

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi saat ini telah merambah ke berbagai sektor, salah satunya dalam dunia pendidikan. Proses pembelajaran yang sebelumnya didominasi oleh metode konvensional kini mulai mengalami transformasi ke arah yang lebih digital dan interaktif. Teknologi menjadi sarana penting dalam mendukung proses belajar mengajar agar lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan zaman. Di tengah perkembangan tersebut, muncul berbagai teknologi yang berpotensi meningkatkan mutu pendidikan, salah satunya adalah *Augmented Reality (AR)* [1].

Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 2 Kepenuhan merupakan salah satu sekolah jenjang Sekolah Menengah Kejuruan berstatus negeri yang berada di wilayah Kecamatan Kepenuhan, Kabupaten Rokan Hulu, Riau. Sekolah ini didirikan pada tanggal 20 September 2011 dengan Nomor SK Pendirian 383/2011 dan berada di bawah naungan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Sebagai institusi pendidikan kejuruan, Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 2 Kepenuhan memiliki peran penting dalam mencetak lulusan yang siap kerja dan kompeten di bidangnya. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang adaptif dan inovatif, terutama dalam jurusan yang berkaitan erat dengan teknologi seperti Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ).

Augmented Reality merupakan teknologi yang menggabungkan dunia nyata dengan elemen *virtual* secara *real-time* melalui perangkat seperti

smartphone atau tablet. Teknologi ini mampu menampilkan objek tiga dimensi yang dapat berinteraksi langsung dengan lingkungan nyata, sehingga menciptakan pengalaman belajar yang lebih nyata, imersif, dan menarik. Dalam konteks pendidikan, *AR* telah terbukti dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi yang bersifat visual, kompleks, atau abstrak [2].

Salah satu bidang pendidikan yang dapat memanfaatkan teknologi ini secara maksimal adalah jurusan TKJ di Sekolah Menengah Kejuruan. Pada jurusan ini, siswa dituntut untuk memahami berbagai konsep jaringan komputer, termasuk pengenalan perangkat keras jaringan seperti *router*, *switch*, kabel, dan pengaturan topologi jaringan seperti *bus*, *star*, *ring*, dan *mesh*. Pemahaman terhadap topologi jaringan menjadi dasar penting yang harus dikuasai siswa untuk mendukung keterampilan mereka dalam merancang dan membangun jaringan komputer [3].

Namun dalam praktiknya, pembelajaran topologi jaringan di Sekolah Menengah Kejuruan sering kali menemui berbagai kendala. Salah satu masalah utama adalah keterbatasan alat praktik. Tidak semua sekolah memiliki fasilitas laboratorium jaringan yang lengkap dan memadai. Kekurangan perangkat seperti *router*, *switch*, atau kabel jaringan membatasi kesempatan siswa untuk melakukan praktik secara langsung [4]. Hal ini menyebabkan siswa hanya mengandalkan gambar dua dimensi atau teori dalam buku pelajaran, yang membuat mereka kesulitan memahami bentuk dan alur koneksi jaringan secara nyata.

Selain itu, berdasarkan hasil pengamatan dan informasi dari guru mata pelajaran jaringan komputer di SMK Negeri 2 Kepenuhan, metode pembelajaran

jaringan komputer di sekolah umumnya masih bersifat teoritis, dengan penekanan pada pemaparan konsep melalui buku dan penjelasan verbal. Pendekatan ini terkadang belum mampu secara optimal menggambarkan struktur dan alur kerja jaringan secara visual maupun interaktif. Akibatnya, sebagian siswa mengalami kesulitan dalam memahami posisi perangkat dalam suatu topologi serta hubungan antar komponen dalam jaringan secara menyeluruh. Padahal, kemampuan untuk memahami serta mengimplementasikan jaringan dengan baik merupakan kompetensi inti yang harus dikuasai oleh siswa jurusan TKJ.

Melihat permasalahan tersebut, dibutuhkan pendekatan pembelajaran yang lebih inovatif dan mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah dengan mengembangkan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* untuk mensimulasikan topologi jaringan komputer secara interaktif. Melalui simulasi berbasis *AR*, siswa dapat melihat dan berinteraksi dengan model jaringan dalam bentuk tiga dimensi, memahami posisi perangkat dalam suatu topologi, serta melihat bagaimana data mengalir dari satu perangkat ke perangkat lain secara visual.

Penelitian terdahulu juga telah menunjukkan potensi besar teknologi *AR* dalam mendukung pembelajaran jaringan komputer. Salah satunya adalah penelitian oleh M. Afton Ilman Huda, Wibisono Sukmo Wardhono, dan Tri Afirianto berjudul Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis *Augmented Reality* untuk Pengenalan Topologi Jaringan. Hasil penelitian menunjukkan tingkat validitas tinggi: 90% pada aspek desain tampilan, 88% pada kejelasan informasi, 92% pada interaksi, dan 86% pada keseluruhan aspek. Pengujian

fungsional juga menunjukkan bahwa fitur media berjalan sesuai rancangan dan kompatibel dengan berbagai perangkat *Android* [6].

Penelitian lain dilakukan oleh Melsi Sari Murfi dan Kasman Rukun berjudul Pengembangan Rancangan Media Pembelajaran *Augmented Reality* Perangkat Jaringan Komputer. Hasilnya menunjukkan bahwa media pembelajaran *AR* yang dirancang dapat digunakan dengan mudah oleh guru dan siswa, serta dinilai layak, praktis, dan efektif sebagai alternatif pembelajaran jaringan komputer [7].

Teknologi ini tidak hanya menawarkan solusi atas keterbatasan perangkat keras di sekolah, tetapi juga dapat meningkatkan motivasi belajar siswa melalui penyajian materi yang lebih menarik dan kontekstual. Dengan demikian, siswa dapat lebih mudah memahami konsep jaringan komputer, sekaligus memperoleh pengalaman belajar yang lebih menyenangkan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dan pengembangan dengan judul “**Implementasi *Augmented Reality* untuk Simulasi Topologi Jaringan Komputer Pada Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 2 Kepenuhan**”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah aplikasi simulasi jaringan berbasis *AR* yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran alternatif bagi siswa Sekolah Menengah Kejuruan jurusan TKJ. Diharapkan, aplikasi ini mampu menjadi solusi atas keterbatasan fasilitas laboratorium serta meningkatkan efektivitas proses pembelajaran jaringan komputer di lingkungan sekolah kejuruan.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana merancang dan membangun media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* untuk simulasi jaringan komputer di SMKN 2 Kepenuhan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* untuk simulasi jaringan komputer di SMKN 2 Kepenuhan.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini:

1. Simulasi jaringan yang dikembangkan dalam aplikasi ini hanya mencakup empat jenis topologi jaringan, yaitu topologi *bus*, topologi *ring*, topologi *mesh*, dan topologi *star*, sebagai media pembelajaran interaktif awal dari konsep topologi jaringan komputer.
2. Aplikasi *Augmented Reality* yang dibangun menggunakan metode *markerless tracking*, sehingga pengguna tidak perlu menggunakan *marker* fisik untuk menampilkan objek virtual.
3. Pengembangan aplikasi dilakukan menggunakan *Unity* sebagai platform utama, dengan dukungan teknologi *AR* dari *AR Foundation* dan *ARCore* untuk perangkat *Android*.
4. Pengujian sistem hanya dilakukan menggunakan metode *black-box testing*, yaitu pengujian yang berfokus pada fungsionalitas sistem

tanpa menguji atau melihat langsung implementasi kode program secara internal.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

A. Bagi Peneliti:

1. Memberikan pengalaman langsung dalam merancang dan mengimplementasikan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality*.
2. Meningkatkan pengetahuan dan keterampilan dalam pengembangan perangkat lunak, khususnya dalam pemanfaatan teknologi *AR*, penggunaan *Unity*, serta proses pengujian perangkat lunak.

B. Bagi Objek Penelitian:

1. Memberikan kemudahan bagi siswa dalam memahami konsep topologi jaringan komputer melalui simulasi visual dan interaktif yang dapat diakses melalui perangkat *mobile*.
2. Menyediakan solusi alternatif terhadap keterbatasan alat praktik di laboratorium jaringan dengan menghadirkan media pembelajaran virtual berbasis *Augmented Reality*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari proposal ini terdiri dari enam bagian utama, sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang dari topik yang diangkat dalam penelitian, perumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, ruang lingkup atau batasan masalah, serta penjelasan mengenai sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan penelitian ini.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini memaparkan teori-teori yang menjadi dasar dalam pelaksanaan penelitian. Pembahasan mencakup konsep-konsep utama yang mendukung pengembangan sistem, serta referensi dari penelitian sebelumnya yang relevan dengan metode dan pendekatan yang digunakan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, mulai dari langkah-langkah perencanaan, teknik pengumpulan data, hingga model pengembangan sistem yang diterapkan. Semua tahapan dijelaskan secara sistematis agar dapat menggambarkan proses penelitian dengan jelas.

BAB 4 ANALISA DAN PERANCANGAN

Bab ini memuat hasil analisis kebutuhan sistem serta proses perancangan dari aplikasi yang dikembangkan. Penjabaran meliputi spesifikasi kebutuhan pengguna, struktur sistem, dan rancangan antarmuka yang akan diimplementasikan sebagai bagian dari solusi sistem.

BAB 5 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini menyajikan hasil implementasi sistem berdasarkan desain yang telah dibuat sebelumnya. Disertakan pula metode pengujian yang

digunakan untuk memastikan fungsionalitas sistem berjalan dengan baik, serta evaluasi terhadap performa sistem secara keseluruhan.

BAB 6 PENUTUP

Bab terakhir ini berisi kesimpulan dari keseluruhan proses penelitian dan pengembangan sistem, serta memberikan saran-saran yang berguna untuk pengembangan sistem di masa yang akan datang. Selain itu, bab ini merangkum kontribusi dan manfaat dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 *Augmented Reality*

Augmented Reality (AR) merupakan teknologi yang menggabungkan dunia nyata dengan elemen-elemen virtual secara *real-time*, sehingga menciptakan pengalaman interaktif yang memperkaya persepsi pengguna terhadap lingkungan sekitarnya. Teknologi ini memungkinkan penambahan objek digital, seperti gambar, teks, atau model 3D, yang tampak seolah-olah menyatu dengan dunia fisik melalui perangkat seperti *smartphone*, atau tablet [8].

Dalam pembelajaran, *AR* dapat meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa dengan menghadirkan materi yang lebih hidup dan mudah dimengerti dibandingkan metode konvensional yang hanya mengandalkan teks atau gambar statis [9]. Penggunaan *AR* pada media pembelajaran memungkinkan visualisasi konsep yang abstrak menjadi lebih konkret dan interaktif, sehingga membantu siswa dalam memahami materi yang kompleks, seperti topologi jaringan komputer.

2.2 Pengembangan

Pengembangan merujuk pada serangkaian aktivitas yang dilakukan untuk membentuk, menyempurnakan, atau memperbarui suatu sistem, produk, maupun metode agar lebih unggul dibandingkan versi sebelumnya. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk meningkatkan efektivitas serta efisiensi dalam pencapaian sasaran, baik di bidang teknologi, pengelolaan, maupun strategi operasional suatu organisasi [10].

Dalam proses pengembangan, terdapat tahapan-tahapan yang harus dilalui seperti analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, hingga tahap pemeliharaan. Semua tahapan tersebut dilakukan agar sistem yang dibangun dapat berfungsi sesuai harapan dan spesifikasi yang telah dirancang. Proses ini juga bertujuan untuk menghasilkan solusi yang bersifat inovatif serta mampu menjawab kebutuhan pengguna secara berkelanjutan [11].

2.3 Implementasi

Implementasi merupakan tahap penting dalam pengembangan sistem, di mana rancangan yang telah dibuat sebelumnya diterjemahkan ke dalam bentuk nyata melalui proses pembangunan dan penerapan sistem. Pada tahap ini, komponen-komponen sistem mulai dikembangkan dan diintegrasikan agar dapat berjalan sesuai dengan tujuan yang telah dirumuskan sebelumnya [12].

Implementasi tidak hanya mencakup aspek teknis seperti penulisan kode program atau instalasi perangkat lunak, tetapi juga melibatkan proses penyesuaian dengan lingkungan pengguna, pelatihan, serta pengujian awal guna memastikan sistem dapat digunakan secara efektif. Tujuan utama dari implementasi adalah untuk merealisasikan rancangan sistem agar dapat digunakan oleh pengguna sesuai dengan kebutuhan mereka [12].

2.4 Simulasi

Simulasi adalah suatu metode atau teknik yang digunakan untuk meniru atau memodelkan perilaku sistem nyata dalam bentuk yang dapat diamati dan dianalisis secara virtual. Dengan simulasi, berbagai kondisi dan skenario dalam

sistem tersebut dapat diuji tanpa harus melakukan percobaan langsung pada objek sebenarnya, sehingga dapat menghemat waktu, biaya, dan risiko [13].

Dalam bidang pendidikan dan teknologi, simulasi berfungsi sebagai alat bantu pembelajaran yang memungkinkan siswa untuk memahami konsep-konsep kompleks melalui pengalaman interaktif yang menyerupai situasi nyata. Simulasi memberikan gambaran praktis mengenai proses atau fenomena tertentu, sehingga mempermudah pemahaman dan penerapan materi pembelajaran [14].

Simulasi juga banyak diterapkan dalam pengembangan sistem jaringan komputer, di mana berbagai topologi dan konfigurasi jaringan dapat diuji dan diamati secara virtual sebelum diimplementasikan secara fisik. Hal ini sangat membantu dalam mengatasi keterbatasan alat dan sumber daya yang ada di lingkungan pembelajaran [15].

2.5 Jaringan Komputer

Jaringan komputer merupakan kumpulan perangkat komputer dan perangkat lainnya yang saling terhubung melalui media komunikasi dengan tujuan utama untuk bertukar data dan berbagi sumber daya secara efisien. Jaringan memungkinkan pengguna dalam suatu organisasi atau lingkungan belajar untuk saling berkomunikasi dan mengakses informasi dengan lebih cepat dan mudah [16].

Jenis-jenis jaringan komputer dapat dibedakan berdasarkan skala dan topologi yang digunakan. Topologi jaringan merujuk pada pola atau tata letak fisik dan logis yang menggambarkan cara perangkat-perangkat dalam jaringan dihubungkan satu sama lain. Topologi yang umum dipelajari dalam dunia jaringan

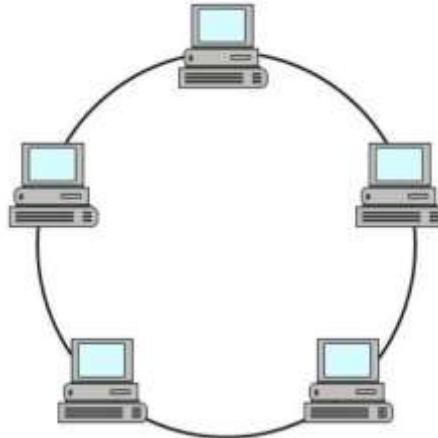
antara lain topologi *ring*, *bus*, *star*, dan *mesh*, yang masing-masing memiliki karakteristik, keunggulan, serta kekurangan tersendiri dalam penerapannya [17].

2.6 Topologi *Ring*

Topologi *ring* adalah konfigurasi jaringan di mana setiap perangkat dihubungkan secara berurutan membentuk sebuah lingkaran tertutup. Data dalam jaringan ini bergerak dalam satu arah mengikuti lingkaran tersebut hingga mencapai tujuan yang diinginkan. Kelebihan topologi *ring* adalah kemudahan dalam pengelolaan lalu lintas data dan deteksi kesalahan karena data hanya bergerak dalam satu arah. Namun, kelemahannya adalah jika salah satu perangkat atau koneksi mengalami gangguan, maka seluruh jaringan dapat terputus kecuali jika menggunakan teknologi pengaman seperti *dual ring* [18].

Topologi *ring* adalah jenis topologi jaringan komputer di mana setiap perangkat dihubungkan dengan perangkat lainnya membentuk lingkaran atau cincin. Setiap perangkat hanya terhubung dengan dua perangkat lainnya, satu perangkat di sebelah kiri dan satu perangkat di sebelah kanan. Data dikirimkan dalam satu arah sepanjang jalur cincin. Kelebihan dari topologi *ring* tidak ada tabrakan data, kinerja yang baik dan pemasangan yang mudah sedangkan kekurangan topologi *ring* adalah ketergantungan pada satu perangkat, biaya yang lebih tinggi dan pengelolaan yang sulit.[1]

topologi *ring* dengan lima *router* yang terhubung secara seri. Setiap *router* terhubung ke *switch* yang menghubungkan beberapa *workstation*. Parameter yang diukur adalah *latency*, *throughput*, dan *packet loss* untuk protokol TCP dan UDP.[2]



Gambar 2. 1 Topologi Ring

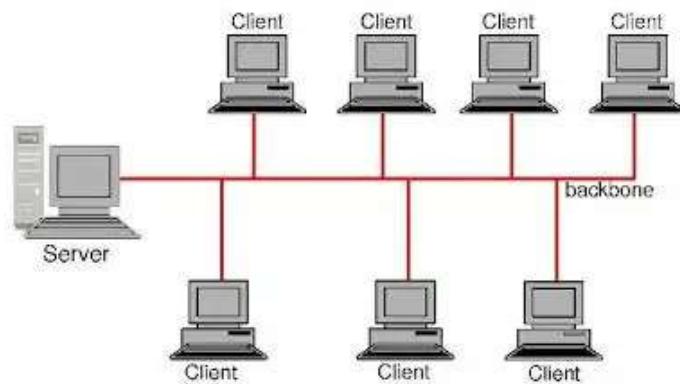
2.7 Topologi Bus

Topologi *bus* adalah jenis jaringan yang menghubungkan semua perangkat secara linear pada satu kabel utama (*backbone*). Setiap perangkat terhubung ke kabel ini dan dapat mengirim serta menerima data yang melewati kabel tersebut. Topologi *bus* mudah diimplementasikan dan membutuhkan kabel yang lebih sedikit dibandingkan topologi lainnya. Namun, kelemahan topologi ini terletak pada rentan terhadap gangguan; jika kabel utama bermasalah, maka seluruh jaringan akan mengalami gangguan komunikasi [18].

Topologi *bus* merupakan salah satu jenis topologi jaringan yang paling sederhana. Dalam topologi ini, semua perangkat terhubung ke kabel tunggal yang disebut *bus*. Kesederhanaan ini memiliki beberapa keuntungan, seperti kemudahan pemasangan dan skalabilitas.[3]

Topologi *bus* adalah topologi umum dalam sistem jaringan LAN. Topologi yang awal digunakan untuk menghubungkan komputer. Pada topologi *bus* dua ujung jaringan harus diakhiri dengan sebuah terminator. Barel *connection* dapat digunakan untuk memperluasnya. Jaringan hanya terdiri dari satu saluran

kabel yang menggunakan kabel BNC. Komputer yang ingin terhubung ke jaringan dapat mengaitkan dirinya dengan mantap *Ethernet* sepanjang kabel. Topologi linier bus merupakan topologi yang banyak dipergunakan pada masa penggunaan kabel *Coaxial* menjamur.[4]



Gambar 2. 2 Topologi Bus

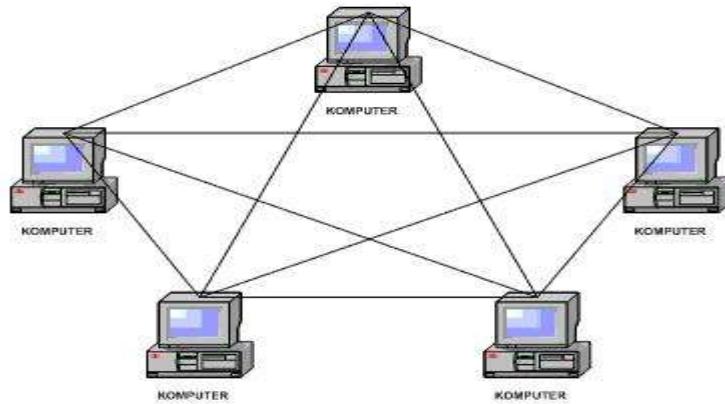
2.8 Topologi *Mesh*

Topologi jaringan *mesh* adalah salah satu jaringan komputer di mana setiap *node* (simpul) terhubung langsung ke setiap *node* lain dalam jaringan[18]. Topologi *mesh* point-to-point dapat mengatasi kondisi *node* radio pada *network* ketika salah satu mengalami kondisi *off* agar dapat tetap mendapatkan akses [21]

Topologi *mesh* memberikan fleksibilitas dan redundansi yang tinggi dalam pengaturan jaringan. Dengan setiap *node* terhubung langsung ke setiap *node* lainnya, topologi *mesh* memungkinkan jaringan untuk tetap beroperasi bahkan jika ada gangguan pada salah satu jalur koneksi.[5]

Topologi *Mesh* adalah jenis topologi jaringan komputer yang memiliki setiap perangkat dihubungkan dengan semua perangkat lainnya dalam jaringan. Setiap perangkat dalam topologi ini bekerja sebagai penerima dan pengirim data.

Jadi, jika ada beberapa perangkat yang mengalami kerusakan atau tidak dapat diakses, perangkat lain dapat terus beroperasi. Topologi ini biasanya digunakan pada jaringan WAN.[1]



Gambar 2. 3 Topologi *Mesh*

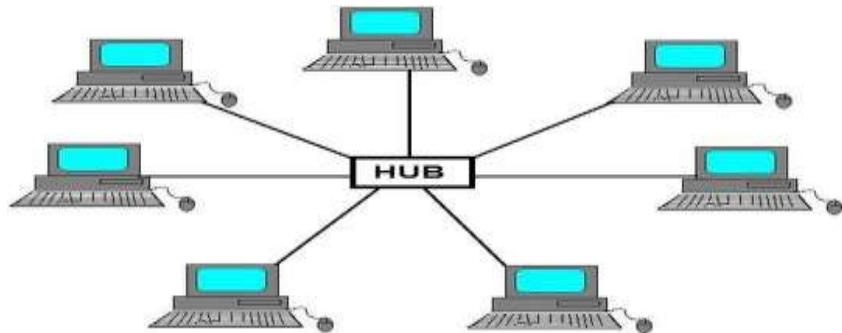
2.9 Topologi *Star*

Pengertian topologi jaringan itu sendiri adalah suatu cara untuk menghubungkan perangkat telekomunikasi yang digunakan antara satu dengan perangkat yang lainnya sehingga membentuk sebuah jaringan [6].

Topologi *star* adalah salah satu jenis topologi jaringan komputer di mana semua perangkat dihubungkan ke pusat atau *hub* tunggal. Pusat atau *hub* ini bertanggung jawab untuk mengirimkan data dari satu perangkat ke perangkat lainnya dalam jaringan. Kelebihan topologi *star* mudah diimplementasikan, mudah dikelola dan tahan terhadap kesalahan sedangkan kekurang topologi *star* adalah Ketergantungan pada titik pusat, biaya yang lebih tinggi dan keterbatasan jarak.[1]

Topologi *star* menghubungkan setiap perangkat ke titik pusat, memudahkan pengelolaan dan deteksi kesalahan. Meskipun demikian, kegagalan

pada titik pusat akan memutuskan seluruh komunikasi, dan penggunaan kabel lebih banyak dibandingkan topologi lainnya. Topologi *extended star* adalah pengembangan dari topologi *star* dengan tambahan *repeater* untuk memperluas jangkauan. Topologi[6]



Gambar 2. 4 Topologi Star

2.10 *Marker-less Tracking*

Marker-less tracking adalah teknologi pelacakan dalam *augmented reality* yang tidak memerlukan penggunaan penanda fisik (*marker*) khusus sebagai acuan posisi objek virtual. Sistem ini memanfaatkan fitur lingkungan nyata, seperti bentuk, tekstur, dan pola alami, untuk mendeteksi dan melacak posisi serta orientasi perangkat pengguna secara *real-time*. Keunggulan *marker-less tracking* adalah kemudahan penggunaannya tanpa perlu memasang atau mencetak *marker*, sehingga lebih fleksibel dan praktis untuk berbagai kondisi serta lingkungan. Teknologi ini banyak digunakan dalam aplikasi *AR* modern yang mengutamakan kenyamanan dan interaksi yang lebih alami [19].

2.11 *Marker-base Tracking*

Marker-based tracking adalah metode pelacakan *augmented reality* yang menggunakan marker khusus berupa gambar atau simbol yang telah dirancang

untuk dikenali oleh sistem *AR*. *Marker* ini berfungsi sebagai titik referensi bagi perangkat untuk menentukan posisi dan orientasi objek virtual yang akan ditampilkan pada layar. Dengan adanya marker, sistem *AR* dapat menempatkan objek digital secara akurat dan stabil di lingkungan nyata. Meskipun metode ini membutuhkan persiapan dan penggunaan marker fisik, *marker-based tracking* biasanya lebih sederhana dalam implementasi dan memiliki akurasi yang tinggi pada kondisi pencahayaan dan sudut pandang yang sesuai [20].

2.12 *Unified Modeling Language (UML)*

Unified Modeling Language (UML) merupakan bahasa pemodelan standar yang digunakan untuk menggambarkan, merancang, dan mendokumentasikan sistem perangkat lunak, terutama dalam konteks pemrograman berorientasi objek. *UML* lahir dari konsolidasi berbagai bahasa pemodelan grafis yang berkembang pada akhir tahun 1980-an hingga awal 1990-an. *UML* menyediakan berbagai jenis diagram yang masing-masing berperan untuk merepresentasikan aspek-aspek tertentu dari sistem yang sedang dikembangkan [21].

Contohnya, diagram *use case* menggambarkan hubungan antara aktor (pengguna) dan sistem, serta menjelaskan fungsi-fungsi yang dapat dijalankan oleh pengguna. Diagram kelas (*class diagram*) digunakan untuk menunjukkan struktur sistem melalui representasi kelas, atribut, serta metode-metode yang dimiliki. Sedangkan *activity diagram* dimanfaatkan untuk mengilustrasikan alur aktivitas atau proses bisnis dalam sistem [21].

Selain sebagai alat bantu analisis dan desain, *UML* juga berperan sebagai sarana komunikasi visual yang efektif antar pengembang sistem. *UML* dirancang

agar bersifat netral terhadap bahasa pemrograman maupun metode pengembangan perangkat lunak tertentu. Dengan pendekatan yang telah distandarisasi secara internasional, *UML* menjadi pilihan yang fleksibel dan luas digunakan dalam berbagai proyek rekayasa perangkat lunak, karena mampu menyediakan gambaran sistem yang dapat langsung diimplementasikan [22].

2.13 *Use Case Diagram*

Use case diagram merupakan jenis diagram dalam *Unified Modeling Language (UML)* yang digunakan untuk menggambarkan fungsi-fungsi utama yang dapat dilakukan oleh suatu sistem berdasarkan interaksi dengan aktor yang terlibat. Diagram ini tidak menjelaskan secara detail bagaimana proses atau logika internal sistem bekerja, melainkan fokus pada gambaran umum hubungan antara pengguna dan sistem berdasarkan kebutuhan pengguna [23].

Fungsi utama dari *use case diagram* adalah untuk mengidentifikasi batasan sistem serta fitur-fitur yang dapat diakses oleh pengguna. Diagram ini sangat berguna dalam tahap analisis dan perancangan karena mampu menyajikan gambaran sistem secara visual dan mudah dipahami oleh pengembang maupun *stakeholder* [24].

Sebagai bentuk abstraksi, *use case diagram* memvisualisasikan interaksi tipikal antara aktor (seperti *admin* dan *user*) dengan sistem yang sedang dikembangkan. Oleh karena itu, penting untuk menentukan abstraksi yang sesuai agar diagram mencerminkan kebutuhan sistem secara tepat. *Use case diagram* membantu memastikan bahwa setiap fungsi yang dibutuhkan oleh pengguna telah teridentifikasi dan dipertimbangkan dalam proses desain sistem [24].

2.14 *Class Diagram*

Class diagram merupakan salah satu jenis diagram dalam *Unified Modeling Language (UML)* yang berfungsi untuk menggambarkan struktur dan hubungan antar kelas dalam sistem. Diagram ini menjelaskan secara rinci masing-masing kelas yang ada, termasuk atribut (variabel) dan metode (fungsi) yang dimilikinya, serta bagaimana relasi antar kelas tersebut terbentuk. *Class diagram* menjadi representasi *visual* dari desain sistem berbasis objek dan membantu dalam memahami bagaimana setiap entitas berperan dan berinteraksi dalam sistem [25].

Diagram ini menampilkan elemen-elemen utama dari sebuah kelas, yaitu nama kelas yang terletak di bagian atas, diikuti oleh daftar atribut di bagian tengah, dan metode di bagian bawah. Setiap kelas digambarkan dalam bentuk persegi panjang, dan diagram ini juga menunjukkan bagaimana kelas-kelas tersebut saling berhubungan melalui asosiasi, generalisasi, atau agregasi. Dalam konteks pengembangan perangkat lunak berorientasi objek, *class diagram* sangat penting karena menjadi dasar dalam proses perancangan serta implementasi sistem yang efisien dan terstruktur [25].

2.15 *Activity Diagram*

Activity diagram menggambarkan aliran fungsional dalam suatu sistem informasi. Diagram ini secara menyeluruh mendefinisikan titik awal dan akhir dari *workflow*, aktivitas yang terjadi selama proses tersebut, serta urutan kejadian dari aktivitas-aktivitas tersebut. Selain itu, *activity diagram* juga menawarkan pendekatan untuk pemodelan proses yang bersifat paralel. Bagi mereka yang

familiar dengan analisis dan desain struktur tradisional, diagram ini mengintegrasikan konsep-konsep yang terdapat dalam diagram alir data dan diagram alur sistem [26].

Diagram ini sangat berguna dalam menggambarkan dinamika proses dalam sistem yang sedang dirancang, termasuk bagaimana sebuah proses dimulai, pilihan yang tersedia dalam proses tersebut, serta bagaimana aktivitas tersebut berakhir. Satu aktivitas dalam diagram ini dapat mencerminkan satu atau lebih skenario dalam *use case*. Dengan demikian, *activity diagram* sangat membantu dalam memahami logika alur kerja sistem secara terstruktur [26].

2.16 *Sequence Diagram*

Sequence diagram merupakan salah satu jenis diagram dalam *UML* yang digunakan untuk menggambarkan urutan interaksi antar objek dalam sistem saat suatu proses dijalankan. Diagram ini menjelaskan bagaimana sistem merespon tindakan yang dilakukan oleh pengguna, dengan menampilkan rangkaian pesan yang dikirim antara objek-objek terkait dalam suatu skenario tertentu [27].

Diagram ini menyajikan interaksi secara kronologis, dimulai dari inisiasi suatu aktivitas hingga proses tersebut selesai. Setiap objek dalam sistem digambarkan dengan *lifeline*, dan komunikasi antar objek divisualisasikan melalui panah yang merepresentasikan pesan yang dikirim. Dengan pendekatan ini, *sequence diagram* membantu pengembang memahami alur komunikasi antar komponen dalam sistem secara lebih rinci dan sistematis, serta mempermudah proses perancangan dan *debugging* [27].

2.17 Bahasa Pemrograman

Bahasa pemrograman merupakan kumpulan aturan sintaksis yang digunakan sebagai alat komunikasi antara manusia dan komputer dalam proses pembuatan aplikasi, termasuk pengembangan *web*. Pemilihan bahasa pemrograman yang tepat menjadi bagian penting dalam proses pengembangan, karena setiap bahasa memiliki karakteristik dan kemampuan yang berbeda sesuai dengan kebutuhan spesifik proyek [28].

Bahasa pemrograman digunakan untuk merealisasikan solusi terhadap suatu permasalahan melalui implementasi algoritma dalam bentuk kode. Di Indonesia, beberapa bahasa pemrograman yang paling banyak digunakan antara lain *Java*, *C*, *PHP*, *Visual Basic*, *Python*, *C++*, *JavaScript*, *C#*, *Objective-C*, dan *ActionScript*. Meskipun terdapat banyak pilihan, masing-masing bahasa memiliki keunggulan dan keterbatasan yang perlu dipertimbangkan oleh pengembang dalam menentukan pilihan terbaik sesuai dengan konteks pengembangan sistem [29].

2.18 CSharp

C# (dibaca: *C-Sharp*) merupakan bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh *Microsoft* sebagai bagian dari inisiatif *.NET Framework*. Bahasa ini bersifat modern, berorientasi objek, dan dirancang untuk menjadi sederhana namun kuat, sehingga cocok digunakan dalam pengembangan berbagai jenis aplikasi, termasuk *desktop*, *web*, *mobile*, hingga *game* dan simulasi berbasis *Unity* [30].

Penggunaan C# dalam *Unity* memungkinkan integrasi yang optimal dengan komponen engine, sehingga memudahkan pengembang dalam mengontrol perilaku objek, menangani interaksi pengguna, serta mengelola alur logika dalam simulasi *augmented reality* yang dirancang. Dengan fleksibilitas dan kapabilitas yang dimilikinya, C# menjadi pilihan yang tepat dalam pengembangan aplikasi simulasi jaringan komputer berbasis *AR* yang membutuhkan responsifitas tinggi dan struktur kode yang terorganisir [31].

2.19 Unity

Unity adalah sebuah *game engine* sekaligus *Integrated Development Environment (IDE)* yang digunakan secara luas dalam pengembangan aplikasi interaktif, termasuk *game*, simulasi, dan aplikasi *Augmented Reality (AR)* maupun *Virtual Reality (VR)*. *Unity* mendukung pemrograman berbasis C# dan menyediakan antarmuka pengembangan yang intuitif, sehingga mempermudah proses pembuatan objek, pengaturan lingkungan virtual, serta integrasi berbagai komponen multimedia seperti *audio*, animasi, dan grafik 3D [32].

Salah satu keunggulan *Unity* adalah kemampuannya untuk melakukan *cross-platform deployment*, yang memungkinkan aplikasi dapat dijalankan pada berbagai perangkat seperti *Android*, *iOS*, dan *Windows*. Dalam pengembangan aplikasi berbasis *AR*, *Unity* biasanya dipadukan dengan framework seperti *AR Foundation*, *Vuforia*, atau *ARKit/ARCore* untuk menghadirkan elemen digital secara *real-time* ke dunia nyata melalui kamera perangkat [33].

2.20 *Visual Studio Code (VSC)*

Visual Studio Code adalah editor kode sumber yang bersifat gratis dan *open source*, dikembangkan oleh *Microsoft*. Editor ini kompatibel dengan berbagai sistem operasi seperti *Windows*, *macOS*, dan *Linux*, bahkan dapat dijalankan langsung melalui *browser web*. *Visual Studio Code* dikenal karena antarmukanya yang ringan dan fleksibel, serta dilengkapi dengan beragam fitur yang memudahkan programmer dalam menulis dan mengelola kode secara efektif [34].

Sebagai perangkat lunak editor kode, *Visual Studio Code* menawarkan performa yang ringan namun memiliki kapabilitas yang kuat. Editor ini menyediakan dukungan bawaan untuk bahasa pemrograman seperti *JavaScript*, *skrip*, dan *Node.js*, serta dapat diperluas melalui instalasi ekstensi agar mendukung berbagai bahasa pemrograman lain seperti *C++*, *C#*, *Python*, dan *PHP*.

2.21 *Android*

Android adalah sistem operasi berbasis *Linux* yang dirancang khusus untuk perangkat *mobile* seperti *smartphone* dan tablet. Sistem ini dikembangkan oleh *Google* dan menyediakan platform terbuka bagi para pengembang untuk membuat berbagai aplikasi yang dapat berjalan di perangkat *Android*. *Android* menawarkan berbagai fitur dan layanan yang mendukung interaksi pengguna dengan perangkat secara optimal, termasuk antarmuka pengguna yang intuitif, manajemen aplikasi, dan dukungan untuk berbagai teknologi komunikasi nirkabel [35].

Sebagai sistem operasi yang paling banyak digunakan di dunia untuk perangkat *mobile* [36], Android memberikan fleksibilitas dalam pengembangan aplikasi melalui bahasa pemrograman seperti *Java* dan *Kotlin*, serta menyediakan berbagai *tools* dan *framework* resmi seperti *Android Studio* yang mempermudah proses pembuatan, pengujian, dan distribusi aplikasi.

2.22 *Blackbox Testing*

Black Box Testing adalah metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada pengujian fungsionalitas sistem dari perspektif pengguna, tanpa perlu mengetahui atau memeriksa struktur internal, desain, maupun kode sumber dari perangkat lunak tersebut [37]. Sesuai dengan namanya, penguji memperlakukan perangkat lunak layaknya sebuah "kotak hitam" (*black box*), di mana mereka hanya berinteraksi dengan antarmuka sistem. Penguji memberikan input tertentu dan mengamati output yang dihasilkan untuk memastikan kesesuaianya dengan spesifikasi dan kebutuhan yang telah ditetapkan. Dengan demikian, metode ini secara efektif menilai apakah perangkat lunak dapat menjalankan tugas-tugas yang diharapkan oleh pengguna akhir, terlepas dari bagaimana tugas tersebut diimplementasikan secara teknis di dalamnya [38].

2.23 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah beberapa penelitian terkait dengan tugas akhir mengenai implementasi simulasi jaringan komputer dengan *augmented reality*:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil
1.	M. Afron Ilman Huda, Wibisono Sukmo Wardhono, Tri Afrilianto	2025	Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis <i>Augmented Reality</i> Untuk Pengenalan Topologi Jaringan	Hasil implementasi media pembelajaran diuji melalui proses validasi dan pengujian fungsional. Proses pengujian dilakukan menggunakan kuesioner validasi untuk mengetahui tingkat validitas dan <i>test case</i> untuk mengetahui fungsional media berjalan dengan semestinya atau tidak, dan kompatibilitas dari media pembelajaran. Hasil pengujian menunjukkan tingkat validitas media pembelajaran pada aspek desain tampilan sebesar 90%, kejelasan informasi sebesar 88%, interaksi sebesar 92%, dan keseluruhan aspek sebesar 86%. Pengujian fungsional menunjukkan fungsi-fungsi pada media pembelajaran berjalan sesuai dengan yang dirancang sebelumnya serta pengujian non fungsional memperlihatkan bahwa media pembelajaran kompatibel dengan berbagai versi <i>android</i> dan jenis <i>smartphone</i> .
2.	Suci Wulandari, Haida Dafitri, Yessi Fitri Annisah Lubis	2025	Media Pembelajaran Praktikum Jaringan Komputer	Penelitian ini berhasil mengembangkan materi pembelajaran menggunakan teknologi <i>augmented reality</i> (AR)

			<p>Berbasis <i>Augmented Reality</i> dengan Metode <i>Marker Based Tracking</i></p> <p>untuk praktikum jaringan komputer di Sekolah Menengah Kejuruan Istiqlal. Proses pembuatan media ini meliputi beberapa tahapan: analisis kebutuhan, desain, pengembangan, implementasi dan evaluasi. Bahan pembelajaran yang dibuat telah divalidasi dan diujikan kepada siswa, membuktikan dapat digunakan secara efektif dalam pembelajaran praktik pada jaringan komputer. Ini dilihat dari 94.44% responden menjawab positif semua pertanyaan. Media pembelajaran berbasis <i>augmented reality</i> yang dikembangkan terbukti efektif membangkitkan minat siswa Sekolah Menengah Kejuruan Istiqlal untuk magang jaringan komputer. Hal ini terlihat dari hasil responden yang mana hasilnya sebanyak 86.3% responden menjawab terbantu dengan adanya aplikasi tersebut. Penggunaan <i>AR</i> memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menyenangkan, membantu meningkatkan motivasi dan minat siswa terhadap materi yang dipelajari. Hasil survei dan observasi menunjukkan minat siswa meningkat secara signifikan setelah menggunakan materi pembelajaran berbasis</p>
--	--	--	---

				<p><i>AR</i>. Media pembelajaran berbasis <i>AR</i> tidak hanya berhasil menarik minat siswa, tetapi juga efektif dalam meningkatkan pemahaman dan kecakapan siswa dalam praktikum jaringan komputer, ini dapat dilihat dari jawaban responden sebanyak 75% menjawab “ya” dalam meningkatkan minat mereka. Hal ini menunjukkan bahwa <i>AR</i> dapat menjadi alat bantu yang sangat efektif dalam pembelajaran praktikum jaringan komputer, membantu siswa memahami materi dengan lebih baik dan menerapkan pengetahuan mereka dalam situasi praktis.</p>
3.	Arya Wiguna, Fajar Kurniawan, Nathania Asyifa, Sania Lestari Putri	2023	Pemanfaatan Media Pembelajaran Menggunakan Aplikasi <i>Augmented Reality</i> Pada Mata Pelajaran Jaringan Komputer Dasar	<p>Kesimpulan.</p> <p>Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana penggunaan media pembelajaran berbasis <i>AR</i> dapat memperkaya pengalaman belajar siswa pada bidang penyalinan jaringan komputer dasar. Kami fokus pada pengembangan aplikasi <i>AR</i> yang dirancang khusus untuk mengajarkan konsep dasar jaringan komputer dengan cara yang intuitif dan interaktif. Melalui aplikasi ini, siswa dapat mengikuti sesi pembelajaran yang melibatkan simulasi 3D, tampilan berlapis, dan penggambaran topologi</p>

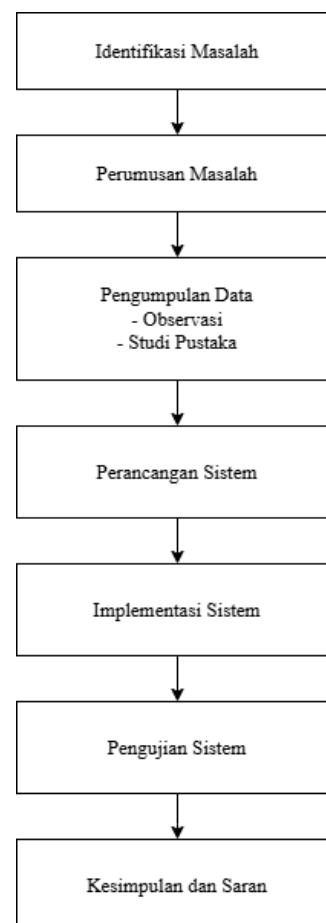
				jaringan, perangkat keras jaringan, dan protokol komunikasi secara realistik.
4.	Kurniawan H Rasyid, Ika Puspita, Muh. I Haz	2022	Simulasi Tower BTS (Base Transceiver Station) Menggunakan Metode <i>Augmented Reality</i>	Hasil yang didapatkan dari 25 responden mahasiswa teknik telekomunikasi universitas fajar sebesar 81,77 % dari seluruh aspek kuesioner yang telah dibagikan. Tingkat kepuasan dalam mempelajari Simulasi Tower BTS (<i>Base Transceiver Statin</i>) menggunakan metode <i>Augmented Reality</i> sangat memuaskan dan para responden sangat menyukai terobosan ini akan tetapi adapun kekurangan dari simulasi ini adalah waktu akses yang cukup lama diakibatkan pengaruh jaringan yang digunakan.
5.	Melsi Sari Murfi, Kasman Rukun	2020	Pengembangan Rancangan Media Pembelajaran <i>Augmented Reality</i> Perangkat Jaringan Komputer	Berdasarkan perancangan media pembelajaran augmented reality jaringan komputer disimpulkan bahwa “Media pembelajaran augmented reality jaringan komputer telah dikembangkan secara baik dimulai dari proses analisis kebutuhan, perancangan desain, pembuatan dan penilaian terhadap pengembangan media. Dari respon guru dan siswa media pembelajaran augmented reality

				<p>jaringan komputer bersifat mudah digunakan. Pengujian kevalidan,” praktikalitas dan efektifitas media pembelajaran <i>augmented reality</i> ini telah layak digunakan sebagai media pembelajaran. Penelitian ini bagi guru dapat dijadikan gambaran, tambahan referensi dan menjadi alternatif supaya lebih mempertimbangkan penggunaan media pembelajaran yang inovatif guna menambah pemahaman peserta didik.</p>
--	--	--	--	--

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian merupakan rangkaian langkah-langkah sistematis yang disusun untuk membantu pencapaian tujuan penelitian secara terarah. Setiap tahap dirancang agar mampu menghasilkan data dan informasi yang dibutuhkan dalam menjawab rumusan masalah serta mendukung tercapainya kesimpulan yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3. 1 Tahapan Metodologi Penelitian

Penjelasan dari tahapan-tahapan penelitian pada gambar 3.1 dapat dilihat pada penjelasan berikut:

3.1 Identifikasi Masalah

Tahapan awal penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi permasalahan utama yang berkaitan dengan penggunaan teknologi *augmented reality* dalam pembelajaran topologi jaringan komputer di tingkat Sekolah Menengah Kejuruan, khususnya pada jurusan Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ). Salah satu permasalahan yang sering dihadapi adalah keterbatasan alat praktik serta kesulitan siswa dalam memahami konsep jaringan hanya melalui media dua dimensi. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi pembelajaran berbasis teknologi yang mampu memberikan pengalaman visual dan interaktif, sehingga mempermudah pemahaman konsep tersebut.

3.2 Perumusan Masalah

Setelah permasalahan diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah merumuskan masalah secara jelas agar fokus penelitian dapat ditentukan dengan tepat. Dalam konteks ini, permasalahan utama yang muncul adalah bagaimana merancang dan membangun sebuah media pembelajaran berbasis *augmented reality* yang dapat mensimulasikan topologi jaringan komputer, khususnya topologi bus dan ring, guna membantu siswa Sekolah Menengah Kejuruan jurusan Teknik Komputer dan Jaringan dalam memahami materi secara visual dan interaktif.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang relevan guna menunjang proses pengembangan media pembelajaran berbasis *augmented reality*. Metode yang digunakan dalam pengumpulan data terdiri dari observasi dan studi pustaka, yang bertujuan untuk mendapatkan pemahaman mendalam mengenai kebutuhan pengguna dan dasar teoritis pengembangan sistem..

3.4 Observasi

Pada penelitian ini, observasi dilakukan dengan cara mengamati secara langsung proses pembelajaran jaringan komputer di lingkungan Sekolah Menengah Kejuruan jurusan Teknik Komputer dan Jaringan (TKJ). Kegiatan observasi mencakup metode pengajaran yang digunakan oleh guru, keterlibatan siswa dalam praktik jaringan, serta kendala yang dihadapi dalam memahami topologi jaringan seperti topologi *bus*, *ring*, *mesh*, dan *star*. Observasi ini memberikan gambaran nyata tentang perlunya media pembelajaran berbasis visual yang lebih interaktif dan mudah dipahami.

3.5 Study Pustaka

Tahapan *studi pustaka* dilakukan oleh peneliti dengan menelaah berbagai referensi yang berkaitan dengan *augmented reality*, metode pembelajaran interaktif, topologi jaringan komputer, serta penelitian terdahulu yang relevan. Sumber pustaka yang digunakan meliputi buku, jurnal ilmiah, skripsi, artikel, dan dokumen akademik lainnya. Studi ini bertujuan untuk memperkuat landasan teori, memahami pendekatan teknis yang dapat digunakan, serta merancang sistem yang sesuai dengan kebutuhan pengguna berdasarkan hasil kajian sebelumnya.

3.6 Analisa Sistem

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap sistem yang telah ada sebelumnya serta sistem baru yang akan dikembangkan. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelemahan sistem lama dan merumuskan solusi melalui pengembangan sistem baru berbasis *augmented reality*.

3.7 Analisa Sistem Lama

Pada sistem lama, pembelajaran jaringan komputer di Sekolah Menengah Kejuruan, khususnya pada materi topologi jaringan seperti topologi *bus*, dan *ring*, masih bersifat konvensional. Proses penyampaian materi umumnya dilakukan melalui penjelasan verbal dan media gambar dua dimensi, baik di buku maupun slide presentasi. Hal ini menyebabkan pemahaman siswa menjadi kurang optimal karena mereka kesulitan membayangkan bentuk dan alur kerja dari masing-masing topologi secara nyata. Selain itu, keterbatasan perangkat laboratorium praktik seperti kabel, *hub*, dan komputer juga menjadi kendala dalam pelaksanaan simulasi jaringan secara langsung.

3.8 Analisa Sistem Baru

Langkah berikutnya adalah menganalisis sistem baru yang akan dikembangkan, yaitu sistem pembelajaran berbasis *augmented reality* (*AR*) untuk mensimulasikan topologi jaringan komputer. Sistem ini dirancang agar siswa dapat melihat dan berinteraksi dengan model topologi jaringan secara tiga dimensi melalui perangkat *Android*. Dengan pendekatan *markerless tracking*, siswa cukup menggunakan kamera *smartphone* untuk menampilkan simulasi topologi di dunia nyata tanpa memerlukan media cetak khusus. Penggunaan *AR* diharapkan dapat

meningkatkan pemahaman konsep, memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik, serta mengatasi keterbatasan alat praktik di sekolah.

3.9 Perancangan Sistem

Setelah tahapan analisis sistem selesai dilakukan, tahapan selanjutnya adalah perancangan sistem. Perancangan sistem bertujuan untuk merumuskan gambaran teknis mengenai bagaimana sistem akan dibangun berdasarkan hasil analisis sebelumnya. Perancangan ini mencakup struktur sistem, desain interaksi pengguna, arsitektur teknologi yang digunakan, serta elemen-elemen penting lainnya yang mendukung keberhasilan pengembangan aplikasi *augmented reality*.

3.10 Perancangan Antarmuka (*Interface*)

Perancangan antarmuka sistem ini bertujuan untuk merancang tampilan visual yang akan digunakan oleh pengguna saat menjalankan aplikasi. Fokus utama dari perancangan antarmuka adalah menciptakan tampilan yang sederhana, intuitif, dan mudah dipahami agar pengguna dapat dengan mudah mengakses fitur-fitur yang disediakan.

3.11 Implementasi Sistem

Tahap implementasi sistem melibatkan berbagai komponen penunjang yang berperan penting dalam proses pembangunan aplikasi, baik dari sisi perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Spesifikasi perangkat yang digunakan dalam proses pengembangan sistem ini adalah sebagai berikut:

1. Perangkat Keras :
Processor : AMD Ryzen 5 3500U
Memori : 12 GB

- Sistem *Type* : 64-bit operating system
SSD : 500 GB
2. Perangkat Lunak antara lain :
- Operating System* : *Microsoft Windows 11 Home Single Language*
Tools : *Visual Studio, Unity, Blender.*

3.12 Pengujian Sistem

Pada tahap ini, dilakukan proses pengujian terhadap sistem yang telah dibangun dengan menggunakan metode *Black Box Testing*. Pengujian ini difokuskan sepenuhnya pada evaluasi fungsionalitas dari sudut pandang pengguna, di mana sistem dianggap sebagai "kotak hitam" tanpa perlu melihat struktur internal atau kode programnya. Proses pengujian dilakukan dengan memberikan serangkaian input kepada sistem dan kemudian memvalidasi apakah output yang dihasilkan sudah benar dan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa seluruh fitur berjalan sebagaimana mestinya, menemukan kesalahan fungsional, dan menjamin keandalan serta stabilitas aplikasi sebelum diserahkan kepada pengguna akhir.

3.13 Kesimpulan dan Saran

Bagian ini memuat ringkasan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, merangkum temuan utama serta pencapaian dalam proses pengembangan sistem. Selain itu, pada bagian ini juga disampaikan saran-saran yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas sistem di masa mendatang, serta memberikan rekomendasi yang dapat dijadikan referensi bagi penelitian serupa atau pengembangan lanjutan di bidang yang sama.