

Rancang Bangun Aplikasi Modul Praktikum Rangkaian Listrik Berbasis *Augmented Reality*

Himawan Wicaksono^{1*}, Sena Sukmananda Suprpto¹, Yosua Tuwaidan¹, Vicky Andria Kusuma¹,
Amalia Rizqi Utami¹

¹Teknik Elektro, Institut Teknologi Kalimantan

Jl. Soekarno Hatta No. KM 15, Karang Joang, Kec. Balikpapan Utara, Kota Balikpapan, Kalimantan Timur

E-mail: himawan@lecturer.itk.ac.id

Naskah Masuk: 17 Juli 2022; Diterima: 09 Maret 2023; Terbit: 28 Agustus 2023

ABSTRAK

Abstrak – Perkembangan teknologi komputasi mempermudah proses pembelajaran. *Augmented reality* (AR) digunakan untuk membangun aplikasi praktikum rangkaian listrik menggunakan aplikasi Unity3D untuk meningkatkan pemahaman pada praktikum rangkaian listrik. Aplikasi memiliki fitur-fitur yaitu tugas pendahuluan, *AR breadboard*, *AR multimeter* dan *AR power supply*, modul praktikum dan presensi. *Blackbox Testing*, kuesioner, pengaruh cahaya lingkungan, derajat kemiringan, resolusi kamera, dan *smartphone prosesor* digunakan dalam uji coba untuk rentang jarak dan kestabilan aplikasi mendeteksi *marker*. Semakin gelap cahaya lingkungan, maka jarak deteksi akan semakin menurun dan semakin kecil sudut kemiringan maka jarak deteksi akan semakin menurun dan sebaliknya. Semakin tinggi resolusi sebuah *smartphone* maka semakin stabil jarak deteksi *marker* dan semakin canggih prosesor dari *smartphone* maka semakin cepat *smartphone* dapat mendeteksi *marker*. Dari hasil kuesioner yang disebarluaskan kepada lima orang responden, didapatkan hasil bahwa responden menilai aplikasi memiliki tampilan yang menarik dan mudah untuk digunakan, fitur dan tombol pada aplikasi dapat bekerja dengan baik pada *smartphone* responden dan fitur favorit yang dipilih oleh responden adalah fitur belajar alat dan fitur langkah praktikum. Mayoritas responden praktikum rangkaian listrik (64%) sangat setuju bahwa aplikasi yang digunakan memiliki tampilan menarik dan dapat membantu kegiatan praktikum, serta fitur tugas pendahuluan dengan tampilan *augmented reality* dan interaksi aplikasi menarik bagi 90% responden. Selain itu, aplikasi tersebut memiliki fitur-fitur yang memenuhi kebutuhan praktikan dan dapat membantu proses pembelajaran.

Kata kunci: *Augmented Reality*, Unity 3D, *Marker*, Rangkaian Listrik.

ABSTRACT

Abstract – The advancement of computational technology has facilitated the learning process. *Augmented reality* (AR) is utilized to develop an application for Electrical Circuit Practice using Unity3D to enhance the understanding of electrical circuit practice. The application includes features such as preliminary tasks, *AR breadboard*, *AR multimeter* and *AR power supply*, practice modules and attendance. *Blackbox Testing*, questionnaires, and the effects of environmental lighting, tilt angle, camera resolution, and smartphone processors are used in the trial to determine the range and stability of the application in detecting markers. The darker the environmental lighting, the lower the detection range and the smaller the tilt angle, the lower the detection range, and vice versa. The higher the resolution of a smartphone, the more stable the marker detection range, and the more sophisticated the processor of the smartphone, the faster the smartphone can detect markers. From the results of a questionnaire distributed to five respondents, it was found that the respondents considered the application to have an attractive and user-friendly interface, the features and buttons on the application worked well on the respondents' smartphones, and the favorite features chosen by the respondents were the tool learning and practice step features. The majority of Electrical Circuit Practice respondents (64%) strongly agreed that the application used has an attractive interface and can assist in their practical activities, while the preliminary task feature with *augmented reality* and application interaction is attractive to 90% of respondents. Additionally, the application has features that meet the needs of practical activities and can facilitate the learning process.

Keywords: *Augmented Reality*, Unity 3D, *Marker*, Electrical Circuit.

Copyright © 2023 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

1. PENDAHULUAN

Teknologi komputer pada masa kini semakin berkembang pesat dan semakin menjadi bagian dari kehidupan kita sehari-hari. Salah satu teknologi komputer yang sedang ramai dikembangkan adalah

teknologi *augmented reality*. Salah satu aplikasi populer dengan teknologi *augmented reality* adalah Pokemon Go.

Implementasi teknologi *augmented reality* pada bidang pendidikan bukanlah sesuatu yang baru dilakukan. Salah satu contoh implementasi *augmented reality* pada bidang pendidikan adalah penelitian yang dilakukan oleh Sandoval Perez, dkk. Dalam penelitian mereka, dikembangkan aplikasi *augmented reality* sebagai media pembelajaran elektronika daya bagi pemula dimana mereka mengembangkan aplikasi *augmented reality* sebagai media pembelajaran elektronika daya bagi pemula [1]. Dari aplikasi yang mereka buat, para pengguna merasa lebih antusias dalam belajar dan mampu memahami pembelajaran yang disajikan melalui aplikasi tersebut. Berdasarkan keberhasilan aplikasi tersebut, teknologi *augmented reality* ingin diimplementasikan pada kegiatan praktikum rangkaian listrik Program Studi Teknik Elektro Institut Teknologi Kalimantan.

Dari hasil wawancara yang dilakukan dengan user percobaan adalah mahasiswa praktikum rangkaian listrik, didapatkan beberapa kendala ketika melaksanakan praktikum rangkaian listrik. Salah satu kendala tersebut adalah kurangnya jumlah asisten praktikum untuk menangani setiap kegiatan praktikum. Hal tersebut membuat asisten praktikum cukup kewalahan dan sulit untuk membantu dan membimbing praktikan selama kegiatan praktikum. Selain itu, absensi menggunakan kertas membuat praktikan harus mengantri ketika mengisi absensi yang mana dari segi waktu kurang efisien. Dari hasil wawancara tersebut, maka dibuatlah aplikasi modul praktikum rangkaian listrik berbasis *augmented reality* ini. Dimana dengan adanya aplikasi ini, dapat membantu praktikan untuk melakukan kegiatan praktikum secara mandiri sehingga beban asisten praktikum dapat berkurang dan dapat membantu memecahkan masalah absensi.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat sebuah aplikasi modul praktikum rangkaian listrik berbasis *augmented reality* menggunakan Unity 3D. Yang kedua, mengetahui pengaruh intensitas cahaya dan sudut kemiringan *smartphone* dengan *marker* terhadap rentang kerja aplikasi mendeteksi *marker*. Yang ketiga, mengetahui pengaruh tipe *smartphone* ketika menjalankan aplikasi. Dan yang keempat, mengetahui tingkat kepuasan pengguna terhadap aplikasi yang dibuat.

Dari penelitian ini, diharapkan dapat memberi manfaat yaitu yang pertama, aplikasi yang dibuat dapat menunjang proses belajar mahasiswa dalam memahami praktikum rangkaian listrik. Yang kedua, aplikasi yang dibuat dapat langsung diterapkan pada kegiatan praktikum rangkaian listrik Program Studi Teknik Elektro Institut Teknologi Kalimantan. Dan yang ketiga, penelitian ini dapat digunakan sebagai tambahan kepustakaan dan memberikan informasi dalam rangka mengembangkan ilmu pengetahuan dan bahan acuan bagi penelitian selanjutnya mengenai *augmented reality*.

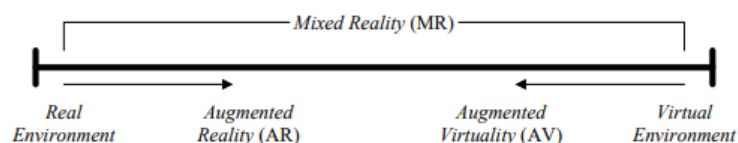
2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. *Augmented Reality*

Ronald T. Azuma (1997) mendefinisikan *augmented reality* sebagai kombinasi benda nyata dan maya dalam lingkungan dunia nyata yang terjadi secara interaktif dalam waktu nyata. Objek tiga dimensi, atau objek virtual, terintegrasi ke dalam dunia nyata. Penggabungan objek nyata dan virtual dimungkinkan dengan teknologi tampilan yang tepat, interaktif melalui perangkat input tertentu, dan membutuhkan pelacakan yang efektif untuk integrasi yang tepat [2].

Menurut Furht dan Carmignani (2011), *augmented reality* adalah visi langsung atau tidak langsung dari dunia nyata yang ditambah / ditambah dengan menambahkan informasi virtual real-time. Tujuan dari *augmented reality* adalah untuk menyederhanakan informasi virtual dari lingkungan dan menampilkannya secara langsung di dunia nyata [3].

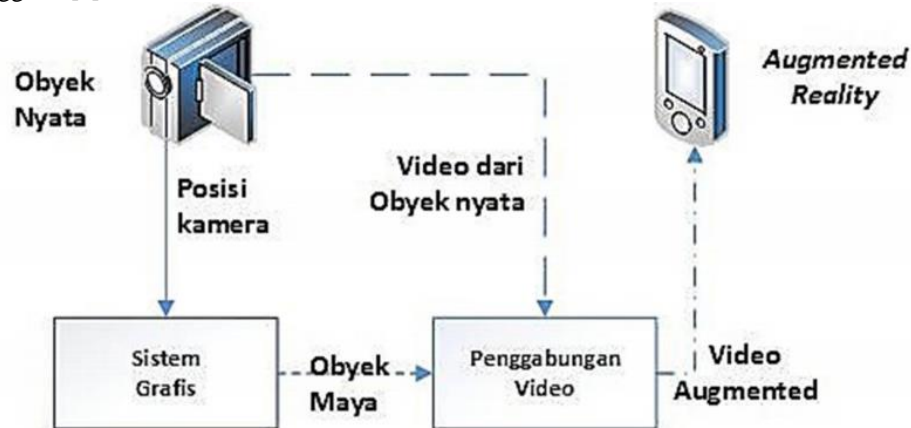
Milgram dll. (1994) menjelaskan konsep *augmented reality* dengan teori yang disebut Milgram's Reality-Virtual Continuum, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Milgram telah mengembangkan kerangka kerja untuk menggabungkan dunia nyata dan virtual menjadi kontinum virtual. Objek dunia nyata yang digunakan sebagai objek *augmented reality* pertama-tama dimodelkan, kemudian diwujudkan dengan objek yang lebih kecil atau miniatur, dan dipindahkan menggunakan prinsip komputasi mobile [4].



Gambar 1. Gambaran virtual continuum [8]

Prinsip kerja *augmented reality* adalah pelacakan dan rekonstruksi. Pertama, penanda terdeteksi oleh kamera. Metode deteksi dapat mencakup berbagai algoritma, seperti: B. Deteksi tepi atau algoritma

pemrosesan gambar lainnya. Data yang diperoleh dari proses pelacakan digunakan untuk merekonstruksi sistem koordinat dunia nyata. Augmented reality tidak hanya dapat menambahkan objek ke lingkungan nyata, tetapi juga menghapus objek nyata dalam bentuk virtual. Dengan menutupi hal yang nyata dengan desain grafis yang sesuai dengan lingkungan, hal yang nyata disembunyikan dari pengguna [5].



Gambar 2. Diagram kerja *augmented reality* [5]

2.2. Marker / Penanda

Penanda adalah salah satu komponen kunci dalam mengelola aplikasi augmented reality yang digunakan untuk memindai informasi yang diterima dari perangkat seluler. Penanda dapat dibagi menjadi dua jenis: pelacakan berbasis penanda dan augmented reality tanpa penanda. Pelacakan berbasis penanda adalah penanda atau tanda pada objek dua dimensi dengan pola hitam putih dengan batas hitam tebal dan latar belakang putih yang dibaca oleh komputer melalui media webcam. Penanda yang digunakan dalam augmented reality tanpa penanda adalah objek nyata. B. Format posisi perangkat, orientasi, lokasi, atau gambar atau objek 3D dengan banyak warna [6]. Augmented reality tanpa penanda itu sendiri dapat dibagi menjadi dua jenis: pelacakan pose dan pencocokan pola. Dalam teknik pose tracking, marker yang digunakan berupa benda statis/tidak bergerak, dan alat yang digunakan adalah alat gerak. Dalam teknik pencocokan pola, penanda yang digunakan mirip dengan pelacakan berbasis penanda, atau penggunaan gambar. Cara kerja pattern matching adalah dengan mendeteksi pola tanda/gambar pada alat yang diam [7].

2.3. Unity 3D

Unity 3D adalah alat terintegrasi untuk membuat bentuk objek 3D dalam video game dan membuat konteks interaktif lainnya seperti visualisasi arsitektur dan animasi 3D secara real time. Unity 3D banyak digunakan karena sangat memudahkan developer animasi ini untuk melengkapinya dengan GUI yang memudahkan dalam mengedit dan script. Unity 3D berfungsi di Windows, Mac, Xbox 360, PlayStation 3, Wii, iPad, iPhone, dan Android. Unity 3D juga dapat membuat game berbasis browser menggunakan plugin Unity Web Player, yang hanya berfungsi di Mac dan Windows [8]. Pemutar web yang dihasilkan juga digunakan untuk mengembangkan widget di Mac [9].

2.4. Blackbox Testing

Pengujian perangkat lunak adalah proses menjalankan dan mengevaluasi perangkat lunak secara manual atau otomatis untuk menguji apakah perangkat lunak memenuhi kebutuhan Anda [10]. Tujuan pengujian adalah untuk mengevaluasi apakah perangkat lunak yang dikembangkan memenuhi kebutuhan konsumen dan untuk menemukan dan memperbaiki sebanyak mungkin bug dalam program sebelum mengirimkan program ke pengguna sasaran [11]. Tes yang baik adalah tes yang lebih mungkin untuk menemukan kesalahan.

Ada beberapa metode yang digunakan untuk menguji perangkat lunak yang dibuat. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan menggunakan metode pengujian *Blackbox*. Pengujian black-box adalah pengujian yang mengabaikan mekanisme internal sistem atau komponen dan hanya berfokus pada output yang dihasilkan yang merespon input dan kondisi eksekusi yang dipilih [12]. Tes ini membantu Anda menguji fitur khusus dari perangkat lunak yang dirancang. Keluaran yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengukur kemampuan program dalam memenuhi kebutuhan pengguna dan mengidentifikasi kesalahan.

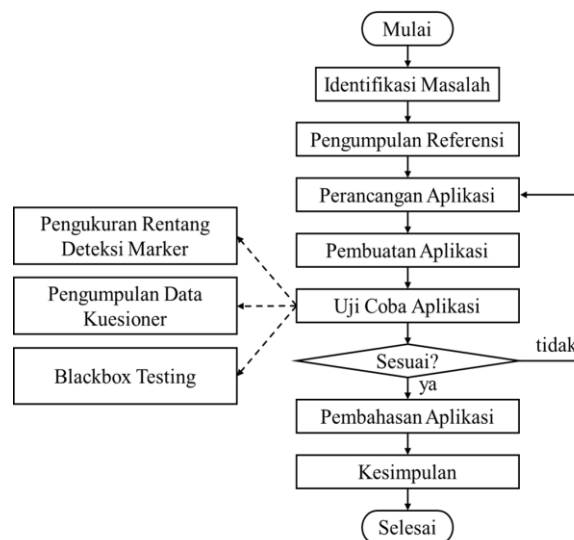
Pengujian black-box berfokus pada persyaratan fungsional perangkat lunak, memungkinkan para insinyur untuk mendapatkan kendala input yang sepenuhnya mengimplementasikan persyaratan

fungsional program [11]. Pengujian kotak hitam mencoba menemukan kesalahan dalam kategori berikut:

1. Kesalahan fungsi;
2. Kesalahan antarmuka;
3. Kesalahan dalam struktur data;
4. Kesalahan kinerja; dan
5. Kesalahan inisialisasi.

3. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan metode penelitian pertama dilakukan identifikasi masalah dalam bentuk wawancara dilakukan dengan asisten praktikum rangkaian listrik untuk mengidentifikasi masalah yang dihadapi selama praktikum rangkaian listrik.



Gambar 3. Metode penelitian




Dari wawancara tersebut maka dapat ditentukan fitur apa saja yang harus dimuat pada aplikasi untuk memecahkan masalah selama praktikum rangkaian listrik. Setelah itu, dilakukan pengumpulan referensi untuk memperoleh bahan yang dibutuhkan selama praktikum seperti alat apa saja yang dibutuhkan, modul atau buku apa saja yang diperlukan sebagai referensi konten dalam aplikasi, dan lain sebagainya. Dari hasil pengumpulan referensi, dibuat gambaran mengenai bentuk aplikasi, cara kerja aplikasi, dan fitur apa saja yang dimuat dalam aplikasi. Hasil rancangan tersebut diwujudkan selama proses pembuatan aplikasi. Setelah aplikasi berhasil dibuat, dilakukan uji coba aplikasi meliputi pengukuran rentang kerja *augmented reality*, pengumpulan data kuesioner dan *Blackbox Testing*. Pengukuran rentang kerja *augmented reality* dilakukan untuk melihat pengaruh cahaya lingkungan dan kemiringan *smartphone* terhadap *marker* terhadap kemampuan aplikasi mendeteksi *marker*. Pengumpulan data kuesioner dilakukan untuk melihat respon pengguna terhadap aplikasi yang dibuat serta untuk melihat kinerja aplikasi di setiap *smartphone* pengguna. *Blackbox Testing* dilakukan untuk menguji apakah sistem dalam fitur aplikasi dan tombol-tombol yang ada di aplikasi bekerja sebagaimana mestinya atau tidak. Jika pada *Blackbox Testing* didapatkan sebuah sistem ataupun tombol tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya, maka akan lakukan perbaikan hingga semua fitur dan tombol dalam aplikasi dapat bekerja sebagaimana mestinya. Dari hasil pembuatan aplikasi dan pengujian yang dilakukan pada aplikasi maka dilakukan pembahasan untuk dapat menjawab tujuan dari penelitian yang dilakukan. Hasil pembahasan tersebut dituliskan dalam laporan dalam bentuk kesimpulan dan saran.

4. HASIL UJI DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Marker

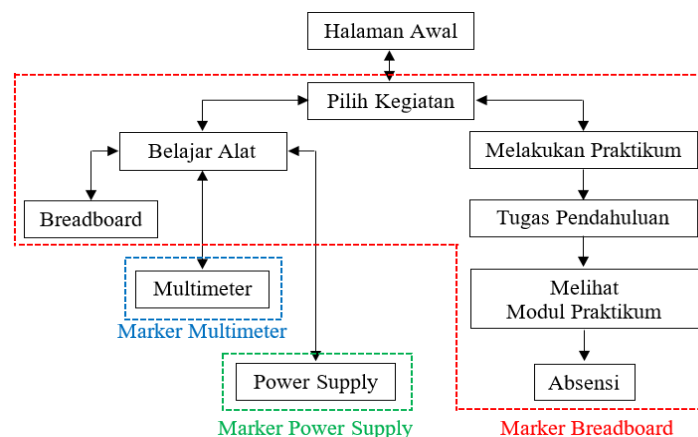
Pada penelitian ini dibuat *marker* dalam bentuk QR code menggunakan QR code generator (<https://www.the-qrcode-generator.com/>). Tabel 1 Menunjukkan hasil dari *marker* yang telah dibuat. *Marker* yang telah dibuat akan ditempelkan dengan posisi khusus pada *breadboard*, *multimeter* dan *power supply*.

Tabel 1. Hasil *Marker*

Gambar <i>Marker</i>	Ukuran (cm)	Fungsi <i>Marker</i>
	3,5 x 3,5	<i>Marker Breadboard</i>
	2,5 x 2,5	<i>Marker Power Supply</i>
	2,0 x 2,0	<i>Marker Multimeter</i>

4.2 Hasil Aplikasi

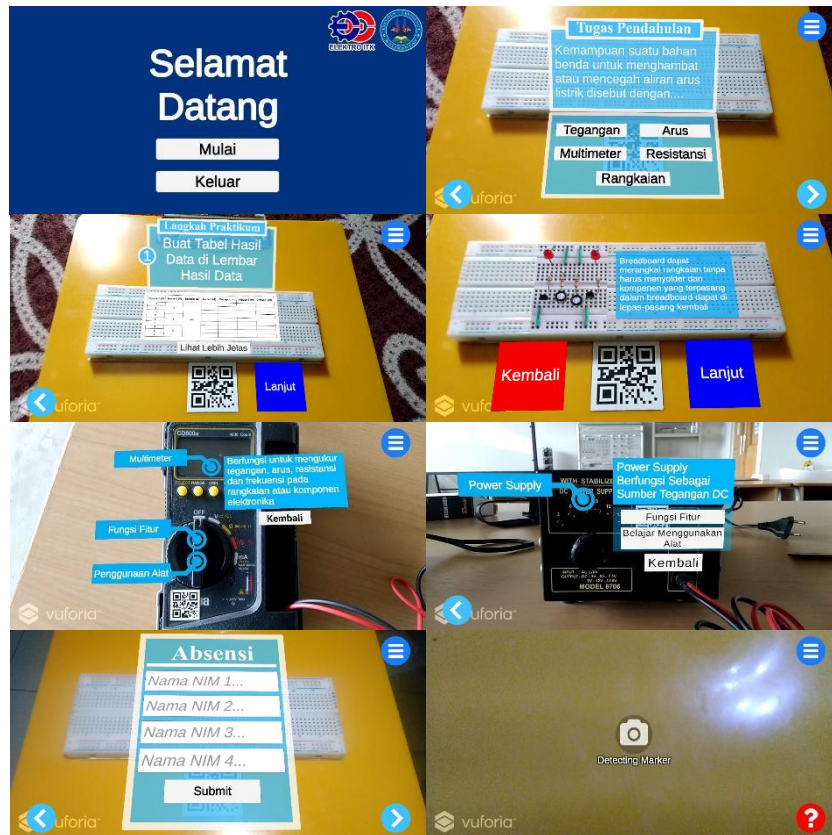
Pada penelitian ini, aplikasi modul praktikum rangkaian listrik memiliki sejumlah fitur yaitu fitur tugas pendahuluan, fitur belajar menggunakan *breadboard*, multimeter, dan power supply, fitur modul praktikum dan fitur absensi. Dimana alur kerja aplikasi ditampilkan seperti pada Gambar 4. Aplikasi yang digunakan hanya dapat berfungsi pada sistem operasi Android karena pengembangan aplikasi ini hanya terfokus pada platform Android saja dan belum dapat dioperasikan pada platform lainnya, kemiringan dalam mendeteksi QR dapat diputar hingga posisi 360 derajat dan posisi pembacaan akan tetap sama mengikuti arah dari marker.



Gambar 4. Alur kerja aplikasi

Fitur tugas pendahuluan berisikan pertanyaan-pertanyaan yang harus dijawab praktikan sebelum dapat melakukan praktikum. Setelah menyelesaikan tugas pendahuluan, terdapat fitur modul praktikum dimana praktikan akan diberikan langkah-langkah melakukan praktikum mulai dari merangkai hingga pengambilan data. Fitur absensi akan terbuka setelah praktikan selesai melakukan praktikum. Dengan fitur ini, praktikan dapat melakukan absensi per kelompok melalui aplikasi. Fitur belajar alat praktikum (*breadboard*, *multimeter* dan *power supply*) berisikan informasi mengenai setiap bagian alat dan cara menggunakan *breadboard*, *multimeter* dan *power supply*. Tampilan dari aplikasi modul

praktikum rangkaian listrik ini seperti yang terlihat pada Gambar 5. Dalam percobaan, didapati bahwa jarak efektif adalah 2 meter dengan pencahayaan buatan atau lampu, dan ketika jarak melebihi 2 meter, maka deteksi QR code akan sulit dilakukan oleh sistem.



Gambar 5. Hasil aplikasi

4.3 Hasil Blackbox Testing

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengecekan setiap fungsi tombol dan fitur dalam aplikasi menggunakan *smartphone* Vivo y33s. Dalam pengujian ini, aplikasi di uji secara langsung oleh Pak Hanif Kurniawan selaku Laboran Laboratorium Instrumentasi. Pengujian *Blackbox* dibagi menjadi 7 skenario dan total kasus yang diuji coba sebanyak 93 macam kasus. Kasus dalam pengujian *Blackbox* adalah berbagai tombol dan sistem yang terdapat dalam aplikasi yang dilakukan uji coba. Dalam pengujian ini, Pak Hanif melakukan setiap perintah yang telah dimuat dalam tabel *Blackbox* dan melakukan validasi apakah setiap perintah tersebut dapat berfungsi sesuai yang diharapkan.

Dari hasil pengujian *Blackbox*, didapatkan hasil bahwa aplikasi modul praktikum rangkaian listrik ini dapat bekerja dengan baik sesuai luaran yang diharapkan pada *smartphone* Vivo y33s.

4.4 Kuesioner

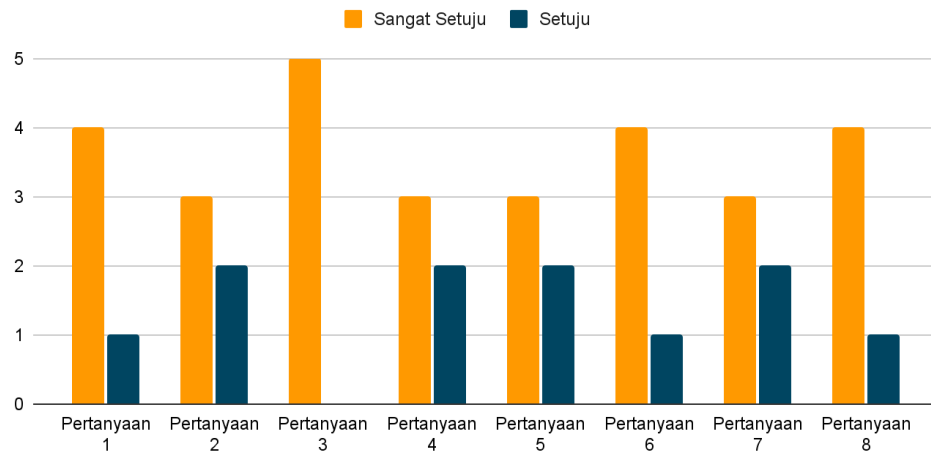
Telah dilakukan pengambilan data respon pengguna terhadap aplikasi yang dibuat. Responden berjumlah 5 orang yang berstatus sebagai mahasiswa yang pernah melakukan praktikum rangkaian listrik. Para responden berperan sebagai praktikan yang sedang melakukan kegiatan praktikum dan mencoba setiap fitur dari aplikasi menggunakan *smartphone* masing-masing yang dimiliki oleh responden dengan *smartphone* android yang memiliki jenis android sama dan updetan lama. Setelah mencoba aplikasi, responden akan mengisi kuesioner. Kuesioner terdiri dari 8 soal pilihan ganda. Dari hasil data kuesioner maka akan terlihat tingkat kepuasan dari pengguna aplikasi yang telah dibuat. Adapun 8 pertanyaan yang ditanyakan yang ditanyakan dalam kuesioner adalah

- Apakah *user interface* aplikasi memiliki tampilan yang menarik, mudah dibaca dan mudah dipahami?
- Apakah aplikasi dapat dengan mudah untuk dioperasikan?
- Seberapa menariknya teknologi *augmented reality* yang disajikan dalam aplikasi?
- Apakah fitur mempelajari alat praktikum dapat membantu praktikan memahami fungsi alat dan cara mengoperasikan alat-alat praktikum?

- e. Apakah fitur petunjuk langkah praktikum dapat dengan mudah dipahami dan dapat membantu praktikan dalam melakukan kegiatan praktikum?
- f. Seberapa menarik kah interaksi tugas pendahuluan melalui aplikasi?
- g. Apakah fitur absensi melalui aplikasi dapat bekerja dengan baik dan mudah untuk dioperasikan?
- h. Manakah fitur dari aplikasi yang paling menarik menurut anda?

Dari 8 poin pertanyaan tersebut, didapatkan jawaban seperti pada grafik yang ditampilkan pada Gambar 6.

Data Hasil Kuesioner



Gambar 6. Grafik hasil kuesioner

5. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dan pembuatan aplikasi modul praktikum rangkaian listrik berbasis *augmented reality*, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Telah berhasil dibuat aplikasi modul praktikum rangkaian listrik berbasis *augmented reality* yang dapat bekerja dengan baik pada *Smartphone* Android.
- b. Dari hasil uji coba untuk menguji pengaruh intensitas cahaya lingkungan dan derajat kemiringan terhadap rentang kerja *augmented reality* yaitu:
 - 1) Semakin rendah intensitas cahaya lingkungan maka jarak deteksi *marker* juga akan semakin menurun. Ketika cahaya lingkungan sangat gelap sehingga *marker* tidak dapat terlihat sama sekali melalui kamera, maka aplikasi tidak dapat mendeteksi *marker*. Cahaya terang merupakan kondisi terbaik untuk mendeteksi *marker*.
 - 2) Semakin kecil sudut kemiringan antara *marker* dan aplikasi dapat menyebabkan aplikasi kesulitan mendeteksi *marker* yang dapat menyebabkan menurunnya jarak deteksi *marker*. Kondisi terbaik untuk mendeteksi *marker* adalah pada saat sudut antara *marker* dan *smartphone* sebesar 90° .
- c. Spesifikasi dari *smartphone* dapat mempengaruhi kemampuan aplikasi mendeteksi *marker*. Semakin tinggi resolusi kamera *smartphone*, jarak baca *marker* akan lebih stabil dibanding *smartphone* dengan resolusi rendah ketika mengalami perubahan sudut kemiringan atau intensitas cahaya. Semakin canggih prosesor dari sebuah *smartphone* maka semakin cepat aplikasi dapat mendeteksi *marker* dan jarak baca aplikasi terhadap *marker* juga akan semakin tinggi. Selain itu, dari hasil kuesioner dan *Blackbox* yang dilakukan, didapatkan bahwa merk *smartphone* tidak memberi pengaruh pada kinerja aplikasi.
- d. Berdasarkan hasil kuesioner yang dilakukan kepada 5 responden mahasiswa yang pernah mengikuti praktikum rangkaian listrik sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa mayoritas responden yaitu sebanyak 64% sangat setuju dan 36% setuju bahwa aplikasi yang digunakan memiliki tampilan yang menarik dan mudah dipahami serta dapat membantu praktikan selama melakukan kegiatan praktikum. Selain itu, fitur tugas pendahuluan dengan tampilan *augmented reality* dan interaksi aplikasi sangat menarik bagi 90% responden dan menarik bagi 10% responden lainnya. Selain itu, fitur belajar alat praktikum menjadi favorit bagi 4 dari 5 responden, sedangkan 1 orang memilih fitur modul langkah praktikum. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa aplikasi tersebut memenuhi kebutuhan praktikan dalam melakukan kegiatan praktikum rangkaian listrik dan memiliki fitur-fitur yang menarik dan dapat membantu proses pembelajaran.

REFERENSI

- [1] S. Sandoval Pérez et al., “On the Use of Augmented Reality to Reinforce the Learning of Power Electronics for Beginners,” *Electron.*, vol. 11, no. 3, pp. 1–14, 2022, doi: 10.3390/electronics11030302.
- [2] J. Wither, Y. Tsai, and R. Azuma, “Indirect augmented reality,” *Comput. Graph.*, vol. 35, no. 4, pp. 810–822, 2011, doi: 10.1016/j.cag.2011.04.010.
- [3] B. Furht and J. Carmigniani, *Handbook of Augmented Reality*. New York: Springer New York Dordrecht Heidelberg London, 2011.
- [4] P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi, and F. Kishino, “Augmented Reality A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum,” *Telem manipulator Telepresence Technol.*, vol. 2351, no. December 2013, pp. 282–292, 1994, doi: 10.1117/12.197321.
- [5] I. Mustaqim and K. Nanang, “Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality,” *J. Edukasi Elektro*, vol. 1, no. 1, 2017, [Online]. Available: <http://journal.uny.ac.id/index.php/jee/>.
- [6] V. Chari, J. M. Singh, and P. J. Narayanan, “Augmented Reality using Over-Segmentation,” *Proc. Natl. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. Image Process. Graph.*, 2008.
- [7] F. Uijtdewilligen, “A framework for context-aware applications using augmented reality:””A train station navigation proof-of-concept on Google Android”,” *Univ. Twente*, p. 96, 2010, [Online]. Available: http://www.citeulike.org/user/maram_akram/article/6719920.
- [8] A. F. Waruwu, I. P. Agung Bayupati, and I. K. Gede Darma Putra, “Augmented Reality Mobile Application of Balinese Hindu Temples: DewataAR,” *Int. J. Comput. Netw. Inf. Secur.*, vol. 7, no. 2, pp. 59–66, 2015, doi: 10.5815/ijcnis.2015.02.07.
- [9] A. Ajanki et al., “An Augmented Reality Interface to Contextual Information,” *Virtual Real.*, vol. 15, no. 2–3, pp. 161–173, 2011, doi: 10.1007/s10055-010-0183-5.
- [10] T. L. Clune and R. B. Rood, “Software Testing and Verification in Climate Model Development,” *IEEE Softw.*, vol. 28, no. 6, pp. 49–55, 2011, doi: 10.1109/MS.2011.117.
- [11] R. S. Pressman, *Software Engineering: A Practitioner’s Approach*, 7th ed., vol. 9781118592. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc, 2010.
- [12] G. J. Myers, *The Art of Software Testing*, 2nd ed., vol. 15, no. 2. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2004.