



ANGKASA

Terakreditasi SK No 148/M/KPT/2020 Peringkat S4 Mulai Volume 9 Nomor 2 Tahun 2019 - Volume 14 Nomor 1 Tahun 2024

Volume 14, Nomor 1, Mei 2022

IDENTIFIKASI KECACATAN PRODUK MENGGUNAKAN LEAN SIX SIGMA MELALUI PENDEKATAN KONSEP DMAIC
Muh Yazid Gandi, Asep Erik Nugraha, Apid Hapid Maksum, Billy Nugraha

TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY UNTUK INSTALASI KELISTRIKAN GEDUNG
Ari Sugiharto, Ikrima Alfi, Suwirno Suwirno

ENDURANCE ESTIMATION IN HOVERING FLIGHT BASED ON BATTERY POWER REQUESTED ON QUADCOPTER UAV
Richard Octonius, Neno Ruseno

KINERJA MESIN PENGERING DAN PENGARUH KIPAS TERHADAP LAMANYA WAKTU PENGERINGAN JAMUR KUPING
Doddy Purwadianto

PESAWAT UDARA KECIL TANPA AWAK (*SMALL DRONE*) UNTUK PENGIRIMAN BARANG
Febria Roza, Imam Muthohar, Sigit Priyanto

ANALISIS KINCIR AIR *UNDERSHOT* UNTUK KEBUTUHAN IRIGASI DI DAERAH PATONGLOAN
Atus Buku, Petrus Peleng Roreng, Herby Calvin Pascal Tiyow

NUMERICAL STUDY OF PRESSURE DROPS AND FLOW CHARACTERISTIC IN HIGH TEMPERATURE AIR-WATER STRATIFIED FLOW USING THE AIAD MODEL
Eli Kumolosari, Bahrul Jalaali

CHARACTERIZATION OF ION-EXCHANGED ZEOLITES WITH LITHIUM FOR PRESSURE SWING ADSORPTION (PSA) APPLICATIONS
Nidya Jullanar Salman, Dhimas Satria, Damar Abi Ramadani, Teguh Kurniawan

PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI PEMANTAUAN GIZI REMAJA BERBASIS ANTROPOMETRI (SIPSAE) BERBASIS MOBILE DAN WEB BAGI REMAJA SMP
Ery Setiyawan Jullev Atmadji, Zora Olivia, Nita Maria Rosiana, Arinda Lironika Suryana

SISTEM PENGENDALI SAKLAR BERBASIS NODEMCU ESP8266 DENGAN APLIKASI MQTT DAN GOOGLE ASSISTANT
Bekti Maryuni Susanto, Agus Hariyanto, Denny Wijanarko, Moch Khafil Albab

STRATEGI MEMINIMALKAN ERROR PADA TEKNISI *MAINTENANCE* MESIN 350F DENGAN *SYSTEMATIC HUMAN ERROR REDUCTION AND PREDICTION APPROACH* (SHERPA) DI PT. XYZ
Prasidananto Nur Santoso, Esa Rengganis Sullyartha, Lamhot Maruli Sihombing

ANALISIS EFEKTIVITAS DESAIN KOMUNIKASI VISUAL SEBAGAI MEDIA PROMOSI MENGGUNAKAN *CUSTOMER RESPONSE INDEX*
Uyuunul Maudzoh, Yuliani Indrianingsih, Astika Ayuningtyas

Teknologi *Augmented Reality* untuk instalasi kelistrikan gedung

Ari Sugiharto¹, Ikrima Alfi^{2,*}, Suwirno³

¹Program Studi Teknik Komputer, Universitas Teknologi Yogyakarta

^{2,3} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Teknologi Yogyakarta

Article Info

Article history:

Received March 31, 2022

Accepted July 6, 2022

Published November 1, 2022

Keywords:

Instalasi listrik
Augmented Realit
Telepon Seluler Android

ABSTRAK

Tahapan instalasi listrik dalam proses pembangunan sebuah gedung memiliki resiko terhadap keamanan kerja dan pengoperasian hasilnya jika pengerjaannya tidak sesuai dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Penelitian ini bertujuan menerapkan perkembangan teknologi *Augmented Reality* (AR) untuk memberi kemudahan dalam proses pengerjaan instalasi listrik tersebut. Pengembangan aplikasi berbasis AR dengan memanfaatkan perangkat telepon seluler berbasis android yang saat ini sudah umum dimiliki oleh masyarakat. Penelitian dilakukan dengan tahapan analisa sistem instalasi listrik yang sesuai dengan standar PUIL serta penerapannya ke dalam format yang mudah dipahami, kemudian mengolah data komponen kelistrikan sebagai masukan objek 3D. Selanjutnya data teknis bangunan digunakan untuk menghasilkan aplikasi AR yang dapat diterapkan pada lokasi pengerjaan instalasi listrik. Aplikasi yang dibangun telah berhasil diimplementasikan pada perangkat telepon seluler berbasis android. Kamera belakang digunakan untuk mendeteksi *marker* sebagai pemicu munculnya objek 3D berupa jaringan kelistrikan serta komponen instalasi listrik. Terdapat pula fitur info dan animasi objek 3D, serta *video call* sebagai opsi alternatif bantuan jika terdapat kendala saat pelaksanaan pekerjaan instalasi listrik.



Corresponding Author:

Ikrima Alfi,
Program Studi Teknik Elektro,
Universitas Teknologi Yogyakarta,
Jl. Siliwangi, Jombor Lor, Sendangadi, Kec. Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55285
Email: * ikrima.alfi@uty.ac.id

1. PENGANTAR

Instalasi listrik adalah sebuah sistem yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik dalam rangka pemenuhan kebutuhan manusia dalam kehidupannya. Dalam perancangan sistem instalasi listrik sebuah gedung, instalasi listrik dibagi menjadi 2 yaitu instalasi pencahayaan buatan dan instalasi daya listrik [1]. Instalasi pencahayaan buatan adalah upaya untuk memberikan daya listrik pada lampu sehingga dapat dijadikan sumber cahaya ketika pencahayaan alami terkendala waktu dan lingkungan. Pencahayaan buatan ini meliputi lampu, armatur lampu, kabel/penghantar dan sakelar. Instalasi pencahayaan buatan ini bertujuan untuk memberikan kenyamanan pada penghuni sebuah gedung dalam menjalankan aktivitas keseharian. Instalasi daya listrik merupakan instalasi untuk menjalankan mesin-mesin listrik yang ada dalam gedung, serta untuk asupan daya listrik pada seluruh peralatan yang membutuhkan daya listrik dalam sebuah gedung. Sebuah rancangan instalasi listrik harus memenuhi standar dan undang-undang yang berlaku di Indonesia, salah satunya adalah Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL). PUIL juga mencakup rangkuman ketentuan mengenai komponen-komponen yang umum digunakan pada instalasi listrik, seperti MCB (*Miniatur Circuit Breaker*), KWH (*Kilo Watt Hour*) meter, sakelar, lampu, sekering, serta perangkat elektronik secara umum[2].

Terdapat sejumlah hasil penelitian yang menyatakan resiko pekerjaan instalasi listrik [1], [2]. Penelitian tersebut menyatakan bahwa pengerjaan instalasi listrik pada bangunan yang tidak menyesuaikan dengan standar PUIL dapat menimbulkan resiko berupa kecelakaan kerja maupun bahaya dalam penggunaan

jaringan listrik akibat sengatan listrik, kebakaran, dan gangguan lainnya. Ketidaksesuaian hasil pekerjaan teknisi di lapangan dengan dokumen yang telah distandardisasi dapat disebabkan oleh berbagai hal, antara lain karena perbedaan dalam memahami dokumen yang rumit, kekeliruan dalam interpretasi skema dan jaringan, maupun kurang optimalnya produktivitas pekerja akibat hal non teknis seperti karakteristik pekerjaan yang cenderung berulang/monoton [3], [4]

Augmented Reality (AR) adalah sebuah teknologi yang dihasilkan oleh proses komputasi atas realitas objek yang ada dalam rangka meningkatkan kemampuan berinteraksi [5]. AR dikembangkan menjadi aplikasi dan digunakan pada perangkat *mobile* untuk menciptakan sensasi benda virtual yang dapat hadir ke dalam dunia nyata. Teknologi AR secara *realtime* menampilkan visual objek maya 3 dimensi dan 2 dimensi. Terdapat berbagai cara untuk memicu tampilnya objek tersebut, antara lain dengan teknik *marker based AR* (ada penanda yang memicu AR) [6]. AR mengijinkan pengguna untuk berinteraksi dengan lingkungan berdasarkan objek virtual. Benda maya atau virtual menampilkan sebuah informasi yang secara tidak langsung diterima oleh pengguna dengan inderanya sendiri. AR secara umum dimanfaatkan sebagai alat bantu persepsi dan interaksi penggunaannya dengan dunia nyata. Informasi dari benda virtual dapat membantu pengguna melaksanakan aktivitas dalam dunia nyata [7]. AR dapat diimplementasikan ke dalam semua indera, termasuk secara auditori, kinestetik, dan visual. Selain itu teknologi AR telah dimanfaatkan pada bidang militer, kesehatan, industri, serta manufaktur. Teknologi AR selalu berkembang seiring dengan perkembangan teknologi yang ada. Pada perkembangan teknologi modern, AR sangat dibutuhkan pada bidang *entertainment*, pendidikan, kedokteran, militer, dan *advertising*. Pada penelitian ini memanfaatkan AR dalam instalasi listrik gedung dan mengimplementasikan pada telepon cerdas berbasis android.

Android merupakan sistem operasi untuk perangkat *mobile* berbasis linux yang mencakup sistem operasi, *middleware*, dan aplikasi. Android menyediakan *platform* terbuka bagi para pengembang untuk membuat aplikasi mereka sendiri. Penggunaan telepon cerdas berbasis sistem operasi android yang saat ini telah umum oleh masyarakat [8], dapat menjadi sarana solusi untuk mengatasi permasalahan terkait pekerjaan instalasi listrik. Saat melakukan pekerjaan instalasi listrik kamera pada ponsel cerdas dapat dimanfaatkan untuk menangkap *marker*, kemudian aplikasi AR menampilkan objek 3D berupa komponen elektronika yang sesuai dengan *marker* tersebut [9]. Dengan implementasi teknologi AR pada telepon cerdas, dapat dengan mudah dilakukan transfer pengetahuan ke banyak orang, sekaligus sebagai variasi teknis dalam pelaksanaan pekerjaan hingga tidak terasa monoton [10], [11]. Dengan pemanfaatan teknologi AR ini, teknisi instalasi listrik akan memasuki pengalaman kerja yang berbeda. Setiap langkah kerjanya akan terhubung *online* dengan basis data berupa model teks dan objek 3D sehingga mudah untuk menyesuaikan dengan dokumen standar pekerjaan, serta dilengkapi dengan sarana supervisi *realtime* yang dapat dimanfaatkan oleh pihak manajemen proyek. Keuntungan solusi teknologi AR seperti tersebut di atas merupakan pemanfaatan konsep revolusi industri 4.0 [12]. Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang membahas mengenai pengembangan aplikasi AR untuk diimplementasikan menggunakan perangkat *mobile* [9], [13] namun selain pemanfaatannya yang hanya sebatas untuk keperluan pembelajaran siswa sekolah, rancangan instalasi listrik yang disediakan juga belum dinyatakan telah sesuai dengan aturan keselamatan pada PUIL, sehingga masih memiliki resiko untuk penerapannya di lapangan.

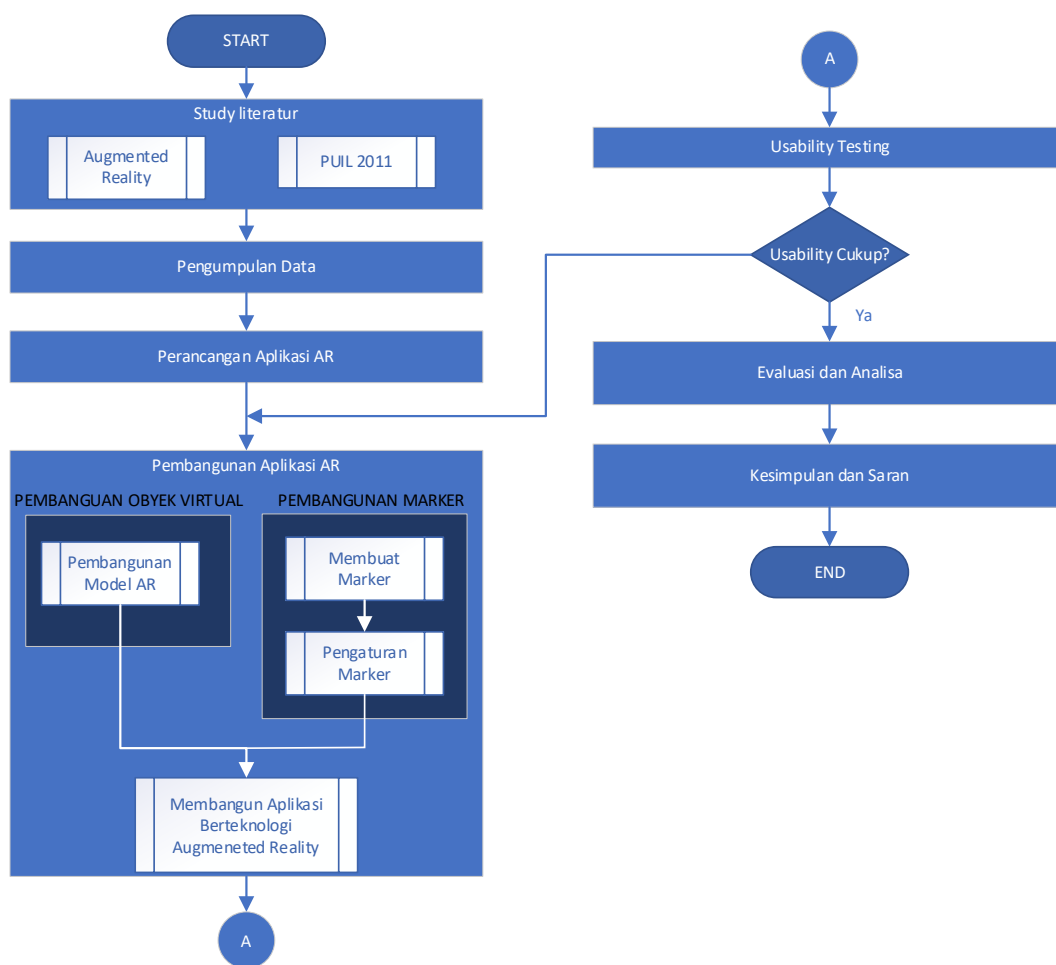
Pada proses pembangunan sebuah gedung, pemasangan instalasi listrik merupakan salah satu tahapan yang cukup penting. Terdapat standar untuk pelaksanaan instalasi listrik yaitu Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL)[14]–[16]. Selain itu, diperlukan pengetahuan dan keterampilan tertentu yang harus dimiliki oleh teknisi pelaksana instalasi listrik agar hasil pekerjaannya baik dan aman. Permasalahannya adalah terkadang teknisi di lokasi pembangunan mengalami kesusahan untuk memenuhi dokumen standar tersebut, disebabkan kekeliruan dalam interpretasi skema instalasi listrik ataupun karena jaringan yang dimaksud terlalu rumit untuk dipahami. Resiko bahaya yang mungkin timbul adalah kebakaran akibat hubung singkat maupun kegagalan pasokan listrik dari jaringan instalasi yang tidak tepat [17], [18]. Dampak dari kondisi tersebut menimbulkan in-efisiensi dalam pelaksanaan proyek, karena bagian manajemen pembangunan gedung harus setiap saat mendampingi teknisi di lapangan untuk menghindari kemungkinan ketidaksesuaian hasil pekerjaan dengan dokumen perencanaan instalasi listrik [19]. Penelitian ini bertujuan menerapkan perkembangan teknologi *Augmented Reality* (AR) untuk memberi kemudahan dalam proses pengerjaan instalasi listrik tersebut. Data masukan berupa dokumen instalasi listrik yang telah disesuaikan dengan standar PUIL dan spesifikasi teknis gedung, kemudian diolah menjadi objek 3D yang dapat diakses oleh teknisi di lapangan sesuai dengan lokasi pekerjaannya. Dengan diolah menjadi tampilan AR, dokumen instalasi listrik dapat diakses dengan mudah beserta penjelasan interpretasi skema maupun jaringannya, cukup menggunakan media HP yang sekarang telah umum dimiliki.

2. METODE PENELITIAN

Pada tahap pertama metode penelitian, yaitu studi literatur, merupakan dasar yang memperkuat teori untuk penelitian. Beberapa hal yang menjadi literatur antara lain studi tentang pedoman instalasi listrik

berdasarkan PUIL 2011 serta pemanfaatan teknologi AR. Tahap kedua, yaitu pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan informasi secara umum mengenai pelaksanaan proyek instalasi listrik, terkait dengan pemilihan komponen kelistrikan yang sesuai dengan standar PUIL 2011[20].

Pada tahap ketiga, yaitu perancangan aplikasi AR, dilakukan perancangan skenario sistem agar aplikasi AR yang akan dibuat dapat diimplementasikan pada proyek instalasi listrik dengan tetap sesuai standar peraturan yang berlaku (PUIL 2011). Dilanjutkan tahap keempat, yaitu pembangunan media aplikasi AR berupa beragam objek virtual 3D serta mempersiapkan dan mengatur *marker* yang akan digunakan sebagai pemicu munculnya objek AR. Kemudian disusun program aplikasi AR untuk mensinkronkan agar objek 3D yang muncul sesuai dengan *marker* yang diinginkan. Indikator capaian dari tahap ini adalah diperolehnya beragam objek 3D yang diperlukan untuk instalasi listrik, serta *marker* pemicunya masing-masing. Metode penelitian dalam bentuk diagram terdapat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Metode Penelitian

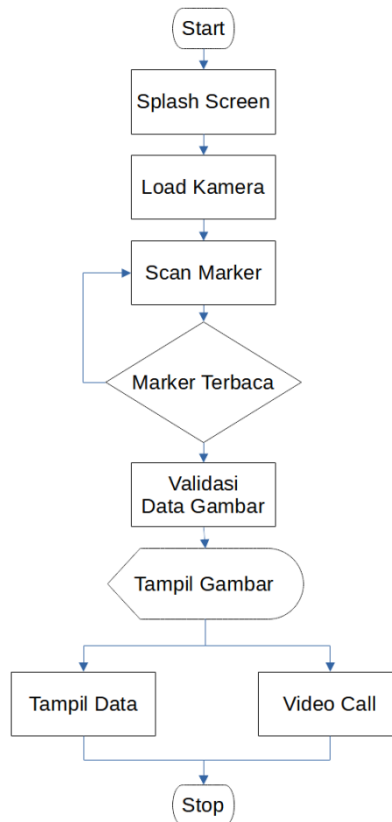
Tahap *Usability Testing* dilakukan untuk menguji aplikasi apakah sudah sesuai dengan tujuan perancangan sistem atau tidak. Jika masih terdapat masalah, maka kembali ke penyesuaian program. Indikator capaian dari tahap ini adalah tidak ada kesalahan pada aplikasi. Kemudian dilanjutkan penyusunan laporan.

Pada tahap Evaluasi dan Analisa, performa kinerja sistem aplikasi AR dianalisa serta dilakukan perbaikan atau peningkatan pada fitur yang performanya masih kurang. Indikator capaian dari tahap ini adalah meningkatnya performa atau fitur dari sistem aplikasi AR yang telah dibangun. Terakhir adalah tahap kesimpulan dan saran, pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dari penelitian yang telah selesai dilaksanakan, serta pemberian saran yang berguna untuk penelitian selanjutnya.

3. HASIL DAN ANALISIS

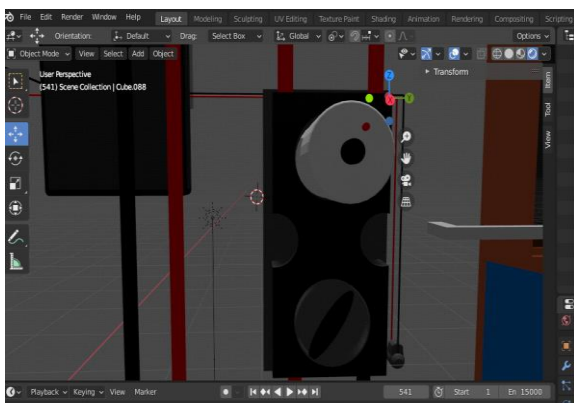
Setelah memperoleh referensi mengenai standar acuan pekerjaan instalasi listrik, kemudian dirancang alur kerja aplikasi AR dengan penerapan seperti pada gambar 2. Kerja aplikasi diawali dengan tampilnya *splash screen* kemudian pengambilan data dari kamera perangkat. Kamera digunakan untuk mendeteksi keberadaan *marker* berupa QRcode. Selama *marker* masih terdeteksi oleh kamera, maka aplikasi akan

menampilkan gambar berupa objek 3D instalasi listrik yang sesuai dengan validasi data gambar. Selain munculnya gambar 3D yang dapat divariasikan tampilannya oleh pengguna, masing-masing objek juga dapat dimunculkan data spesifikasi detailnya. Fitur aplikasi lainnya adalah *video call* sebagai alternatif bantuan bagi pengguna jika dalam mengamati suatu objek 3D instalasi listrik ternyata masih mengalami kendala.

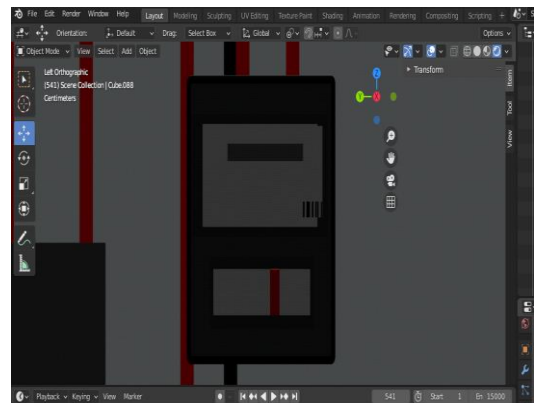


Gambar 2. Diagram Alir Aplikasi

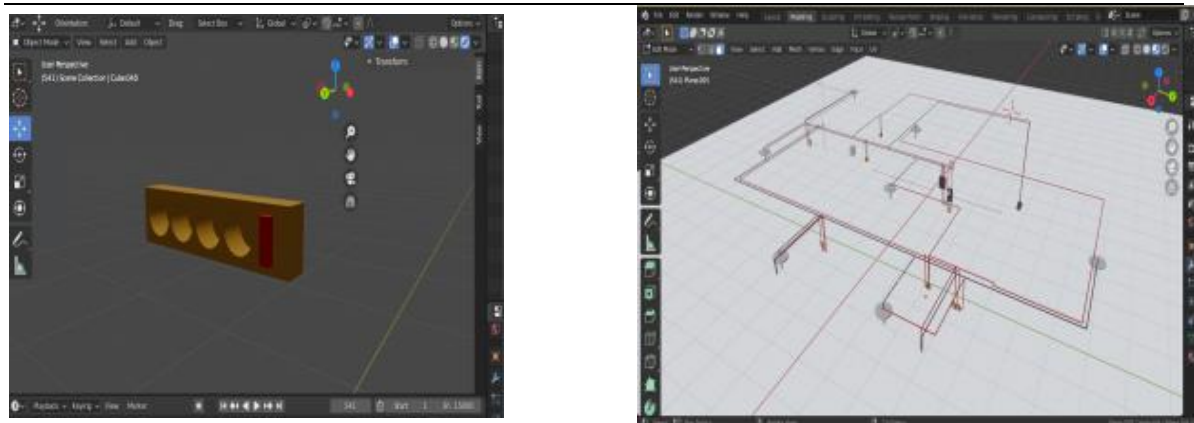
Beragam objek 3D berupa jaringan kelistrikan maupun komponen/perangkat dalam instalasi listrik dibangun menggunakan perangkat lunak Blender, setelah sebelumnya disesuaikan dengan standar PUIL 2011. Contoh beberapa objek 3D tampak pada gambar 3.



(a) Objek Sekring



(b) Objek MCB

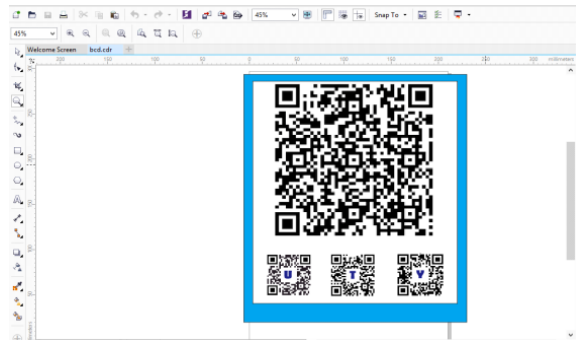


(c) Objek Stop Kontak

(d) Objek Jaringan Kelistrikan

Gambar 3 (a, b, c, d). Objek 3D Berbagai Komponen Instalasi Listrik Serta Jaringan Kelistrikan.

Sedangkan *marker* QR code yang berfungsi sebagai penanda pada aplikasi AR, seperti pada gambar 4, diproduksi menggunakan perangkat lunak Corel Draw.



Gambar 4. Marker QR Code

Perangkat lunak Vuforia digunakan untuk pembuatan basis data objek 3D yang akan digunakan pada aplikasi AR nantinya, termasuk data *marker* yang berupa QRcode. *Marker* yang dibangun pada Vuforia untuk aplikasi ini menggunakan tipe *single marker*. Langkah selanjutnya adalah mengintegrasikan basis data objek 3D dan *marker* AR pada Unity, yang akan digunakan untuk membangun aplikasi AR nantinya. Pada tahap ini juga dimasukkan fitur *video call* dengan cara mengintegrasikan aplikasi Agora. Selain itu dilengkapi juga dengan pembuatan tombol-tombol virtual untuk mengaktifkan animasi tiap komponen dan perangkat, serta pilihan fitur menampilkan detail data objek dan panggilan *video call*. Perancangan fitur tersebut tampak pada gambar 5.



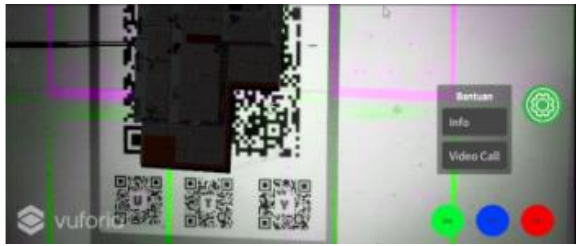
(a) Tombol Animasi Objek

(b) Tombol Detail Objek dan Video Call

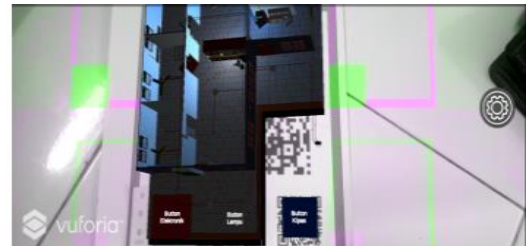
(c) Tombol Orientasi Objek

Gambar 5 (a, b, c). Desain Tombol Virtual

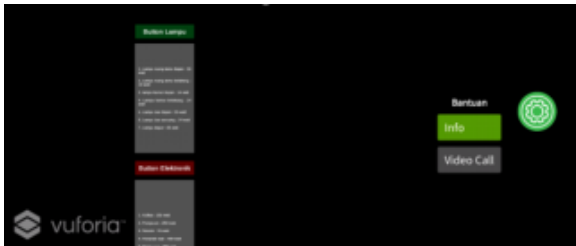
Aplikasi AR yang telah dibangun kemudian dapat ditampilkan pada perangkat berbasis android, dengan cara diinstall terlebih dahulu. Sesuai dengan keterangan pada perangkat lunak Unity yang digunakan, aplikasi AR ini hanya dapat berjalan pada perangkat berbasis sistem android dengan versi 5.0 atau yang terkini. Contoh tampilan aplikasi AR saat dioperasikan pada perangkat android adalah seperti pada gambar 6.



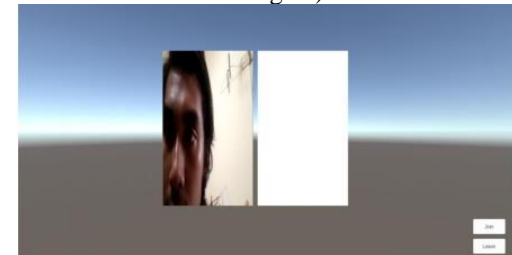
(a) Tampilan Awal Aplikasi



(b) Animasi Objek (Menyalakan Lampu dan Aktivasi Perangkat)



(c) Info Detail Objek 3D



(d) Fitur Video Call

Gambar 6 (a, b, c, d). Tampilan Aplikasi AR

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dibangun sebuah aplikasi AR untuk diterapkan pada proses pekerjaan instalasi listrik Gedung yang telah disesuaikan dengan standar peraturan PUIL. Aplikasi AR ini diimplementasikan pada sebuah perangkat berbasis android versi 5.0 atau yang terkini. Perangkat berbasis android yang digunakan harus memiliki kamera belakang untuk mendeteksi *marker* berupa QRcode sebagai pemicu munculnya objek 3D pada aplikasi. Aplikasi AR ini dapat menampilkan objek 3D berupa jaringan kelistrikan serta komponen instalasi listrik yang telah disesuaikan dengan peraturan standar instalasi listrik. Fitur aplikasi AR, selain pengguna dapat memvariasikan tampilan objek 3D, adalah adanya tombol virtual untuk info dan menjalankan animasi objek 3D serta *video call* untuk memperoleh bantuan jika masih ada kendala yang dihadapi pengguna saat melaksanakan pekerjaan instalasi listrik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan tim peneliti kepada Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional Republik Indonesia. Penelitian ini terlaksana dengan dibiayai oleh Direktorat Sumber Daya Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Tunggal Penelitian Dasar dan Pembinaan/Kapasitas Tahun Anggaran 2021 dengan LLDIKTI Wilayah V Nomor 066/E4.1/AK.04.PT/2021, tanggal 12 Juli 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Subagyo, "Manajemen Resiko Kebakaran Listrik," *Orbith*, vol. 12, no. 1, pp. 11–16, 2016.
- [2] S. Handoko, A. Nugroho, B. Winardi, T. Sukmadi, and M. Facta, "Pelatihan Instalasi Listrik Rumah Tangga di Kelurahan Padangsari Kecamatan Banyumanik," *Jurnal Pasopati*, vol. 2, no. 1, pp. 43–48, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pasopati>
- [3] I. N. P. Jaya, "Pengaruh Upah dan Karakteristik Pekerjaan Terhadap Kepuasan Kerja Karyawan Bagian Pemasangan Instalasi Listrik di CV. Putra Tunggal Jaya Tahun 2013," *Jurnal Jurusan Pendidikan Ekonomi (JJPE)*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, 2015.
- [4] Y. L. Zhukovskiy and N. I. Koteleva, "Electrical Equipment Maintenance System with Elements of Augmented Reality Technology," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Nov. 2019, vol. 643, no. 1. doi: 10.1088/1757-899X/643/1/012024.
- [5] Z. He, T. Chang, S. Lu, H. Ai, D. Wang, and Q. Zhou, "Research on Human-computer Interaction Technology of Wearable Devices Such as Augmented Reality Supporting Grid Work," in *Procedia Computer Science*, 2017, vol. 107, pp. 170–175. doi: 10.1016/j.procs.2017.03.074.
- [6] F. Lenurra and D. Pratiwi, "Penerapan Teknologi Augmented Reality Sebagai Media Promosi Apartemen dengan Metode Markerless," in *Seminar Nasional Cendekiawan ke 3*, 2017, vol. 3, pp. 77–83.
- [7] J. Chalhoub and S. K. Ayer, "Using Mixed Reality for Electrical Construction Design Communication," *Automation in Construction*, vol. 86, pp. 1–10, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.autcon.2017.10.028.

- [8] R. Indra Borman and Ansori, "Implementasi Augmented Reality pada Aplikasi Android Pengenalan Gedung Pemerintahan Kota Bandar Lampung," *Jurnal TEKNOINFO*, vol. 11, no. 1, pp. 1–5, 2017.
- [9] M. Khairudin, M. Iskandar, I. W. Djatmiko, and I. M. Nashir, "Virtual Trainer for Mobile Augmented Reality Based Electrical Lighting Installation," *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 14, no. 7, pp. 104–114, 2020, doi: 10.3991/IJIM.V14I07.12397.
- [10] E. Ardianto, W. Hadikurniawati, and D. E. Winarno, "Augmented Reality Objek 3 Dimensi dengan Perangkat Artoolkit dan Blender," *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, vol. 17, no. 2, pp. 107–117, 2012.
- [11] I. Oktaviani, Tursina, and A. S. Sukamto, "Penerapan Augmented Reality pada Sistem Operasi Android untuk Pengenalan Hewan Mamalia," *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, vol. 7, no. 2, pp. 75–80, 2019.
- [12] A. Ceruti, P. Marzocca, A. Liverani, and C. Bil, "Maintenance in Aeronautics in an Industry 4.0 context: The Role of Augmented Reality and Additive Manufacturing," *Journal of Computational Design and Engineering*, vol. 6, no. 4, pp. 516–526, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.jcde.2019.02.001.
- [13] Suwirno and A. Sugiharto, "Implementasi Augmented Reality pada Instalasi Listrik Gedung Berbasis Android," Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta, 2020.
- [14] B. Olanda and D. Susilo, "Desain dan Rancang Instalasi Listrik Sederhana Skala Rumah Tangga," *Jurnal Electra: Electrical Engineering Articles*, vol. 1, no. 2, pp. 7–12, 2021.
- [15] A. D. Prok, H. Tumaliang, and M. Pakiding, "Penataan dan Pengembangan Instalasi Listrik Fakultas Teknik UNSRAT 2017," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 7, no. 3, pp. 207–218, 2018.
- [16] M. Zulkaromi and J. Hermawan, "Perancangan Instalasi Listrik Pasar Klewer Surakarta Menggunakan Software Simaris," *Transient*, vol. 6, no. 3, pp. 260–267, 2017.
- [17] I. B. A. Swamardika, A. A. N. Amrita, I. G. D. Arjana, and C. G. I. Partha, "Pelatihan Pengaman Instalasi Listrik Sesuai Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 Serta Amandemen 2014," *Buletin Udayana Mengabdikan*, vol. 17, no. 1, pp. 120–126, 2018, doi: 10.24843/bum.2018.v17.i01.p21.
- [18] T. D. Cahyono and R. K. Pramuyanti, "Pelatihan Perancangan Instalasi Listrik Bangunan Sederhana," in *Proceeding SENDIU*, 2020, pp. 454–458.
- [19] J. Chalhoub and S. K. Ayer, "Using Mixed Reality for Electrical Construction Design Communication," *Automation in Construction*, vol. 86, pp. 1–10, 2018, doi: 10.1016/j.autcon.2017.10.028.
- [20] Badan Standardisasi Nasional, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2011.

