

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka yang diambil dari beberapa penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai rujukan atau pendukung penelitian yang sedang dilakukan, diantaranya :

2.1.1 Tinjauan Terhadap Literatur 01

Pengarang	Judul	Metode penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
(Yulianto, 2014)	Implementasi Teknologi <i>Markerless Augmented Reality</i> Berbasis Android Sebagai Media Pengenalan Gedung-Gedung di Fmipa Universitas Lampung	Metode <i>Unifield Process</i> (UP)	Aplikasi ARMIPA apalikasi yang digunakan sebagai media pengenalan gedung-gedung di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA)	Hasil dari penelitian ini adalah penerapan aplikasi berbasis augmented reality dengan metode markerless berbasis android, aplikasi ini dibuat menggunakan bahasa pemrograman <i>java for android</i> dan menggunakan <i>frameworkAR</i> serta menggunakan Google Maps API.

Tabel 2. 1 Tinjauan Terhadap Literatur 01

2.1.2 Tinjauan Terhadap Literatur 02

Pengarang	Judul	Metode Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
(Sari, N. L. N., Chrisnapati, P. N., Darmawiguna, I. G. M., Kesiman, 2014)	<i>Augmented Reality Book</i> Pengenalan Gedung Universitas Pendidikan Ganesha	Metode SDLC (<i>System Development Life Cycle</i>)	Aplikasi yang dapat mengabadikan bentuk-bentuk gedung UNDIKSHA dalam suatu media tidak membutuhkan ruang penyimpanan yang besar, praktis, canggih dan menarik.	Hasil akhir dari penelitian ini berupa buku yang terdiri dari gambar dan informasi terkait gedung UNDIKSHA, gambar yang terdapat dalam pada buku ini berfungsi sebagai <i>marker</i> untuk menampilkan objek gedung UNDIKSHA lengkap dengan suara narasi dalam bahasa inggris.

Tabel 2. 2 Tinjauan Terhadap Literatur 02

2.1.3 Tinjauan Terhadap Literatur 03

Pengarang	Judul	Metode Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
(Faruqi, 2015)	Aplikasi <i>Augmented Reality</i> Penunjuk Ruang Kampus Institut Pertanian Bogor.	Metode <i>waterfall</i> (Pressman 2010).	Aplikasi navigasi yang membantu seseorang untuk mencapai tujuannya dengan lebih cepat dan efisien dengan menggunakan GPS sebagai alat bantu.	Hasil dari penelitian ini adalah aplikasi <i>Augmented Reality</i> yang digunakan untuk mencari ruangan di IPB.

Tabel 2. 3 Tinjauan Terhadap Literatur 03

2.1.4 Tinjauan Terhadap Literatur 04

Pengarang	Judul	Metode Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
(Ginting, Tulenan dan Wowor, 2016)	Pengenalan Gedung Kampus Universitas Sam Ratulangi Dengan Pemanfaatan <i>Augmented Reality</i> dan Layanan Berbasis Lokasi.	metode <i>Rapid Application Development</i> (RAD)	aplikasi pengenalan gedung kampus Universitas Sam Ratulangi dengan pemanfaatan <i>Augmented Reality</i> dan layanan berbasis lokasi, dimana aplikasi berjalan di <i>platform</i> berbasis android yang telah mendukung adanya GPS, kamera, kompas dan <i>accelormeter</i> . Dengan aplikasi tersebut maka dapat membantu masyarakat dan mahasiswa dalam mengetahui lokasi gedung kampus dan layanan- layanan yang disediakan.	Hasil dari penelitian ini untuk mempermudah mengetahui lokasi gedung kampus dan memberikan informasi dibidang akademik, bidang kemahasiswaan, bidang umum, bidang keuangan dan bidang kepegawaian mengenai layanan apa saja yang disediakan.

Tabel 2. 4 Tinjauan Terhadap Literatur 04

2.1.5 Tinjauan Terhadap Literatur 05

Pengarang	Judul	Metode Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
(Prasetia, Hidayat dan Shofa, 2018)	Aplikasi Panduan Pengenalan Kampus Universitas Siliwangi Berbasis <i>Augmented Reality</i> Pada Perangkat Android.	metode pengembangan multimedia versi <i>Luther-Sutopo</i> (2003)	pengembangan aplikasi panduan pengenalan sarana dan gedung-gedung kampus Universitas Siliwangi yang dilengkapi teknologi <i>Augmented Reality</i> yang dapat diakses dalam <i>smartphone</i> dengan <i>platform</i> android yang menggunakan teknik <i>pattern matching</i> .	Hasil dari penelitian ini pengembangan aplikasi panduan pengenalan kampus Universitas Siliwangi berbasis <i>Augmented Reality</i> pada perangkat <i>platform</i> Android. Aplikasi yang dikembangkan memiliki kelebihan diantaranya tombol-tombol yang sederhana, kontennya beragam, dan mudah digunakan.

Tabel 2. 5 Tinjauan Terhadap Literatur 05

2.2 Landasan Teori

2.2.1 *Augmented Reality*

Augmented Reality adalah teknologi yang mengkombinasi objek buatan komputer, dua dimensi atau tiga dimensi, kedalam lingkungan nyata disekitar pengguna secara *real time*. Objek yang ditampilkan *Augmented Reality* membantu pengguna dalam menghasilkan pemahaman atau gambaran baru yang memungkinkan berinteraksi dengan lingkungan nyata (Ismayani, 2019). *Augmented Reality* bertujuan untuk menggabungkan dunia asli dengan

teknologi *virtual* dengan menambahkan data kontekstual agar pengguna dapat dengan mudah memahami dengan jelas. Data Kontekstual dapat berupa suara, data lokasi, keadaan sejarah. *Augmented Reality* saat ini telah digunakan dalam beberapa bidang seperti kedokteran, militer, manufaktur, hiburan, museum, permainan pendidikan (Rahmat, 2011).

Dalam buku (Azuma, 1997) yang berjudul *Presence Teleoperators and Virtual Environments A Survey of Augmented Reality* untuk menghindari pembatasan *Augmented Reality*, penelitian ini mendefinisikan *Augmented Reality* sebagai sistem yang memiliki 3 (tiga) karakteristik yaitu :

1. Menggabungkan dunia nyata dan dunia virtual
2. Berinteraktif secara *real time*
3. Terdapat dalam tiga dimensi

Pengaplikasian teknologi *Augmented Reality* pada beberapa bidang, yaitu :

1. Medis

Dokter dapat menggunakan augmented reality sebagai visualisasi dan bantuan pelatihan untuk operasi. Mungkin saja untuk mengumpulkan set data 3D pasien secara *real time*, menggunakan noninvasif sensor seperti *magnetic resonance imaging (MRI)*, *computed tomography scans (CT)*, atau pencitraan ultrasound. Data ini kemudian dapat dirender dan dikombinasikan secara *real time* dengan pemandangan pasien yang sebenarnya. Teknologi AR dapat memberikan pandangan internal tanpa perlu sayatan yang lebih besar. *Augmented Reality* dapat bermanfaat untuk simulasi operasi.

2. Manufaktur dan perbaikan

Pada bagian Manufaktur dan perbaikan aplikasi augmented reality dapat membantu dalam hal perakitan, perawatan, dan perbaikan kompleks mesin.

Instruksi mungkin lebih mudah dimengerti jika tersedia, bukan sebagai manual dengan teks dan gambar, tetapi lebih sebagai gambar 3D ditumpangkan peralatan yang sebenarnya, menunjukkan langkah demi langkah tugas yang perlu dilakukan dan bagaimana melakukannya. Ini ditumpangkan Gambar 3D dapat dianimasikan, membuat arah bahkan lebih eksplisit.

3. Anotasi dan Visualisasi

Augmented Reality dapat digunakan untuk menambahkan keterangan objek dan lingkungan dengan informasi publik atau pribadi. Aplikasi menggunakan informasi publik menganggap ketersediaan publik database untuk memanfaatkan. Misalnya, tampilan genggam dapat memberikan informasi tentang isi rak perpustakaan saat pengguna berjalan di sekitar perpustakaan.

4. Perancangan Jalur Robot

Teleoperasi robot seringkali merupakan masalah yang sulit, terutama saat robot berada jauh, dengan penundaan yang lama di tautan komunikasi. Pengguna merencanakan dan menentukan tindakan robot dengan memanipulasi versi *virtual* lokal, secara *real time*. Itu hasilnya langsung ditampilkan di dunia nyata. Setelah itu rencana diuji dan ditentukan, kemudian pengguna memberi tahu yang sebenarnya robot untuk menjalankan rencana yang ditentukan. Ini menghindari pilot osilasi yang disebabkan oleh penundaan yang panjang. Itu versi virtual juga dapat memprediksi efek manipulasi lingkungan, sehingga berfungsi sebagai perencanaan dan pratinjau alat untuk membantu pengguna dalam melakukan yang diinginkan tugas.

5. Hiburan

Sebagai contoh penggunaan *Augmented Reality* pada bidang hiburan menggunakan *Set Virtual* yang menggabungkan aktor nyata dengan latar belakang virtual, secara *real time* dan 3D. Para aktor berdiri depan layar biru besar, kemudian komputer akan bergerak dan merekam adegan menggunakan kamera. Kemudian kamera akan melacak lokasi pergerakan aktor dan komputer akan menggabungkan aktor secara digital menjadi 3D dengan latar belakang virtual. Misalnya, aktor akan muncul untuk berdiri di dalam cincin berputar virtual besar.

6. Pesawat Militer

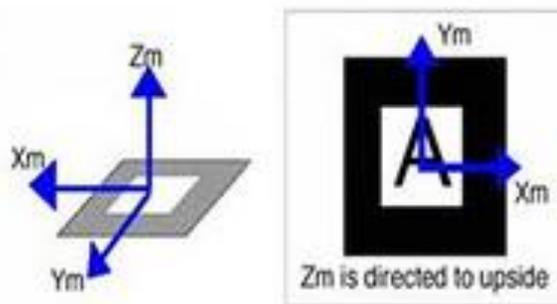
Pesawat militer dan helikopter telah menggunakan tampilan head-up (HUD) dan helm mount pemandangan (HMS) untuk menumpangkan grafis vektor atas pandangan pilot tentang dunia nyata. Selain menyediakan navigasi dasar dan informasi penerbangan, grafik ini kadang-kadang terdaftar dengan target di lingkungan, menyediakan cara untuk mengarahkan senjata pesawat. Untuk Sebagai contoh, menara dagu dalam helikopter bisa jadi terikat pada HMS pilot, sehingga pilot dapat mengarahkan dagu Menara hanya dengan melihat target. Generasi masa depan pesawat tempur akan dikembangkan dengan HMD dibangun ke helm pilot.

Metode *Augmented Reality* yang digunakan saat ini terdapat 2 kategori yaitu :

1. *Marker Augmented Reality (Marker Based Tracking)*

Marker Based Tracking menggunakan gambar yang berwarna hitam dan putih berbentuk kotak dengan garis hitam tebal dengan latar belakang

berwarna putih (Haller, Billinghurst dan Thomas, 2006). Komputer akan mengetahui posisi dan orientasi *marker* dan membuat dunia *virtual* 3D pada titik $(0, 0, 0)$ dengan tiga sumbunya yaitu X, Y, dan Z. *Marker Based Tracking* dikembangkan dari tahun 1980-an dan pada saat tahun 1990-an mulai dikenal oleh masyarakat dan dikembangkan untuk *Augmented Reality*.



Gambar 2. 1 *Marker Based Tracking* (Andriyadi, 2011)

2. *Markerless Augmented Reality*

Menurut (Rizki, 2012) *Markerless Augmented Reality* adalah metode yang tidak menggunakan penanda atau *marker* sebagai objek yang dideteksi. Pada metode ini penggunaan *marker* sebagai *tracking object* dapat menggunakan gambar ataupun permukaan yang berisikan tulisan, logo atau gambar sebagai *tracking object* (objek yang dilacak), agar dapat langsung melibatkan objek yang ditandai sehingga dapat terlihat nyata dan dapat saling berhubungan, dan juga tidak akan mengurangi efisiensi ruang dengan adanya *marker*. *Markerless Augmented Reality* dapat diterapkan pada *Face Tracking* (Objek dapat mengenali wajah manusia dengan mengenali posisi mata, hidung dan mulut), *3D Object Tracking* (Objek dapat mengenali semua bentuk benda yang berada disekitar) , *Motion*

Tracking (Objek menangkap setiap gerakan dan biasanya digunakan dalam produksi perfileman yang bertujuan untuk memanipulasi gerakan), *GPS Based Tracking* (Memanfaatkan fitur lokasi dan kompas yang kemudian aplikasi akan mengambil data dari GPS dan kompas kemudian menampilkannya dalam bentuk 3D di arah yang kita tentukan secara *realtime*).

2.2.2 Unity

Unity merupakan sebuah aplikasi *game multiplatform* yang dapat digunakan pada seluruh perangkat *platform* seperti Mac, iPhone, Android dan browser. Unity dapat digunakan dalam membuat fitur *audio reverb zone*, *particle effect*, *sky box*, *rendering*, *lighting*, *sound effect*, dan *physic game* (Sudarmilah dkk., 2013). Unity dapat digunakan untuk membuat *game 2D* atau *3D*, *game FPS*, *game console* dan *game online*. Untuk bahasa yang digunakan unity adalah bahasa pemrograman C++ dan mendukung seperti bahasa pemrograman c#, Java Script dan Boo. Dalam menggunakan Unity ada beberapa aspek yang harus diperhatikan seperti :

1. *Project* yang digunakan untuk mengumpulkan komponen-komponen yang dikemas menjadi satu dalam sebuah *software* yang nantinya akan dijadikan sebuah aplikasi.
2. *Scene* yang digunakan sebagai tempat untuk membuat layar aplikasi seperti setiap *level* pada sebuah permainan atau slide yang nantinya digunakan untuk berganti-ganti tampilan.
3. *Asset* dan *Package* adalah sekumpulan objek yang disimpan.

4. *Vuforia* SDK digunakan untuk perangkat bergerak yang memungkinkan pembuatan aplikasi *Augmented Reality*, untuk menggunakan *vuforia* SDK terlebih dahulu menginstal *Software Development Kit* (SDK). *Vuforia* menggunakan teknologi *computer vision* untuk mengenali dan melacak penanda atau *image target* dan objek 3D sederhana.

2.2.3 Vuforia SDK

Vuforia adalah *software platform* untuk pembuatan atau pengembangan aplikasi *Augmented Reality*. Dengan menggunakan vuforia pengembang bisa memberi Unity tambahan untuk mengenali objek dan gambar agar dapat berinteraksi dengan ruang didunia nyata (Ismayani, 2019). Vuforia dikembangkan oleh Qualcomm yang digunakan untuk membantu *developer* dalam membuat aplikasi atau *game* yang berbasis teknologi *Augmented Reality* dan hasil yang dibuat dengan teknologi ini akan terlihat lebih interaktif dan nyata.

2.2.4 Google SketchUp

Google SketchUp merupakan aplikasi yang dikembangkan oleh Google yang digunakan dalam pembuatan pemodelan berbasis 3D. Google SketchUp digunakan untuk membantu menyempurnakan sebuah gagasan atau ide desain kedalam model 3D. Sketchup dirancang untuk eksplorasi desain sehingga memiliki kemampuan kreasi yang sangat tinggi, mengamati, dan memodifikasi gagasan 3D dengan cepat dan mudah karena ditunjang oleh *tool-set*, yang digunakan untuk mendesain secara mudah dan sederhana. Sketchup

adalah perangkat lunak 3D yang dirancang untuk arsitek insinyur sipil, pembuat film, pengembang permainan, aplikasi dan profesi lain yang terkait bidang 3D (Faiztyan, Isnanto dan Widiyanto, 2015). Salah satu kelebihan yang dimiliki SketchUp ialah memiliki tampilan *interface* yang mudah dipahami serta didukung berbagai *open source plugging* yang digunakan untuk membantu dan memudahkan dalam proses pembuatan 3D dan aplikasi SketchUp tidak memerlukan spesifikasi komputer yang tinggi untuk dapat menjalankannya.

2.2.5 Dimensi

Menurut penjelasan (Nana Sudjana 2011) pengertian media tiga dimensi adalah suatu alat peraga yang mempunyai panjang, lebar serta tinggi dan dapat diamati dari sudut pandang mana saja. Dimensi didefinisikan sebagai ukuran yang menyatakan keberadaan sesuatu seperti panjang, lebar dan tinggi. Garis yang menghubungkan dua buah titik memiliki satu ukuran yaitu panjang disebut berdimensi satu. Sementara sebuah persegi panjang yang memiliki dua ukuran yaitu panjang dan lebar disebut berdimensi dua, dan sesuatu dikatakan berdimensi tiga ketika memiliki tiga ukuran yaitu panjang, lebar dan tinggi atau memiliki kedalaman. Secara umum, pengertian tiga dimensi adalah bentuk dari benda yang memiliki panjang, lebar dan tinggi yang memiliki kapasitas yang disebut dengan *volume*. Sistem koordinat tiga dimensi memiliki tiga sumbu, yaitu x, y dan z.

2.2.6 Storyboard

Storyboard adalah gambar naskah yang digunakan sebagai alat perencanaan dalam menunjukkan alur cerita secara *visual* bagaimana tindakan dari sebuah cerita berlangsung (Nurhasanah dan Senyelda, 2011). *Storyboard* merupakan ide-ide dari aplikasi yang akan dibuat, sehingga dapat memberikan gambaran dari aplikasi yang dihasilkan *Storyboard* dapat dikatakan juga *visual script* yang akan dijadikan outline dari sebuah proyek, ditampilkan *shot by shot* yang biasa disebut dengan istilah *scene* atau adegan. Dalam pembuatan *Storyboard* harus mengandung elemen-elemen *Storyboard* yaitu :

1. *Character*, merupakan seseorang yang terlibat dalam cerita, perlakuan, ekpresi, perasaan dan keputusan karakter membuat jalan cerita itu penting. Hal yang penting dalam penggambaran pengalaman karakter yang berhasil adalah dengan menyatakan apa yang terjadi dalam pola pikir karakter.
2. *Scene*, adalah lingkungan yang dihuni oleh karakter (harus sesuai dengan dunia nyata termasuk tempat dan orang sekitarnya).
3. *Plot*, *Plot* harus dimulai dengan kejadian tertentu (pemicu) dan berakhir dengan keuntungan dari solusi (jika ada solusi yang diajukan) atau masalah yang ada dari karakter (jika anda menggunakan *storyboard* untuk menyorot suatu masalah yang dialami pengguna).
4. *Narrative*, *Narrative* harus berfokus kepada tujuan yang ingin dicapai oleh karakter. *Designer* sering langsung menjelaskan detail dari desain mereka sebelum menjelaskan latar belakang. Hal ini harus dihindari. Cerita anda harus berstruktur dan mempunyai awal, tengah, dan akhir.

2.2.7 Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem adalah suatu kerangka kerja yang digunakan untuk menstrukturkan dan mengendalikan proses pengembangan suatu system informasi. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode pengembangan sistem *Interactive System Multimedia Design and Development* (IMSDD), yaitu *system multimedia* interaktif yang membutuhkan perencanaan yang sangat hati-hati pada struktur navigasi dan pendekatan dalam pembuatan interaktifitas menggunakan metafora desain yang tepat (Dastbaz, 2002). Tahapan-tahapan dalam IMSDD menurut Dastbaz adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan Sistem (*System Requirment*)

Dalam fase ini definisi umum IMS (Sistem Multimedia Interaktif) dan lingkungannya ditetapkan. Fase ini memiliki fungsi utama sebagai berikut :

- a. Untuk menyediakan definisi sistem seperti pembuatan *outline* mengenai tujuan dan sasaran dari sistem yang akan dibuat.
- b. Untuk menentukan siapa pengguna sistem dan apakah ada kebutuhan khusus lainnya yang harus dipertimbangkan.
- c. Evaluasi *hardware, software*, dan dan alat pembuatan yang Anda butuhkan dan pilih yang tepat.
- d. Pertimbangkan dengan cermat platform pengiriman yang diperlukan oleh sistem.

2. Pertimbangan Desain (*Design Considerations*)

- a. Metafora Desain, Memilih sebuah model nyata untuk digunakan sebagai solusi kunci desain *interface* bagi sistem contohnya film, buku, game, dll.
- b. Format dan tipe informasi, yaitu untuk mendefinisikan tipe informasi yang dibutuhkan untuk diintegrasikan ke dalam sistem tersebut, seperti teks, grafik, suara, video, dan animasi.
- c. Struktur navigasi, yaitu untuk menyatakan suatu strategi navigasi yang jelas, termasuk fitur dan struktur *link* yang akan menghindari masalah-masalah yang berkaitan dengan sistem hypermedia, misalnya disorientasi.
- d. Sistem Kontrol, menjelaskan tipe dan fitur-fitur dari *control* dan peralatan yang dibutuhkan oleh sistem.

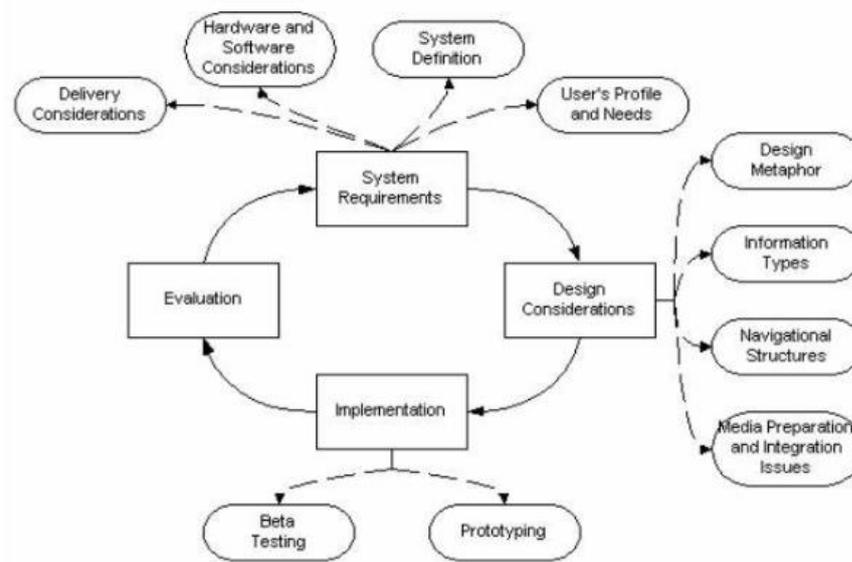
3. Implementasi (*Implementation*)

Saat fitur desain telah ditentukan maka tahap implementasi dari sistem dimulai menggunakan multimedia *authoring tools*. Tahap implementasi terdiri atas :

- a. Membuat Prototipe dari Sistem.
- b. Melakukan beta *test* terhadap prototype untuk mencari masalah yang mungkin dari *control* atau desain.

4. Evaluasi (*Evaluation*)

Pada tahapan ini sistem dievaluasi terhadap tujuan sebelumnya. Tipe-tipe evaluasi yang digunakan bisa berupa evaluasi formatif atau sumatif. Semua tahapan Metode Pengembangan Sistem *Interactive Multimedia System Of Design and Development* (IMSDD) menurut (Dastbaz, 2002) dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 2 Siklus IMSDD

2.2.8 Metode Pengujian

Pengujian perangkat lunak bertujuan untuk memastikan, bahwa perangkat lunak yang telah dikembangkan sudah berjalan sesuai dengan fungsional yang diharapkan pengguna akhir. Pengembangan perangkat lunak melakukan sesi khusus untuk menguji perangkat lunak agar eror dapat di deteksi sejak awal. Pengujian perangkat lunak ini menjamin kualitas perangkat lunak yang merupakan bagian dari daur hidup pengembangan perangkat lunak (Mustaqbal, Firdaus dan Rahmadi, 2015).

2.2.8.1 ISO 9126

ISO 9126 merupakan salah satu *framework standar internasional* yang digunakan untuk melakukan pengujian kualitas perangkat lunak, yang dibuat oleh *International Organization for Standardization (ISO)* dan *International Electrotechnical Commission (IEC)*. Standar internasional ini memiliki kemampuan dalam mendefinisikan kualitas produk perangkat lunak, karakteristik mutu, model, dan metrik terkait untuk mengevaluasi dan menetapkan kualitas sebuah produk perangkat lunak (Pamungkas, 2018). Model ISO 9126 memiliki 6 karakteristik dan beberapa subfaktor dalam pengujian terhadap kualitas sebuah perangkat lunak yaitu

1. *Functionality*, Kemampuan perangkat lunak dalam menyediakan fungsi sesuai kebutuhan user dan memuaskan user. Pada tahap karakteristik *functionality* masih terdapat sub-karakteristik dalam pengujian dapat dilihat pada tabel berikut :

Sub-Karakteristik	Deskripsi
<i>Suitability</i>	Kemampuan perangkat lunak untuk menyediakan serangkaian fungsi yang sesuai untuk tugas-tugas tertentu dan tujuan pengguna.
<i>Accurary</i>	Kemampuan perangkat lunak dalam memberikan hasil yang presisi dan benar sesuai dengan kebutuhan.
<i>Security</i>	Kemampuan perangkat lunak untuk mencegah akses yang tidak diinginkan, menghadapi penyusup (hacker) maupun otorisasi dalam modifikasi data.
<i>Interoperability</i>	Kemampuan perangkat lunak untuk berinteraksi dengan satu atau lebih sistem tertentu.

Tabel 2. 6 Penjelasan Sub-Karakteristik *Functionality*

<i>Compliance</i>	Kemampuan perangkat lunak dalam memenuhi standar dan kebutuhan sesuai peraturan yang berlaku.
-------------------	---

Tabel 2. 7 Penjelasan Sub-Karakteristik *Functionality* (Lanjutan)

2. *Reliability* (Kehandalan). Kemampuan perangkat lunak dalam mempertahankan tingkat kinerja tertentu/ performance dari software, contohnya dalam tingkat keakurasian, konsisten. Pada tahap karakteristik *reliability* masih terdapat sub-karakteristik dalam pengujian dapat dilihat pada tabel berikut :

Sub-Karakteristik	Deskripsi
<i>Maturity</i>	Kemampuan perangkat lunak untuk menghindari kegagalan sebagai akibat dari kesalahan dalam perangkat lunak.
<i>Fault Tolerance</i>	Kemampuan perangkat lunak untuk mempertahankan kinerjanya jika terjadi kesalahan perangkat lunak.
<i>Recoverability</i>	Kemampuan perangkat lunak untuk membangun kembali tingkat kinerja ketika terjadi kegagalan sistem, termasuk data dan koneksi jaringan.

Tabel 2. 8 Penjelasan Sub-Karakteristik *Reliability*

3. *Usability* (Kebergunaan). Kemampuan perangkat lunak dalam dipahami, dipelajari, digunakan, dan menarik bagi pengguna. Pada tahap karakteristik *usability* masih terdapat sub-karakteristik dalam pengujian dapat dilihat pada tabel berikut :

Sub-Karakteristik	Deskripsi
<i>Understandibility</i>	Kemampuan perangkat lunak dalam kemudahan untuk dipahami.
<i>Learnability</i>	Kemampuan perangkat lunak dalam kemudahan untuk dipelajari.
<i>Operability</i>	Kemampuan perangkat lunak dalam kemudahan untuk dioperasikan.
<i>Attractiveness</i>	Kemampuan perangkat lunak dalam menarik pengguna.

Tabel 2. 9 Penjelasan Sub-Karakteristik *Usability*

4. *Efficiency* (Efisiensi). Kemampuan perangkat lunak dalam memberikan kinerja yang sesuai dan relatif terhadap jumlah sumber daya yang digunakan pada saat keadaan tersebut. Pada tahap karakteristik *efficiency* masih terdapat sub-karakteristik dalam pengujian dapat dilihat pada tabel berikut :

Sub-Karakteristik	Deskripsi
<i>Time Behavior</i>	Kemampuan perangkat lunak dalam memberikan respon dan waktu pengolahan yang sesuai saat melakukan fungsinya.
<i>Resource Behavior</i>	Kemampuan perangkat lunak dalam menggunakan sumber daya yang dimilikinya ketika melakukan fungsi yang ditentukan.

Tabel 2. 10 Penejelasan Sub-Karakteristik *Efficiency*

5. *Maintainability* (Pemeliharaan). Kemampuan perangkat lunak dalam dimodifikasi. Modifikasi meliputi koreksi, perbaikan atau adaptasi terhadap perubahan lingkungan, persyaratan, dan spesifikasi fungsional. Pada tahap

karakteristik *maintainability* masih terdapat sub-karakteristik dalam pengujian dapat dilihat pada tabel berikut :

Sub-Karakteristik	Deskripsi
<i>Analyzability</i>	Kemampuan perangkat lunak dalam mendiagnosis kekurangan atau penyebab kegagalan.
<i>Changeability</i>	Kemampuan perangkat lunak untuk dimodifikasi tertentu.
<i>Stability</i>	Kemampuan perangkat lunak untuk meminimalkan efek tak terduga dari modifikasi perangkat lunak.
<i>Testability</i>	Kemampuan perangkat lunak untuk dimodifikasi dan divalidasi perangkat lunak lain.

Tabel 2. 11 Penjelasan Sub-Karakteristik *Maintainability*

6. *Portability* (Portabilitas). Kemampuan perangkat lunak untuk ditransfer dari satu lingkungan ke lingkungan lain atau kemampuan software beradaptasi saat digunakan di area tertentu. Pada tahap karakteristik *protability* masih terdapat sub-karakteristik dalam pengujian dapat dilihat pada tabel berikut :

Sub-Karakteristik	Deskripsi
<i>Adaptability</i>	Kemampuan perangkat lunak untuk diadaptasikan pada lingkungan yang berbeda-beda.
<i>Instalability</i>	Kemampuan perangkat lunak untuk diinstal dalam lingkungan yang berbeda-beda.
<i>Coexistencce</i>	Kemampuan perangkat lunak untuk berdampingan dengan perangkat lunak lainnya dalam satu lingkungan dengan berbagi sumber daya.
<i>Replaceability</i>	Kemampuan perangkat lunak untuk digunakan sebagai pengganti perangkat lunak lainnya.

Tabel 2. 12 Penjelasan Sub-Karakteristik *Portability*