

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

##### **2.1.1 Pengertian Media Pembelajaran**

Media pembelajaran adalah alat atau sarana yang digunakan untuk menyampaikan materi pendidikan dan membantu proses belajar mengajar. Media ini mencakup berbagai bentuk, mulai dari bahan cetak seperti buku dan modul, hingga teknologi digital seperti video, animasi, dan aplikasi berbasis komputer. Dalam konteks modern, penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah menjadi sangat penting, memberikan berbagai peluang untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menarik. Media pembelajaran yang efektif mampu meningkatkan pemahaman siswa, memfasilitasi keterlibatan mereka, dan mendukung berbagai gaya belajar[7].

Pentingnya media pembelajaran dalam pendidikan tidak bisa diremehkan. Media ini berfungsi sebagai jembatan antara teori dan praktik, memungkinkan siswa untuk melihat dan merasakan konsep yang diajarkan secara lebih konkret. Misalnya, penggunaan video animasi dalam pembelajaran sains dapat membantu siswa memahami proses-proses kompleks yang sulit dijelaskan hanya dengan kata-kata[9]. Selain itu, media pembelajaran dapat diadaptasi untuk memenuhi kebutuhan individual siswa, memberikan dukungan tambahan bagi mereka yang membutuhkan bantuan ekstra, serta menantang mereka yang berada di depan dalam pemahaman konsep.

Di era digital saat ini, perkembangan teknologi telah mengubah cara kita memandang dan menggunakan media pembelajaran. *Augmented Reality* (AR) dan *Virtual Reality* (VR), misalnya, telah membawa pengalaman belajar ke level baru dengan memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan konten pendidikan dalam lingkungan yang imersif dan realistis. Penggunaan AR dalam pendidikan bencana, seperti sosialisasi gempa bumi dan tsunami, memberikan pengalaman langsung yang dapat meningkatkan kesadaran dan kesiapsiagaan siswa terhadap bencana. Dengan memanfaatkan media pembelajaran yang inovatif, pendidikan dapat menjadi lebih efektif, menarik, dan relevan dengan kebutuhan zaman.

### **2.1.2 Pengertian *Augmented Reality* (AR)**

*Augmented Reality* (AR) adalah teknologi yang menggabungkan dunia nyata dengan elemen-elemen digital yang dihasilkan oleh komputer. Dengan AR, pengguna dapat melihat dan berinteraksi dengan konten digital yang disematkan ke dalam lingkungan fisik mereka melalui perangkat seperti smartphone, tablet, atau headset AR khusus. Teknologi ini tidak hanya menghadirkan visual yang menarik tetapi juga memungkinkan interaksi yang lebih kaya dan mendalam antara pengguna dan dunia sekitarnya.

AR telah mengalami perkembangan yang signifikan sejak pertama kali diperkenalkan. Konsep dasar AR pertama kali diusulkan pada tahun 1968 oleh Ivan Sutherland, yang menciptakan "*The Sword of Damocles*" [10], [11], sebuah sistem tampilan kepala yang mendemonstrasikan dasar-dasar augmented reality. Sejak saat itu, teknologi AR telah berkembang pesat, terutama dalam dua dekade terakhir, dengan kemajuan dalam komputasi, sensor, dan tampilan visual. Peningkatan

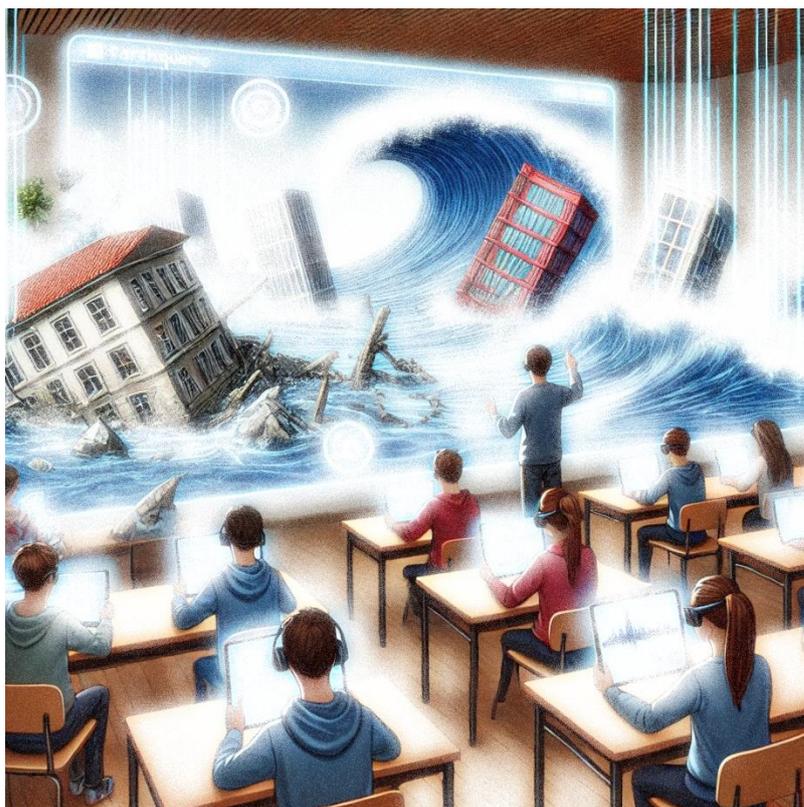
kekuatan pemrosesan komputer dan kemampuan grafis telah memungkinkan pembuatan aplikasi AR yang lebih kompleks dan realistis.

AR bekerja dengan menggabungkan data dari dunia nyata dengan konten digital. Sistem AR biasanya menggunakan kamera untuk menangkap gambar dunia nyata, kemudian perangkat lunak AR memproses gambar tersebut dan menambahkan elemen digital yang relevan. Misalnya, ketika menggunakan aplikasi AR pada smartphone, kamera perangkat menangkap gambar lingkungan fisik dan aplikasi menambahkan objek 3D atau informasi tambahan pada layar, seolah-olah objek digital tersebut berada di dunia nyata. Algoritma pemrosesan gambar dan sensor perangkat membantu dalam memastikan bahwa objek digital tetap berada pada posisi yang tepat bahkan ketika pengguna bergerak.

AR telah menemukan penerapan dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan[12], kesehatan, industri, hiburan, dan pemasaran. Dalam pendidikan, AR digunakan untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menarik, seperti menampilkan model 3D dari struktur tubuh manusia atau sejarah bangunan kuno. Di bidang kesehatan, AR membantu dalam prosedur bedah dengan memberikan panduan visual real-time kepada dokter. Dalam industri, AR digunakan untuk perawatan dan perbaikan mesin dengan memberikan panduan langkah demi langkah kepada teknisi. Dalam hiburan, AR populer dengan aplikasi seperti game Pokemon Go, yang memungkinkan pengguna menangkap karakter virtual di dunia nyata.

Dalam pendidikan, AR memiliki potensi besar untuk meningkatkan pengalaman belajar. Dengan AR, konsep-konsep abstrak dapat dijelaskan dengan

cara yang lebih visual dan interaktif. Misalnya, siswa dapat mempelajari sistem tata surya dengan melihat model 3D planet-planet yang bisa mereka rotasi dan pelajari lebih detail. Penggunaan AR juga dapat meningkatkan keterlibatan siswa dengan materi pelajaran, membuat proses belajar menjadi lebih menarik dan menyenangkan. Selain itu, AR dapat digunakan untuk menyediakan latihan praktis dan simulasi yang sebelumnya sulit atau tidak mungkin dilakukan di dalam kelas.



**Gambar II-1. Ilustrasi Gempa dan Tsunami pada AR**

AR juga telah merevolusi sektor kesehatan. Teknologi ini digunakan dalam berbagai aplikasi medis, mulai dari pelatihan hingga prosedur bedah. Dalam pelatihan medis, AR memungkinkan calon dokter dan perawat untuk berlatih dengan simulasi yang realistis tanpa risiko bagi pasien. Selama prosedur bedah, AR dapat memberikan panduan visual kepada dokter, menunjukkan informasi penting

seperti letak pembuluh darah atau struktur tulang di atas gambar nyata dari area bedah. Hal ini membantu dalam meningkatkan akurasi dan keselamatan prosedur medis.

Di sektor industri dan manufaktur, AR digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi. Teknisi dapat menggunakan headset AR untuk mendapatkan panduan visual real-time saat melakukan perawatan atau perbaikan mesin. AR dapat menampilkan instruksi langkah demi langkah di atas komponen fisik, mengurangi kesalahan dan waktu henti produksi. Selain itu, AR juga digunakan dalam proses desain dan prototyping, memungkinkan desainer untuk melihat dan memodifikasi model 3D dalam lingkungan nyata sebelum memproduksinya.

AR telah membawa dampak besar dalam dunia hiburan dan gaming. Game seperti Pokemon Go menunjukkan bagaimana AR dapat menciptakan pengalaman bermain yang unik dengan menggabungkan elemen digital ke dalam dunia nyata. AR juga digunakan dalam aplikasi hiburan lainnya, seperti filter wajah di media sosial yang menambahkan elemen virtual pada wajah pengguna. Teknologi ini memungkinkan pengembang untuk menciptakan pengalaman yang lebih interaktif dan menarik bagi pengguna.

Dalam pemasaran dan periklanan, AR digunakan untuk menciptakan kampanye yang lebih menarik dan interaktif. Misalnya, AR dapat digunakan dalam katalog produk, memungkinkan pelanggan untuk melihat produk dalam 3D dan menempatkannya di lingkungan mereka sebelum melakukan pembelian. Hal ini meningkatkan keterlibatan pelanggan dan membantu mereka membuat keputusan pembelian yang lebih informasional. Beberapa merek juga menggunakan AR dalam

kampanye iklan mereka untuk menciptakan pengalaman yang unik dan menarik bagi konsumen.

Meskipun AR memiliki banyak potensi, ada beberapa tantangan yang perlu diatasi untuk adopsi yang lebih luas. Salah satu tantangan utama adalah biaya pengembangan dan perangkat keras yang masih relatif tinggi. Selain itu, masalah privasi dan keamanan juga menjadi perhatian, terutama terkait dengan pengumpulan data yang dilakukan oleh aplikasi AR. Namun, dengan kemajuan teknologi yang terus berkembang, AR diharapkan akan menjadi lebih terjangkau dan aman. Masa depan AR terlihat cerah, dengan aplikasi yang semakin luas dalam berbagai bidang, dari pendidikan hingga hiburan, yang dapat mengubah cara kita berinteraksi dengan dunia di sekitar kita.

Augmented Reality adalah teknologi revolusioner yang menggabungkan dunia nyata dengan elemen digital, menciptakan pengalaman interaktif yang lebih kaya dan mendalam. Dari pendidikan dan kesehatan hingga industri, hiburan, dan pemasaran, AR memiliki aplikasi yang luas dan terus berkembang. Meskipun masih menghadapi beberapa tantangan, potensi AR untuk mengubah cara kita belajar, bekerja, dan bermain sangat besar. Dengan kemajuan teknologi yang terus berlangsung, AR akan semakin menjadi bagian integral dari kehidupan sehari-hari kita, membuka peluang baru dan meningkatkan kualitas pengalaman pengguna dalam berbagai aspek.

### **2.1.3 Media Pembelajaran menggunakan AR**

Media pembelajaran menggunakan *Augmented Reality* (AR) telah menjadi inovasi signifikan dalam dunia pendidikan, menawarkan cara-cara baru yang

menarik dan interaktif untuk mengajar dan belajar. Teknologi AR memungkinkan integrasi elemen-elemen digital, seperti gambar, video, dan animasi 3D, ke dalam dunia nyata, memberikan pengalaman belajar yang lebih hidup dan mendalam. Penggunaan AR dalam pendidikan tidak hanya membuat proses belajar lebih menarik tetapi juga membantu siswa memahami konsep-konsep yang kompleks dengan lebih mudah.

Salah satu manfaat utama media pembelajaran dengan AR adalah peningkatan keterlibatan siswa. AR menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menyenangkan, yang dapat meningkatkan motivasi dan minat siswa terhadap materi pelajaran. Misalnya, daripada hanya membaca tentang sistem tata surya dalam buku teks, siswa dapat melihat dan berinteraksi dengan model 3D planet-planet yang diproyeksikan di ruang kelas mereka. Ini membantu siswa untuk lebih memahami dan mengingat informasi dengan lebih baik.

AR juga sangat efektif dalam menjelaskan konsep-konsep abstrak yang sulit dipahami melalui metode pengajaran tradisional. Misalnya, dalam pelajaran sains, siswa dapat menggunakan aplikasi AR untuk melihat dan memanipulasi model 3D molekul atau struktur sel, memberikan mereka perspektif visual yang lebih jelas tentang bagaimana komponen-komponen ini berfungsi. Hal ini membuat pembelajaran menjadi lebih nyata dan membantu siswa mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam tentang materi yang dipelajari.

AR sangat bermanfaat dalam bidang pendidikan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Dalam pelajaran fisika, misalnya, siswa dapat menggunakan AR untuk memvisualisasikan vektor gaya, medan

magnet, atau gelombang elektromagnetik. Dalam matematika, AR dapat membantu siswa memahami konsep-konsep seperti grafik fungsi atau geometri ruang dengan memanipulasi objek-objek 3D. Dengan cara ini, AR membuat pembelajaran STEM lebih menarik dan mudah dipahami.

Media pembelajaran dengan AR juga mendukung pembelajaran kolaboratif. Siswa dapat bekerja sama dalam kelompok untuk menyelesaikan tugas atau proyek menggunakan AR. Misalnya, mereka dapat bersama-sama membangun model 3D bangunan bersejarah dalam pelajaran sejarah atau merancang solusi teknik dalam pelajaran rekayasa. Pembelajaran kolaboratif dengan AR tidak hanya meningkatkan keterlibatan siswa tetapi juga mengembangkan keterampilan sosial dan kerja tim yang penting.

AR juga memungkinkan penyesuaian pembelajaran dengan kebutuhan individu siswa. Setiap siswa dapat belajar dengan kecepatan mereka sendiri dan mengakses materi tambahan sesuai kebutuhan mereka. Misalnya, siswa yang memerlukan bantuan tambahan dapat menggunakan aplikasi AR untuk mengakses penjelasan tambahan atau simulasi praktis, sementara siswa yang lebih cepat memahami materi dapat melanjutkan ke tantangan berikutnya. Dengan demikian, AR mendukung pembelajaran yang lebih dipersonalisasi.

Media pembelajaran dengan AR juga membantu dalam mengembangkan keterampilan praktis siswa. Misalnya, dalam pelajaran biologi, siswa dapat menggunakan AR untuk melakukan diseksi virtual, mempelajari anatomi tanpa harus menggunakan spesimen nyata. Dalam pelajaran teknik, siswa dapat merancang dan menguji prototipe virtual sebelum membuat versi fisik. Dengan cara

ini, AR memberikan kesempatan bagi siswa untuk belajar dengan cara yang lebih praktis dan aplikatif.

Penggunaan AR dalam media pembelajaran tidak terbatas pada satu jenjang pendidikan saja. Dari pendidikan dasar hingga perguruan tinggi, AR dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di semua tingkatan. Di pendidikan dasar, AR dapat membuat pembelajaran lebih menyenangkan dan menarik bagi anak-anak. Di pendidikan menengah dan perguruan tinggi, AR[13] dapat digunakan untuk menjelaskan konsep-konsep yang lebih kompleks dan teknis, serta untuk melakukan penelitian dan eksperimen.

Meskipun banyak manfaatnya, implementasi AR dalam media pembelajaran juga menghadapi beberapa tantangan. Salah satu tantangan utama adalah biaya yang terkait dengan pengembangan dan pengadaan perangkat AR. Selain itu, ada juga kebutuhan untuk melatih guru dalam menggunakan teknologi ini secara efektif. Namun, dengan kemajuan teknologi yang terus berlanjut, diharapkan AR akan menjadi lebih terjangkau dan mudah diakses. Masa depan media pembelajaran dengan AR sangat cerah, dengan potensi untuk terus berkembang dan mengubah cara kita belajar dan mengajar.

Media pembelajaran dengan AR menawarkan banyak manfaat yang signifikan dalam meningkatkan keterlibatan siswa, pemahaman konsep, dan keterampilan praktis. Teknologi ini memungkinkan pengalaman belajar yang lebih interaktif, menarik, dan mendalam, yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan individu siswa. Meskipun ada tantangan dalam implementasinya, potensi AR untuk merevolusi pendidikan sangat besar. Dengan terus berkembangnya teknologi dan

semakin terjangkaunya perangkat AR, media pembelajaran ini diharapkan dapat menjadi bagian integral dari sistem pendidikan di masa depan, memberikan pengalaman belajar yang lebih kaya dan efektif bagi semua siswa.

#### **2.1.4 Pengertian Gempa Bumi**

Gempa bumi merupakan getaran / guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat terjadinya pelepasan energi secara tiba-tiba karena adanya pensesaran batuan kerak bumi di sepanjang zona penunjaman lempeng (subduksi) getaran yang dilepaskan adalah getaran seismik yang menjalar dalam bumi. Getaran seismik tersebut dirasakan sebagai gempa bumi setelah mencapai permukaan bumi.

Gempa bumi adalah bergetarnya permukaan tanah karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecah/slipnya massa batuan di lapisan kerak bumi. Gempa bumi secara pasti belum dapat diprediksi tempat dan waktu kejadian, magnitudo gempa maupun kedalaman fokus. Walaupun belum dapat diprediksi secara akurat, tetapi perkiraan tempat-tempa potensi kejadian gempa pada masa-masa mendatang sudah dapat diidentifikasi secara baik. Jenis gempa ditinjau dari penyebabnya adalah sebagai berikut ini.

1. Gempa tektonik. Gempa bumi jenis ini erat sekali hubungannya dengan aktivitas lempeng tektonik. Kerusakan lapis kerak bumi yang terjadi secara tiba-tiba menimbulkan getaran yang disebarkan ke semua arah yang selanjutnya merambat sampai permukaan tanah.
2. Gempa Vulkanik, gempa yang terjadi karena adanya aktivitas vulkanik seperti proses keluar magma panas ke atas permukaan tanah. Getaran tanah yang ditimbulkan oleh proses keluarnya magma panas secara paksa (meledak)

menyerupai gempa bumi walaupun insentisasnya kecil dibandingkan dengan gempa tektonik.

3. Gempa runtuh yaitu gempa yang terjadi karena adanya ledakan pada pekerjaan bawah tanah yang mengakibatkan runtuhnya lapisan batu/tanah juga dapat mengakibatkan getaran dalam tanah. Runtuhnya lapisan tanah baik runtuh di dalam gua-gua dan tambang-tambang dapat mengakibatkan getaran pada tanah sehingga mirip dengan gempa bumi meskipun skalanya relatif kecil.
4. Gempa Ledakan. Gempa ledakan terjadi karena adanya ledakan yang sangat besar di dalam tanah misalnya akibat percobaan ledakan nuklir, panas dan tekanan yang sangat tinggi. Energi getaran yang ditimbulkan akibat ledakan mengakibatkan getaran tersebut dapat merambat dipermukaan kesegala arah dan dapat dirasakan getarannya seperti gempa bumi.

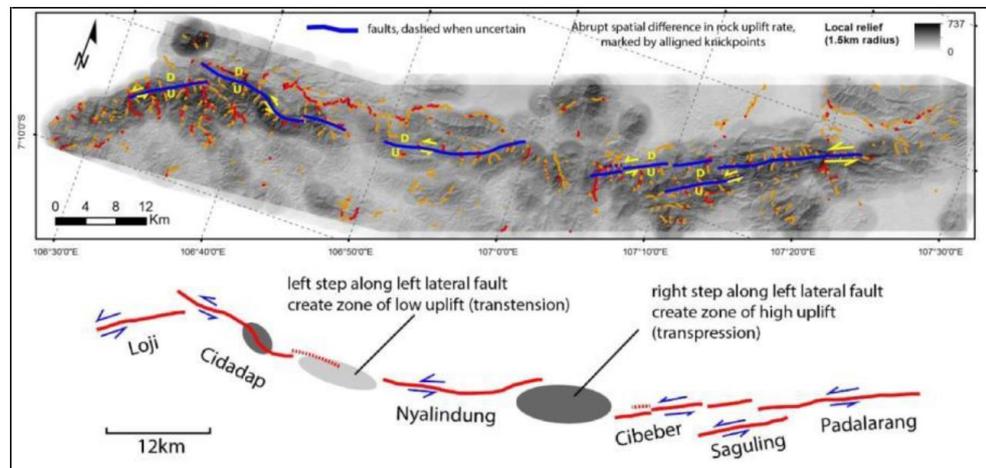
#### ***2.1.4.1 Sesar Darat di Jawa Barat***

Secara umum struktur geologi aktif di Jawa didominasi oleh sesar geser dan sesar naik. Beberapa sesar utama di Jawa Barat yang sudah diketahui antara lain:

1. Sesar Cimandiri

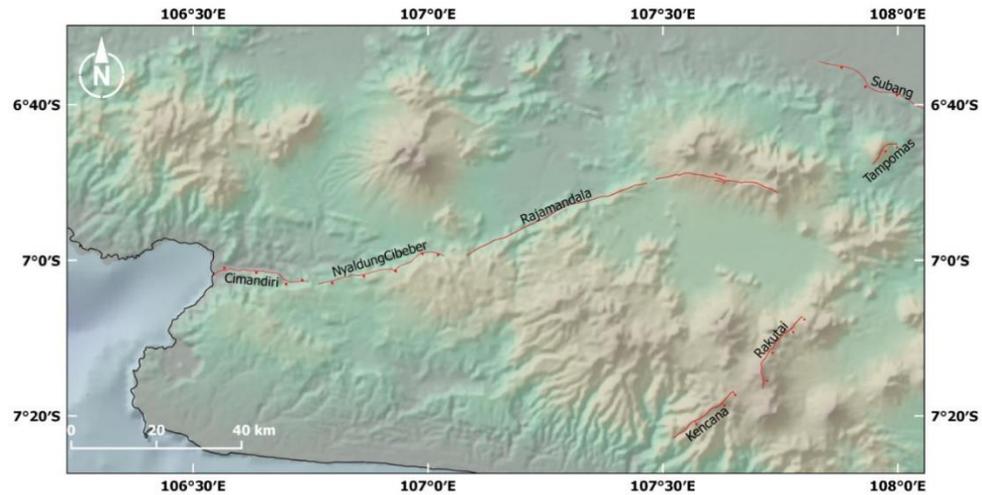
Sesar Cimandiri membentuk gawir sepanjang 100 km berarah NE-SW dari Padalarang hingga Pelabuhan Ratu di Jawa Barat. Zona sesar Cimandiri terdiri dari banyak sekali sesar naik dan sesar mendatar dengan arah orientasi barat-timur dan timur laut-barat daya, akan tetapi informasi lebih rinci dari sesar-sesar ini belum banyak diketahui. Menurut Marliyani dkk. (2016)[14],

[15], [16] sesar aktif dari zona sesar Cimandiri terdiri dari 6 segmen (Segmen Loji, Cidadap, Nyalindung, Cibeber, Saguling, dan Padalarang).



**Gambar II-2 Peta Segmen Sesar Mandiri (Marliyani, 2016)**

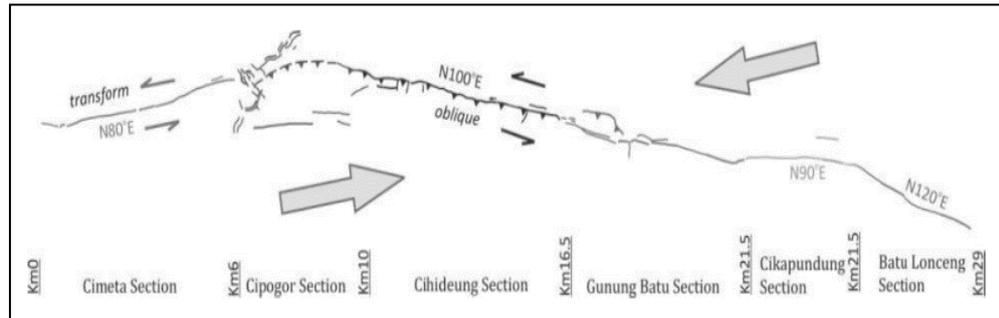
Berdasarkan Buku Peta Sumber dan Bahaya Gempa Bumi Tahun 2017 (Pusgen, 2017), terdapat nama segmen-segmen baru dari sesar Cimandiri yaitu Segmen Cimandiri (ekuivalen dengan segmen Cidadap dari Marliyani dkk., 2016), Cibeber-Nyalindung, dan Rajamandala (ekuivalen dengan segmen Saguling-Padalarang dalam Marliyani dkk., 2016). Estimasi maksimum magnitudo gempa bumi yang bisa terjadi akibat Sesar Cimandiri adalah sekitar  $M_{6,5} - M_{6,7}$  [17], [18].



**Gambar II-3 Peta Segmen Sesar Cimandiri (PUSGEN, 2017)**

## 2. Sesar Lembang

Sesar Lembang tergambar dengan jelas di topografi sebagai gawir yang memanjang barat-timur terletak di utara Kota Bandung di Jawa Barat (Tjia, 1968, Setiadji, 1997; Nossin, 2002; Supartoyo dkk., 2005)[19]. Sesar ini merupakan terusan dari ujung utara sesar Cimandiri. Menurut catatan sejarah, gempa besar pernah terjadi di sepanjang sesar ini pada tahun 1699, 1834 dan 1900 (Visser, 1922; Wichmann, 1918). Daryono (2016)[20] meneliti secara detail sesar ini dengan menggunakan metode tektonik geomorfologi dan paleoseismology kemudian membagi sesar Lembang menjadi 6 bagian yaitu Cimeta, Cipogor, Cihideng, Gunung Batu, Cikapundung, dan Batu Lenceng. Hasil pengukuran slip rate geologi dari Sesar Lembang berkisar antara 2 sampai 6 mm/tahun (Daryono, 2016). Estimasi maksimum magnitudo gempa bumi yang bisa terjadi akibat Sesar Lembang adalah sekitar M6,8.



**Gambar II-4 Kinematika Sesar Lembang dan Pembagiannya menurut Daryono (2016)**

3. Sesar Baribis

Sesar Baribis di Jawa Barat, memanjang dari Majalengka sampai Subang, merupakan ujung utara dari imbrikasi belakang busur di Jawa Barat. Sesar ini teridentifikasi sebagai sesar naik yang dapat diamati dari topografi dan seismik refleksi. Terdapat beberapa segmen Sesar Baribis – Kendeng yang ada di Jawa Barat antara lain:

- a) Segmen Subang merupakan segmen Sesar Baribis dengan mekanisme sesar naik dan estimasi maksimum magnitudo gempa bumi sekitar M6,5.
- b) Segmen Cirebon 1 merupakan segmen Sesar Baribis dengan mekanisme sesar naik dan estimasi maksimum magnitudo gempa bumi sekitar M6,2.
- c) Segmen Cirebon 2 merupakan segmen Sesar Baribis dengan mekanisme sesar naik dan estimasi maksimum magnitudo gempa bumi sekitar M6,5.
- d) Segmen Ciremai merupakan sesar dengan mekanisme sesar geser dengan estimasi maksimum magnitudo gempa bumi sekitar M6,5.

4. Sesar Garsela

Sesar Garsela (Garut Selatan) terbagi menjadi dua bagian yaitu Segmen Kencana dan Rakutai. Segmen Kencana sepanjang 17km berarah barat daya dengan estimasi maksimum magnitudo gempa bumi sekitar M5,7, adapun segmen Rakutai sejauh 19km membentang searah timur laut dengan estimasi maksimum magnitudo gempa bumi sekitar M6,2.

#### **2.1.4.2 Peta Guncangan BMKG**

Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika merupakan lembaga resmi yang ada di Indonesia sebagai pemberi informasi dini Gempa bumi kepada masyarakat di seluruh wilayah Indonesia. Salah satu produk yang diberikan BMKG kepada masyarakat adalah informasi yang tepat dan akurat sehingga masyarakat siap menanggulangi dan menghadapi bencana gempa bumi. Seismologi teknik BMKG memberikan informasi dalam bentuk peta sebaran daerah gempa bumi kuat sebagai dampak terjadinya gempa bumi yang bersumber dari data akselerograf dan sumber informasi dari wilayah setempat. Dampak yang ditimbulkan akibat gempa bumi dapat diketahui umumnya berdasarkan hasil observasi dari orang-orang yang mengamati atau mengalami gempa bumi tersebut. Seringkali tingkat kerusakan yang disampaikan sangat beragam yang seringkali menimbulkan kekeliruan interpretasi. Untuk mengatasi hal tersebut, pada tahun 1906 ditemukan sistem klasifikasi tingkat dampak gempa bumi oleh Giuseppe Mercalli.

Sistem klasifikasi ini dikenal dengan skala intensitas gempa bumi dimana pada tahun 1931 dilakukan modifikasi dan dikenal hingga saat ini dengan istilah skala Intensitas Modifikasi Mercalli atau MMI (*Modified Mercalli Intensity*).

Skala Mercalli (Modified Mercalli Intensity)		
MMI	GoL.	Observasi Kerusakan
I	Instrumental	Hanya terbaca pada alat sesimograf, Hampir tidak terasa
II	Sangat Lemah	Dirasakan sedikit orang, terutama orang pada bagian atas bangunan bertingkat
III	Agak Lemah	Dirasakan orang yang berada pada bangunan bertingkat, Getaran seperti truk yang melintas,
IV	Lemah	Dirasakan banyak orang, perabot rumah tangga tergoncang, benda yang tergantung berayung, seperti ada truk yang menabrak bangunan
V	Agak kuat	Dirasakan setiap orang, perabot rumah tangga rusak, benda yang tidak stabil tergoncang, bergeser, atau terbalik/jatuh
VI	Kuat	Dirasakan setiap orang, sulit berdiri stabil, plafon retak/jatuh, retak pada tembok, plester tembok terkelupas
VII	Sangat Kuat	Kerusakan ringan pada bangunan berkonstruksi, kokoh, pada bangunan berkualitas buruk mengalami kerusakan sedang
VIII	Merusak	Kerusakan ringan pada bangunan berkonstruksi, kokoh, pada bangunan berkualitas buruk mengalami kerusakan sedang-besar/rubuh
IX	Hebat	Kerusakan sedang-berat pada bangunan berkonstruksi, kokoh, pergeseran fondasi, terdapat rekahan di permukaan tanah
X	Sangat Hebat	Kebanyakan bangunan batu, kolom, dan fondasi hancur, retakan lebar di permukaan tanah longsor pada lereng, kerusakan parah
XI	Ekstrim	Kerusakan total, hanya sedikit bangunan utuh dan bertahan, retakan lebar di permukaan tanah, gelombang terlihat di permukaan tanah
XII	Sangat Ekstrim	Kerusakan total. gelombang terlihat di permukaan, benda-benda terlempar ke udara

**Gambar II-5 Skala Modified Mercalli Intensity (MMI)**

Skala intensitas MMI membagi dampak gempa bumi ke dalam 12 (dua belas) tingkatan berdasarkan dampak gempa bumi yang terjadi pada manusia, benda dan bangunan. Semakin besar angka intensitas MMI, maka semakin parah dampak yang ditimbulkan oleh gempa bumi.

Dampak gempa bumi terutama gempa besar pada jarak yang dekat seringkali sangat signifikan sehingga observasi mengenai dampak kerusakan tidak dapat dilakukan dan dilaporkan. Oleh karena itu, oleh *United States Geological Survey* (USGS) mengembangkan suatu perangkat perhitungan skala intensitas MMI pasca gempa bumi berdasarkan pemodelan gerakan tanah (*ground motion*) menggunakan parameter gempa seperti magnitudo, lokasi, serta kedalaman sumber gempa. Perangkat dikenal dengan nama shakemap. Shakemap menggambarkan peta sebaran intensitas gempa bumi dalam skala MMI akibat suatu gempa bumi. Shakemap adalah sebuah program untuk memperkirakan besarnya guncangan

permukaan tanah akibat suatu gempa bumi. Sistem shakemap dapat digunakan untuk memetakan perkiraan gerakan tanah untuk skenario gempa juga sebagai data nyata. Peta skenario dapat digunakan untuk memeriksa keterpaparan suatu daerah untuk gempa bumi potensial tertentu. Shakemap secara otomatis menyertakan lokal efek karena kondisi situs. Dari peta ini dimungkinkan memprioritaskan skenario gempa terbaik untuk digunakan dalam perencanaan dengan mempertimbangkan kemungkinan besar sesar gempa utama, disusul kemungkinan berikutnya, dan seterusnya. Sehingga didapatkan kontribusi masing-masing gempa bumi terhadap bahaya seismik total, probabilitas terjadinya, dan tingkat besarnya gerakan tanah.

#### **2.1.5 Pengertian Tsunami**

Tsunami adalah gelombang laut besar yang disebabkan oleh gangguan mendadak di dasar laut, seperti gempa bumi bawah laut, letusan gunung berapi, tanah longsor, atau bahkan jatuhnya meteor. Gelombang tsunami berbeda dari gelombang biasa yang disebabkan oleh angin, tsunami memiliki panjang gelombang yang sangat panjang dan kecepatan yang luar biasa. Ketika terjadi di laut dalam, gelombang tsunami mungkin hanya tampak sebagai riak kecil di permukaan air, tetapi saat mendekati pantai, gelombang ini dapat meningkat secara dramatis dalam ketinggian dan membawa energi yang besar, menyebabkan kerusakan yang signifikan.

Tsunami biasanya diawali dengan penurunan atau kenaikan air laut secara tiba-tiba, yang sering disalahartikan sebagai pasang surut. Setelah itu, serangkaian gelombang besar bisa mengikuti, dengan interval waktu antara beberapa menit hingga beberapa jam. Gelombang pertama yang mencapai pantai mungkin bukan

yang terbesar dan gelombang berikutnya bisa menjadi lebih besar dan lebih merusak. Oleh karena itu, penting untuk tetap waspada setelah gelombang pertama dan mengikuti instruksi evakuasi dari otoritas setempat.

Dampak dari tsunami sangat merusak, baik secara fisik maupun sosial-ekonomi. Gelombang besar yang menghantam pantai bisa menghancurkan bangunan, infrastruktur, dan menghanyutkan benda-benda besar. Selain itu, tsunami juga bisa menyebabkan banjir yang luas, mencemari sumber air bersih, dan menghancurkan lahan pertanian. Di samping kerusakan fisik, tsunami juga menimbulkan korban jiwa yang signifikan dan trauma psikologis bagi para penyintas. Pemulihan dari bencana ini bisa memakan waktu bertahun-tahun dan membutuhkan bantuan internasional.

Pencegahan dan mitigasi tsunami melibatkan berbagai strategi, mulai dari pendidikan dan sosialisasi masyarakat tentang tanda-tanda awal tsunami dan langkah-langkah evakuasi yang aman, hingga pembangunan infrastruktur yang tahan terhadap gelombang besar. Sistem peringatan dini tsunami, yang menggunakan jaringan sensor seismik dan buoy di laut, juga sangat penting. Sistem ini dapat mendeteksi gempa bawah laut dan perubahan permukaan laut yang mungkin menunjukkan tsunami yang akan datang, memberikan waktu yang berharga bagi evakuasi. Upaya-upaya ini, bersama dengan kesadaran dan kesiapsiagaan masyarakat, dapat mengurangi risiko dan dampak dari tsunami, menyelamatkan nyawa dan mengurangi kerugian materi.

### **2.1.6 Pengertian COBIT**

COBIT (*Control Objectives for Information and Related Technologies*) adalah kerangka kerja manajemen dan tata kelola TI[21], [22] yang dikembangkan oleh ISACA. COBIT menyediakan prinsip, praktik, alat, dan model yang dirancang untuk membantu perusahaan mengelola dan mengatur informasi dan teknologi yang mereka gunakan. Dengan memanfaatkan COBIT, organisasi dapat memastikan bahwa TI mereka mendukung dan memperluas tujuan bisnis mereka, memenuhi kebutuhan pemangku kepentingan, dan mematuhi peraturan dan standar industri. COBIT menawarkan panduan untuk integrasi praktik terbaik dalam pengelolaan TI, memastikan bahwa risiko diminimalkan dan peluang dimaksimalkan.

COBIT telah mengalami beberapa revisi untuk tetap relevan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan bisnis. COBIT 5[23], yang diperkenalkan pada tahun 2012, menjadi dasar yang kokoh untuk tata kelola TI dengan mengintegrasikan berbagai framework dan standar yang ada. COBIT 5 berfokus pada lima prinsip utama: memenuhi kebutuhan pemangku kepentingan, mencakup keseluruhan perusahaan, menerapkan pendekatan tunggal yang terintegrasi, memungkinkan pendekatan holistik, dan memisahkan tata kelola dari manajemen[24]. Prinsip-prinsip ini dirancang untuk memberikan panduan yang komprehensif dalam mengelola dan mengatur informasi dan teknologi dalam organisasi.

COBIT 2019, sebagai versi terbaru, membawa beberapa perbaikan dan pembaruan signifikan dari COBIT 5. Salah satu perbedaan utama adalah fleksibilitas yang lebih besar dalam penerapannya, memungkinkan organisasi untuk

menyesuaikan kerangka kerja sesuai dengan kebutuhan spesifik mereka. COBIT 2019 juga memperkenalkan konsep "Focus Areas" yang lebih spesifik dan terperinci, seperti *cybersecurity*, *DevOps*, dan *Small and Medium Enterprises* (SMEs). Ini membantu organisasi untuk lebih fokus pada area-area kritis yang relevan dengan operasi mereka. Selain itu, COBIT 2019 menambahkan lebih banyak panduan praktis dan contoh kasus untuk membantu implementasi yang lebih efektif.

Perbedaan lainnya adalah penyempurnaan model kemampuan dan kematangan proses dalam COBIT 2019. Model ini memberikan panduan yang lebih jelas dan terstruktur untuk menilai dan meningkatkan kemampuan proses TI organisasi. COBIT 2019 juga memperkenalkan framework yang lebih dinamis yang mencakup pembaruan rutin, memastikan bahwa kerangka kerja ini tetap *up-to-date* dengan tren dan teknologi terbaru. Ini berbeda dengan pendekatan statis COBIT 5, yang lebih kaku dan kurang adaptif terhadap perubahan cepat di dunia teknologi.

Secara keseluruhan, COBIT 2019 memberikan peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan COBIT 5, menawarkan fleksibilitas yang lebih besar, panduan yang lebih terperinci, dan pendekatan yang lebih dinamis dan adaptif. Bagi organisasi yang mencari kerangka kerja manajemen dan tata kelola TI yang komprehensif, relevan, dan mudah disesuaikan dengan kebutuhan spesifik mereka, COBIT 2019 adalah pilihan yang sangat tepat. Pembaruan ini memastikan bahwa COBIT tetap menjadi standar emas dalam tata kelola TI, membantu organisasi mengelola risiko, meningkatkan kinerja, dan mencapai tujuan bisnis mereka dengan lebih efektif.

COBIT 2019 menyusun tata kelola dan manajemen TI ke dalam lima domain utama yang masing-masing mencakup serangkaian proses. Domain-domain ini dirancang untuk mengelompokkan aktivitas dan fokus area yang relevan dalam pengelolaan dan tata kelola TI. Berikut adalah penjelasan mengenai domain-domain tersebut[25], [26]:

#### **2.1.6.1 Evaluate, Direct and Monitor (EDM)**

Domain EDM berkaitan dengan tanggung jawab tata kelola dan memastikan bahwa kebutuhan, kondisi, dan opsi pemangku kepentingan dievaluasi untuk menentukan tujuan yang seimbang dan disepakati. Aktivitas utama dalam domain ini meliputi:

1. **EDM01:** Menentukan dan Mengelola Kerangka Kerja Tata Kelola
2. **EDM02:** Memastikan Realisasi Manfaat
3. **EDM03:** Memastikan Pengoptimalan Risiko
4. **EDM04:** Memastikan Pengoptimalan Sumber Daya
5. **EDM05:** Memastikan Transparansi Kinerja dan Keselarasan

Domain ini fokus pada pengawasan dan evaluasi kinerja TI, serta memberikan arahan strategis untuk memastikan bahwa TI mendukung tujuan bisnis organisasi.

#### **2.1.6.2 Align, Plan and Organize (APO)**

Domain APO mencakup proses untuk perencanaan dan organisasi yang memastikan strategi TI selaras dengan tujuan bisnis, serta pengelolaan TI dilakukan secara efektif dan efisien[27]. Proses dalam domain ini meliputi:

1. **APO01:** Mengelola Kerangka Kerja Manajemen TI

2. **APO02:** Mengelola Strategi
3. **APO03:** Mengelola Arsitektur Perusahaan
4. **APO04:** Mengelola Inovasi
5. **APO05:** Mengelola Portofolio
6. **APO06:** Mengelola Anggaran dan Biaya
7. **APO07:** Mengelola Sumber Daya Manusia
8. **APO08:** Mengelola Hubungan
9. **APO09:** Mengelola Layanan
10. **APO10:** Mengelola Supplier
11. **APO11:** Mengelola Kualitas
12. **APO12:** Mengelola Risiko
13. **APO13:** Mengelola Keamanan

Domain APO membantu memastikan bahwa semua aktivitas dan sumber daya TI terencana dan diorganisasikan dengan baik untuk mendukung tujuan strategis perusahaan.

### ***2.1.6.3 Build, Acquire and Implement (BAI)***

Domain BAI fokus pada perolehan, pengembangan, dan implementasi solusi TI serta integrasi mereka ke dalam proses bisnis. Proses dalam domain ini meliputi:

1. **BAI01:** Mengelola Program dan Proyek
2. **BAI02:** Mengelola Definisi Persyaratan
3. **BAI03:** Mengelola Identifikasi dan Pembangunan Solusi
4. **BAI04:** Mengelola Ketersediaan dan Kapasitas

5. **BAI05:** Mengelola Organisasi Perubahan dan Transformasi
6. **BAI06:** Mengelola Perubahan
7. **BAI07:** Mengelola Penerimaan dan Transisi Perubahan
8. **BAI08:** Mengelola Pengetahuan
9. **BAI09:** Mengelola Aset
10. **BAI10:** Mengelola Konfigurasi

Domain ini mencakup seluruh siklus hidup pengembangan dan implementasi solusi TI, memastikan bahwa solusi yang diimplementasikan memenuhi kebutuhan bisnis dan diintegrasikan dengan baik ke dalam lingkungan yang ada.

#### ***2.1.6.4 Deliver, Service and Support (DSS)***

Domain DSS mencakup proses operasional yang bertujuan untuk memberikan layanan TI yang andal dan efisien, serta mendukung pengguna dalam menggunakan layanan tersebut. Proses dalam domain ini meliputi:

1. **DSS01:** Mengelola Operasi
2. **DSS02:** Mengelola Permintaan dan Insiden Layanan
3. **DSS03:** Mengelola Masalah
4. **DSS04:** Mengelola Kontinuitas
5. **DSS05:** Mengelola Keamanan Layanan
6. **DSS06:** Mengelola Kontrol Proses Bisnis

Domain ini memastikan bahwa layanan TI diberikan secara konsisten, pengguna didukung dengan baik, dan masalah diselesaikan dengan efisien untuk meminimalkan gangguan bisnis.

#### **2.1.6.5 Monitor, Evaluate and Assess (MEA)**

1. **MEA01:** Mengelola Kinerja dan Keselarasan
2. **MEA02:** Mengelola Sistem Pengendalian Internal
3. **MEA03:** Memastikan Kepatuhan dengan Persyaratan Eksternal

Domain MEA memastikan bahwa kinerja TI dievaluasi secara berkelanjutan, kontrol internal dipantau, dan organisasi mematuhi persyaratan eksternal yang relevan.

Secara keseluruhan, domain-domain COBIT 2019 memberikan kerangka kerja komprehensif untuk memastikan bahwa tata kelola dan manajemen TI dilakukan secara efektif dan efisien, selaras dengan tujuan bisnis dan kebutuhan pemangku kepentingan.

## **2.2 Penelitian Terdahulu**

Berikut ini adalah empat penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian tesis ini:

### **2.2.1 Penelitian tentang Efektivitas Augmented Reality dalam Pembelajaran**

Penelitian dengan judul *“The Impact of Augmented Reality on Students' Learning Performance in Science Education: A Meta-Analysis,”* oleh Liu, Y., dan Lin, P. Tahun 2019. Penelitian ini mengkaji berbagai studi tentang penggunaan augmented reality (AR) dalam pendidikan sains dan menyimpulkan bahwa AR memiliki dampak positif yang signifikan terhadap kinerja belajar siswa. Studi ini menunjukkan bahwa AR dapat meningkatkan pemahaman konsep dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran.

### **2.2.2 Penelitian tentang Pendidikan Kebencanaan Menggunakan Teknologi**

Penelitian dengan judul *“Utilizing Virtual Reality and Augmented Reality for Disaster Preparedness Education,”* oleh Chen, W., & Wang, J. Tahun 2018. Penelitian ini mengevaluasi penggunaan VR dan AR untuk pendidikan kesiapsiagaan bencana. Hasilnya menunjukkan bahwa teknologi ini dapat meningkatkan kesadaran dan pengetahuan siswa tentang tindakan yang harus diambil selama bencana alam, seperti gempa bumi dan tsunami.

### **2.2.3 Penelitian tentang Penerapan COBIT dalam Evaluasi Teknologi**

#### **Pendidikan**

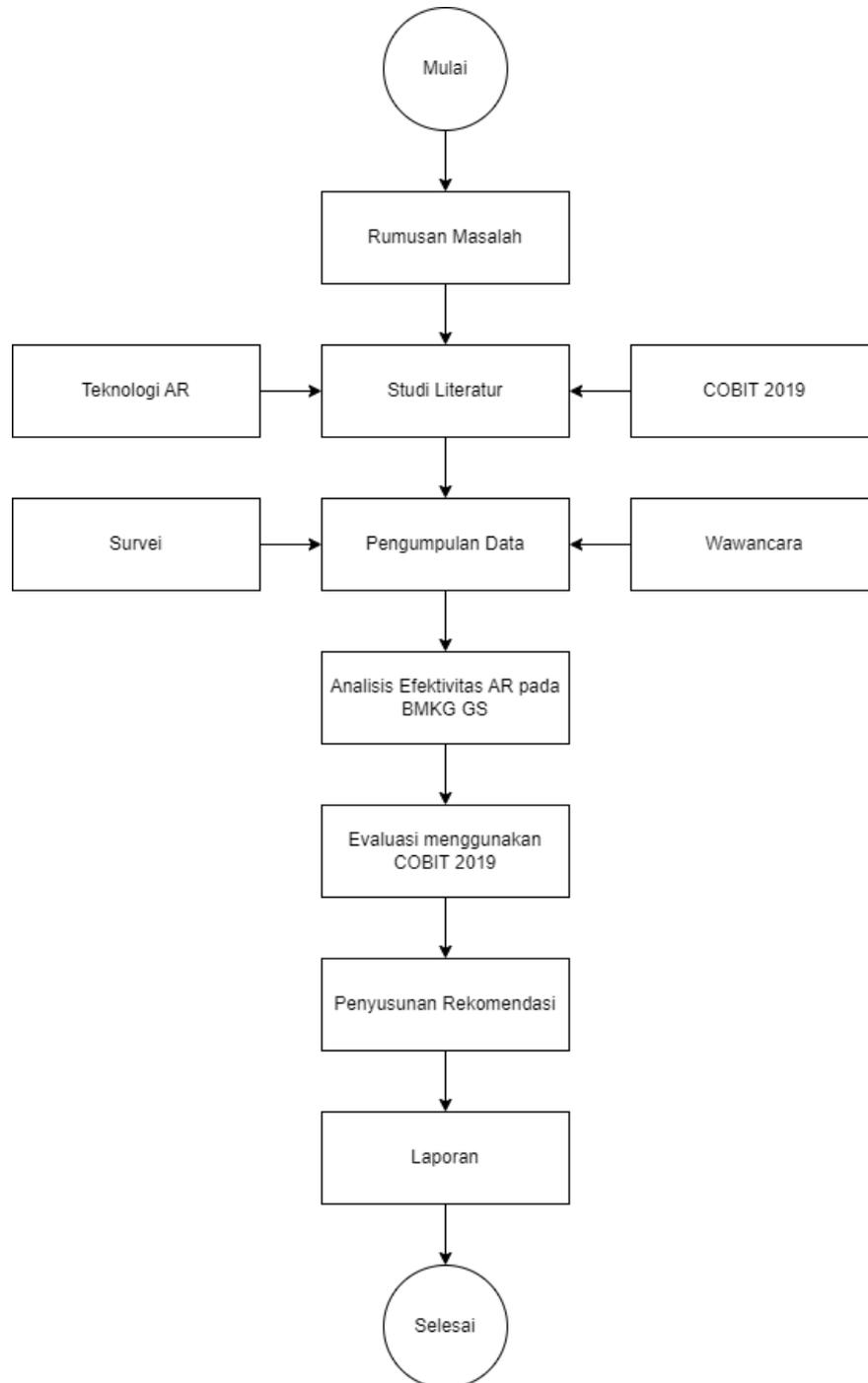
Penelitian dengan judul *“Applying COBIT Framework to Evaluate the Effectiveness of Educational Technologies,”* oleh Rahman, A., & Sugiharto, B. Tahun 2020. Penelitian ini menjelaskan bagaimana kerangka kerja COBIT dapat digunakan untuk menilai efektivitas teknologi pendidikan. Studi ini memberikan panduan tentang bagaimana prinsip dan praktik COBIT dapat diterapkan dalam konteks evaluasi teknologi yang digunakan dalam proses pembelajaran.

### **2.2.4 Penelitian tentang Media Pembelajaran dalam Sosialisasi Bencana**

Penelitian dengan judul *“Evaluating Educational Tools for Earthquake Preparedness: A Comparative Study,”* oleh Nakamura, H., & Tanaka, K. Tahun 2017. Penelitian ini membandingkan berbagai alat pendidikan yang digunakan untuk sosialisasi kesiapsiagaan gempa bumi. Studi ini menemukan bahwa alat pendidikan yang interaktif, seperti simulasi dan AR, lebih efektif dalam meningkatkan kesiapsiagaan siswa dibandingkan dengan metode tradisional.

### 2.3 Kerangka Pemikiran

Berikut ini adalah kerangka pemikiran atau tahapan penelitian pada tesis ini.



**Gambar II-6. Kerangka Penelitian**