

Rancangan Aplikasi Berbasis *Augmented Reality* dalam Pemeliharaan Front panel DME (*Distance Measuring Equipment*) Merek Thales Tipe 435

Design of Augmented Reality-Based Applications in The Maintenance of Front panel DME (Distance Measuring Equipment) Brand Thales Type 435

Erlina Dwi Santhika Satria Ningrum*, Dian Anggraini Purwaningtyas, Toni

Program Studi Teknik Telekomunikasi dan Navigasi Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

Jl. Raya PLP Curug, Desa Serdang Wetan, Kecamatan. Legok , Kabupaten Tangerang

Email* : erlinadwisanthika@gmail.com

Abstrak - *Distance Measuring Equipment* (DME) merupakan salah satu peralatan navigasi penerbangan yang berfungsi untuk memberikan panduan jarak kepada pesawat terhadap bandara yang akan dituju. Kondisi setiap peralatan yang digunakan dalam penerbangan perlu dipastikan selalu dalam keadaan normal dengan melakukan pemeliharaan sesuai prosedur. Tingginya kompleksitas dan presisi dalam pemeliharaan dapat mempengaruhi kemampuan mengingat atau beban kognitif seorang teknisi. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang prosedur pemeliharaan DME melalui media visualisasi dalam bentuk aplikasi *Augmented Reality* untuk meningkatkan efektivitas kegiatan pemeliharaan bagi teknisi. Penelitian ini menggunakan menggunakan metode *prototype* dengan untuk merancang aplikasi *Augmented Reality* DME yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Informasi yang ditampilkan yaitu pemeriksaan indikator, pengukuran fasilitas penunjang dan pembacaan nilai parameter DME. Pengguna dapat mengakses prosedur pemeliharaan DME melalui perangkat android. Hasil evaluasi aplikasi *Augmented Reality* DME menggunakan pengujian *Functional suitability* didapatkan bahwa semua fitur atau menu dapat beroperasi dengan baik tanpa *error*. Dengan demikian, aplikasi ini dapat digunakan untuk membantu teknisi dalam meningkatkan efektivitas prosedur pemeliharaan DME Merek Thales 435.

Kata kunci : DME, *Augmented Reality*, Pemeliharaan

Abstract - *Distance Measuring Equipment* (DME) is one of the flight navigation equipment that functions to provide distance guidance to the aircraft to the airport to be addressed. The condition of any equipment used in aviation needs to be ensured that it is always in a normal state by carrying out maintenance according to procedures. The high complexity and precision in maintenance can affect the ability to remember or cognitive load of a technician. The purpose of this research is to design DME maintenance procedures through visualization media in the form of *Augmented Reality* applications to increase the effectiveness of maintenance activities for technicians. This research uses the *prototype* method to design *Augmented Reality* DME applications that suit user needs. The information displayed is an indicator check, measurement of supporting facilities and reading of DME parameter values. Users can access DME maintenance procedures via an android device. The results of the evaluation of the DME *Augmented Reality* application using *Functional suitability* testing found that all features or menus can operate properly without errors. Thus, this application can be used to assist technicians in improving the effectiveness of the Thales 435 Brand DME maintenance procedure.

Keywords: DME, *Augmented Reality*, Maintenance

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini mencakup berbagai inovasi yang sudah banyak digunakan pada berbagai aspek kehidupan. Era industri 4.0 atau *society* 5.0 ini memiliki tujuan untuk meningkatkan kesejahteraan umat manusia berguna untuk mendorong interkoneksi antara manusia dan sistem di dunia maya dengan optimalisasi teknologi [1]. Sebagai salah satu pemanfaatan inovasi dan optimalisasi teknologi di era modern ini adalah dengan menerapkannya pada sistem yang kompleks dan krusial seperti industri penerbangan. Setiap elemen pendukung yang terdapat dalam industri penerbangan, seperti peralatan penerbangan memiliki peran yang penting untuk menjamin keselamatan dan keamanan pada proses penerbangan. Prosedur pemeliharaan peralatan pada bidang penerbangan adalah rangkaian pemeriksaan, analisis, dan perencanaan serta pelaksanaan kegiatan pemeliharaan fasilitas telekomunikasi penerbangan dalam rangka mempertahankan kemampuan, kapasitas, dan kualitas fasilitas telekomunikasi penerbangan. Seperti yang disebutkan pada penelitian yang dilakukan oleh Faieza Abdul Aziz dkk, dalam pemeliharaan melibatkan kontribusi dari teknisi yang handal, serta referensi yang jelas dan rinci untuk memuat informasi pada saat pelaksanaan inspeksi dan pemeliharaan. Dengan penerapan teknologi pada bidang pemeliharaan penerbangan diharapkan dapat meningkatkan efektivitas waktu proses pemeliharaan sehingga operasional peralatan dapat berjalan dengan lancar dalam jangka waktu yang panjang [2].

Distance Measuring Equipment (DME) merupakan salah satu peralatan navigasi penerbangan yang berfungsi untuk memberikan informasi jarak kepada pesawat terhadap bandara yang akan dituju [3]. Keberadaan peralatan DME sangat penting untuk menunjang jalannya suatu penerbangan yang dilakukan oleh pesawat. Untuk itu, maka perlu dilaksanakannya pemeliharaan pada setiap peralatan dengan penetapan tata kelola navigasi penerbangan nasional yang sesuai dan telah ditetapkan pada UU No 1 Tahun 2009 [4]. Kegiatan pemeliharaan DME hanya dapat dilakukan oleh seseorang yang telah mendapatkan sertifikasi dari Direktorat Navigasi Penerbangan. Selain itu, lokasi penempatan DME terdapat di area sekitar runway bandara sehingga terbatasnya akses untuk dapat memasuki wilayah tersebut dan harus

dengan perizinan serta pengecekan dari pihak AVSEC bandara terkait. Sehingga, kebutuhan akan media yang dapat mendukung pemahaman mengenai pemeliharaan peralatan DME juga diperlukan oleh pengguna yang hendak mengambil lisensi dan rating navigasi khususnya DME.

Untuk saat ini, teknisi melakukan pemeliharaan DME menggunakan cara konvensional yaitu dengan mengingat setiap prosedur yang ada berdasarkan referensi *Manual book* dan regulasi KP 35 Tahun 2019 tentang Prosedur Pemeliharaan dan Pelaporan Fasilitas Telekomunikasi Penerbangan. Hal yang penting untuk diperhatikan yaitu menganalisis kemampuan (*cognitive load*) atau beban kognitif seseorang dalam mengingat banyaknya materi [5]. Beban kognitif yang tinggi merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kurang efektifnya kemampuan seseorang untuk memproses informasi. Hal ini dapat berpotensi membebani memori kerja sehingga seseorang mudah lupa dan terjadinya kesalahan saat mengikuti prosedur pemeliharaan yang berdampak pada keselamatan operasi penerbangan [6].

Dengan mengacu pada permasalahan tersebut, penulis menyimpulkan perlunya suatu metode yang dapat memvisualisasikan data dan instruksi dari pemeliharaan DME dengan pemanfaatan teknologi *Augmented Reality*. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan efektivitas, keamanan, dan akurasi dalam pengoperasian peralatan DME. Penerapan teknologi yang dapat membuat pengguna menjadi tergambarkan dan dapat merasakan alur prosedur dari pemeliharaan DME yang seakan-akan ada di lingkungan nyata yaitu teknologi *Augmented Reality* [7]. Dalam pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* ini, khususnya pada pemeliharaan peralatan merupakan peningkatan langkah dalam pencegahan terjadinya *human factor error* yang dapat menyebabkan kecelakaan penerbangan [8]. Prosedur pemeliharaan yang dapat dilakukan sesuai dengan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara KP 35 Tahun 2019 Tentang Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil bagian 171-12 {Advisory Circular Part 171-12} Prosedur Pemeliharaan dan Pelaporan Fasilitas Telekomunikasi Penerbangan pada pasal 12 ayat (1), menyebutkan bahwa pemeliharaan tingkat 1 fasilitas telekomunikasi penerbangan merupakan pemeliharaan pencegahan yang dilaksanakan

secara berkala [9]. Tujuannya yaitu untuk memantau dan menjamin kinerja fasilitas telekomunikasi dan navigasi penerbangan sesuai dengan standar yang tercantum dalam buku manual operasi penyelenggara layanan. Teknologi AR dapat dimanfaatkan dan dikonfigurasi ulang untuk merancang prosedur pemeliharaan DME menjadi lebih mudah, interaktif dan dapat diakses dimana saja [10]. Oleh karena itu, solusi yang tepat untuk memudahkan pemeliharaan DME menjadi lebih efektif yaitu dengan memanfaatkan penggunaan teknologi *Augmented Reality* yang memuat prosedur pemeliharaan DME.

Menurut penelitian sebelumnya yang ditulis dalam jurnal yang berjudul "*Use of Augmented Reality in aircraft maintenance operations*" disebutkan bahwa teknologi *Augmented Reality* memungkinkan operator pemeliharaan untuk melihat perkiraan dalam mendeteksi kerusakan peralatan secara efektif dibandingkan dengan inspeksi menggunakan metode tradisional [11]. Selain itu pada jurnal yang berjudul "*Machine Maintenance Using Augmented Reality*" disebutkan bahwa dengan memanfaatkan pengenalan gambar dan deskripsi fitur pada aplikasi *Augmented Reality* dapat memberikan panduan secara real-time, mengurangi kesalahan, dan meningkatkan efisiensi tugas dalam operasi pemeliharaan [12]. Menurut penelitian lainnya yang berjudul "*An AR-Assisted Deep Learning-Based Approach*" disebutkan bahwa dengan pembelajaran mendalam yang dibantu teknologi *Augmented Reality* dapat mendukung inspeksi operator secara efisien dengan akurasi hingga 99% pada proses pemeriksaan yang lebih efisien dan tepat waktu [13]. Dengan melihat penelitian terdahulu maka gap yang ada, adalah masih terbatasnya penelitian tentang rancangan aplikasi berbasis *Augmented Reality* untuk digunakan dalam pemeliharaan *Front panel DME (Distance Measuring Equipment)* Merek Thales Tipe 435.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk menyajikan informasi dan visualisasi prosedur pemeliharaan DME yang mudah diakses dan praktis bagi teknisi dengan memanfaatkan teknologi *Augmented Reality*. Penggunaan teknologi tersebut dapat menampilkan panduan dan visualisasi peralatan saat kegiatan pemeliharaan DME. Berdasarkan hal di atas, muncul ide untuk merancang prosedur pemeliharaan *front panel DME* berbasis aplikasi *Augmented Reality* yang dapat diakses dimana saja

oleh teknisi melalui *smartphone android*.

II. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah *prototype* model sebagai salah satu model yang umum digunakan untuk pengembangan aplikasi multimedia. Dengan menerapkan metode ini, diharapkan suatu sistem dapat mengalami perkembangan menjadi suatu media interaktif yang menyajikan konten edukatif [14]. Model *prototype* merupakan metode yang melibatkan pembuatan sebuah *prototype* sebagai langkah awal untuk mempercepat proses pengembangan aplikasi dan memahami spesifikasi sistem yang diinginkan secara terperinci [15]. *Prototype* merupakan bentuk awal dari perangkat lunak yang digunakan untuk menggambarkan konsep, menguji variasi desain, dan menyelidiki berbagai masalah dan solusinya. Sistem *prototype* memungkinkan pengguna untuk menilai kinerja suatu sistem dan hasilnya akan menjadi dasar untuk mengembangkan aplikasi secara lebih lanjut sebagai produk final pada penelitian ini. Metode *prototype* digunakan dalam suatu sistem untuk dapat dikembangkan menjadi suatu media yang interaktif yang menyajikan konten edukatif.

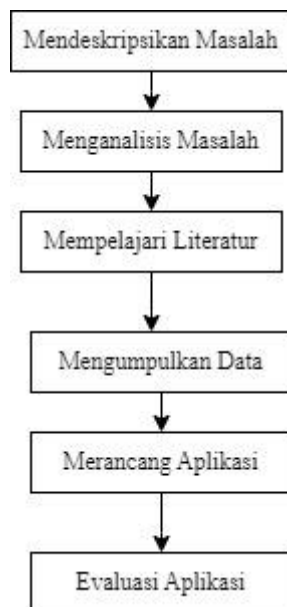
Terdapat lima langkah dalam metode *prototype* yang dimulai dengan tahapan *Communication*, merupakan tahap untuk melakukan analisis kebutuhan/persyaratan sistem dengan mengumpulkan data. Pengumpulan data ini dilakukan melalui metode interview atau wawancara langsung dengan pengguna (teknisi) yang bertujuan untuk mendapatkan kebutuhan sistem yang diinginkan dan menganalisis persyaratan perangkat lunak yang digunakan. Pada tahap ini, dilakukan pembahasan tentang faktor yang dibutuhkan dalam pembuatan media interaktif, dengan tujuan menentukan dan merangkai aspek materi prosedur pemeliharaan *front panel DME* yang diinginkan.

Langkah kedua yaitu *Quick Plan*, pada tahapan ini dilakukan pembuatan desain sederhana yang memberikan gambaran singkat tentang sistem aplikasi yang akan dibuat. Tahapan ini bertujuan untuk menciptakan perangkat lunak atau aplikasi sesuai dengan kebutuhan pengguna dari data hasil wawancara yang telah dilakukan sebelumnya.

Langkah ketiga adalah *Modeling Quick Design*, pada tahapan ini perancangan sistem mulai dilakukan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pada proses ini dilakukan perancangan struktur data, arsitektur perangkat lunak, representasi interface pada aplikasi yang akan dilihat oleh pengguna.

Langkah keempat yaitu *Construction of prototype*, pada tahapan ini dilakukan pembangunan aplikasi sesuai dengan kerangka prototipe pada tahap modeling design yang akan dikembangkan.

Langkah terakhir pada metode ini adalah *Development Delivery & Feedback*, pada tahap ini *prototype* yang telah dirancang dalam perangkat lunak (*software*) dapat diuji coba dan dievaluasi oleh pengguna. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan kesesuaian hasil rancangan aplikasi dengan kebutuhan pengguna. Proses pengujian *prototype* aplikasi yang digunakan yaitu dengan teknik pengujian *black box* untuk menilai kesesuaian fitur atau menu pada aplikasi dan menilai apakah aplikasi dapat berjalan dengan baik. **Gambar 1.** menunjukkan garis besar penelitian yang akan dilakukan dalam bentuk diagram alir.



Gambar 21. Garis Besar Penelitian

A. Studi Literatur

Tahapan ini merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mempelajari teoritis mengenai masalah-masalah yang telah diidentifikasi sebelumnya secara ilmiah, dengan menggunakan referensi seperti buku, jurnal, artikel, dan tesis. Pada penelitian ini, penulis mempelajari beberapa literatur dari DME, Pemeliharaan, *Augmented Reality*, dan *Functional suitability Test*.

B. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini penulis melakukan pengumpulan data prosedur pemeliharaan yang akan ditampilkan pada aplikasi dengan teknik wawancara. Wawancara dilakukan untuk

mengetahui kebutuhan sistem yang diperlukan oleh teknisi dalam melakukan pemeliharaan DME. Selain itu, penulis mengumpulkan terkait data prosedur pemeliharaan yang harus dilakukan berdasarkan KP 35 Tahun 2019. Informasi pemeliharaan DME yang akan ditampilkan pada aplikasi yaitu pemeliharaan harian dan pemeliharaan mingguan, yang meliputi pembacaan monitor parameter, *change over transmitter*, pengukuran fasilitas penunjang, dan pengecekan komponen pendukung lainnya.

C. Perancangan Sistem dan Pembuatan

Setelah mendapatkan beberapa data dan informasi terkait kebutuhan sistem yang akan digunakan dari beberapa referensi. Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem aplikasi *Augmented Reality* dengan menggunakan *Software Unity* sebagai *software* utama pembuatan aplikasi, *software Sketch Up* untuk mendesain peralatan secara tiga dimensi, dan *software Vuforia* untuk mendapatkan lisensi target image yang dibutuhkan dalam pengoperasian aplikasi *Augmented Reality*. **Gambar 2.** merupakan alur proses perancangan aplikasi yang dilakukan. Berikut komponen hardware yang dibutuhkan dalam perancangan aplikasi *Augmented Reality* seperti pada **Tabel I.**



Gambar 2. Alur Proses Pembuatan Aplikasi

Tabel I. Spesifikasi Komponen Hardware

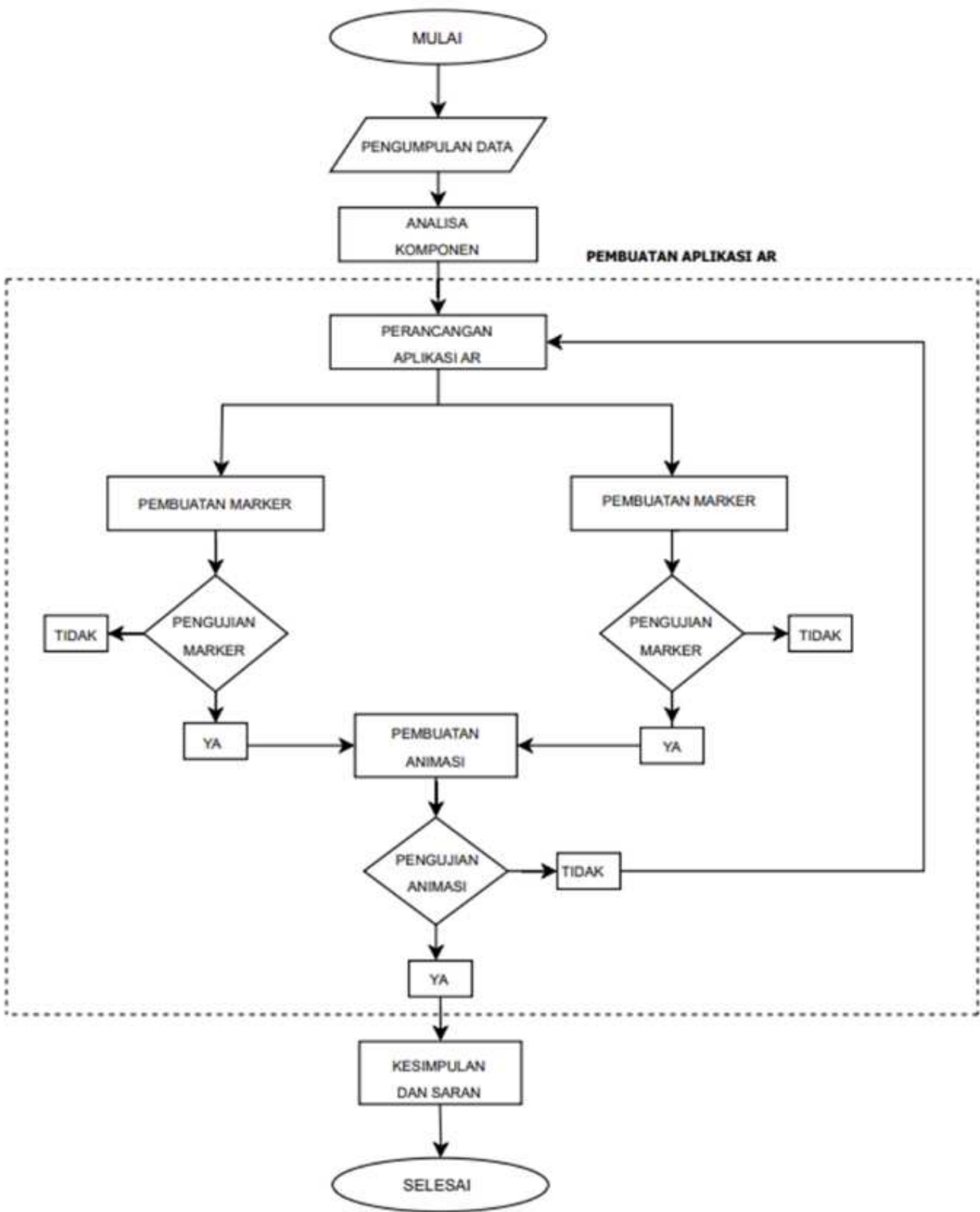
Nama Perangkat	Spesifikasi
Processor	Intel Core i3 dengan sistem operasi Windows10 atau MacOS
Hard disk	Ruang kosong 500 MB
RAM	4 GB
Handphone	Android dengan sistem operasi android 11

C. Perancangan Aplikasi

Pada perancangan aplikasi dilakukan sesuai dengan diagram alur kerja sistem pembuatan aplikasi pada **Gambar 3.** dengan tata langkah sistematis sebagai panduan dalam perencanaan

dan pelaksanaan penelitian. Dalam penelitian ini dibuat susunan User Story pada **Tabel II.** untuk mendeskripsikan kebutuhan sistem aplikasi terkait

siapa saja yang akan menjadi pengguna dari sistem aplikasi beserta tujuannya [16].



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Tabel II. User Story

Sebagai	Saya ingin	Sehingga
Perancang	Merancang prosedur pemeliharaan peralatan DME berbasis aplikasi <i>Augmented Reality</i>	User (pengguna) mendapatkan informasi yang mudah diakses terkait pemeliharaan DME melalui aplikasi <i>Augmented Reality</i>
User (pengguna)	Mengetahui prosedur pemeliharaan tingkat 1 pada peralatan DME dengan teknologi <i>Augmented Reality</i>	Pengguna dapat menggunakan aplikasi AR sebagai media yang interaktif dalam memahami pemeliharaan DME
User (pengguna)	Melihat gambaran dari bentuk rak peralatan DME dan monitor <i>front panel</i> DME, serta membaca monitor parameter DME melalui aplikasi AR.	Aplikasi AR akan menampilkan bentuk peralatan DME jika pengguna mengarahkan kamera ke gambar <i>marker</i> dari aplikasi AR.
User (pengguna)	Mengetahui uraian prosedur pemeliharaan <i>front panel</i> DME melalui fitur/menu yang terdapat dalam aplikasi AR	Aplikasi AR akan menjelaskan urutan prosedur pemeliharaan yang perlu dilakukan pada peralatan DME sesuai tombol menu yang dipilih pengguna
User (Pengguna)	Mengetahui pengukuran pada fasilitas penunjang pada peralatan DME saat kegiatan pemeliharaan DME.	Aplikasi AR akan memberikan panduan informasi untuk mengukur fasilitas penunjang yang ada di <i>Shelter</i> DME.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan yang dihasilkan dari penelitian ini adalah sebuah aplikasi yang memuat prosedur pemeliharaan *front panel* DME Merek Thales Tipe 435 berbasis teknologi *Augmented Reality* seperti pada **Gambar 4**. Kondisi saat ini, teknisi menggunakan *manual book* sebagai referensi utama dalam melakukan pemeliharaan peralatan DME Merek Thales 435. Dengan referensi ini, membutuhkan waktu yang lebih lama jika teknisi ingin mencari informasi spesifik terkait peralatan yang akan dilakukan pemeliharaannya. Selain itu, *manual book* terdiri dari banyaknya halaman sehingga menyulitkan teknisi untuk membawanya dari satu tempat ke tempat lain. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukannya pengembangan aplikasi pemeliharaan DME Merek Thales 435 berbasis *Augmented Reality* pada *smartphone* android. Dengan aplikasi yang dirancang, teknisi dapat dengan cepat mencari dan mengakses informasi yang diperlukan dengan fitur-fitur interaktif dan visualisasi 3D yang tersedia. Teknisi dapat mengakses prosedur pemeliharaan DME pada aplikasi *Augmented Reality* dengan memindai target *marker* melalui *smartphone* android sehingga akan tampil informasi dan visualisasi 3D peralatan yang praktis untuk digunakan.



Gambar 4. Hasil Rancangan Aplikasi

Perancangan aplikasi prosedur pemeliharaan *front panel Distance Measuring Equipment* berbasis *Augmented Reality* ditujukan kepada teknisi telekomunikasi dan navigasi penerbangan untuk dapat digunakan dalam kegiatan pemeliharaan rutin harian dan pemeliharaan mingguan, menggunakan metode pengembangan *prototype* model. Dari perancangan dan pengembangan yang dibuat akan dihasilkan produk aplikasi *Augmented Reality* yang tersedia di *platform* android mengenai prosedur pemeliharaan

front panel DME. Dalam aplikasi tersebut memuat informasi pemeliharaan tingkat 1, yaitu meliputi pembacaan parameter pada *front panel* DME, cara untuk pembacaan monitor parameter, change over transmitter, pengukuran fasilitas penunjang, dan pengecekan komponen pendukung lainnya.

Adapun pengujian yang dilakukan dalam aplikasi *Augmented Reality* DME ini, meliputi pengujian *Functional suitability* untuk menilai keberhasilan fungsi dari fitur atau menu yang dapat tampil [17] atau dioperasikan terdapat dalam aplikasi *Augmented Reality* DME. Selain itu, dilakukannya pengujian jarak, sudut dalam pengoperasian aplikasi untuk menilai keberhasilan sistem dari perancangan aplikasi saat digunakan oleh teknisi pada kegiatan pemeliharaan DME.

A. Analisis Data Prosedur Pemeliharaan DME Thales Tipe 435

Tahap awal yang dilakukan pada metode *prototype* adalah *communications* dengan cara menganalisis kebutuhan dan saran dari teknisi terkait faktor-faktor yang dibutuhkan dalam pemeliharaan DME untuk dituangkan dalam pembuatan aplikasi. Perancangan aplikasi prosedur pemeliharaan DME ini mengacu pada *Manual book* DME Thales Tipe 435 dan KP 35 Pasal 12 ayat 2 yang akan dikembangkan menjadi konsep *Augmented Reality*.

Sebelum merancang aplikasi ini, penulis melakukan tahapan survei data dengan studi literatur menganalisis kebutuhan dari teknisi telekomunikasi dan navigasi penerbangan yang memiliki pengalaman dalam melakukan pemeliharaan peralatan DME Merek Thales Tipe 435. Data dari hasil wawancara ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan dan faktor lainnya yang diperlukan teknisi dalam menunjang kegiatan pemeliharaan DME secara berkala. Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan dengan narasumber M. Arif Sulaiman, sebagai Dosen Prodi Teknik Navigasi Udara Politeknik Penerbangan Indonesia Curug yang memiliki pengalaman selama 9 tahun dalam pemeliharaan DME Merek Thales Tipe 435 di Balai Teknik Penerbangan, didapatkan bahwa teknisi membutuhkan referensi media yang memuat gambaran visual beserta informasi tentang pemeliharaan *front panel* DME seperti contohnya *Augmented Reality* yang akan dibuat pada penelitian ini. Selain itu, teknisi memberikan saran terkait data informasi prosedur pemeliharaan tingkat 1 atau pemeliharaan pencegahan yang ditampilkan harus sesuai dengan KP 35 Tahun 2019 Pasal 12 ayat 2 serta harus sesuai dengan data

pada *Manual book*. Faktor-faktor yang dibutuhkan teknisi dalam pemeliharaan DME antara lain, teknisi membutuhkan gambaran peralatan DME yang dilengkapi dengan alat pendukung atau alat ukur yang dibutuhkan pada kegiatan pemeliharaan dengan penjelasan setiap langkahnya, membutuhkan informasi prosedur pemeriksaan status indikator pada *front panel* DME dengan penjelasan setiap tahapannya, serta membutuhkan informasi pembacaan parameter untuk memudahkan teknisi saat memantau nilai parameter pada monitor peralatan DME sesuai batas toleransinya.

Setelah tahapan survei data dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan tahapan survei data prosedur untuk merancang aplikasi ini. Penulis menganalisis data-data atau informasi yang akan ditampilkan dalam aplikasi prosedur pemeliharaan DME Merek Thales Tipe 435 berbasis *Augmented Reality* berdasarkan referensi *manual book* yang disesuaikan dengan standar pemeliharaan tingkat 1 atau pemeliharaan pencegahan pada peralatan telekomunikasi dan navigasi penerbangan yang tercantum pada KP 35 Tahun 2019 Pasal 12 ayat 2 yang terdiri dari beberapa aspek yaitu pembersihan fasilitas telekomunikasi penerbangan, pemeriksaan fasilitas telekomunikasi penerbangan meliputi status indikator dan pembacaan parameter, pemeriksaan fasilitas penunjang pelayanan telekomunikasi penerbangan, penggantian lampu indikator, komponen pengaman dan komponen habis pakai lainnya.

Setelah mengetahui aspek apa saja yang harus dilakukan dalam pemeliharaan tingkat 1 sesuai dengan regulasi yang ada. Adapun tahapan-tahapan pemeliharaan tingkat 1 tersebut dapat di implementasikan dalam pemeliharaan harian dan pemeliharaan mingguan pada *front panel* DME berdasarkan SOP Pemeliharaan DME Merek Thales Tipe 435 sesuai dengan regulasi KP 25 Tahun 2014 Tentang Petunjuk dan Tata Cara Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 171-06, Standar Pembuatan Buku Manual Operasi Penyelenggara Pelayanan Telekomunikasi Penerbangan [18].

Tahapan-tahapan SOP Pemeliharaan Harian DME Merek Thales Tipe 435 yaitu dengan memeriksa kondisi umum peralatan *Distance Measuring Equipment* yang beroperasi, membersihkan ruangan peralatan DME dan *front panel* Monitor LCSU, memeriksa kondisi suhu ruangan pada *Shelter* DME, memastikan tidak ada indikasi alarm pada tampilan monitor parameter DME, melakukan pembacaan parameter dan pencatatan meter reading pada monitor, dan

tahapan yang terakhir adalah melaporkan hasil pelaksanaan pemeliharaan harian.

Tahapan-tahapan SOP Pemeliharaan Mingguan DME Merek Thales Tipe 435 yaitu dengan melaksanakan pembersihan ruangan peralatan DME dan *front panel* Monitor LCSU, memeriksa kondisi suhu ruangan pada Shelter DME, memeriksa fasilitas penunjang pada peralatan DME seperti pemeriksaan tegangan pada *power supply* dan *back up supply*, memeriksa lampu indikator, komponen pengaman dan komponen habis pakai lainnya. Kemudian mengganti komponen tersebut apabila dibutuhkan sesuai dengan kondisi tertentu, selanjutnya melaksanakan pencatatan meter reading pada monitor parameter DME, melaksanakan *change over* peralatan DME (*Main* ke *Standby* dan sebaliknya), serta tahapan terakhir yang dilakukan yaitu melaporkan hasil pelaksanaan pemeliharaan mingguan.

Berdasarkan data yang diambil dari referensi Manual DME Merek Thales Tipe 435, terdapat data prosedur-prosedur pemeliharaan yang akan ditampilkan pada aplikasi. Mulai dari tampilan *front panel* peralatan DME, tombol peralatan sesuai dengan fungsinya, dan tahapan

pengoperasian peralatan DME sesuai dengan prosedur yang ada .[19]

B. Pengujian *Functional suitability*

Pengujian kesesuaian fungsional (*functional suitability*) dilakukan menggunakan metode *black box*, yang bertujuan untuk mengevaluasi kesalahan yang terdapat dalam aplikasi. Metode pengujian ini melibatkan pengujian setiap fitur dalam aplikasi dan memastikan bahwa output yang dihasilkan sesuai dengan program yang telah dibuat. Karakteristik ini berfungsi untuk menilai sejauh mana produk/sistem telah memenuhi persyaratan saat digunakan dalam situasi atau kondisi tertentu.

Aplikasi AR (*Augmented Reality*) memiliki 7 fitur yang diuji secara berurutan menggunakan metode pengujian *Black box*, di mana pengujian dilakukan dari luar aplikasi (*external test*) untuk menilai apakah fitur-fitur target telah berjalan sesuai program yang telah disusun. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan menggunakan perangkat android yang sama untuk memastikan bahwa aplikasi dapat beroperasi sesuai keinginan.

Tabel III. menunjukkan hasil pengujian fungsional sistem aplikasi yang telah dilakukan menggunakan *black box testing*.

Tabel III. Hasil Pengujian *Functional suitability*

No	Fitur	Tujuan	Output	Pengujian		
				1	2	3
1.	<i>Augmented Reality</i>	Sistem dapat menampilkan objek Rak peralatan DME dan menampilkan menu yaitu <i>Daily Maintenance</i> , <i>Weekly Maintenance</i> , serta <i>Read Monitor Parameter</i>	Pengguna dapat melihat objek 3D rak peralatan DME dan melihat tampilan menu pada <i>Maintenance Front panel</i> DME	√	√	√
2.	Prosedur 1	Sistem dapat menampilkan Prosedur <i>Daily Maintenance</i> DME	Pengguna dapat melihat tahapan prosedur pada kegiatan <i>Daily Maintenance</i> DME	√	√	√
3.	Prosedur 2	Sistem dapat menampilkan Prosedur <i>Weekly Maintenance</i> DME	Pengguna dapat melihat tahapan prosedur pada kegiatan <i>Weekly Maintenance</i> DME	X	√	√
4.	Prosedur 3	Sistem dapat memberikan informasi terkait Pembacaan <i>Monitor Parameter</i>	Pengguna dapat melihat tampilan dari Monitor Parameter serta penjelasan pembacaan parameter	X	√	√
5.	<i>Distance Measuring Equipment</i>	Sistem dapat menampilkan deskripsi singkat tentang peralatan <i>Distance Measuring Equipment (DME)</i>	Pengguna dapat melihat gambaran serta penjelasan singkat terkait peralatan DME	√	√	√
6.	Panduan	Sistem dapat memberikan informasi panduan penggunaan aplikasi	Pengguna dapat melihat tampilan panduan informasi untuk menggunakan aplikasi <i>Augmented Reality</i>	√	√	√
7.	Tentang Kreator	Sistem dapat memberikan informasi profil penulis	Pengguna dapat melihat tampilan informasi dari profil penulis	√	√	√

Berdasarkan hasil pengujian fungsional yang telah dilakukan pada pengujian pertama, kedua dan ketiga dari fitur pada aplikasi yang dibuat. Pada percobaan pertama pembuatan aplikasi terdapat kegagalan pada proses memunculkan prosedur 2 dan prosedur 3, hal tersebut terjadi karena objek 3D yang penulis masukkan berukuran terlalu besar sehingga objek tersebut tidak dapat ditampilkan oleh aplikasi. Setelah mengetahui permasalahan tersebut, penulis melakukan pembuatan ulang objek 3D yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Setelah pembuatan ulang objek 3D selesai, penulis memasukkan kembali objek 3D kedalam aplikasi dan melakukan uji coba dalam unity 3D. Tahapan selanjutnya yaitu build menjadi Apk untuk mencoba semua fitur yang terdapat di dalam aplikasi yang dibuat menggunakan *smartphone* android. Pada percobaan kedua, semua prosedur dalam aplikasi telah berfungsi dengan normal, termasuk prosedur 2 dan prosedur 3 yang gagal pada pengujian pertama. Kemudian, penulis melakukan pengujian ketiga pada semua fitur yang terdapat pada aplikasi untuk memastikan semua fitur sudah benar-benar berfungsi dengan normal. Berdasarkan hasil dari pengujian terakhir, penulis mendapatkan bahwa tujuh fitur yang terdapat pada aplikasi *Augmented Reality* berfungsi dengan baik.

C. Pengujian Jarak dan Sudut Pengoperasian Aplikasi

Pada tahapan ini akan dilakukannya pengujian sudut dan jarak terhadap aplikasi *Augmented Reality* untuk menilai sejauh mana aplikasi ini dapat berjalan dengan baik pada berbagai posisi jarak dan sudut saat pengguna memindai target marker menggunakan *smartphone* android untuk menjalankan aplikasi. Pada **Tabel IV**, **Tabel V**, dan **Tabel VI**. menunjukkan hasil pengujian jarak dan sudut dalam pengoperasian aplikasi saat pemindaian target marker dengan *smartphone* android beserta keterangan mengenai objek yang tertampil.

Tabel IV. Hasil Pengukuran Jarak Terhadap Aplikasi

Jarak (cm)	Waktu (ms)	Hasil
10	00.25	Objek 3D tampil dengan baik
20	00.31	Objek 3D tampil dengan baik
30	00.40	Objek 3D tampil dengan baik
40	00.52	Objek 3D tampil dengan baik
50	-	Objek 3D tidak tampil

Dari hasil pengujian sudut dan jarak terhadap marker tersebut dapat digunakan sebagai panduan bagi pengguna untuk mengoperasikan aplikasi

Augmented Reality. Jarak minimum untuk memindai marker melalui perangkat seluler adalah 10 cm dengan posisi vertikal 90° agar objek 3D pada aplikasi dapat tampil dan terlihat dengan jelas oleh pengguna.

Tabel V. Hasil Pengukuran Sudut terhadap Aplikasi

Sudut	Hasil
0°	Objek 3D tidak tampil
25°	Objek 3D tampil dengan baik
50°	Objek 3D tampil dengan baik
75°	Objek 3D tampil dengan baik
90°	Objek 3D tampil dengan baik

Tabel VI. Keterangan Objek

Objek tampil dengan baik	Objek tidak tampil
	
Objek 3D tampil dengan baik, jika pemindaian terhadap target marker dilakukan sesuai dengan panduan yang telah tersedia dalam aplikasi.	Objek 3D tidak tampil dengan baik, jika pemindaian terhadap target marker dilakukan tidak sesuai (jarak terlalu jauh atau kurang sesuai posisi <i>smartphone</i>)

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan diatas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa aplikasi *Augmented Reality* mengenai prosedur pemeliharaan *front panel* DME dapat dirancang menggunakan metode *prototype* dengan tahapan yang sesuai terhadap faktor-faktor kebutuhan pengguna untuk memvisualisasikan prosedur pemeliharaan DME. Prosedur pemeliharaan ini dibuat dengan *layout schematic* yang terdiri dari fitur *Daily Maintenance*, *Weekly Maintenance*, dan *Read Monitor Parameter*.

Adapun beberapa komponen yang dibutuhkan dalam perancangan *Augmented Reality* yaitu *software* Unity sebagai *software* utama dalam pembuatan aplikasi, Vuforia sebagai *platform software* untuk mendapatkan target image yang memunculkan objek 3D, dan SketchUp Pro sebagai *platform software* untuk membuat design objek 3D peralatan DME. Berdasarkan teknisi yang ahli pada bidang DME, dibutuhkan desain

prosedur pemeliharaan *front panel* DME yang terdiri dari 3 komponen yaitu pemeriksaan status indikator, pengukuran fasilitas penunjang, dan pembacaan nilai parameter DME. Dari hasil pengujian aplikasi *Augmented Reality* menggunakan *Functional suitability Test* didapatkan bahwa semua menu yang terdapat dalam aplikasi dapat berjalan dengan baik. Selain itu, pengujian sudut dan jarak terhadap aplikasi saat dijalankan menggunakan *smartphone* android dapat dijadikan panduan penggunaan aplikasi AR DME. Aplikasi *Augmented Reality* yang telah dirancang dapat beroperasi dengan baik dan dapat digunakan oleh teknisi dalam melakukan pemeliharaan *front panel* DME. Dengan demikian, visualisasi 3D dan informasi prosedur pemeliharaan DME yang terdapat dalam aplikasi *Augmented Reality* dapat membuat kegiatan pemeliharaan menjadi lebih efektif. Sehingga, teknisi dapat lebih mudah dan praktis untuk mengakses prosedur pemeliharaan DME melalui perangkat android.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. G. Pereira, T. M. Lima, and F. Charrua-Santos, "Industry 4.0 and Society 5.0: Opportunities and Threats," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 9, no. 3305–3308, 2020.
- [2] F. Abdul Aziz, E. Alostad, K. Arifin Ahmad, S. Sulaiman, and O. Chun Hoe, "Effectiveness of Maintenance and Inspection Process using Augmented Reality Application," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 4.38, pp. 1044–1046, 2018.
- [3] Menteri Perhubungan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM 44 Tahun 2005 Tentang Pemberakuan Standar Nasional (SNI) 03-7112-2005 Mengenai Kawasan Keselamatan Oprasi Penerbangan Sebagai Standar Wajib," *Kementerian Perhubungan Republik Indonesia*. 2005.
- [4] Pemerintah Pusat, "Undang-Undang No 1 Tahun 2009 Tentang Penerbangan," 2009.
- [5] J. Sweller, "Cognitive load theory and educational technology," *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 68, no. 1, pp. 1–16, 2020, doi: 10.1007/s11423-019-09701-3.
- [6] R. Cheng, "Human Factor Analysis about Human Error on Aviation Maintenance," vol. 181, pp. 120–124, 2018.
- [7] E. N. Qorimah and S. Utama, "Studi Literatur: Media Augmented Reality (AR) Terhadap Hasil Belajar Kognitif," *J. Basicedu*, vol. 6, no. 2, pp. 2055–2060, 2022.
- [8] F. De Crescenzo, M. Fantini, F. Persiani, L. Di Stefano, P. Azzari, and S. Salti, "Augmented reality for aircraft maintenance training and operations support," *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 31, no. 1, pp. 96–101, 2011.
- [9] Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, "Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: KP 35 Tahun 2019 Tentang Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil 171-12 (Advisory Circular Part 171-12) Prosedur Pemeliharaan dan Pelaporan Fasilitas Telekomunikasi Penerbanga." 2019.
- [10] F. Lamberti, F. Manuri, A. Sanna, G. Paravati, P. Pezzolla, and P. Montuschi, "Challenges, opportunities, and future trends of emerging techniques for augmented reality-based maintenance," *IEEE Trans. Emerg. Top. Comput.*, vol. 2, no. 4, pp. 411–421, 2014.
- [11] L. De Marchi, A. Ceruti, N. Testoni, A. Marzani, and A. Liverani, "Use of augmented reality in aircraft maintenance operations," *Heal. Monit. Struct. Biol. Syst. 2014*, vol. 9064, p. 906412, 2014.
- [12] K. Sabarinathan, N. Kanagasabapathy, V. D. Ambeth Kumar, P. K. Rishikesh, R. V. Priyadharshan, and A. Abirami, "Machine Maintenance Using Augmented Reality," in *Proceedings of the 3rd International Conference on Communication and Electronics Systems, ICCES 2018*, 2018, pp. 613–618.
- [13] L. Z. S. Li, P. Zheng, "An AR-Assisted Deep Learning-Based Approach for Automatic Inspection of Aviation Connectors," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 17, no. 3, pp. 1721–1731, 2021.
- [14] S. Ottoboni *et al.*, "Understanding API static drying with hot gas flow: Design and test of a drying rig prototype and drying modeling development," *Org. Process Res. Dev.*, vol. 24, no. 11, pp. 2505–2520, 2020.
- [15] S. D. Putra, T. F. Eldiana, and D. Aryani, "Model Pengembangan Aplikasi Mobile E-Dakwah Di Masa Pandemi Covid-19 Dengan Metode Prototyping," *J. Inf. Syst. Informatics Comput.*, vol. 4, no. 1, pp. 116–121, 2020.
- [16] A. Andipradana and K. Dwi Hartomo, "Rancang Bangun Aplikasi Penjualan Online Berbasis Web Menggunakan Metode Scrum," *J. Algorit.*, vol. 18, no. 1, pp. 161–172, 2021.
- [17] Uminingsih, M. Nur Ichsanudin, M. Yusuf, and S. Suraya, "Pengujian Fungsional Perangkat Lunak Sistem Informasi Perpustakaan Dengan Metode Black Box Testing Bagi Pemula," *STORAGE J. Ilm. Tek. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–8, 2022.
- [18] Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, "Peraturan Direktorat Jenderal Nomor KP 25 Tahun 2014 Tentang Petunjuk dan Tata Cara Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 171-06, Standar Pembuatan Buku Manual Operasi Penyelenggara Pelayanan Telekomunikasi Penerbangan (Advisory Circular Part 171)." 2014.
- [19] Thales, "Technical Manual Dme Thales 415/435," vol. 1, no. February, 2004.