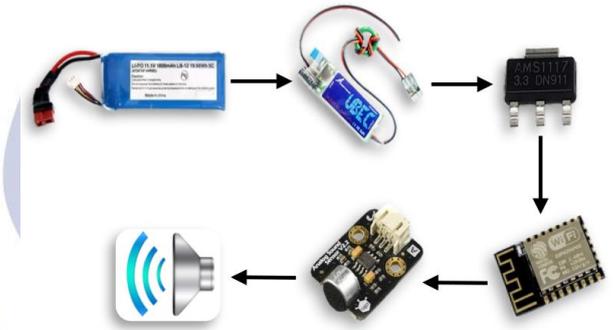
Dalam proses perancangannya, desain perangkat keras secara keseluruhan dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu *hardware* untuk *transmitter* dan *hardware* untuk *receiver*. Pada Gambar 2 dapat dilihat desain *hardware* yang digunakan untuk *transmitter*. Komponen utama dari perangkat keras *transmitter* ini adalah sensor suara analog, yang dihubungkan langsung ke mikrokontroler ESP8266. Fungsi dari sensor suara ini adalah untuk mendeteksi suara dari perangkat yang tersambung melalui jack audio pada sensor suara analog tersebut. Setelah suara terdeteksi oleh sensor, suara ini kemudian dikonversi menjadi sinyal digital oleh ESP8266. Sinyal digital yang dihasilkan ini kemudian dikirimkan secara nirkabel ke ESP8266 yang terdapat pada *hardware receiver*.

Perangkat keras transmitter menggunakan baterai 12 volt sebagai sumber daya utamanya. Untuk memenuhi kebutuhan daya yang sesuai, tegangan dari baterai ini pertama kali diturunkan menjadi 5 volt dengan menggunakan *step-down* UBEC (*Universal Battery Elimination Circuit*). Setelah itu, tegangan 5 volt ini kembali diturunkan menjadi 3,3 volt menggunakan IC AMS1117. Penyesuaian tegangan ini dilakukan dengan tujuan agar ESP8266 dapat beroperasi dengan baik, karena perangkat ini memerlukan tegangan 3,3 volt untuk berfungsi. Dengan demikian, seluruh rangkaian perangkat keras transmitter telah dirancang agar dapat berfungsi dengan efisien dan sesuai dengan kebutuhan operasional ESP8266, memastikan semua komponen bekerja secara optimal dalam rangkaian tersebut.



Gambar 2. Blok Diagram *Transmitter*

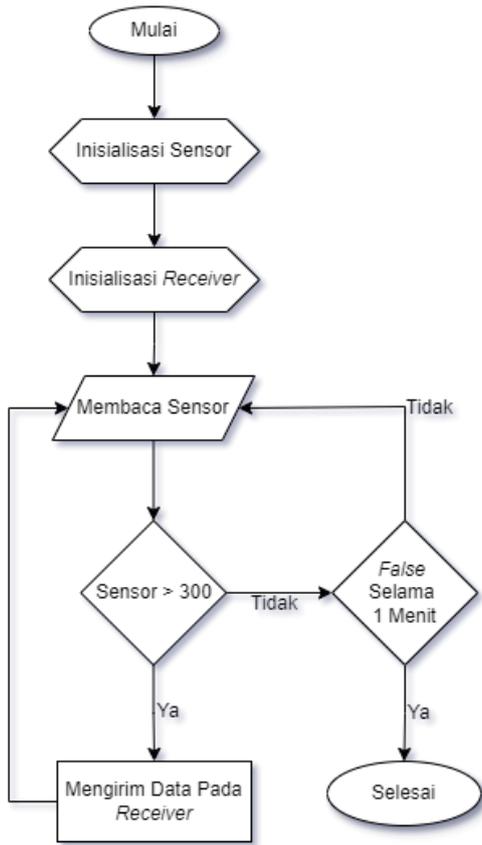
Untuk *hardware receiver* dapat dilihat pada Gambar 3, setelah ESP8266 yang ada pada *hardware receiver* menerima data dari ESP8266 *transmitter*, data akan lanjut dikirimkan menuju mikrokontroler STM32f103c8t6. Setelah data diproses, mikrokontroler ini memberikan instruksi gerak kepada servo-servo yang membentuk kerangka robot *humanoid*.



Gambar 3. Blok Diagram *Receiver*

Perancangan Software

Untuk dapat berkomunikasi antara beberapa ESP8266 menggunakan protokol *ESP-Now*, sangatlah penting untuk mengetahui *MAC address* dari setiap ESP8266 yang berperan sebagai receiver (Pashic dkk., 2020). *MAC address* ini terdiri dari enam blok angka heksadesimal yang dipisahkan oleh titik dua, seperti "32:AE:A4:07:OD:66". Dalam tahap awal, ESP8266 *transmitter* mengintegrasikan sensor suara analog yang bertugas mengumpulkan data berupa gelombang suara yang dihasilkan oleh tegangan Listrik. Setelah sensor mengambil data, ESP8266 *transmitter* akan melakukan pembacaan data kemudian mengirimkan data tersebut pada ESP8266 *receiver* melalui protokol *ESP-Now*. Proses komunikasi ini melibatkan koordinasi yang efektif antara sensor suara, ESP8266 *transmitter*, dan ESP8266 *receiver*, seperti yang tergambar dalam representasi visual pada Gambar 4. Gambar tersebut memperlihatkan bagaimana data dari sensor suara diintegrasikan, diproses, dan akhirnya dikirim oleh ESP8266 *transmitter* kepada ESP8266 *receiver* melalui jalur komunikasi yang ditetapkan.

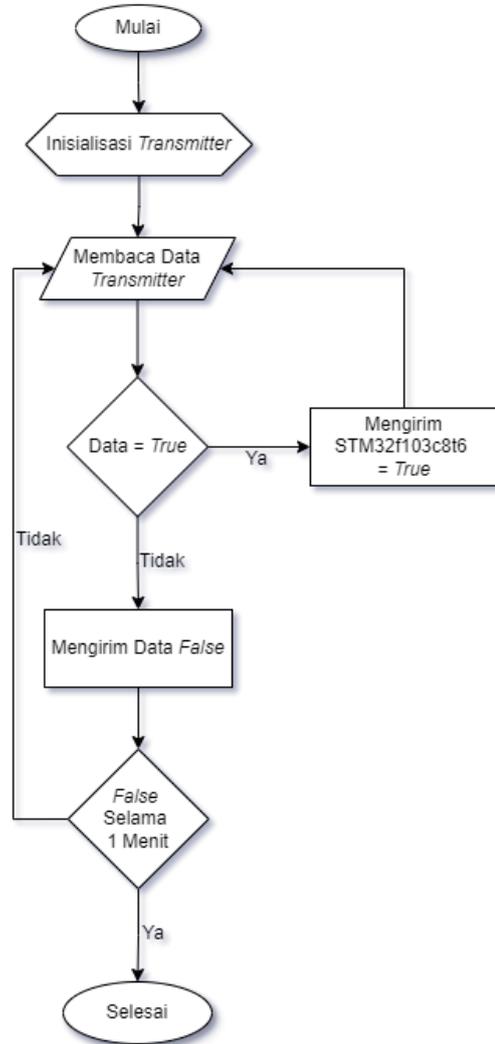


Gambar 4. Flowchart Transmitter

Proses komunikasi antara ESP8266 *receiver* dan kontroler utama STM32f103c8t6 pada robot tari *humanoid* dapat digambarkan secara sistematis sebagai berikut. ESP8266 *receiver* berfungsi sebagai perangkat yang menerima data yang dikirim oleh ESP8266 *transmitter*. Setelah data diterima oleh ESP8266 *receiver*, data tersebut kemudian diolah dan diteruskan ke kontroler utama, yaitu STM32f103c8t6. Ketika STM32f103c8t6 menerima data ini, kontroler utama menginterpretasikan informasi yang terkandung dalam data tersebut. Informasi ini mungkin mencakup perintah atau instruksi yang diperlukan untuk mengendalikan gerakan robot. Berdasarkan interpretasi ini, STM32f103c8t6 menghasilkan sinyal kontrol yang kemudian diteruskan ke servo motor. Servo motor merespons dengan melakukan gerakan sesuai dengan instruksi yang diterima dari STM32f103c8t6.

Gambar 5 memberikan gambaran konseptual tentang aliran informasi dan kendali yang diperlukan untuk mencapai tujuan fungsionalitas pengendalian robot tari *humanoid*. Aliran ini mencakup tahap penerimaan data oleh ESP8266 *receiver*, pengolahan dan penerusan data ke STM32f103c8t6, interpretasi data oleh kontroler utama, hingga pengiriman sinyal kontrol ke servo motor

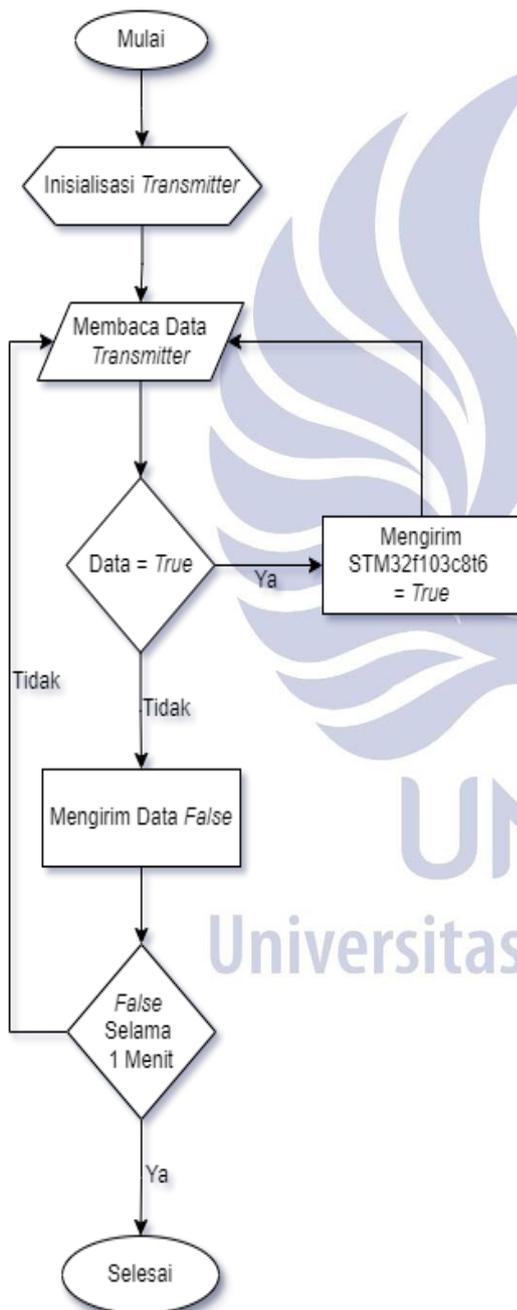
untuk menghasilkan gerakan yang diinginkan. Proses ini memastikan bahwa robot tari *humanoid* dapat bergerak dengan presisi sesuai dengan perintah yang diterima melalui sistem komunikasi nirkabel.



Gambar 5. Flowchart Receiver

Dalam penyelenggaraan Kontes Robot Seni Tari Indonesia, terdapat misi dibisukannya alunan musik pengiring selama 15 detik tanpa mengubah durasi penampilan robot. Meskipun terjadi pembisuaan suara, robot tari diharapkan untuk tetap menyajikan gerakan tari dengan mempertahankan ketepatan ritme waktu yang telah ditentukan sebelumnya. Adanya batasan ini memunculkan perlunya pengembangan algoritma yang cerdas, yang terwujud dalam diagram alur *motion* pada Gambar 6. Sebagai langkah awal, program robot tari sebelumnya telah dipersiapkan dengan cermat agar durasi lagu dan durasi gerakan tari selalu sejalan. Namun, ketika musik dibisukan untuk sementara waktu, yaitu selama 15 detik, lagu akan mencapai akhirnya lebih cepat daripada durasi gerakan tari. Untuk menghadapi

tantangan ini, diterapkan suatu solusi inovatif melalui logika pemrograman yang memungkinkan robot tari untuk tetap sukses mengeksekusi misinya. Robot membaca dan menghitung durasi sinyal yang terdeteksi dalam kondisi rendah (*low*). Jumlah durasi *low* ini kemudian dijadikan patokan sebagai indikator seberapa banyak gerakan tari yang harus dilalui oleh robot dalam keadaan musik dibisukan. Solusi ini tidak hanya memungkinkan robot untuk menjamin bahwa setiap aspek penampilan robot tetap optimal namun juga menjaga keharmonisan Gerakan tari.



Gambar 6. *Flowchart Mute*

HASIL DAN PEMBAHASAN

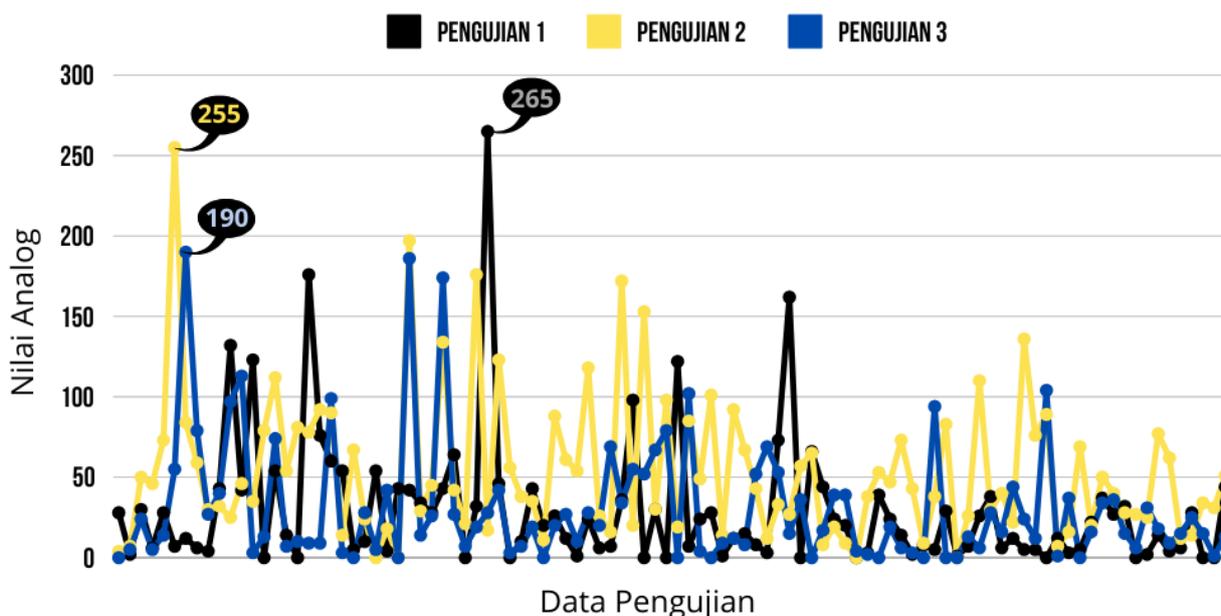
Pengujian sensor suara

Pengujian pada sensor suara dilaksanakan dengan tujuan untuk menentukan batas minimum dari nilai analog sebagai indikator *output*. Dengan menentukan batas minimum ini, dapat diketahui rentang nilai yang muncul ketika sensor mendeteksi suara. Pengujian juga ditujukan untuk mengevaluasi efektivitas pengaruh volume terhadap nilai analog yang dihasilkan oleh sensor. Dengan kombinasi pengujian tersebut, dapat dihasilkan pemahaman yang komprehensif tentang kemampuan dan karakteristik sensor suara, memastikan bahwa sensor tersebut dapat diandalkan dan efektif dalam kondisi operasional.

pengujian sensor suara analog dimulai dengan pengambilan data pada volume 0 untuk menentukan nilai analog sensor tertinggi saat musik dibisukan yang terdeteksi oleh sensor yang kemudian akan digunakan sebagai patokan minimal nilai analog sensor saat musik mulai terdengar pada volume yang lebih tinggi. pengujian sensor suara analog pada volume 0 dilakukan sebanyak 3 kali untuk memastikan keakuratan nilai tertinggi yang dihasilkan pada setiap pengujian. nilai tertinggi dari ketiga pengujian tersebut yang kemudian akan digunakan sebagai ambang batas minimal suara musik mulai terdengar.

Setelah menentukan batas minimum tersebut, proses pengujian dilanjutkan dengan pengambilan data nilai analog dari sensor suara pada setiap kelipatan 10 volume, dimulai dari volume 10 hingga 100. Data-data ini selanjutnya dianalisis untuk memahami respons sensor terhadap berbagai tingkat volume, khususnya di sekitar ambang batas minimal yang telah ditetapkan sebagai indikator dimulainya deteksi suara musik. Proses analisis ini membantu dalam menggambarkan secara lebih rinci bagaimana sensor bereaksi terhadap variasi volume suara yang berbeda. Dengan mengikuti pendekatan yang sistematis, diharapkan pemahaman yang lebih baik mengenai kemampuan sensor suara dapat tercapai.

Berdasarkan grafik hasil ketiga pengujian yang telah dilakukan pada Gambar 7, nilai analog sensor tertinggi pada pengujian pertama yakni 265, kemudian pada pengujian kedua yakni 255, dan 190 pada pengujian ketiga. melalui pengujian yang telah dilakukan, hasil pada pengujian pertama akan digunakan sebagai nilai minimal suara musik mulai terdengar. Nilai ini dijadikan sebagai patokan bahwa nilai analog di bawah 300 diartikan sebagai tingkat suara yang tidak terdeteksi atau dianggap sebagai dengungan latar yang minimal.



Gambar 7. Hasil Nilai Analog Sensor Suara Volume 0

Tabel 2. Hasil Nilai Analog Sensor Suara Volume 10 - 100

Volume	Jumlah Nilai Analog <300
10	59
20	32
30	47
40	27
50	26
60	17
70	16
80	10
90	8
100	5

Tabel 2 menampilkan hasil pengujian yang menunjukkan bahwa respons nilai analog dari sensor suara tidak mengikuti pola yang teratur seiring dengan variasi volume suara pada rentang 10 hingga 30. Pada rentang ini, maksimum nilai analog yang terdeteksi oleh sensor adalah 1024. Namun, peningkatan yang teratur dalam nilai analog mulai terlihat seiring dengan peningkatan volume suara dari level 30 dan mencapai puncaknya pada level 100. Analisis lebih lanjut juga menunjukkan bahwa nilai analog yang berada di bawah 300 menjadi semakin jarang terbaca seiring dengan meningkatnya level volume dari 80 hingga 100. Hal ini menunjukkan bahwa sensor cenderung memberikan respons yang lebih stabil dan konsisten pada level-volume yang lebih tinggi, sementara pada level-volume

yang lebih rendah, respons sensor mungkin menjadi tidak konsisten atau tidak terdeteksi dengan baik.

Pengujian komunikasi

Pengujian komunikasi dilakukan menggunakan tiga perangkat ESP8266, dengan satu berperan sebagai pengirim (*transmitter*) dan dua lainnya sebagai penerima (*receiver*), merupakan bagian penting dari studi ini. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi secara mendalam kemampuan sistem dalam mentransmisikan data dengan sukses dari *transmitter* ke kedua *receiver* pada jarak-jarak yang telah ditentukan. Standar jarak yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada persyaratan yang diterapkan dalam kontes robot seni tari Indonesia tahun 2023. Dalam konteks ini, panjang total arena lapangan adalah 2410 mm, dengan jarak tambahan dari lapangan ke meja juri yang diperkirakan sepanjang 1500 mm. Dengan demikian, secara keseluruhan, jarak yang dijadikan standar untuk pengujian adalah 4000 mm atau setara dengan 4 meter, sementara jarak pembandingnya adalah kurang dari 1 meter.

Setiap percobaan pengujian dilakukan dengan pengambilan data sebanyak 4 kali pada setiap jarak yang diuji. Pendekatan ini dilakukan untuk memastikan analisis yang akurat terhadap variabilitas dan konsistensi hasil pengukuran. Tujuan utama dari pendekatan ini adalah untuk memvalidasi bahwa sistem komunikasi antara *transmitter* dan *receiver* dapat berfungsi dengan andal dan konsisten dalam berbagai kondisi jarak yang diuji.

Tabel 3. Hasil Pengujian Komunikasi Jarak <1 m
Receiver 1 dan Receiver 2

Iterasi	ESP8266 Receiver 1		ESP8266 Receiver 2	
	Gagal	Terkirim	Gagal	Terkirim
1	0 %	100 %	0 %	100 %
2	0 %	100 %	0 %	100 %
3	0 %	100 %	0 %	100 %
4	0 %	100 %	0 %	100 %

Tabel 3 menunjukkan bahwa dari 20 data yang dihasilkan, pengiriman berhasil sepenuhnya dengan jarak kurang dari 1 meter pada semua pengujian, baik pada *receiver* ESP8266 1 maupun *receiver* ESP8266 2. Hasil ini menunjukkan bahwa komunikasi *ESP-NOW* pada jarak kurang dari 1 meter pada kondisi percobaan ini cukup efektif dan dapat diandalkan. Dengan demikian, performa komunikasi dapat dianggap memuaskan untuk penggunaan pada jarak tersebut.

Tabel 4. Hasil Pengujian Komunikasi Jarak 4 m
Receiver 1 dan Receiver 2

Iterasi	ESP8266 Receiver 1		ESP8266 Receiver 2	
	Gagal	Terkirim	Gagal	Terkirim
1	20 %	80 %	10 %	90 %
2	0 %	100 %	10 %	90 %
3	20 %	80 %	30 %	70 %
4	30 %	70 %	20 %	80 %

Perbedaan yang signifikan terlihat dalam Tabel 4 menunjukkan data pada jarak 4 meter. Pada hampir semua pengujian, beberapa data tidak berhasil terkirim dari 20 data yang diuji pada ESP8266 *receiver 1* dan *receiver 2*. Pada ESP8266 *receiver 1*, tingkat kegagalan terkecil adalah 0%, sementara tingkat kegagalan tertinggi mencapai 30%, yang berarti 6 dari 20 data tidak berhasil terkirim. Pada ESP8266 *receiver 2*, tingkat kegagalan terendah adalah 10%, atau 2 dari 20 data tidak berhasil terkirim, dengan tingkat kegagalan tertinggi juga mencapai 30%. Kegagalan pengiriman data ini kemungkinan disebabkan oleh faktor-faktor seperti interferensi sinyal, konfigurasi perangkat keras dan kondisi lingkungan.

Implementasi Pada Robot

implementasi dilakukan dengan melibatkan dua robot *humanoid*. Proses ini dilakukan dengan melakukan uji misi *mute* pada kontes robot seni tari Indonesia. Pengujian misi ini dilaksanakan setelah desain *hardware transmitter* dan *receiver* berhasil melewati tahap uji coba, dan keduanya telah diintegrasikan ke dalam sebuah

PCB. PCB tersebut telah dipasang pada setiap robot *humanoid* dan ditempatkan di dalam sebuah kotak yang dirancang khusus sebagai wadah untuk perangkat keras *transmitter*. Misi *mute* bertujuan agar robot dapat menghentikan gerakannya ketika musik dimatikan. Karena durasi musik tetap berjalan, robot harus mampu menghitung dan menyelaraskan waktu gerak tariannya sehingga selesai secara bersamaan dengan musik pendukung. Dalam pengujian ini, hasil dari pengujian sensor suara dan komunikasi juga menjadi faktor penentu keberhasilan implementasi robot.

Tabel 5. Hasil Uji Implementasi pada robot.

No	Motion	Time (s)	pengujian		
			1	2	3
1	Motion 1	3,2	Move	Move	Move
2	Motion 2	2,8	Move	Move	Move
3	Motion 3	3	Move	Move	Move
4	Motion 4	4,2	Move	Move	Move
5	Motion 5	2,7	Move	Move	Move
6	Motion 6	3,9	Skip	Move	Move
7	Motion 7	6,3	Skip	Skip	Move
8	Motion 8	4	Move	Skip	Move
9	Motion 9	4,7	Skip	Skip	Skip
10	Motion 10	4,3	Move	Move	Skip
11	Motion 11	5,2	Move	Move	Move
12	Motion 12	3,2	Move	Move	Move
13	Motion 13	6	Move	Move	Skip
14	Motion 14	5,5	Move	Move	Move
15	Motion 15	2,9	Move	Move	Move

Data yang diperoleh pada Tabel 5 menunjukkan pada pengujian pertama, *motion* yang berhasil dilewati adalah *motion 6, 7, dan 9* dengan waktu masing-masing 3,9 detik, 6,3 detik, dan 4,7 detik. Total waktu dari *motion* yang dilewati pada percobaan pertama adalah 15,3 detik. Pada pengujian kedua, saat musik dibisukan, *motion* yang berhasil dilewati adalah *motion 7, 8, dan 9* dengan waktu masing-masing 6,3 detik, 4 detik, dan 4,7 detik. Total waktu dari *motion* yang dilewati pada percobaan kedua adalah 15 detik. Pada pengujian ketiga, *motion* yang berhasil dilewati adalah *motion 9, 10, dan 13* dengan waktu masing-masing 4,7 detik, 4,3 detik, dan 6 detik. Total waktu dari *motion* yang dilewati pada percobaan ketiga adalah 15 detik.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa durasi *motion* yang berhasil dilewati pada setiap pengujian adalah sekitar 15 detik. Data dalam tabel menunjukkan bahwa *motion* yang dilewati selama pengujian kedua terjadi dalam urutan yang teratur, berbeda dengan

pengujian pertama dan ketiga yang menunjukkan lompatan dalam urutan *motion* yang dilewati. Lompatan ini disebabkan oleh program robot yang mencari waktu terdekat untuk mencapai durasi 15 detik yang telah ditetapkan.

PENUTUP

Simpulan

Penelitian ini berhasil menguji dan menganalisis dua aspek utama, yaitu pengujian sensor suara dan komunikasi pada robot *humanoid*. Pengujian sensor suara menunjukkan kompleksitas respons terhadap variasi volume suara, dengan hasil bahwa sensor memiliki tingkat sensitivitas yang meningkat seiring dengan kenaikan volume. Pengujian komunikasi menggunakan ESP8266 menunjukkan keberhasilan pada jarak kurang dari 1 meter, sementara pada jarak 4 meter terdapat beberapa kegagalan pengiriman data. Pengujian implementasi pada robot *humanoid* untuk misi *mute* pada Kontes Robot Seni Tari Indonesia juga berhasil, dengan robot mampu menghentikan gerakannya secara bersamaan saat musik dibisukan. Meskipun terdapat loncatan dalam gerakan tarian, hal ini diakibatkan oleh program yang diprogram untuk melewati gerakan selama 15 detik.

Saran

Pada pengujian komunikasi, perlu dilakukan analisis lebih lanjut terhadap faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kegagalan pengiriman data pada jarak 4 meter, seperti konfigurasi perangkat keras dan kondisi lingkungan. Selain itu dibutuhkan juga evaluasi lebih lanjut terhadap tingkat sensitivitas sensor suara dapat membantu mengoptimalkan respons sensor dalam berbagai situasi aplikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Dwisaputra, Indra., dan Ocsirendi, O. (2019). *Teknik Pengenalan Suara Musik Pada Robot Seni Tari*. Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur, 10(02), 35–39.
- Fahd, Muchammad. Ainur., Purwanto, Djoko., dan Fatoni, Muhammad. Hilman. (2018). *Rancang Bangun Robot Penari Humanoid Dengan 25 DoF Untuk Melakukan Gerakan Tari Remo*. 7(2), 2301–9271.
- Goswami, Ambarish., dan Vadakkepat, Prahlad. (2018). *Humanoid Robotics: A Reference*. In *Humanoid Robotics: A Reference*.
- Hirai, Kazuo. (1999). *Honda humanoid robot: Development and future perspective*. *Industrial Robot*, 26(4), 260–266.
- Hirose, Masato., dan Ogawa, Kenichi. (2007). *Honda humanoid robots development*. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*:

Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 365(1850), 11–19.

- Hoang, Tu. Ngoc., Van, Su. Tran., dan Nguyen, B. D. (2019). *ESP-NOW Based Decentralized Low Cost Voice Communication Systems for Buildings*. *Proceedings - 2019 International Symposium on Electrical and Electronics Engineering, ISEE 2019*, 108–112.
- Kajita, Shuuji., Hirukawa, Hirohisa., Harada, Kensuke., dan Yokoi, Kazuhito. (2014). *Introduction to Humanoid Robotics*. Springer Tracts in Advanced Robotics, 101, 1–17.
- Kusumoputro, Benyamin., Purnomo, Mauridhi. Hery., Rochardjo, Heru. Santoso. Budi., Prabowo, Gigih., Purwanto, Djoko., Pitowarno, Endra., Mozef, Eril., Indrawanto, Mutijarsa, Kusprasapta., dan Muis, Abdul. (2023). *Buku Pedoman Kontes Robot Indonesia (Kri) Tahun 2023*. Balai Pengembangan Talenta Indonesia Pusat Prestasi Nasional Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi, 1–150.
- Pashic, Roberto., Kuzmanov, Ivo., dan Atanasovski, Kokan. (2020). *Espressif Esp32 Development Board in Wifi Station Communication Mode*. *TEMEL-Ij*, 4(1), 1–6.
- Isnanto, R. Rizal., Windarto, Yudi. Eko., Gloriawan, Jonathan. Imago. Dei., dan Cesara, Faiz. Noerdiyan. (2020). *Design of a robot to control agricultural soil conditions using ESP-NOW protocol*. 2020 5th International Conference on Informatics and Computing, ICIC 2020.
- Saeedvand, Saeed., Jafari, Masoumeh., Aghdasi, Hadi. S., dan Baltes, Jacky. (2019). *A comprehensive survey on humanoid robot development*. *Knowledge Engineering Review*, 34.
- Somiseti, Kiran., Tripathi, Khusboo., dan Verma, Jitendra. Kumar. (2020). *Design, Implementation, and Controlling of a Humanoid Robot*. 2020 International Conference on Computational Performance Evaluation, ComPE 2020, 831–836.
- Sulistyo, Eko. (2015). *Sistem Komunikasi Robot Humanoid Dalam Aplikasi Robot Penari*. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2015 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, November, 1–5.
- Wicaksono, Mochamad. Fajar., dan Rahmatya, Myrna. Dwi. (2022). *IoT for Residential Monitoring Using ESP8266 and ESP-NOW Protocol*. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer Dan Informatika*, 8(1), 93.
- Yoshida, Eiichi. (2019). *Robots that look like humans: A brief look into humanoid robotics*. *Metode*, 2019(9), 143–151.
- Zahra, Rana., Thamrin, T., dan Jaya, Putra. (2017). *Rancang Bangun Robot Humanoid Penari Gending Sriwijaya Menggunakan Modul Easyvr3*. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika)*, 5(2).