

Prototyping Smart Maintenance System berbasis Augmented Reality Untuk Steam Turbine Di PLTP

Rizqi Diaz Surya¹, Paryanto², Rusnaldy²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: diazsurya.rd@gmail.com

Abstrak

Augmented Reality adalah teknologi yang memiliki kemampuan untuk mengintegrasikan dan menghadirkan objek virtual ke dalam realitas fisik secara langsung. Penggunaan *augmented reality* dalam konteks perawatan dinilai dapat meningkatkan pemahaman para pekerja dalam memvisualisasikan proses perawatan dengan lebih mudah. Sehingga penulis tertarik untuk *Prototyping Smart Maintenance System* berbasis *Augmented Reality* untuk *Steam Turbine* di Pembangkit Listrik. Hal ini didasari oleh besarnya waktu, tenaga, biaya serta resiko yang dikeluarkan pada saat *maintenance*. Pada penelitian ini peneliti mengembangkan sebuah *smart maintenance system* berbasis *augmented reality* yang mudah untuk digunakan berbagai orang. Pada aplikasi ini peneliti merancang aplikasi dengan 2 fitur yaitu fitur simulasi rangkaian *Steam Turbine* dan fitur manual Standar Operasional Prosedur (SOP). Pengujian fitur aplikasi meliputi pengujian simulasi *Steam Turbine* berbasis *augmented reality* pada fitur simulasi rangkaian *Steam Turbine* dan pengujian *smart maintenance* yang berisikan tata cara *maintenance* pada *Steam Turbine* pada fitur manual SOP. Pada pengujian fitur aplikasi yang sudah dibuat, didapatkan bahwa aplikasi dapat beroperasi dengan baik menggunakan protokol TCP/IP, sehingga visual simulasi rangkaian *Steam Turbine* dapat ditampilkan dengan baik. Pada pengujian fitur manual SOP didapatkan bahwa link yang berisikan tata cara *maintenance Steam Turbine* dapat digunakan dengan baik.

Kata Kunci: *augmented reality; maintenance; steam turbine*

Abstract

Augmented Reality is a technology with the capability to seamlessly integrate and project virtual objects directly into the physical world. The use of *augmented reality* in the context of maintenance is considered to enhance the understanding of maintenance processes for workers. This is what motivated the author to prototype a *Smart Maintenance System* based on *Augmented Reality* for *Steam Turbines* in *Power Plants*. This decision was motivated by the significant time, effort, costs, and risks involved in maintenance. In this research, the researcher developed a user-friendly *Smart Maintenance System* based on *augmented reality*, designed to be accessible to various users. In this application, the researcher designed two main features: a *Steam Turbine* circuit simulation feature and a manual *Standard Operating Procedure (SOP)* feature. The testing of the application's features included evaluating the *augmented reality*-based *Steam Turbine* circuit simulation and testing the *smart maintenance* procedures outlined in the manual SOP. During the testing of the application features that were developed, it was found that the application operates effectively using TCP/IP protocols, enabling a clear display of the *Steam Turbine* circuit simulation. In the testing of the manual SOP feature, it was found that the links containing the *Steam Turbine* maintenance procedures could be utilized effectively.

Keywords: *augmented reality; maintenance; steam turbine*

1. Pendahuluan

Teknologi Dalam mengikuti perkembangan zaman, inovasi menjadi suatu keharusan. Revolusi industri ketiga dimulai dengan hadirnya teknologi informasi dan elektronik dalam dunia industri, seperti otomatisasi berbasis komputer dan robot. Perubahan ini menggeser peran manusia dalam mengendalikan peralatan industri, dengan komputer dan robot mengambil alih tugas-tugas tersebut [1].

Perusahaan Listrik Negara (PLN), sebuah perusahaan yang tergabung dalam Badan Usaha Milik Negara (BUMN), memainkan peran sentral dalam pengelolaan tenaga listrik di Indonesia. Didirikan pada tahun 1965 bersamaan dengan pendirian Perusahaan Gas Negara (PGN), PLN bertanggung jawab atas penyediaan dan perkembangan tenaga listrik di

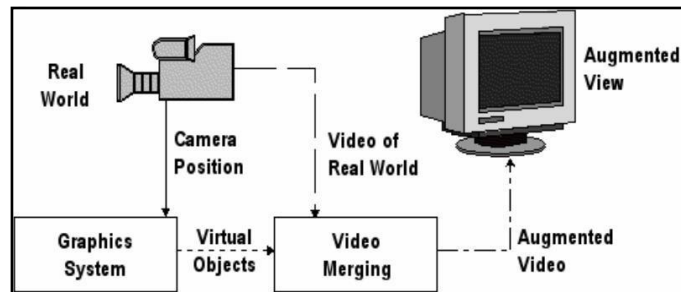
negara ini. Status PLN sebagai perusahaan umum listrik negara ditetapkan melalui kebijakan pada tahun 1972, dengan peran utama menyediakan listrik untuk kepentingan publik. Pada tahun 1994, status PLN berubah menjadi perusahaan perseroan, membuka peluang bagi swasta untuk berpartisipasi dalam sektor penyediaan listrik.

Sementara itu, pengertian *Augmented Reality* pada karya ilmiah Azuma berjudul *A survey of Augmented Reality* (2007), dalam [2] mendefinisikan *Augmented Reality* (AR) sebagai teknologi yang menggabungkan objek-objek virtual yang dibuat oleh komputer dengan objek-objek nyata di sekitar kita dalam waktu nyata [3].

Alasan dibuatnya aplikasi berbasis AR ini yaitu diharapkan dapat memudahkan operator untuk memanfaatkan teknologi augmented reality khususnya pada proses simulasi pergerakan turbin dan komponen pada turbin, sehingga dapat meningkatkan kepercayaan diri operator, dan meningkatkan keamanan serta keselamatan operator. Hal ini disebabkan operator yang menjalankan kinerja dalam jumlah besar akan terkendala faktor alami manusia yaitu kelelahan [4].

Proses operasional transformator telah menjadi fokus utama dalam suatu sistem pemasangan listrik. Penggunaan transformator dalam instalasi listrik memiliki peran sentral dalam menentukan kelancaran serta perkembangan penyampaian energi listrik. Dampak dari penerapan transformator ini terlihat jelas melalui keragaman perangkat elektronik yang dapat diintegrasikan dalam instalasi listrik dengan tegangan yang tinggi.

Esensi dari *Augmented Reality* (AR) adalah mengembangkan teknologi yang memungkinkan penyatuan konten digital yang diciptakan oleh komputer dengan realitas dunia nyata secara langsung [5]. AR memberikan kemampuan bagi pengguna untuk mengamati objek maya dua atau tiga dimensi yang diproyeksikan dalam konteks dunia nyata. Konfigurasi dari sistem *augmented reality* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Augmented Reality* [5].

Teknologi *Augmented Reality* (AR) memungkinkan penyisipan informasi khusus ke dalam lingkungan virtual dan menampilkannya dalam konteks dunia nyata. Untuk mencapai ini, berbagai perangkat seperti webcam, komputer, ponsel Android, atau kacamata khusus digunakan. Di dunia nyata, pengguna tidak bisa melihat objek virtual secara langsung, dan untuk mengenali objek tersebut, diperlukan perangkat seperti komputer dan kamera untuk memasukkan objek virtual ke dalam realitas fisik [6].

Teknologi AR adalah teknologi yang memungkinkan untuk mengurangi waktu *maintenance* peralatan dengan mengurangi waktu untuk mencari dan memproses berbagai informasi yang diperlukan dalam proses perawatan. Untuk keperluan tersebut, pengembangan sistem AR dapat diterapkan dengan menggunakan aplikasi. Teknologi AR telah digunakan untuk *maintenance* pompa minyak, yang memungkinkan pengurangan waktu pemeliharaan peralatan dengan mengurangi waktu pencarian serta pemrosesan berbagai informasi yang diperlukan dalam proses pemeliharaan atau *maintenance* [7].

Smart Maintenance berbasis AR dapat menjadi kunci bagi perusahaan industri yang ingin bertransformasi ke masa depan dengan cara yang berkelanjutan. Hal ini juga merupakan dasar yang diperlukan untuk memanfaatkan teknologi Industri 4.0 yang akan datang dengan sebaik-baiknya.

2. Material dan Metode Penelitian

2.1 *Augmented Reality*

Augmented reality atau AR adalah teknologi yang memadukan objek virtual, baik dalam format 2D maupun 3D, dengan lingkungan dunia nyata, dan kemudian memproyeksikan objek-objek virtual tersebut secara langsung secara real-time. AR melibatkan integrasi antara objek-objek nyata dan maya dalam lingkungan nyata, yang berinteraksi secara langsung dan memiliki dimensi tiga [8]. Dalam hal ini, objek maya terlihat seperti bagian organik dari dunia nyata. Roedavan juga mengemukakan bahwa AR memiliki karakteristik yang mencakup: (a) penggabungan dunia nyata dan virtual, (b) interaksi dalam waktu nyata, dan (c) integrasi dalam tiga dimensi.

Sejumlah riset guna mengembangkan aplikasi *Augmented Reality* sudah banyak dilakukan karena dianggap menjadi salah satu pilihan terbaik dalam perkembangan teknologi pada revolusi industri 4.0, maka penulis melakukan pembahasan mengenai *Smart Maintenance* berbasis *Augmented Reality*. Diantaranya penelitian yang berjudul *Augmented Reality Applications In Design And Manufacturing*, bertujuan untuk pengembangan aplikasi AR dan penerapan sistem manufaktur terintegrasi yang didukung oleh teknologi AR untuk meningkatkan efisiensi proses manufaktur [9]. Kemudian penelitian yang berjudul *Prototyping An Augmented Reality Maintenance And Repairing System For A Deep Well Vertical*

Turbine Pump. Penelitian ini bertujuan untuk mendukung tugas pemeliharaan dan perbaikan pompa sumur sentrifugal vertikal dengan metode manual interaktif [10]. Serta penelitian yang berjudul Penerapan *Augmented Reality* 3 Dimensi Berbasis Android Untuk Menentukan Letak Perabot Dalam Rumah. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penggunaan *Augmented Reality* (AR) dalam konteks interior rumah, dengan fokus pada penempatan perabotan [11].

2.2 Perancangan Desain *Augmented Reality*

Desain merupakan sesuatu yang dibuat secara kreatif serta tidak terprediksi dalam proses pembuatannya. Pada konteks sistem yang interaktif, desainer dapat menggabungkan aspek pengetahuan secara teknis dengan memperhatikan rasa estetis dari desainer itu sendiri [12]. Menurut karakteristik operasional dalam melakukan desain yaitu sebagai berikut:

- Desain merupakan sebuah proses, desain tidak dapat digambarkan dalam alur kerja yang dijabarkan secara statistik.
- Metode dalam desain yaitu *nonhierarchical*, sehingga tidak terdapat aturan hierarki dalam desain. Desainer dapat melakukan desain secara *bottom-up* maupun *top-down*.
- Mendesain bersifat transformasional.
- Desain intrinsik melibatkan pencairan dalam hal baru.

2.3 *Steam Turbine*

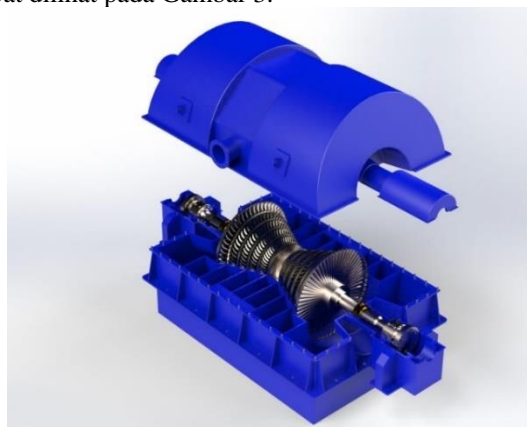
Steam Turbine merupakan sebuah perangkat yang bertugas mengkonversi energi termal yang terdapat dalam uap menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran. Energi mekanik ini kemudian digunakan sebagai tenaga penggerak untuk generator dalam menghasilkan energi listrik [13]. *Steam Turbine* ini biasanya terhubung secara langsung dengan generator, sehingga sering disebut sebagai generator turbin uap. Penggunaan turbin sangat umum ditemui dalam berbagai industri, termasuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pada bidang industri sendiri, *Steam Turbine* digunakan bukan hanya untuk menggerakkan generator dalam pembangkit listrik industri, tetapi juga berperan sebagai penggerak kompresor, pompa, dan berbagai proses manufaktur lainnya. Tampilan *Steam Turbine* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Steam Turbine* [13].

2.4 *Solidworks*

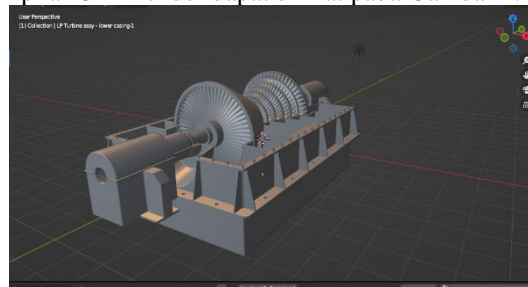
Solidworks adalah *software* CAD (*Computer-Aided Design*) dan CAE (*Computer-Aided Engineering*) tiga dimensi yang dikembangkan oleh Dassault Systèmes. Aplikasi ini berguna untuk merancang komponen atau susunan permesinan dalam bentuk 3D dan 2D [14]. *Solidworks* menggunakan format penyimpanan file yang terstruktur, seperti SLDDRW (file gambar), SLDPRT (file komponen), dan SLDASM (file perakitan), dengan bitmap preview dan metadata sub-file. Tampilan *Software Solidworks* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Software Solidworks*.

2.5 3D Blender

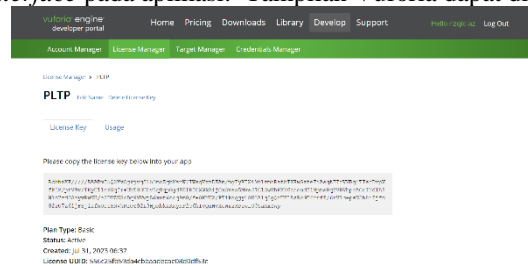
Aplikasi grafik komputer 3D Blender adalah perangkat yang memungkinkan penciptaan gambar dan animasi berkualitas tinggi menggunakan geometri tiga dimensi [15]. Diharapkan bahwa mereka yang memiliki *source code*-nya dapat berkontribusi dalam pengembangannya dengan menambahkan fitur-fitur baru atau melakukan perbaikan khusus pada perangkat 3D Blender ini. Tampilan 3D Blender dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan 3D Blender.

2.6 Vuforia

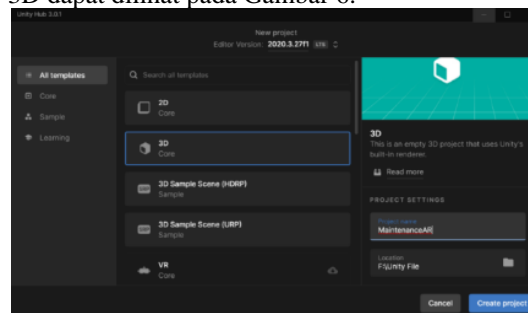
Vuforia adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat augmented reality, berfokus pada pengenalan gambar. Vuforia mendukung berbagai platform seperti iOS, Android, dan Unity3D, memungkinkan pengembangan aplikasi yang dapat berjalan di berbagai jenis smartphone atau tablet [18]. Vuforia sendiri digunakan untuk mendaftarkan *marker augmented reality*. Fungsi marker sendiri pada Gambar QR yang sudah didaftarkan pada Vuforia untuk memunculkan karakter dan *user interface* pada aplikasi. Tampilan Vuforia dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 6. Tampilan Vuforia.

2.7 Unity 3D

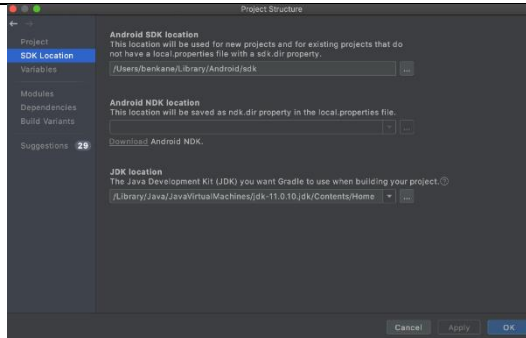
Unity 3D adalah *platform* pengembangan game multi-platform yang dirancang untuk kemudahan penggunaan. Dengan Unity, game dapat dibuat untuk komputer dan *smartphone* [16]. Unity adalah alat terintegrasi untuk membuat *game*, arsitektur, dan simulasi. Pengembangan aplikasi simulasi *Steam Turbine* berbasis AR dilakukan melalui *platform* Unity 3D. Dalam Unity, terdapat beberapa fitur yang dapat dimanfaatkan, seperti zona audio reverb, efek partikel, dan kontrol animasi langit. Tambahan lagi, platform ini menawarkan dukungan untuk bahasa pemrograman seperti JavaScript, C#, dan Boo [17]. Tampilan Unity 3D dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 7. Tampilan Unity 3D.

2.8 Android SDK dan JDK

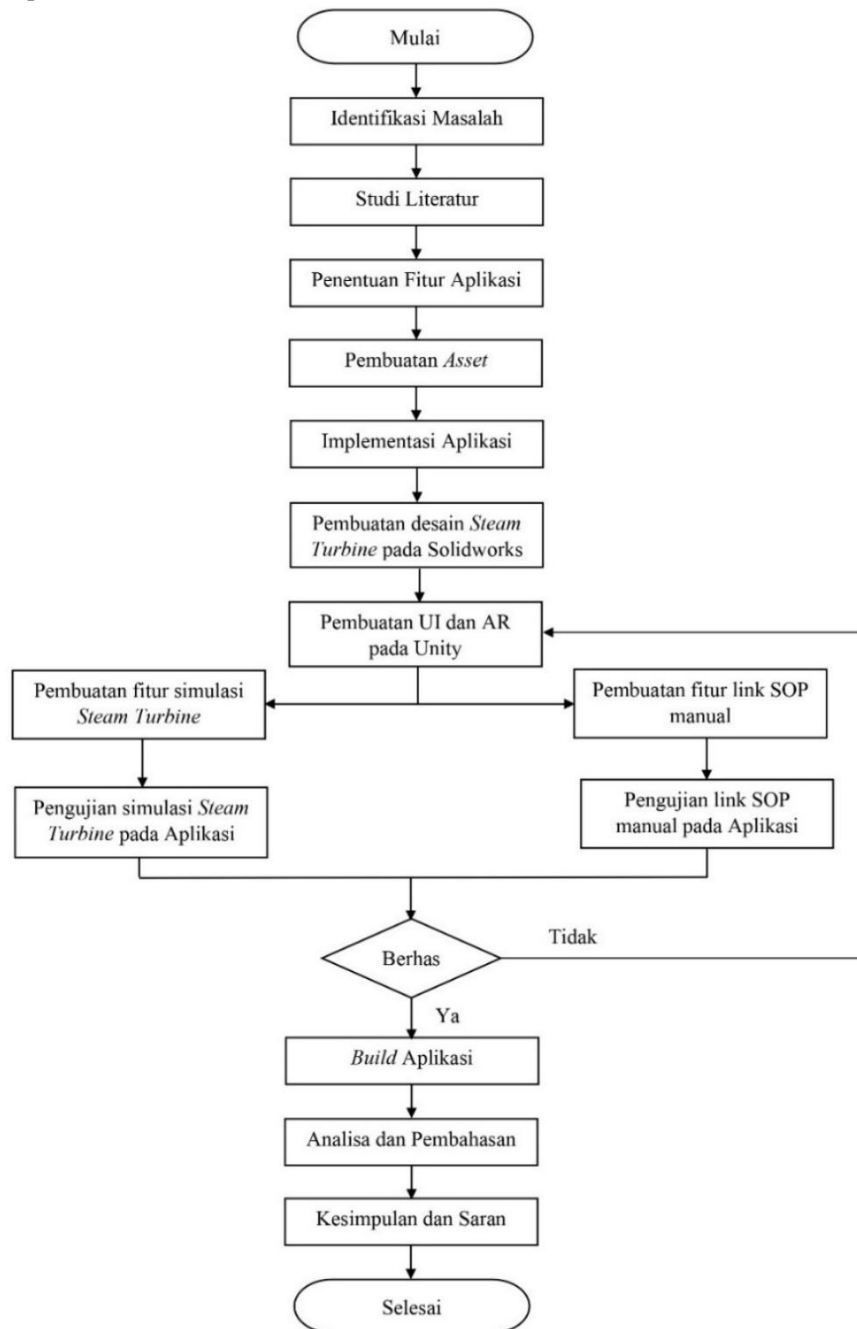
Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa *Java Development Kit* (JDK) adalah bagian tambahan dari kit pengembangan perangkat lunak *Software Development Kit* (SDK) yang berfokus pada pengembangan, debugging, dan pemantauan aplikasi berbasis Java [19]. Tampilan Android SDK dan JDK dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Android SDK dan JDK.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Alur Perancangan Aplikasi

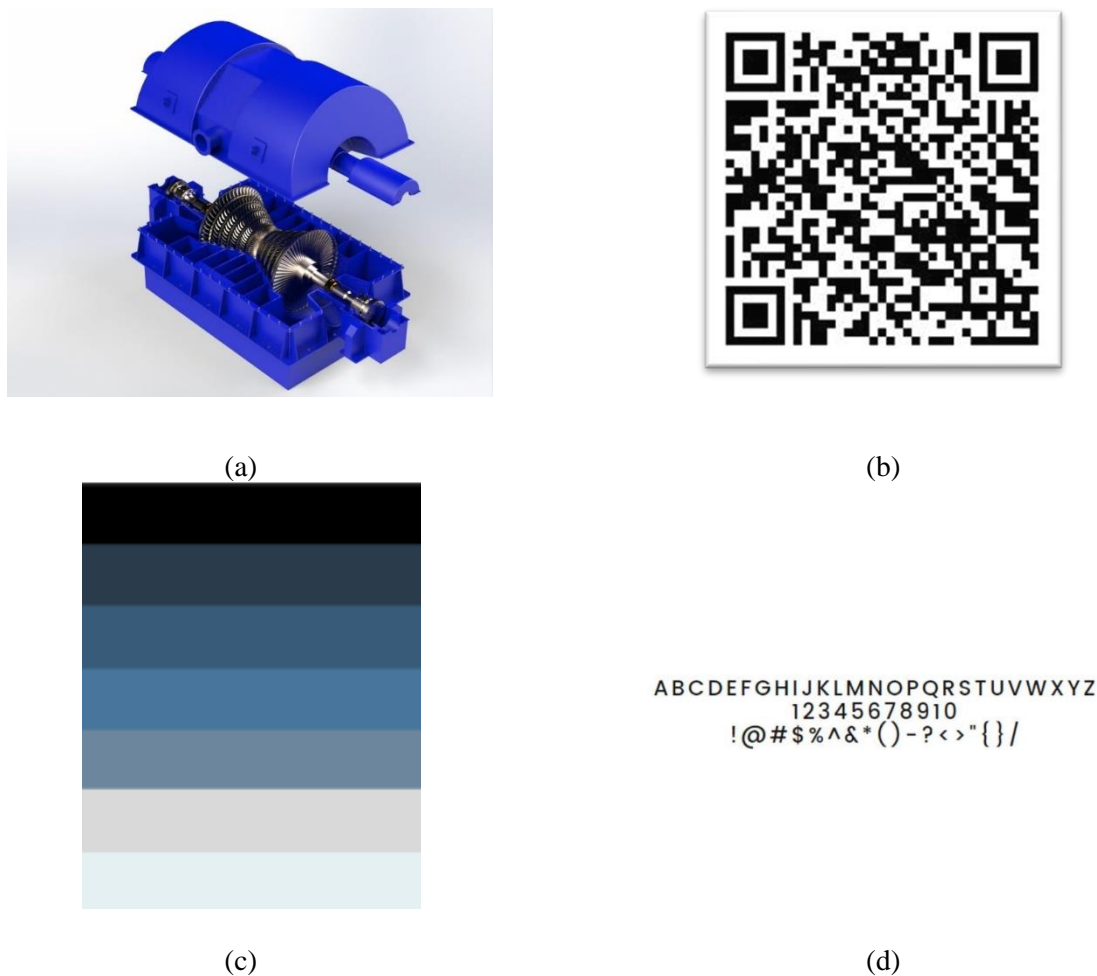


Gambar 8. Diagram Alir Penelitian.

Pada perancangan pembuatan aplikasi, peneliti melakukan identifikasi masalah hingga menentukan tujuan penelitian dan menentukan fitur aplikasi. Setelah menentukan fitur yang akan dibuat peneliti membuat asset aplikasi seperti script fungsi sistem, visual *turbine*, marker, serta judul dan background yang akan diterapkan pada *user interface*. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan *user interface* pada *software unity* menggunakan asset-asset yang sudah dibuat. Dalam pembuatan aplikasi *augmented reality* perlu mendaftarkan marker dan membuat *license key* pada *vuforia* serta menginstall *Vuforia engine AR* pada *Unity*, selanjutnya marker, dan *license key* yang telah didaftarkan dapat diinteraksikan pada *Unity* sehingga aplikasi dapat memunculkan virtual *steam turbine*.

3.1.1 Pembuatan Assest

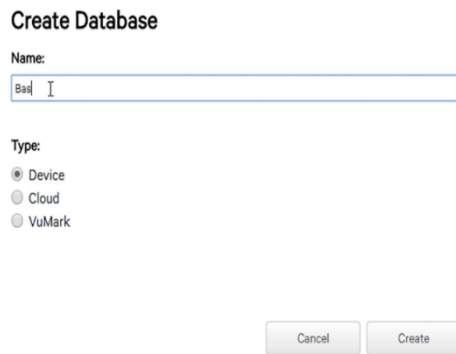
Dalam fase ini, dilakukan pembuatan desain *assets* aplikasi secara detail dengan menggunakan berbagai *software*. Pembuatan *assets* mengacu pada penentuan aplikasi yang telah dibahas. (a) Desain Objek, berupa karakter dari turbin uap yang telah dipilih sebelumnya. Dalam pembuatan desain turbin uap peneliti menggunakan *software Solidworks*. (b) Desain *Marker*, merupakan kunci dari aplikasi AR, *marker* didesain sebagai kumpulan titik acuan yang dapat dikenali oleh komputer untuk menampilkan objek UI. (c) Warna, yang digunakan dalam konsep visual UI aplikasi ini yaitu menggunakan tone dengan dominasi warna biru. Pemilihan warna ini didasari warna biru memiliki kesan segar, menenangkan dan serasi. (d) *Typography*, jenis *typeface* yang digunakan dalam konsep visual UI aplikasi ini yaitu menggunakan jenis sans serif. *Typeface* jenis sans serif memiliki font yang simple dan mudah untuk dibaca. Penggunaan font sans serif sesuai dengan fungsi *typography* dalam perancangan UI aplikasi, yaitu untuk memberikan informasi yang mudah dan cepat dibaca oleh user.



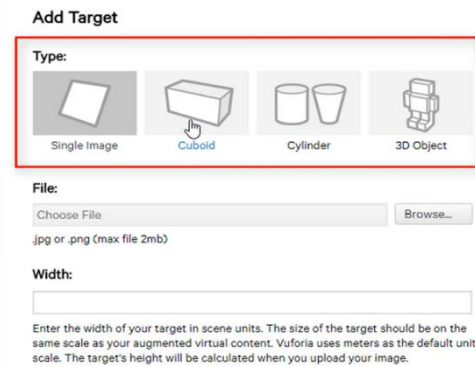
Gambar 9. Pembuatan *assest*, (a) Desain objek, (b) Desain *Marker*, (c) Warna, (d) *Typography*.

3.1.2 Pendaftaran Vuforia

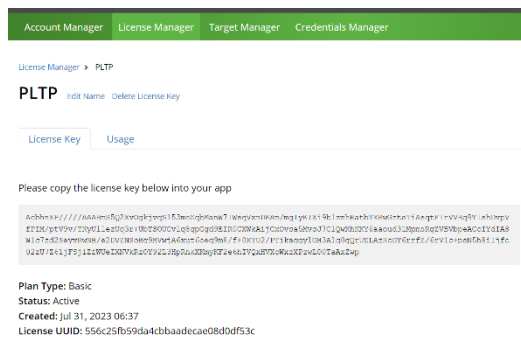
Hal pertama yang dilakukan yaitu membuka developer.vuforia.com melalui browser lalu log in. Jika belum memiliki akun maka harus melakukan register terlebih dahulu. Setelah berhasil log in selanjutnya yaitu membuat license key yang nantinya akan diinteraksikan kedalam Unity. Langkah-langkah membuat license key yaitu pada tab develop > License Manager > Get Basic, kemudian isi nama aplikasi augmented reality yang dibuat, setelah itu klik confirm. Setelah assets marker berhasil diunggah, maka hal terakhir yang perlu dilakukan yaitu melakukan *download database*. Hasil dari download database berbentuk Unity Package File nantinya akan diekspor menuju ke Unity bersama dengan assets lainnya.



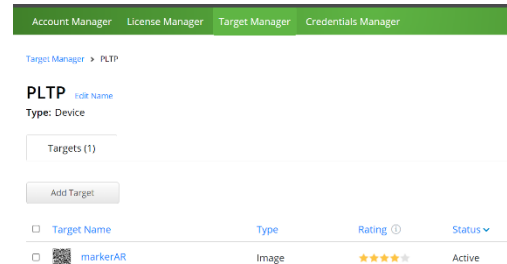
(a)



(b)



(c)



Target Name	Type	Rating	Status
markerAR	Image	★★★★★	Active

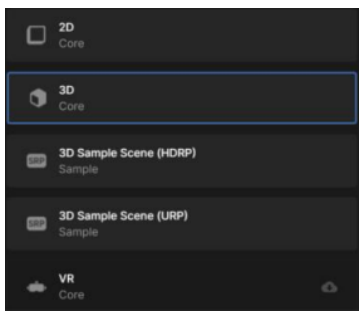

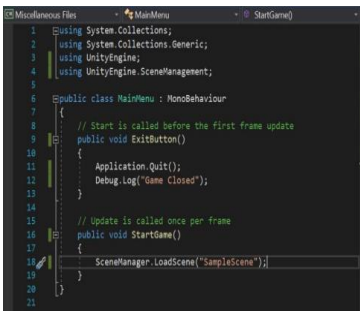
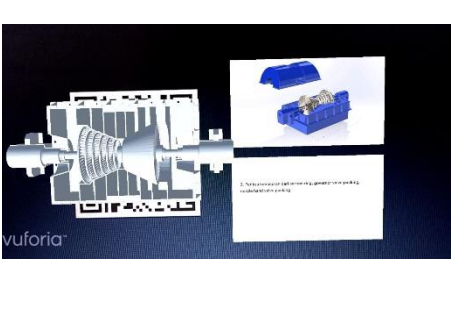
(d)

Gambar 10. Pendaftaran Vuforia, (a) Pemilihan *tools*, (b) *Target modelling*, (c) *License manager*, (d) *Target manager*.

3.1.3 Pembuatan *User Interface* AR pada Unity 3D

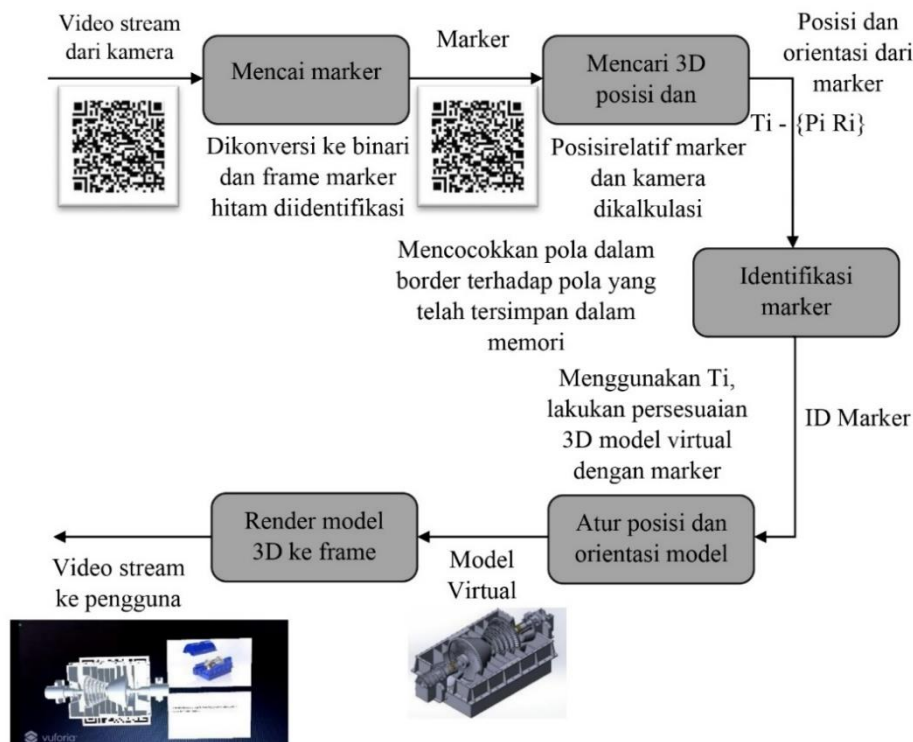
Integrasi UI dalam Unity 3D melibatkan elemen-elemen visual dan interaktif antara pengguna dan sistem. Tujuan utamanya adalah menyediakan berbagai alat di layar AR, seperti teks, menu, dan umpan balik visual, untuk memudahkan interaksi pengguna dengan sistem. Desain antarmuka mempertimbangkan aspek-aspek seperti tata letak, tipografi, skema warna, dan pola interaksi. Selain antarmuka berbasis teks, AR juga diimplementasikan dengan antarmuka layar sentuh dalam aplikasi dan perangkat modern. Pastikan bahwa SDK dan JDK terpasang di proyek dengan membuka menu "Edit", lalu memilih "*Preferences*" dan memilih "*External Tools*". SDK dan JDK diperlukan untuk mengekspor proyek ke perangkat Android. Berikut adalah tampilan ketika JDK, SDK, NDK, dan Gradle sudah terpasang seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Proses pembuatan *User Interface AR* pada Unity 3D.

Komponen	Tampilan
Platform & 3D Model	 
(a) Memilih opsi AR 3D untuk mengatur sistem <i>tracking</i> .	(b) Menambahkan gambar dan teks pada <i>canvas</i> .
Interface & Script Program	 
(c) Aktifasi <i>User Interface</i> dengan menambahkan <i>Script</i>	(d) Tampilan ini merupakan generate dari aplikasi unity 3D yang di improve dengan bantuan <i>import vuforia engine</i>

3.1.4 Skema Penggunaan Aplikasi

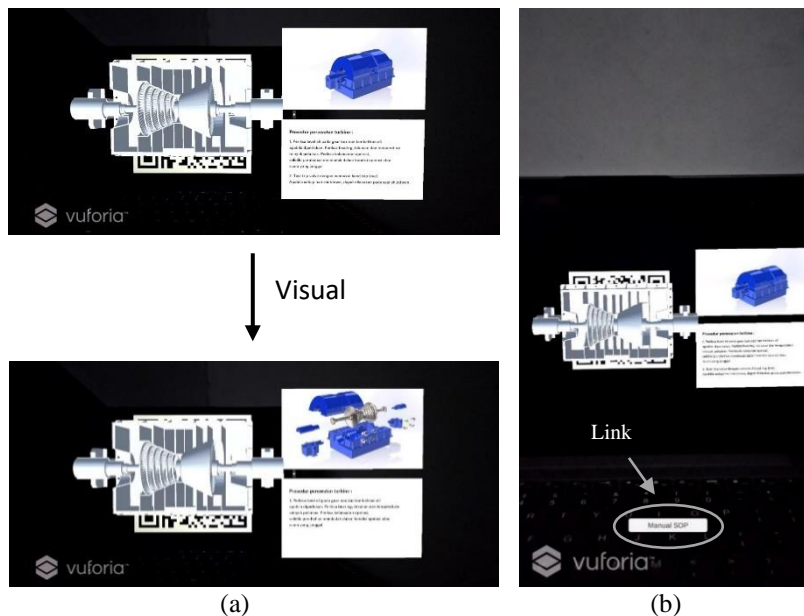
Pada skema penggunaan aplikasi sendiri terdapat beberapa proses di dalamnya guna terciptanya aplikasi *augmented reality* itu sendiri, berikut merupakan Gambar 11 grafik skema penggunaan *augmented reality*.



Gambar 11. Grafik Skema Penggunaan Augmented Reality.

3.2 Hasil Akhir Aplikasi

Setelah melalui proses penentuan detail perancangan, dan manufaktur didapatkan hasil akhir berupa aplikasi *smart maintenance* berbasis AR. Karakter objek yang digunakan pada aplikasi ini yaitu karakter dari *steam turbine*. Aplikasi yang dibuat pada penelitian ini memiliki 2 fitur yaitu simulasi rangkaian *steam turbine* dan fitur Manual SOP. Aplikasi *smart maintenance* berbasis AR ini dapat dilihat pada pada Gambar 12.



Gambar 12. Aplikasi *augmented reality* (a) Fitur simulasi rangkaian *steam turbine*, (b) Fitur manual SOP.

3.3 Hasil Pengujian Aplikasi

a. Pengujian Fitur Simulasi Rangkaian *Steam Turbine*



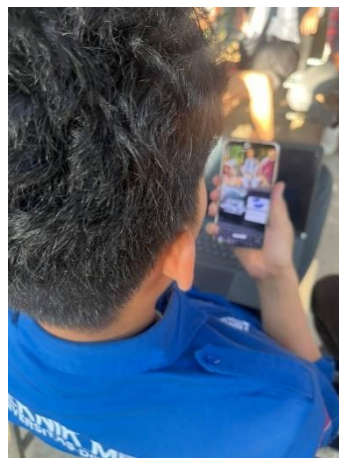
Gambar 13. Proses pengujian fitur simulasi rangkain *Steam Turbine*.

Gambar 13 menunjukkan perwakilan responden untuk pengujian fitur simulasi rangkain *Steam Turbine*. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan seperti disajikan pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa fitur simulasi rangkaian *Steam Turbine* pada aplikasi ini memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi. Dari 10 responden yang melakukan pengujian, keberhasilan yang dicapai yaitu mencapai 100%. Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa fitur simulasi rangkaian *Steam Turbine* pada aplikasi ini dapat berfungsi dengan baik walaupun ketika digunakan oleh pengguna yang berbeda.

Tabel 2. Hasil pengujian fitur simulasi rangkaian *Steam Turbine*.

Responden	Pengujian Fitur		Rata-Rata
	AR	Sudut Kamera	
1	100	100	100
2	100	100	100
3	100	100	100
4	100	100	100
5	100	100	100
6	100	100	100
7	100	100	100
8	100	100	100
9	100	100	100
10	100	100	100
Rata-Rata Keseluruhan			100

b. Pengujian fitur pengendalian manual



Gambar 14. Proses pengujian fitur manual SOP.

Gambar 14 menunjukkan perwakilan responden untuk pengujian fitur manual SOP. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan seperti disajikan pada Tabel 3, dapat dilihat bahwa fitur simulasi rangkaian *Steam Turbine* pada aplikasi ini memiliki tingkat keberhasilan yang tinggi. Dari 10 responden yang melakukan pengujian, keberhasilan yang dicapai yaitu mencapai 100%. Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa fitur manual SOP pada aplikasi ini dapat berfungsi dengan baik walaupun ketika digunakan oleh pengguna yang berbeda.

Tabel 3. Hasil pengujian fitur manual SOP.

Responden	Pengujian Fitur		Rata-Rata
	Link	Unduh	
1	100	100	100
2	100	100	100
3	100	100	100
4	100	100	100
5	100	100	100
6	100	100	100
7	100	100	100
8	100	100	100
9	100	100	100
10	100	100	100
Rata-Rata Keseluruhan			100

3.4 Perhitungan Anggaran Biaya

Tabel 4. Anggaran biaya produksi dan pemeliharaan sistem AR.

No.	Komponen	Biaya	Keterangan
1	Perangkat Android	Rp. 5.000.000,00	<i>Device</i> Samsung Galaxy A54
2	Sticker paper	Rp. 17.000,00	Untuk mencetak <i>marker</i>
3	Vuforia	42\$/bulan	Lisensi Premium
4	Unity	40\$/bulan	Lisensi Plus
5	Pemeliharaan	RP. 60.000,00/bulan	Besarnya biaya bersifat opsional, tergantung dari jenis pemeliharaan yang akan dilakukan (dalam hal ini adalah pembelian anti gores layar android)

Dari Tabel 4, diketahui bahwa konsep AR membutuhkan anggaran biaya produksi dan pemeliharaan konsep. Biaya produksi meliputi biaya awal yang dibutuhkan dalam pembuatan konsep sedangkan biaya pemeliharaan meliputi biaya yang dikeluarkan secara periodik untuk menjaga kualitas konsep. Biaya produksi membutuhkan total dana sebesar Rp. 5.017.000,00 dan total biaya pemeliharaan adalah Rp. 1.258.798,40 (untuk 1\$ = Rp. 15.351,20). Sehingga total biaya awal yang dibutuhkan adalah Rp. 6.275.798,40.

4. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah berhasil dirancang dan dibuat *Prototyping Smart Maintenance system berbasis Augmented Reality pada Steam Turbine* yang memiliki 2 fitur yaitu fitur simulasi rangkaian *Steam Turbine* yang menampilkan visual simulasi struktur rangkaian pada *Steam Turbine* dan fitur manual SOP yang berisikan link mengenai tata cara maintenance *Steam Turbine*. Visual komponen *Steam Turbine* sesuai dengan yang digunakan di PLTP.

Pengujian fitur aplikasi telah dilakukan meliputi pengujian simulasi *Steam Turbine* berbasis *augmented reality* pada fitur simulasi rangkaian *Steam Turbine* dan pengujian smart maintenance yang berisikan tata cara *maintenance* pada *Steam Turbine* pada fitur manual SOP. Pada pengujian fitur ini didapatkan bahwa aplikasi dapat beroperasi dengan baik menggunakan protokol TCP/IP, sehingga visual simulasi rangkaian *Steam Turbine* dapat ditampilkan dengan baik. Pada pengujian fitur manual SOP didapatkan bahwa link yang berisikan tata cara *maintenance Steam Turbine* dapat digunakan dengan baik.

Telah diketahui anggaran biaya yang harus dikeluarkan untuk pembuatan dan operasional konsep pada penelitian *Prototyping Smart Maintenance* berbasis *Augmented Reality* pada *Steam Turbine* di PLTP, total biaya yang diperlukan mencapai Rp. 6.275.798,40. Yang terdiri dari biaya produksi serta biaya pemeliharaan.

Daftar Pustaka

- [1] Kusnandar, A. (2018). Revolusi Industri 1.0 Hingga 4.0. Fakultas Komputer Universitas Mitra Indonesia.
- [2] Indriani, R., & Sugiato, B. (2016). Pembuatan *Augmented Reality* tentang pengenalan hewan untuk usai dini berbasis Android menggunakan metode image tracking vuforia. Yogyakarta : STIMIK AMIKOM
- [3] Candra, A., Rachmawati, D., & Budiman, M. (2014). Perancangan Mobile Augmented Reality Sytem untuk Wisata Sejarah. SENARAI.
- [4] Nee, A.Y., Ong, S.K., Chryssolouris, G. and Mourtzis, D., 2012. Augmented reality applications in design and manufacturing. *CIRP annals*, 61(2), pp.657-679.
- [5] Castellanos, M.J. and Navarro-Newball, A.A., 2019, February. Prototyping an augmented reality maintenance and repairing system for a deep well vertical turbine pump. In 2019 International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP) (pp. 36-40). IEEE.
- [6] Lolowang, R.T., Lumenta, A.S. and Putro, M., 2017. Penerapan Augmented Reality 3 Dimensi Berbasis Android Untuk Menentukan Letak Perabot Dalam Rumah. *Jurnal Teknik Informatika*, 11(1).
- [7] Pakpahan, E. K. A., Kristina, S., Setiawan, A. (2018). Model Simulasi untuk Sistem Manufaktur Fleksibel, *Jurnal Telematika* 13(2).
- [8] Borman, R. I. (2017). Implementasi Augmented Reality pada Aplikasi Android Pegenalan Gedung Pemerintahan Kota Bandar Lampung. *Jurnal Teknoinfo*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.33365/jti.v11i1.2>
- [9] Yulianto, N. (2012). Pembuatan Game 3 Dimensi *Lost IN the Jungle* dengan Menggunakan Unity 3D *Game Engine*. Yogyakarta : Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan K omputer AMIKOM.
- [10] Koteleva, N., Valnev, V. and Frenkel, I., 2021. *Investigation of the Effectiveness of an Augmented Reality and a Dynamic Simulation System Collaboration in Oil Pump Maintenance*. *Applied Sciences*, 12(1), p.350.
- [11] Roedavan, R. (2014). Unity Tutorial Game Engine. INFORMATIKA : Bandung.

- [12] Castellanos, M.J. and Navarro-Newball, A.A., 2019, February. Prototyping an augmented reality maintenance and repairing system for a deep well vertical turbine pump. In 2019 International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP) (pp. 36-40). IEEE.
- [13] Shneiderman, Plaisant, Cohen, J. (2018). *Designing the User Interface _ Strategies for Effective Human -Computer Interaction - Six Edition. In Pearson Education.*
- [14] Tanuma, T. ed., 2022. *Advances in steam turbines for modern power plants.* Woodhead Publishing.
- [15] Matsson, J., 2023. *An Introduction to SOLIDWORKS Flow Simulation 2023.* SDC publications.
- [16] Kim, S.L., Suk, H.J., Kang, J.H., Jung, J.M., Laine, T.H. and Westlin, J., 2014, March. Using Unity 3D to facilitate mobile augmented reality game development. In *2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)* (pp. 21-26). IEEE.
- [17] Suharto, A. F. A. (2020). *Pengembangan Media Pembelajaran Bahasa Lontara bugis Berbasis Augmented Reality Menggunakan Unity 3D.*
- [18] Frantz, T., Jansen, B., Duerinck, J. and Vandemeulebroucke, J., 2018. Augmenting Microsoft's HoloLens with vuforia tracking for neuronavigation. *Healthcare technology letters*, 5(5), pp.221-225.
- [19] Gandhewar, N. and Sheikh, R., 2010. Google Android: An emerging software platform for mobile devices. *International Journal on Computer Science and Engineering*, 1(1), pp.12-17.