

Optimalisasi Pengendalian Smart Home Melalui Teknologi Prototipe Hand Tracking dan Speech Recognition

Leovander Aditama Syahputra^{1*}, Fachry Rizky Prasetya², Abhinaya Fahar Laila²
¹⁻³ Politeknik Negeri Jember, Indonesia

Jl. Mastrip PO BOX 164, Kabupaten Jember, Jawa Timur

Email : leovanderadds@gmail.com¹, fachry150503@gmail.com²,

abinaya12794@gmail.com³

Abstract. *This study aims to develop an intuitive and efficient smart home control system by utilizing hand tracking and speech recognition technologies. These technologies employ the OpenCV, Mediapipe, PyAudio, and Speech Recognition libraries to recognize hand gestures and voice commands in real-time. The system is developed using a Raspberry Pi connected to a webcam and microphone as input devices, and a relay to control electronic appliances. The results show a high accuracy rate at optimal light intensity for hand tracking and a specific distance for speech recognition. This system is implemented in an IoT environment to control devices such as lights and door locks. The research is expected to contribute to the development of smarter and more user-friendly smart homes.*

Keywords: *Hand Tracking, Speech Recognition, Smart Home, IoT, Raspberry Pi*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem kontrol smart home yang intuitif dan efisien dengan memanfaatkan teknologi hand tracking dan speech recognition. Teknologi ini menggunakan library OpenCV, Mediapipe, PyAudio, dan Speech Recognition untuk mengenali gestur tangan dan perintah suara secara real-time. Sistem dikembangkan menggunakan Raspberry Pi yang terhubung dengan webcam dan mikrofon sebagai perangkat input, serta relay untuk mengontrol perangkat elektronik. Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi tinggi pada intensitas cahaya optimal untuk hand tracking dan jarak tertentu untuk speech recognition. Sistem ini diimplementasikan dalam lingkungan IoT untuk mengontrol perangkat seperti lampu dan kunci pintu. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam pengembangan rumah pintar yang lebih cerdas dan user-friendly.

Kata kunci: Hand Tracking, Speech Recognition, Smart Home, IoT, Raspberry Pi

1. LATAR BELAKANG

Pada era perkembangan teknologi canggih yang meliputi banyak hal seperti kecerdasan buatan yang menjadi fokus utama atau sorotan utama dalam berbagai bidang. Perkembangan teknologi ini diterapkan dari berbagai aspek dan kategori dengan tujuan yang berbeda-beda. Salah satu penerapan tersebar teknologi sistem cerdas adalah pada perangkat rumah tangga. Bahkan hal yang sekecil seperti lampu telah menggunakan teknologi cerdas. Teknologi yang saat ini mengalami perkembangan yang cukup pesat adalah “Hand Tracking” dan “Speech Recognition”.

Banyak teknologi telah berkembang hingga saat ini, dan salah satu yang paling cepat berkembang adalah teknologi pengenalan gambar. Teknologi pengenalan gambar digunakan oleh banyak peralatan dalam berbagai fungsi dan aspek (Rozaqi, Sunyoto, and ... 2021). Penerapan teknologi pendeteksi gambar adalah “Hand Tracking” menjadi salah satu teknologi yang cukup berkembang terutama setelah masa transisi setelah Covid-19 karena meminimalisir interaksi (Saputra and Setyawan 2021).

Pada penelitian ini kami berfokus dengan menggunakan library OpenCV dan MediaPipe. OpenCV memiliki fungsi utama untuk mempermudah proses identifikasi objek dengan berbagai kondisi dengan memperbaiki kualitas citra dari objek tersebut secara *real-time*. OpenCV sendiri merupakan sistem yang dikembangkan langsung oleh Intel Corp. Selain OpenCV, terdapat model yang hampir sejenis yang telah dikembangkan langsung oleh Google. Model sistem tersebut adalah library MediaPipe. MediaPipe ini sendiri memiliki fungsi dan tujuan yang sejenis dengan OpenCV, Namun memiliki karakteristik yang berbeda. Bahkan terdapat satu keunggulan yang dimiliki oleh MediaPipe yaitu dapat menggunakan data *time series* dan dapat menggunakan konfigurasi pipeline yang memungkinkan melakukan *multiprocessing* secara paralel (Budiman, Lestanti, and ... 2022).

Pada penelitian ini penulis berfokus terhadap mekanisme pengenalan pola gerakan yang utamanya pada pola gerakan jari tangan. Pola gerakan ini nantinya akan diimplementasikan secara langsung terhadap peralatan elektronik yang bertujuan untuk pengontrolan secara *real-time*. Pada sistem ini menggunakan library OpenCV dan MediaPipe yang dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python untuk proses deteksi model jari tangan kanan manusia secara *real-time* menggunakan kamera atau *webcam* (Chandhan et al. 2023).

Speech recognition adalah kemampuan mesin untuk mendengar dan mengenali kata-kata yang diucapkan. Teknologi ini memungkinkan suara yang masuk ke komputer diubah menjadi teks. Dengan bantuan library PyAudio, ucapan dapat dikonversi menjadi teks, digunakan untuk membuat kueri, atau memberikan respons. Suara yang diucapkan diubah menjadi sinyal melalui proses konversi gelombang suara menjadi kumpulan angka, yang kemudian dicocokkan dengan kode tertentu untuk mengenali kata-kata tersebut dan menjalankan perintah yang diminta (Lase, Perdana, and Syauqy n.d.).

Penerapan Hand Tracking dan Speech Recognition dalam konteks smart home control diharapkan dapat memberikan pengalaman pengguna yang lebih alami dan mudah. Selain itu, ini juga dapat meningkatkan efisiensi energi dan memberikan kontribusi pada perkembangan teknologi rumah pintar di masa depan. Bahkan teknologi telah mengubah skema dan merubah kehidupan manusia (Muzakir, Baharuddin, and ... 2023).

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat tercipta solusi inovatif yang tidak hanya menggabungkan teknologi terkini tetapi juga mendukung pengembangan konsep rumah pintar yang lebih efektif dan lebih nyaman bagi penggunanya. Sehingga dengan adanya sistem ini dapat membantu dan meningkatkan efisiensi pengontrolan perangkat rumah tangga kemudian berbagai aktivitas pada kehidupan sehari-hari.

2. KAJIAN TEORITIS

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Oktaviyanti (2022) dengan judul "Pemanfaatan Pengawasan Tangan untuk Membuat Program Virtual Painter sebagai Alternatif Menggambar Digital", diciptakan sistem yang memungkinkan pengguna menggambar digital dengan hanya menggerakkan tangan di depan kamera untuk menggambar, dan hasilnya dapat dilihat secara langsung di komputer. Untuk melacak pergerakan jari, penelitian ini menggunakan teknik pemantauan jari. Hasilnya menunjukkan penemuan 21 landmark penting di jari. Dengan intensitas cahaya sedang hingga tinggi dan jarak 50-100 cm, program dapat mencapai 100% keakuratan. (Oktaviyanti, Nugroho, and Suni 2022).

Dalam penelitian yang ditulis oleh Alfianti (2022), "Sistem Smart Home Prototype Menggunakan Kontrol Voice pada Perangkat IoT", dirancang sebuah sistem smart home yang dapat berfungsi dengan pengenalan suara. Tujuannya adalah untuk membantu orang sakit yang berada di kursi roda atau tempat tidur serta orang disabilitas yang tidak dapat mencapai saklar untuk menghidupkan atau mematikan perangkat rumah. Sistem smart home berbasis Internet of Things ini dikendalikan melalui perintah suara melalui aplikasi pengenalan suara yang dikenal sebagai pengenalan suara. Hasil pengujian prototype menunjukkan bahwa sistem ini sangat dibutuhkan dan berhasil, memberikan kontrol atas perangkat rumah melalui e-mail (Alfianti 2022).

Dalam penelitian berjudul "Sistem Smart Door Lock Menggunakan Voice Recognition Berbasis Arduino" oleh Rizky (2023), merancang sebuah sistem *smart door lock* yang menggunakan teknologi *voice recognition* atau *speech recognition*. Tujuan utama sistem ini memiliki fungsi utama untuk memberikan fleksibilitas dan kemudahan dalam sistem. Sistem ini menggunakan teknologi *Internet of Things* dengan *Artificial Intelligence* (Rizky, Zy, and Sunge 2023).

Dalam penelitian yang disebut "Robot Asisten Pintar Dengan Perintah Suara Berbahasa Indonesia", Donggala Putra Thalib (2024) menciptakan robot asisten pintar yang dapat diatur menggunakan suara untuk mengontrol perangkat listrik seperti AC dan lampu. Selain itu, robot dapat mencari informasi, membuka situs web, dan memutar musik video di YouTube. Ini dilakukan dengan memberi robot perintah suara dalam bahasa Indonesia. Mesin pengenalan suara Google Automatic Speech Recognition mengubah perintah tersebut menjadi teks, yang kemudian disesuaikan dengan daftar data perintah atau kata kunci (Donggala Putra Thalib, Musa, and Thalib 2024).

Dalam "Sistem Keamanan Pintu Rumah Berbasis Face Recognition", Indriawan (2022) merancang sistem keamanan berbasis teknologi biometrik yang memanfaatkan karakteristik

fisik unik seseorang sebagai identitas pembeda, seperti pola sidik jari, iris mata, suara, atau wajah. Dalam penelitian ini, wajah digunakan sebagai kunci untuk membedakan seseorang karena memiliki ciri-ciri atau keunikan tertentu, dan wajah juga sulit untuk diidentifikasi melalui sidik jari (Indriawan, Shabrina, and Mardhiyya 2022).

3. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam perancangan dan pengembangan sistem yang kami buat meliputi beberapa metode sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data

Tujuan dari metode pengumpulan data penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi yang lengkap dan terperinci tentang subjek penelitian. Metode ini melibatkan pencarian literatur dan informasi terkait yang berasal dari berbagai sumber di internet, seperti buku, skripsi, dan prosiding.

2. Instalasi *Environment*

Sebelum memulai pengembangan untuk pengenalan tangan dan pengenalan suara pada sistem smart home, diperlukan proses instalasi dan konfigurasi lingkungan. Selama proses ini, semua library yang diperlukan diinstal agar program dapat berjalan dengan baik dan lancar, dan agar tidak terjadi kesalahan saat program berjalan. Kami menggunakan library Mediapipe dan OpenCV untuk mengakses webcam untuk pengenalan tangan, dan library Speech Recognition dan PyAudio digunakan untuk input suara melalui mikrofon usb portabel.

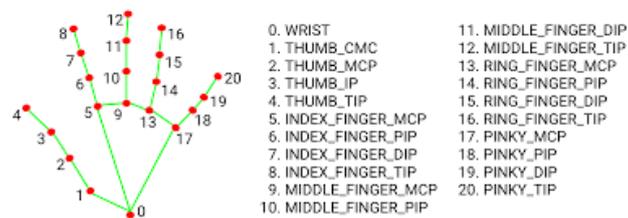
a) Kebutuhan alat dan bahan

Bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Lenovo Ideapad 110 14-isk Processor Intel i5-6200 CPU @2.30GHz 2 Core(s), RAM 2x4 DDR4-2133, GPU Radeon R5 M330
- Raspberry Pi 4 (Raspbian Buster OS)
- Library python (Mediapipe OpenCV, Speech Recognition, PyAudio)
- Webcam Logitech
- Mini USB mikrofon portable
- Relay 4 Channel
- Lampu LED
- Stop kontak
- Solenoid door lock

3. Pengumpulan Metode *Hand Landmark*

Tahapan pengembangan untuk melakukan pelabelan *landmark* atau poros jari tangan untuk mempermudah pelacakan model gerakan tangan lebih detail dan akurat. Untuk mempermudah proses tahapan ini menggunakan teknologi *MediaPipe* yang menggunakan pendekatan teknologi *Machine Learning* untuk mempermudah menghasilkan 21 landmark jari tangan dalam satu frame. Proses deteksi *landmark* tangan menggunakan teknologi *MediaPipe* yang melibatkan dua model utama secara langsung. Model pertama adalah melakukan deteksi kondisi telapak tangan secara keseluruhan kemudian melakukan pembatasan *frame* yang ditujukan untuk mempermudah identifikasi posisi tangan. Selain itu, model yang telah melalui proses pemangkasan akan dideteksi titik kunci poros atau *landmark* tangan secara 3 Dimensi (Ahwani, Budiman, and Rahmat n.d.).



Gambar 1 Landmark Hand Tracking

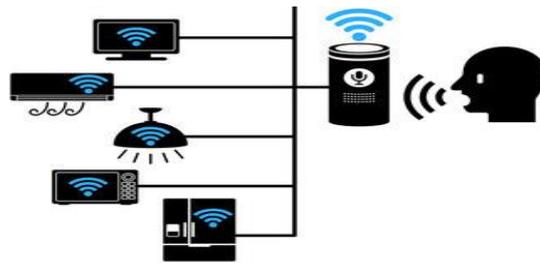
Kinerja sistem pengambilan gambar dari sistem ini dilakukan melalui *webcam* yang tersambung melalui perangkat *Raspberry Pi*. Laju *frame* per detik yang dihasilkan oleh *webcam* dan perangkat bervariasi, namun *Mediapipe* dapat menemukan telapak tangan dan mendeteksi titik referensi secara efisien untuk setiap *frame* (Kocakulak and Acir 2022). Untuk mendapatkan nilai *frame* per detik pada sistem ini menggunakan fitur *Time Module* pada pemrograman Python dengan menggunakan fungsi `time.time()` dan ditunjang oleh *library* OpenCV untuk penanganan pada bagian pembacaan video dan pengambilan *frame* dari kamer yang dihubungkan langsung pada *Raspberry Pi* (Anon 2015).

```
cTime = time.time()
fps = 1 / (cTime - pTime)
pTime = cTime
```

Gambar 2 Time Module

4. Pengumpulan Metode Speech Recognition

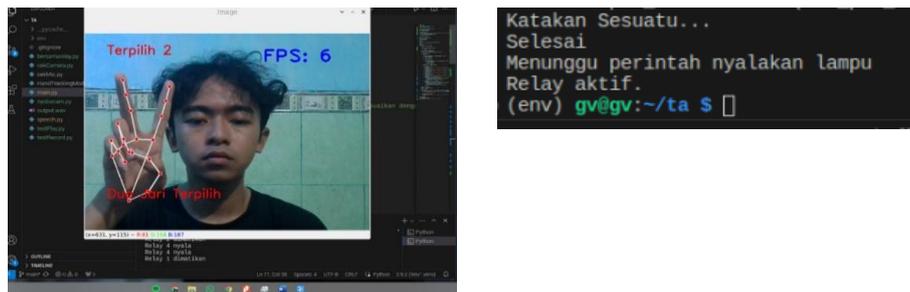
Metode Speech Recognition terbagi atas dua bagian proses yaitu proses pengambilan data dan proses pengolahan data. Pengambilan data didapat melalui inputan dari *usb* mikrofon *portable* secara *real-time* (Adnan and Amelia 2022), kemudian hasil *input* yang telah didapatkan akan diproses oleh *Raspberry Pi* untuk melakukan proses identifikasi serta penyesuaian kata kunci yang telah dideklarasikan. *Library* yang digunakan yaitu *PyAudio* untuk inputan dari mikrofon dan *library* *Speech Recognition* untuk pemroses inputan.



Gambar 3 Speech Recognition

5. Proses Hand Tracking dan Speech Recognition

Pada proses ini, kami melakukan uji coba terhadap sistem *hand tracking* dan *speech recognition* yang kemudian akan diimplementasikan kedalam *Raspberry Pi* yang tersambung dengan *webcam* dan mikrofon dengan hasil akhir *webcam* dapat mendeteksi gestur tangan sesuai dengan *landmark* dan mikrofon dapat mengenali suara berdasarkan inputan. Kedua mode tersebut dapat mengakses *relay* dan dapat mengontrol perangkat elektronik yang tersambung.



Gambar 4 Pengujian Sistem

6. Implementasi IoT

Pada tahapan ini sistem yang sudah berfungsi akan diimplementasikan kedalam IoT (*Internet of Things*). Sistem *hand tracking* dan *speech recognition* akan disambungkan dengan beberapa perangkat elektronik seperti lampu, *solenoid door lock* dan kipas mini yang dikontrol melalui *relay*. Dengan perintah yang sudah diberikan, dengan gestur maupun dengan pengenalan suara, sistem dapat mengontrol perangkat elektronik tersebut.

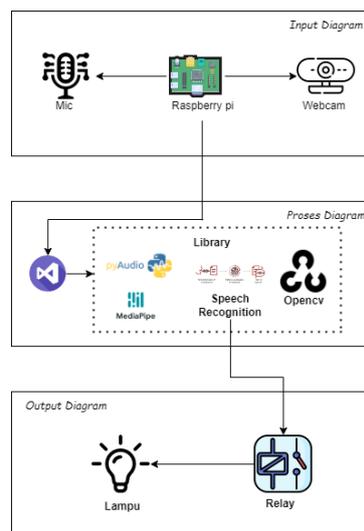


Gambar 5 Implementasi IoT

7. Desain Sistem

Pada penelitian ini menggunakan berbagai *library* seperti *OpenCV*, *PyAudio*, *Mediapipe*, dan *Speech Recognition*. *Library* tersebut dapat mengakuratkan data dari hasil inputan mikrofon dan *webcam* yang sudah diproses dengan *Raspberry pi* yang sudah diprogram menggunakan *Visual Studio Code* sebagai *text editor*-nya. Mengontrol perangkat rumah menggunakan suara dan gerakan berguna untuk pengembangan teknologi pintaran konektivitas dalam kehidupan sehari-hari.

Desain sistem ini mengintegrasikan *Raspberry Pi* sebagai otak utama dengan mikrofon (mic) dan *webcam* sebagai *input*, yang kemudian diproses menggunakan *Visual Studio* dengan dukungan *library OpenCV*, *PyAudio*, *Mediapipe*, dan *Speech Recognition*. *Input audio* dari mikrofon digunakan untuk mengenali perintah suara menggunakan *library Speech Recognition*, sementara *input visual* dari *webcam* diolah oleh *library OpenCV* dan *Mediapipe* untuk mendeteksi gestur tangan. Hasil dari proses tersebut mengontrol *relay* yang dapat mengaktifkan atau menonaktifkan lampu sebagai *output*.



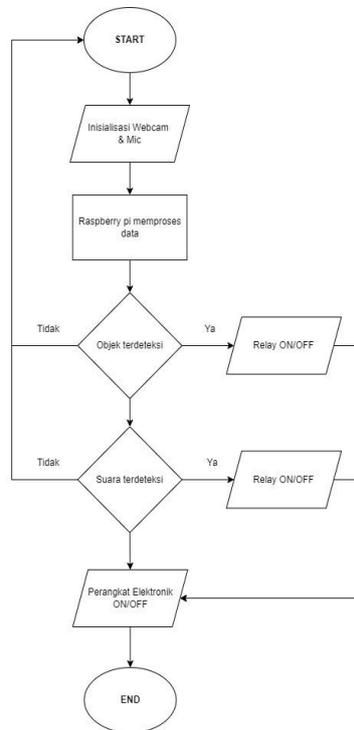
Gambar 6 Desain Sistem

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Program ini menghasilkan dua mode, yaitu mode *hand tracking* dan mode *speech recognition*, untuk mengendalikan perangkat di rumah secara intuitif. Mode *hand tracking* menggunakan *library Mediapipe* dan *OpenCV* untuk mengenali dan memahami gerakan jari sebagai perintah atau *input*, memungkinkan pengguna mengontrol perangkat elektronik dengan gerakan jari. Mode *speech recognition* memanfaatkan *PyAudio* untuk merekam suara dan *Speech Recognition* untuk menerjemahkan suara menjadi teks, memungkinkan pengguna mengontrol perangkat-perangkat di rumah melalui perintah suara. Dengan kombinasi kedua

mode ini, sistem menciptakan pengalaman pengguna yang lebih interaktif dalam mengelola smart home.

1. Flowchart



Gambar 7 Flowchart Program

Flowchart sistem pengendalian rumah menggunakan *Raspberry Pi*, mikrofon, *webcam*, dan sejumlah *library* seperti *OpenCV*, *PyAudio*, *Mediapipe*, dan *Speech Recognition* dimulai dengan langkah *input*, di mana mikrofon dan *webcam* mengambil data suara dan *visual*. Proses selanjutnya melibatkan pemrosesan data tersebut menggunakan *library Speech Recognition* untuk mengenali perintah suara dan *library OpenCV* serta *Mediapipe* untuk mendeteksi gestur tangan. Setelah data suara dan *visual* diolah, sistem memutuskan aksi yang sesuai, yang dapat mencakup mengaktifkan atau menonaktifkan perangkat rumah melalui *relay* dan lampu sebagai *output*.

2. Pengujian

Tahapan pengujian merupakan tahapan untuk menguji setiap fungsi dan fitur dalam program dapat optimal. Pengujian ini meliputi banyak hal dari hal yang paling mendasar seperti proses deteksi *Hand Landmark* dan *Speech Recognition* dari pengguna.

3. Pengujian Hand Tracking

Cara kerja dari *mode hand tracking* ini, hanya perlu memberikan isyarat jari 1-4 untuk memilih perangkat akan dikontrol pada kamera, kemudian elektronik atau *relay* mana yang memberikan isyarat lagi dengan jari 5 atau menggenggam tangan untuk menyalakan dan mematikan *relay*.

Pengujian *Hand Tracking* melalui 3 kondisi pengujian dengan intensitas cahaya yang berbeda-beda. Pertama pada kondisi intensitas cahaya yang terang atau tinggi, kemudian ketika cahaya sedang, dan terakhir ketika kondisi cahaya cukup redup atau dikategorikan cahaya yang rendah. Setiap kondisi tersebut untuk memastikan bahwa proses deteksi dapat optimal dan akurat dari berbagai kondisi. Berikut adalah rumus untuk mengukur tingkat akurasi deteksi *Hand Tracking*.

$$\text{Tingkat Akurasi (\%)} = \frac{\text{Total Deteksi Berhasil}}{\text{Jumlah Pengujian yang dilakukan}} \times 100\%$$

Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan sejumlah 5 kali dengan intensitas cahaya yang berbeda.

Tabel 1 Pengujian *Hand Tracking*

No	Cahaya	Gambar	Frame Per Second (FPS)	Total Deteksi Berhasil	Jumlah Pengujian yang dilakukan	Akurasi	Rata-Rata
1	Tinggi		6	5	5	100	100
2	Sedang		5	5	5	100	100
3	Rendah		4	4	5	80	80
Rata-Rata Total							93,3

Berdasarkan hasil pengujian *Hand Tracking* yang dilakukan mendapatkan hasil akurasi tertinggi berhasil deteksi adalah 100% dengan kondisi intensitas cahaya yang tinggi dan sedang. Namun disisi lain ketika cahaya rendah mengalami penurunan akurasi deteksi.

Sehingga ketika kondisi ruangan atau lingkungan memiliki kondisi cahaya yang rendah atau tidak memadai maka hasil yang diberikan tidak semaksimal ketika kondisi cahaya yang tinggi ataupun sedang.

4. Pengujian Speech Recognition

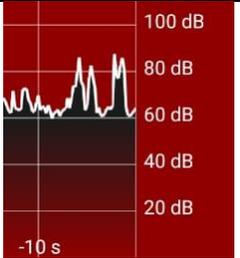
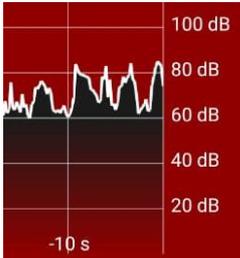
Cara kerja dari mode *speech recognition* ini hanya perlu mengatakan kata kunci, misalkan “nyalakan lampu” atau “matikan lampu” pada mikrofon dan kemudian program memproses kata yang diucapkan untuk mengontrol perangkat elektronik melalui *relay*.

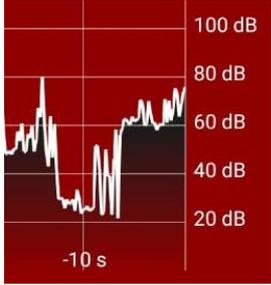
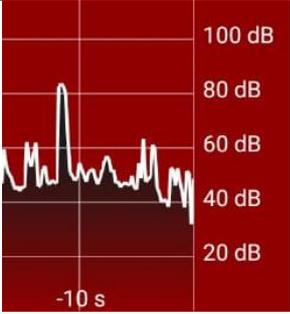
Pengujian *Speech Recognition* akan melakukan pengujian dengan lima jarak parameter yaitu 5 hingga 50 cm dengan menggunakan skala desibel dengan kisaran 80dB. Untuk mengukur tingkat akurasi *Speech Recognition* menggunakan rumus persamaan sebagai berikut.

$$\text{Tingkat Akurasi (\%)} = \frac{\text{Jumlah Terdeteksi}}{\text{Jumlah Percobaan}} \times 100\%$$

Pengujian ini akan dilakukan sebanyak 5 kali dengan berbagai kondisi jarak yang berbeda dengan skala desibel yang sama. Berikut adalah hasil pengujian *Speech Recognition* dari berbagai kondisi.

Tabel 2 Pengujian Speech Recognition

No.	Jarak	Desibel (dB)	Respon Sistem	Jumlah Terdeteksi	Jumlah Percobaan	Akurasi	Rata-rata
1.	5 cm		5,86 detik	5	5	100	100
2.	10 cm		6,38 detik	5	5	100	100

3.	20 cm		7,11 detik	5	5	100	100
4.	30 cm		7,46 detik	4	5	80	80
5.	50 cm		7,82	4	5	80	80
Rata-rata total							92

Berdasarkan tabel diatas, tingkat akurasi tertinggi yaitu 100% dengan jarak kisaran 5-20 cm. Pada saat jarak melebihi 20cm tingkat akurasi menurun. Dengan demikian program *speech recognition* kurang cocok digunakan pada jarak melebihi 20cm dikarenakan program kurang dapat mendeteksi pengenalan suara secara akurat.

5. Pengujian sistem dengan *relay*

Tabel 3 Pengujian Sistem dengan Relay

No.	Gambar	Target kondisi relay	Kondisi relay saat uji	Keterangan
1.		Menyala	Menyala	Sesuai

2.	<pre>Katakan sesuatu... Selesai Menunggu perintah nyalakan lampu Relay aktif. (env) gv@gv:~/ta \$ []</pre>	Menyala	Menyala	Sesuai
----	--	---------	---------	--------

Hasil diatas menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan ekspektasi. Maka dari itu, sistem *hand tracking* dan *speech recognition* telah menunjukkan kinerja yang memuaskan dalam deteksi gestur dan pengenalan suara serta integrasinya *dengan Internet of Things*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dalam proyek ini, kami berhasil mengintegrasikan teknologi *Hand tracking* dan *Speech Recognition* untuk menciptakan solusi kontrol *smart home* yang lebih intuitif dan nyaman. Mode *hand tracking* menggunakan *library MediaPipe* dan *OpenCV* memungkinkan pengguna mengontrol perangkat elektronik dengan gerakan tangan, sementara mode *speech recognition* menggunakan *PyAudio* dan *Speech Recognition* memungkinkan pengguna memberikan perintah suara. Pengguna dapat memilih antar gestur tangan atau perintah suara, meningkatkan fleksibilitas dalam interaksi.

Saran

Sistem yang telah kami kembangkan masih perlu peningkatan dari berbagai aspek maupun fungsionalitas. Adapun beberapa saran yang bertujuan agar sistem dapat dikembangkan menjadi lebih baik

1. Pengembangan sistem untuk dapat mengintegrasikan lebih banyak perangkat elektronik kedalam sistem, seperti kamera keamanan atau perangkat lain untuk meningkatkan fungsionalitas dan kenyamanan smart home.
2. Jika memungkinkan, penggunaan kecerdasan buatan (AI) untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam memahami kebiasaan pengguna, memprediksi preferensi, dan meningkatkan respons sistem.

Memperluas kemampuan kontrol perangkat dengan menambahkan lebih banyak opsi seperti pengaturan kecerahan lampu, mode keamanan pintu, atau scenario otomatisasi rumah yang lebih kompleks.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua orang yang telah membantu penelitian ini berjalan dengan baik. Pertama-tama, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada pembimbing saya atas semua nasihat, bantuan, dan saran yang sangat berharga yang mereka berikan selama proses penelitian ini. Saya juga sangat berterima kasih

kepada pengembang lembaga OpenCV, Mediapipe, PyAudio, dan Speech Recognition yang telah memberikan alat yang telah membantu proyek ini berjalan. Saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada teman-teman dan keluarga atas dorongan dan inspirasi yang tak pernah berhenti. Akhir kata, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada semua orang yang membantu menyelesaikan penelitian ini, baik secara langsung maupun tidak langsung.

7. DAFTAR REFERENSI

- Adnan, F., & Amelia, I. (2022). Implementasi voice recognition berbasis machine learning. *Jurnal*, 11, XX–XX. *(Tambahkan informasi halaman jika tersedia)*
- Ahwani, D. K., Budiman, S. N., & Rahmat, M. F. (n.d.). Penerapan Mediapipe dalam pengenalan Bisindo berbasis deep learning dan computer vision (Studi kasus: SLB-C B Yayasan Pendidikan Luar Biasa (YPLB) Blitar). *Jurnal*, X(X), XX–XX. *(Tambahkan informasi volume dan halaman jika tersedia)*
- Alfianti, D. (2022). Prototype smart home system menggunakan voice control pada perangkat IoT. *Just IT: Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi*, X(X), XX–XX. *(Tambahkan informasi volume dan halaman jika tersedia)*
- Anon. (2015). Temukan kecepatan bingkai (frame per detik-fps) di OpenCV (Python/C++). Retrieved December 21, 2023, from <https://learnopencv.com/how-to-find-frame-rate-or-frames-per-second-fps-in-opencv-python-cpp/>
- Budiman, S. N., Lestanti, S., & ... (2022). Pengenalan gestur gerakan jari untuk mengontrol volume di komputer menggunakan library OpenCV dan Mediapipe. *Jurnal Ilmiah Teknik*, X(X), XX–XX. *(Tambahkan informasi lengkap jika tersedia)*
- Chandhan, T. H., Kumar, K. R., Raj, N., Kishore Reddy, N. N., & Zabeeulla, M. A. N. (2023). Air canvas: Hand tracking using OpenCV and MediaPipe. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4527784>
- Donggala Putra Thalib, M. J., Musa, P., & Thalib, F. (2024). Robot asisten pintar dengan perintah suara berbahasa Indonesia. *Action Research Literate*, 8(2). <https://doi.org/10.46799/ar.v8i2.258>
- Indriawan, M. H., Shabrina, F., & Mardhiyya, A. (2022). Sistem keamanan pintu rumah berbasis face recognition. *Jurnal*, 8(2), XX–XX. *(Tambahkan informasi halaman jika tersedia)*
- Kocakulak, M., & Acir, N. (2022). A contactless palmprint imaging system design using Mediapipe hands. *Journal of Innovative Science and Engineering (JISE)*. <https://doi.org/10.38088/jise.1142634>
- Lase, N. J. O., Perdana, R. S., & Syauqy, D. (n.d.). Implementasi chatbot Frequently Asked Question (FAQ) Universitas Brawijaya berbasis voice command pada Raspberry Pi 4 dengan metode Naïve Bayes. *Jurnal*, X(X), XX–XX. *(Tambahkan informasi lengkap jika tersedia)*

- Muzakir, U., Baharuddin, B., & ... (2023). Penerapan kecerdasan buatan dalam sistem informasi: Tinjauan literatur tentang aplikasi, etika, dan dampak sosial. *Jurnal Review*, X(X), XX–XX. (Tambahkan informasi lengkap jika tersedia)
- Oktaviyanti, D., Nugroho, A., & Suni, A. F. (2022). Pemanfaatan hand tracking untuk membuat program virtual painter sebagai alternatif menggambar digital. *Jurnal*, X(X), XX–XX. (Tambahkan informasi lengkap jika tersedia)
- Rizky, R. F., Zy, A. T., & Sunge, A. S. (2023). Sistem smart door lock menggunakan voice recognition berbasis Arduino. *Bulletin of Information Technology (BIT)*, X(X), XX–XX. (Tambahkan informasi volume dan halaman jika tersedia)
- Rozaqi, A. J., Sunyoto, A., & ... (2021). Deteksi penyakit pada daun kentang menggunakan pengolahan citra dengan metode convolutional neural network. *Creative Information*, X(X), XX–XX. (Tambahkan informasi lengkap jika tersedia)
- Saputra, D. I. S., & Setyawan, I. (2021). Virtual YouTuber (VTuber) sebagai konten media pembelajaran online. *Prosiding Sisfotek*, X(X), XX–XX. (Tambahkan informasi lengkap jika tersedia)