

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN KAJIAN TEORI

A. Model pembelajaran *Inquiry-based Learning*

Model pembelajaran *Inquiry learning* merupakan suatu model pembelajaran yang menekankan pada keterlibatan aktif siswa dalam mengeksplorasi, menyelidiki, dan menemukan sendiri konsep-konsep melalui proses bertanya, mencari informasi, serta menyimpulkan. Dalam model ini, siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif dari guru, tetapi menjadi bagian utama dalam membangun pengetahuan mereka sendiri (Sanjaya, 2016). *Inquiry learning* mengembangkan keterampilan berpikir ilmiah dan menjadikan siswa lebih mandiri dalam proses belajar.

Model *inquiry learning* membantu siswa untuk berpikir secara reflektif melalui serangkaian kegiatan eksplorasi dan penyelidikan terhadap suatu fenomena. Dalam konteks ini, *Inquiry learning* dapat membentuk pengalaman belajar yang bermakna karena siswa melakukan proses belajar secara aktif dan kontekstual. *Inquiry learning* bukan hanya soal mencari jawaban, tetapi juga melatih siswa dalam mengajukan pertanyaan dan menyusun strategi untuk menjawabnya (Joyce *et al.*, 2009).

Pendekatan ini memiliki beberapa ciri khas, antara lain berpusat pada siswa, memfokuskan pada proses penemuan, serta mendorong aktivitas berpikir kritis dan analitis. Hasil belajar dalam model *inquiry learning* tidak semata berupa hafalan fakta, melainkan pemahaman konseptual yang lebih dalam (Trianto, 2010). Dengan demikian, pendekatan ini sangat cocok untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, termasuk keterampilan berpikir kritis.

Proses pembelajaran *Inquiry learning* umumnya mengikuti tahapan-tahapan sistematis, seperti orientasi, merumuskan masalah, merumuskan hipotesis, merancang eksperimen, mengumpulkan dan menganalisis data, serta menarik kesimpulan (Sund & Trowbridge, 1973). Tahapan ini dapat dimodifikasi sesuai konteks pembelajaran dan karakteristik siswa, namun

prinsip dasarnya tetap sama, yaitu membangun pengetahuan melalui penyelidikan.

Menurut Hosnan (2014), *Inquiry learning* mengarahkan siswa untuk menemukan sendiri konsep atau prinsip melalui kegiatan ilmiah, seperti mengamati, merumuskan masalah, mengajukan dugaan, melakukan eksperimen, mengumpulkan dan menganalisis data, serta membuat kesimpulan. Oleh karena itu, pendekatan ini selaras dengan prinsip pembelajaran abad 21 yang menuntut siswa untuk aktif, kolaboratif, serta memiliki kemampuan memecahkan masalah.

Keunggulan dari pendekatan ini terletak pada kemampuannya untuk mengembangkan berbagai keterampilan siswa secara holistik, termasuk kognitif, afektif, dan psikomotorik. Selain itu, *Inquiry learning* dapat menumbuhkan rasa ingin tahu, sikap ilmiah, serta kebiasaan berpikir kritis dan logis (Arends, 2012). Dengan pembelajaran yang berbasis penyelidikan, siswa akan lebih terlibat secara emosional maupun intelektual dalam proses belajar.

Namun, model *inquiry learning* juga memiliki tantangan dalam implementasinya. Tidak semua siswa terbiasa belajar secara mandiri dan aktif, sehingga membutuhkan bimbingan guru yang tepat. Selain itu, keterbatasan waktu, sumber daya, dan fasilitas kadang menjadi kendala tersendiri (Nurdin, 2016). Oleh karena itu, peran guru sebagai fasilitator sangat penting dalam merancang pengalaman belajar *Inquiry learning* yang efektif.

Dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangannya, pendekatan pembelajaran *Inquiry learning* tetap menjadi pilihan yang relevan untuk menciptakan pembelajaran bermakna yang mendorong siswa berpikir kritis. Ketika dikombinasikan dengan media inovatif seperti *Augmented Reality*, pendekatan ini memiliki potensi besar untuk meningkatkan keterlibatan dan pencapaian siswa dalam pembelajaran sains maupun bidang lainnya (Hake, 2018).

B. Keterampilan Berpikir Kritis

Manusia adalah makhluk yang paling utama dan paling sempurna jika dibandingkan dengan makhluk Allah SWT yang lainnya karena manusia dibekali kemampuan yang tidak makhluk lain miliki yaitu berkaitan dengan kemampuan berpikir. Hal ini sudah tercantum dalam al-Qur'an surah al-imran ayat 190-191 (Qur'an Surah Al-Imran 190).

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ
وَاجْتِلَافِ اللَّيْلِ
وَالنَّهَارِ آيَاتٍ لِّأُولِي الْأَبْصَارِ ﴿١٩٠﴾

Artinya : “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang berakal*”.

Salah satu rahmat Allah SWT kepada manusia yaitu diberikan akal untuk berpikir. Kemampuan berpikir adalah kemampuan yang diperlukan untuk menghadapi persoalan sosial dan setiap aspek kehidupan. Terdapat beberapa macam jenis-jenis berpikir yakni berpikir kreatif, berpikir kritis, dan kemampuan pemecahan masalah (Kalelioghu & Gulbahar, 2014).

1. Pengertian keterampilan berpikir kritis

Agar dapat menghadapi persoalan kehidupan baik dalam ruang lingkup bermasyarakat maupun personal, dalam aspek sosial maupun lainnya seseorang dituntut harus memiliki keterampilan berpikir kritis. Facione (2011) menyatakan berpikir kritis adalah proses dalam menentukan keputusan melalui pengaturan diri sehingga menghasilkan beberapa aspek diantaranya adalah interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, maupun pemaparan dengan menggunakan suatu konsep, bukti, kriteria, dan metodologi yang menjadi landasan pengambilan keputusan. Lebih dari itu Choy & Cheach (2009) mengartikan bahwa berpikir kritis sebagai proses kompleks yang melibatkan kemampuan kognitif dan berpikir tingkat tinggi dalam memproses informasi.

Menurut Ennis (2011) Berpikir kritis merupakan kemampuan berpikir yang beralasan dan reflektif yang difokuskan pada apa yang dilakukan atau

dipercayai. Berpikir kritis berarti berpikir secara logis dan beralasan dengan fokus pada pilihan. Hal ini mencakup kemampuan untuk mengintegrasikan, memperkirakan, memberikan klarifikasi dasar, menyimpulkan, dan membuat keputusan (Nuryanti *et al.*, 2018).

Berkaitan dengan pendidikan abad 21 yang mengharuskan siswa memiliki keterampilan berpikir kritis, maka berpikir kritis merupakan salah satu tuntutan dan terdapat dalam kurikulum sebagai upaya untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa yang termuat dalam Standar kompetensi Lulusan (SKL) sekolah. Dengan adanya keharusan untuk memiliki kemampuan ini siswa diharapkan mampu mengamati, menanya, mengolah, mencoba, menyaji, menalar dan mencipta dengan mandiri sesuai bakat dan minatnya berdasarkan hasil dari pengembangan diri siswa melalui pembelajaran yang melibatkan kemampuan berpikir kritis (Susilawati, *et al.*, 2020).

Keterampilan berpikir kritis ini adalah suatu kemampuan yang sudah dimiliki setiap orang namun pada kualitasnya keterampilan ini dapat dikembangkan, dilatih dan diukur melalui pendidikan dan cara dalam belajar. Salah satu upaya atau langkah untuk mengembangkan dan melatih keterampilan berpikir kritis adalah dengan cara pengalaman nyata melalui proses pembelajaran yang dapat dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari peserta didik atau dengan pengalaman secara langsung terhadap objek yang sedang dipelajari melalui media pembelajaran kreatif (Lambertus, 2009).

2. Permasalahan Rendahnya Berpikir Kritis

Menurut Vari (2022) mengungkapkan bahwa revolusi industri saat 4.0 mempengaruhi perkembangan di dalam kehidupan masyarakat dalam banyak bidang termasuk dalam pendidikan dalam pembelajaran IPA sehingga karakter belajar di Abad 21 ini mengharuskan siswa untuk memiliki keterampilan berpikir kritis yang baik.

Dengan beberapa upaya meningkatkan berpikir kritis ini, salah satunya siswa diharapkan mampu untuk belajar secara mandiri dan menyelesaikan permasalahan dalam pembelajaran namun tetap dibantu atau dibimbing oleh

guru yang berperan sebagai fasilitator dalam prosesnya agar dapat mencapai tahapan belajar mandiri secara kritis dan kreatif. Untuk menunjang hal ini, penggunaan media sangat penting dalam memfasilitasi proses pengembangan keterampilan berpikir kritis melalui media *Augmented Reality* (Iqliya & Kustijono 2019).

Selanjutnya Menurut Kudi (2009) menyatakan untuk melatih keterampilan berpikir kritis tentunya diperlukan media pembelajaran salah satunya dengan menggunakan *Augmented Reality* (AR) yang mana hal ini dapat mendukung daya imajinatif dan berpikir kritis siswa. Dikaitkan dengan materi biologi yang bersifat abstrak seperti virus, tampilan visual saja dapat membuat kegiatan pembelajaran menjadi monoton karena kurangnya keterlibatan siswa secara aktif dalam pembahasan materi tersebut jika siswa hanya dijadikan objek “penerima transfer ilmu” dari guru.

Kemudian salah satu faktor dari lemahnya keterampilan berpikir kritis siswa ini disebabkan oleh tidak menariknya pembawaan dalam konten pembelajaran seperti siswa yang mengeluh atas tidak tertariknya dalam mengikuti kegiatan pembelajaran yang berdampak pada rendahnya keterampilan berpikir kritis ini. Dengan kondisi rendahnya minat siswa, siswa hanya dituntut untuk “hafal” tanpa mendalami makna dari konten pembelajaran yang sedang dipelajari (Nofyanti & Adrijati, 2024).

3. Indikator berpikir kritis

Keterampilan berpikir kritis merupakan kemampuan berpikir secara logis, rasional, dan sistematis dalam mengevaluasi informasi dan mengambil keputusan. Menurut Ennis (1991), berpikir kritis adalah proses berpikir yang mencakup kegiatan berpikir reflektif dan rasional yang difokuskan untuk memutuskan apa yang harus dipercaya atau dilakukan. Oleh karena itu, berpikir kritis tidak hanya berorientasi pada hasil, tetapi juga pada proses berpikir yang mendalam.

Ennis (1991) mengembangkan indikator keterampilan berpikir kritis yang cukup luas, di antaranya: (1) memberikan penjelasan sederhana, (2) membangun keterampilan dasar, (3) menyimpulkan, (4) memberikan

penjelasan lanjut, dan (5) menetapkan strategi dan taktik. Indikator ini sering digunakan sebagai dasar untuk mengembangkan instrumen penilaian berpikir kritis dalam konteks pembelajaran di berbagai jenjang pendidikan. Setiap indikator mencerminkan proses berpikir mendalam yang dibutuhkan siswa untuk mengkritisi informasi secara objektif.

Menurut Facione (2015), indikator berpikir kritis dapat dikategorikan dalam enam keterampilan utama, yaitu: *interpretation* (interpretasi), *analysis* (analisis), *evaluation* (evaluasi), *inference* (inferensi), *explanation* (penjelasan), dan *self-regulation* (pengaturan diri). Keenam indikator ini saling berkaitan dan membentuk dasar keterampilan berpikir kritis yang komprehensif. Dengan menggunakan indikator ini, pendidik dapat mengukur sejauh mana siswa mampu memahami, menganalisis, dan mengambil keputusan berdasarkan informasi yang tersedia.

Di sisi lain, indikator berpikir kritis juga dapat dikaitkan dengan kemampuan mengajukan pertanyaan yang bermakna, mendeteksi asumsi tersembunyi, dan mengevaluasi argumen. Hal ini sebagaimana dikemukakan oleh Paul dan Elder (2014), yang menekankan bahwa berpikir kritis adalah berpikir yang mengandung standar intelektual, seperti kejelasan, akurasi, relevansi, kedalaman, dan logika. Oleh karena itu, indikator berpikir kritis tidak hanya mengukur hasil akhir berpikir, tetapi juga bagaimana proses berpikir itu dilakukan secara sadar dan terarah.

Secara sederhana, indikator-indikator berpikir kritis ini menjadi acuan penting dalam proses pembelajaran, terutama dalam pembelajaran berbasis penyelidikan seperti model *inquiry learning*. Ketika siswa dilibatkan dalam proses menyelidiki, mengamati, dan menarik kesimpulan sendiri, maka keterampilan berpikir kritis mereka diasah secara aktif. Dengan demikian, pembelajaran yang dirancang untuk mengembangkan indikator-indikator ini akan lebih efektif jika dilengkapi dengan strategi pembelajaran yang melibatkan keaktifan kognitif siswa (Brookhart, 2010).

Berdasarkan penjelasan para ahli tersebut penelitian ini menggunakan indikator penelitian menurut Ennis (1991) diantaranya adalah (1) memberikan

penjelasan sederhana, (2) membangun keterampilan dasar, (3) menyimpulkan, (4) memberikan penjelasan lanjut, dan (5) menetapkan strategi dan taktik

C. Media *Augmented Reality* (AR) pada pembelajaran IPA

Teknologi di era saat ini memiliki kemajuan yang begitu pesat khususnya dalam bidang teknologi informasi TIK. Salah satu yang bermanfaat bagi bidang sains adalah penggunaan E-Learning dan platform online termasuk dengan teknologi *Augmented Reality* (AR) yang dapat menghubungkan informasi digital ke dalam dunia nyata (Lin, *et al.*, 2015).

Berdasarkan sejarahnya *Augmented Reality* (AR) ditemukan oleh *Thomas Chaudell* dan rekannya *David Mizell* yang pada awalnya digunakan untuk memberikan visual rangkaian listrik yang begitu rumit pada tahun seribu sembilan ratus sembilan puluh. Elmaqadeem, (2018). Meskipun pada awalnya digunakan dibidang industri elektronik, dan mengalami perkembangan yang sempat mengalami kendala namun pada akhirnya, teknologi *Augmented Reality* (AR) dewasa ini menjadi sarana vital dan banyak digunakan di bidang Pendidikan, Kesehatan dan sains. Sehingga perbaikan dan perkembangan teknologi ini pun memberikan kontribusi penting di bidang pendidikan sains dalam penggunaannya sebagai model pembelajaran demi memenuhi kebutuhan belajar di abad 21 ini. (Elmaqdeem, 2018).

Augmented Reality (AR) adalah sebuah teknologi yang memiliki kemampuan memvisualkan atau memproyeksikan objek abstrak menjadi grafik visual tiga dimensi. (Billinghurst, 2012). Berbeda halnya dengan *Virtual Reality* (VR) yang mana penggunaannya diharapkan memiliki pengalaman visual yang dihasilkan komputer, namun *Augmented Reality* (AR) memiliki kemampuan lebih dari sekedar memberikan pengalaman lingkungan visual karena dapat menjembatani antara kesenjangan virtual dan dunia nyata serta dapat memberikan informasi dengan cara yang lebih halus (Lee, 2012).

Materi sains yang bersifat konstruktif menyebabkan adanya kesulitan bagi peserta didik dalam memahami materi dan penguasaan konsep hal ini menjadi catatan penting bagi guru bagaimana menemukan solusi yang tepat agar hal ini dapat dihindari. Ada banyak alat peraga, media pembelajaran interaktif dan inovatif yang dapat digunakan salah satunya adalah *Augmented Reality* (AR) (Soegoto, 2014).

Teknologi *Augmented Reality* (AR) menjadi solusi untuk mengatasi masalah tersebut yang dapat mempermudah proses pembelajaran, *Augmented Reality* cukup menjanjikan dan mencoba untuk memvisualisasikan hal yang bersifat abstrak sebagaimana yang terdapat pada materi-materi biologi. (Arslan *et al.*, 2020).

Penggunaan *Augmented Reality* (AR) merupakan salah satu bidang penting dalam bidang penelitian di Indonesia karena potensinya semakin pesat walaupun belum semasif yang dilakukan diluar negeri karena kemampuannya yang dapat mengkolaborasikan antara melapiskan objek virtual berisi objek nyata dan menyematkan informasi yang akan disampaikan. (Azuma, Billinghurst, dan Klinker, 2011). Yang mungkin dimasa depan *Augmented Reality* (AR) tidak hanya memanfaatkan indera penglihatan saja pada saat penggunaannya melainkan dapat memanfaatkan semua indera manusia. Inilah yang menjadi salah satu hal yang menarik dan menjanjikan dari *Augmented Reality* (AR) bagi kemajuan teknologi dan implementasinya dalam pembelajaran sains. (Sheehy *et al.*, 2011).

Menurut Meyer *et al.*, (2014) menyatakan bahwa peran seorang pengajar tidak akan dapat digantikan dengan penggunaan teknologi informasi dan komunikasi seperti apa yang saat ini sedang berkembang pesat, namun keberadaan *Augmented Reality* (AR) ini dapat menjadi salah satu hal yang justru dapat membantu dan mengembangkan proses kualitas pembelajaran bagi siswa karena mendukung beberapa cara, tindakan, representasi, dan melibatkan siswa dalam proses pembelajaran.

Cara kerja dari *Augmented Reality* (AR) yaitu dengan cara menganalisis dan mendeteksi citra atau gambar yang pada akhirnya disebut sebagai

“marker” yaitu dengan cara memanfaatkan kamera pada smartphone. Hal ini diharapkan agar guru biologi dalam menyampaikan materi yang abstrak layaknya virus dapat tersampaikan secara menarik dan memvisualisasikannya menjadi bentuk 3 dimensi sehingga terlihat lebih nyata dan kongkret karena berdasarkan karakter pembelajaran sains salah satunya adalah harus lebih menggali potensi kemampuan pada aspek penelitiannya yang mana hal ini bisa didapatkan pada media *Augmented Reality* dalam pembelajaran yang kemudian diharapkan mampu untuk meningkatkan kemampuan berfikir kritis siswa (Kamarudin, 2021).

Diantara keunikan dalam melakukan proses pembelajaran diantaranya adalah siswa lebih menyukai melakukan pembelajaran secara langsung atau praktek dibandingkan hanya dengan penyampaian materi atau teori saja. Hal ini cukup menguntungkan bagi guru dan siswa karena dengan adanya *Augmented Reality* (AR), dapat menarik minat siswa untuk melakukan pembelajaran, dan juga dapat mempermudah penyampaian guru dalam memvisualisasikan objek materi biologi khususnya virus dalam pembelajaran (Kamarudin, 2021).

Selaras dengan hal tersebut, Harliawan *et al.*, (2014) mengungkapkan bahwasanya proses belajar mengajar dengan menggunakan *Augmented Reality* akan lebih menarik diikuti siswa karena dalam pelaksanaannya siswa dilibatkan secara langsung dan mengintegrasikan kemampuan teknologi smartphone canggih dalam penggunaannya yang mana hal ini merupakan salah satu keunikan yang dikagumi siswa zaman modern.

Sejauh ini terdapat beberapa bukti ilmiah yang dapat mendukung bahwa *Augmented Reality* (AR) efektif dalam membantu siswa belajar misalnya, Nair dan Hrishikesh (2016) yang menyatakan dalam penelitiannya bahwa *Augmented Reality* (AR) Efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep pada siswa penyandang disabilitas lebih cepat dan lebih baik.

1. Penggunaan *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran Virus

Penggunaan teknologi *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran telah mengalami perkembangan pesat, khususnya dalam bidang sains seperti

biologi virus. Teknologi AR memungkinkan integrasi antara dunia nyata dan elemen virtual secara *real-time*, sehingga dapat meningkatkan interaksi dan pemahaman siswa terhadap konsep yang abstrak dan kompleks, termasuk topik virus (Azuma, 1997). Dalam pembelajaran virus, AR dapat memvisualisasikan struktur, replikasi, dan proses infeksi virus secara 3D, sehingga siswa dapat memahami materi yang sebelumnya hanya dapat dibayangkan secara abstrak.

Materi virus sering dianggap sulit karena sifat mikroskopis virus yang tidak dapat diamati secara langsung oleh siswa. Dalam konteks ini, media AR memberikan pengalaman belajar berbasis visual yang kuat. Menurut Billingham et al., (2012), AR mampu meningkatkan keterlibatan siswa dan memfasilitasi pemahaman konsep-konsep kompleks melalui visualisasi interaktif. Dengan melihat bentuk virus, bagian-bagiannya, serta interaksinya dengan sel inang secara langsung dalam bentuk animasi 3D, pemahaman siswa terhadap materi menjadi lebih mendalam.

AR juga memungkinkan terjadinya pembelajaran yang bersifat *Inquiry learning*, di mana siswa dapat mengeksplorasi simulasi infeksi virus ke dalam sel inang, melihat bagaimana virus bereplikasi, dan kemudian menyebabkan kerusakan. Menurut Dunleavy dan Dede (2014), AR dapat mendukung pembelajaran berbasis inkuiri dengan menyediakan konteks belajar yang realistis dan mendorong eksplorasi mandiri siswa. Hal ini selaras dengan model *inquiry learning* yang menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam proses belajar.

Studi yang dilakukan oleh Küçük et al. (2016) menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pelajaran biologi dapat meningkatkan motivasi, perhatian, dan hasil belajar siswa secara signifikan dibandingkan metode konvensional. Dalam pembelajaran virus, ketika siswa menggunakan AR untuk mengamati visualisasi animasi virus seperti HIV, Influenza, atau SARS-CoV-2, mereka dapat menghubungkan teori dengan fenomena nyata, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna.

Selain meningkatkan pemahaman konseptual, AR juga berkontribusi dalam membentuk keterampilan abad 21, termasuk keterampilan berpikir kritis. Penggunaan AR memungkinkan siswa untuk melakukan analisis, evaluasi, dan pengambilan keputusan berdasarkan skenario interaktif yang ditampilkan. Menurut Wu *et al.* (2013), AR mendorong siswa untuk memecahkan masalah dan mengevaluasi informasi secara aktif, yang merupakan elemen penting dalam keterampilan berpikir kritis.

Dari sisi keterlibatan emosional dan minat belajar, AR juga menunjukkan pengaruh positif. Siswa merasa lebih tertarik dan termotivasi ketika belajar dengan media berbasis teknologi tinggi yang melibatkan indera visual dan kinestetik. Cheng dan Tsai (2013) menekankan bahwa penggunaan AR dalam sains dapat meningkatkan efikasi belajar siswa dan menciptakan pengalaman belajar yang menyenangkan. Dalam pembelajaran virus yang umumnya bersifat teoritis dan padat, keberadaan AR menjadi sarana efektif untuk menyederhanakan materi.

Namun, perlu dicermati bahwa implementasi AR dalam pembelajaran virus memerlukan perencanaan yang matang. Menurut Bacca *et al.* (2014), tantangan penggunaan AR dalam pendidikan mencakup keterbatasan perangkat, kebutuhan pelatihan guru, dan pengembangan konten yang sesuai dengan kurikulum. Oleh karena itu, keberhasilan penggunaan AR sangat bergantung pada kesiapan teknis dan pedagogis pendidik dalam merancang aktivitas pembelajaran yang sesuai.

Pertama, keterbatasan infrastruktur teknis sering menjadi penghambat utama. Studi oleh Radu (2014) menunjukkan bahwa 60% sekolah di daerah pedesaan kesulitan mengadopsi AR karena koneksi internet tidak stabil atau perangkat tidak mendukung *real-time rendering*. Hal ini diperparah oleh kebutuhan spesifikasi hardware minimal (seperti sensor ARCore/ARKit) yang tidak dimiliki oleh smartphone kelas rendah atau *entry level* (Radu, 2014). Solusinya, guru dapat menggunakan *marker-based AR* yang berjalan offline atau memanfaatkan *web-based AR* ringan seperti 8th Wall untuk menjangkau lebih banyak perangkat (Chen *et al.*, 2020).

Kedua, pelatihan pedagogis guru menjadi faktor fatal. Penelitian Akçayır & Akçayır (2017) mengungkapkan bahwa 73% pendidik merasa kurang percaya diri menggunakan AR karena minimnya pelatihan desain konten dan integrasi kurikulum. Misalnya, dalam pembelajaran virus, guru perlu memahami cara memadukan model 3D interaktif dengan fase *inquiry learning* seperti hipotesis dan eksperimen virtual (Akçayır & Akçayır, 2017). Institusi pendidikan disarankan menyediakan workshop khusus dan panduan step-by-step, seperti kerangka kerja TPACK-AR (Technological Pedagogical Content Knowledge for AR) yang telah dikembangkan (Kamarainen et al., 2018).

Terakhir, Pengembangan konten AR harus selaras dengan tujuan kurikulum. Contohnya, model virus bakteriofag dalam AR harus disertai aktivitas yang memandu siswa menganalisis siklus litik/lisogenik, bukan hanya menampilkan animasi pasif (Dunleavy & Dede, 2014). Sehingga Kolaborasi antara guru, ahli biologi, dan developer AR diperlukan untuk menciptakan skenario pembelajaran yang baik, seperti simulasi wabah virus berbasis *case-based learning* (Bacca et al., 2014).

Penerapan *Augmented Reality* (AR) keberhasilannya penerapannya sangat bergantung pada tiga factor utama : (1) ketersediaan memadai (perangkat, internet, dan optimasi konten), (2) kesiapan kompetenis guru dalam merancang dan mengintegrasikan AR, serta (3) pengembangan konten AR yang berbasis tujuan pembelajaran dan konteks nyata (Bacca et al., 2014) Sehingga keterbatasan perangkat, kebutuhan pelatihan guru, dan alokasi waktu pengembangan konten dapat diatasi melalui solusi seperti penggunaan marker-based AR offline, pelatihan TPACK-AR, dan kolaborasi antar pendidik (Dunleavy & Dede, 2014).

Secara keseluruhan, media *Augmented Reality* memberikan kontribusi yang signifikan dalam menyampaikan konsep-konsep biologi yang kompleks seperti virus. Visualisasi yang interaktif, penyajian yang kontekstual, serta integrasi dengan model *inquiry learning* membuat AR sangat potensial untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Ketika siswa dapat "melihat" virus

bekerja secara virtual, mereka tidak hanya belajar teori, tetapi juga mengembangkan pemahaman konseptual yang kuat dan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang relevan dengan tantangan abad 21.

D. Desain Pembelajaran AR Virus Menggunakan Asemblr Edu

Desain media *Augmented Reality* (AR) pada materi reproduksi virus perlu dirancang secara visual, interaktif, dan sesuai alur biologis agar mampu menggambarkan proses replikasi virus secara utuh. Dalam konteks pembelajaran biologi, representasi visual sangat penting dalam membangun pemahaman konseptual, terutama untuk proses mikroskopis seperti replikasi virus yang tidak dapat diamati langsung oleh mata manusia (Treagust *et al.*, 1996). Oleh karena itu, pendekatan desain AR harus mempertimbangkan tahap-tahap infeksi dan reproduksi virus seperti adsorpsi, penetrasi, sintesis, perakitan, dan pelepasan.

Reproduksi virus terdiri atas dua siklus utama, yaitu siklus litik dan lisogenik. Desain AR idealnya menyajikan kedua siklus tersebut secara terpisah namun terhubung, agar siswa dapat membandingkan dan menganalisis perbedaan biologis di antara keduanya. Menurut Dalgarno dan Lee (2010), desain AR yang memungkinkan eksplorasi dinamis dan manipulasi model 3D memberikan keuntungan kognitif berupa penguatan hubungan spasial dan temporal dalam proses biologis. Misalnya, pengguna dapat memutar model virus, memperbesar bagian tertentu, atau menyorot enzim spesifik yang terlibat dalam tahapan sintesis.

Tahap awal dalam desain AR *Assemblr edu* adalah pemodelan bentuk virus. Model virus dalam AR harus menampilkan struktur dasar seperti kapsid, asam nukleat (DNA/RNA), dan beberapa elemen tambahan seperti envelope jika virusnya berselubung, misalnya virus influenza. Penggunaan visual yang akurat sangat penting agar tidak menciptakan miskonsepsi. Menurut Hsin dan Wu (2011), akurasi visual dalam pembelajaran sains berperan besar dalam mengembangkan pemahaman ilmiah yang tepat.

Selanjutnya, proses infeksi virus ke sel inang divisualisasikan secara bertahap dalam bentuk animasi yang dapat dijalankan oleh siswa. Desain ini menekankan sangat pentingnya interaktivitas. Siswa dapat memilih untuk mengamati siklus litik terlebih dahulu, lalu dilanjutkan ke siklus lisogenik. Dalam setiap tahapan, terdapat penjelasan singkat atau pop-up informasi yang dapat diaktifkan oleh siswa. Menurut Radu (2014), interaktivitas dalam AR mendorong kognisi aktif yang mendalam, karena siswa belajar dengan cara "mengalami", bukan hanya melihat.

Desain AR juga dapat menyertakan elemen kuis atau tantangan dalam bentuk soal interaktif yang muncul setelah siswa menyelesaikan satu siklus reproduksi. Misalnya, setelah menyelesaikan tahapan replikasi, muncul pertanyaan tentang enzim yang berperan dalam sintesis asam nukleat virus. Hal ini memperkuat pemahaman melalui penguatan dan refleksi. Menurut Bower et al. (2017), desain AR yang mengintegrasikan elemen formatif mendorong siswa untuk berpikir kritis dan mengaitkan konsep-konsep ilmiah dengan konteks aplikatif

Dalam konteks pendekatan inkuiri, desain AR pada reproduksi virus dapat menyertakan fitur eksplorasi terbuka, misalnya memberikan simulasi infeksi oleh virus tertentu lalu meminta siswa menyimpulkan siklus apa yang sedang terjadi. Hal ini mendukung pendekatan *discovery learning*, di mana siswa tidak langsung diberi tahu jawabannya, tetapi menemukan konsep melalui proses eksplorasi. Jonassen (1999) menyebutkan bahwa teknologi pembelajaran yang dirancang untuk membangun pengetahuan (*knowledge construction*) akan lebih efektif jika bersifat terbuka dan memberi ruang berpikir.

Penting pula untuk mempertimbangkan aspek pedagogis dalam desain AR. Setiap simulasi sebaiknya disertai panduan atau *scaffolding* berupa pertanyaan pemandu atau tujuan belajar yang jelas, agar siswa tidak hanya bermain-main dengan simulasi tanpa mencapai pemahaman. Seperti dijelaskan oleh Mayer (2005), multimedia yang baik harus memfasilitasi integrasi verbal dan visual untuk mendukung pembelajaran yang efektif. Oleh

karena itu, media AR tidak hanya menampilkan visual, tetapi juga harus disertai narasi atau teks informatif.

Secara keseluruhan, desain AR pada sub materi reproduksi virus bertujuan untuk mengatasi tantangan dalam penyampaian materi kompleks, meningkatkan minat belajar, serta mendorong keterlibatan kognitif siswa. Dengan visualisasi 3D, interaktivitas tinggi, dan integrasi inkuiri, siswa dapat memahami proses reproduksi virus secara menyeluruh dan kontekstual. Desain ini tidak hanya mendukung pemahaman konsep, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis yang penting dalam pembelajaran sains.

Dengan menggunakan *Assemblr edu* sebagai platform untuk pembuatan AR, maka ada beberapa tahapan penting dalam proses desain dan pembuatannya. Mutiara *et al.* (2024) memberikan tahapan-tahapan dalam pembuatan AR sebagai berikut :

1. Tahapan pembuatan Akun

Tahapan pembuatan akun ini merupakan langkah penting pertama agar kita dapat mengakses semua fitur dalam platform *Assemblr edu* dengan cara memasuki laman <https://edu.assemblrworld.com/home> dengan menggunakan akun google atau dengan menggunakan akun belajar.id untuk mendapatkan fitur gratis lebih banyak (Mutiara *et al.*, 2024).

2. Tahapan pembuatan project

Pada tahapan ini disajikan tampilan antar muka dengan klik tanda (+) untuk membuat project AR baru (Mutiara *et al.*, 2024). Lebih lanjut Hikmah (2023) menjelaskan tahapan lain seperti menambahkan create form *scratch*, mengunduh model 3D di *sketchfab* menambahkan animasi, teks serta menambahkan fitur interaksi agar AR lebih menarik.

E. Materi Virus

Salah satu bahaya yang dihadapi tubuh manusia adalah virus. Para ilmuwan telah lama melakukan penelitian dan penemuan tentang virus. Banyak orang ingin mempelajari virus, atau virologi, karena banyaknya

bentuk virus. Pembelajaran virus sudah tersebar luas, terutama di sekolah dasar. Namun, hanya sebagian kecil dari data virus. Pada kelas 10 SMA, materi virus dibahas lebih mendalam. Ada latihan untuk menemukan virus dengan mikroskop. Namun, peneliti menemukan beberapa masalah yang menyebabkan pembelajaran virus menjadi kurang efisien dan mendukung terjadinya miskonsepsi yang signifikan (Kamiana, *et. al* 2019).

Penelitian tentang objek yang berukuran kecil mulai berkembang semenjak ditemukannya mikroskop pertama kali oleh seorang ilmuwan bernama Antony van lewnhoek pada tahun (1632 – 1723). Penelitian tersebut kemudian mulai berkembang pesat sejalan dengan kemajuan mikroskop dikala itu. Adanya mikroskop menyebabkan terjadinya pengembangan penelitian di bidang biologi, seperti penemuan bakteri, penemuan sel, dan partikel mikroskopis yang hanya bisa dilihat menggunakan mikroskop. Penemuan virus ada sejak tahun 1882 dengan adanya jenis penyakit yang menyebabkan daun tembakau memiliki bintik keuningan. (Utami, 2015).

Virus merupakan partikel yang banyak diperdebatkan eksistensinya sebagai makhluk hidup atau bukan. Virus disebut benda mati dikarenakan ia dapat dikristalkan. Sedangkan anggapan lain yang menyebutkan bahwa virus merupakan makhluk hidup dikarenakan ia mampu bereplikasi (memperbanyak diri) dengan memanfaatkan sel inang sebagai media bereproduksi. Sehingga pada akhirnya virus tersebut dikelompokkan sebagai makhluk hidup dalam dunia nya tersendiri (Anshari & Martono, 2009).

Gen penyebab infeksi disebut virus, dan hanya dapat hidup di sel hidup seperti bakteri, jamur, tumbuhan, hewan, dan manusia. Nurhayati, 2006). Virus pertama kali dianggap sebagai zat kimiawi biologis. Bahkan akar bahasa latin dari kata "virus" bermakna "racun". Pada akhir 1800-an, para peneliti menganggap ada kesamaan antara bakteri dan virus dan mengajukan virus sebagai bentuk kehidupan yang paling sederhana. Ini karena virus mampu menyebabkan berbagai macam

penyakit dan dapat menyebar di antara organisme. Meskipun demikian, virus tidak memiliki kemampuan untuk bereproduksi atau melakukan aktivitas metabolisme di luar sel inang. Sebagian besar ahli biologi yang mempelajari virus saat ini mungkin setuju bahwa virus tidak hidup; itu hanya berada di antara zat kimiawi dan bentuk kehidupan (Campbell, Reece, 2010:412).

Virus adalah agen infeksius yang sangat kecil sehingga hanya dapat dilihat dengan mikroskop cahaya. Mereka tidak terdiri dari sel, tidak memiliki inti sel, organel, atau sitoplasma seperti halnya organel organel sel lain. Virus menunjukkan ciri-ciri organisme hidup ketika menyerang sel-sel inang yang rentan terinfeksi, menciptakan perbedaan antara organisme hidup dan tak hidup. Hanya dalam sel inang virus dapat menyebar atau berkembang biak dengan cara yang unik (Black, 2008).

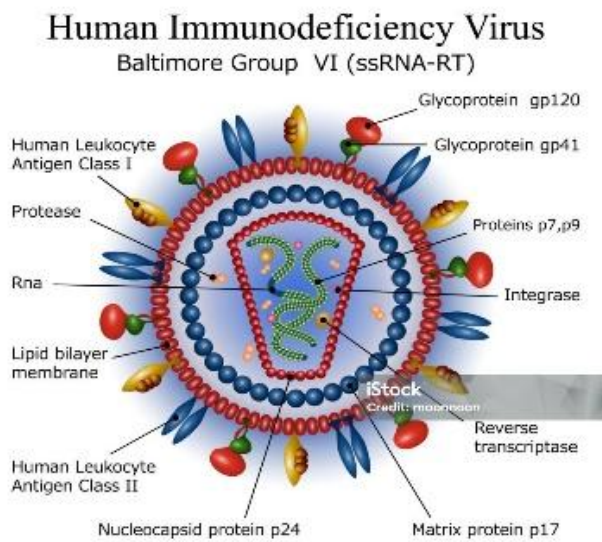
Terdapat berbagai jenis virus dan berbagai ukuran salah satu contohnya adalah Virus polio (poliovirus) berukuran paling kecil, dengan ukuran antara 25 dan 300 nanometer (1 nanometer = 10^{-9} meter). Pendek Tubuh hanya berukuran 25 nm, sedangkan Virus penyerang bakteri (100 nm) dan virus mosaik tembakau (300 nm) memiliki panjang tubuh yang paling besar. Karena ukuran tubuhnya yang sangat kecil, virus hanya dapat dilihat melalui mikroskop elektron dan tidak dapat dilihat melalui mikroskop cahaya, sehingga Pada tahun 1930, virus dapat dilihat melalui mikroskop elektron (Aryulina *et al.*, 2010).

1. Bentuk-bentuk virus

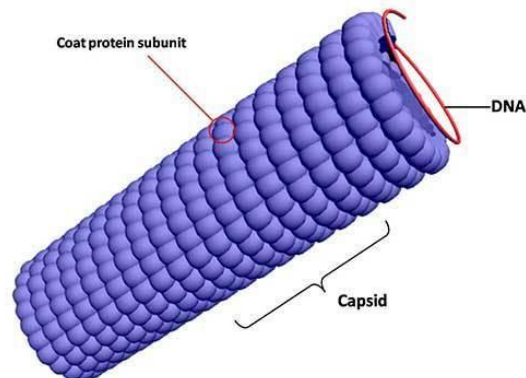
Terdapat beragam bentuk-bentuk virus yang ada di dunia ini. Ada yang berbentuk batang, bulat, oval dan ada yang berbentuk seperti huruf T. Virus dengan bentuk bulat bisa kita lihat contohnya dari virus HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) atau AIDS (*Acquired immunodeficiency syndrome*) dan virus Influenza (penyebab flu). Virus dengan berbentuk batang contohnya seperti virus mosaik tembakau (*Tobacco mosaic virus*), sedangkan virus dengan bentuk polihedral contohnya seperti *Adenovirus* (Penyebab penyakit demam) dan virus

dengan T bisa dilihat pada virus yang menyerang bakteri atau disebut dengan bakteriofage (Aryulina, 2010).

Setiap virus memiliki bentuk dan strukturnya masing-masing sesuai dengan jenis virusnya tersendiri sebagai contoh virus berbentuk helix / tabung dapat ditemukan pada virus TMV, polihedral pada adenovirus, soherical pada influenza virus dan HIV serta bentuk kompleks pada virus T4 bakteriofage bentuk-bentuk dapat dilihat pada gambar berikut ini :

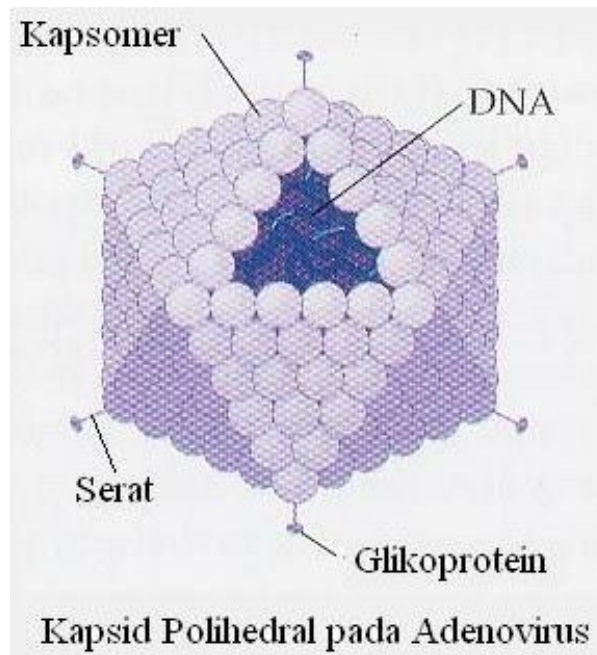


Gambar 2.7 Virus berbentuk bulat (virus HIV) 100 -120 nm perbesaran 100.000x Mikroskop elektron (Kesumah, 2020)

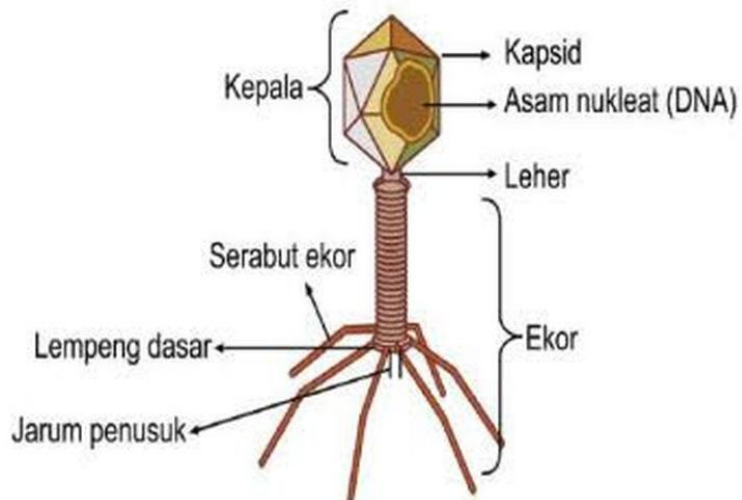


Gambar 2.8 Virus berbentuk batang *Tobacco mosaic virus* 100 -120 nm perbesaran 100.000x Mikroskop elektron

(Kesumah, 2020)



Gambar 2.9 bentuk virus polihedral *Adeno virus* 100 -120 nm perbesaran 100.000x Mikroskop elektron. (Kesumah 2020)



Gambar 2.10 Bentuk virus T *Bacterifage virus* 100 -120 nm perbesaran 100.000x Mikroskop elektron (Kesumah, 2020)

2. Ciri-ciri virus secara umum

Virus Sebagai partikel memiliki berbagai macam ciri-ciri atau identitas yang menjadikannya berbeda dengan makhluk hidup yang lain.

Kamiana *et al.*, (2019) mengelompokan bahwa ciri-ciri virus sebagai berikut :

- a. Ukuran virus yang jauh lebih kecil dari pada makhluk hidup mikroskopis yang lain seperti bakteri. Dengan ukuran 20 milimikron-300 milimikron. (1000 milimikron adalah 1 mikron). Agar dapat diamati diperlukan mikroskop canggih (mikroskop elektron) yang perbesarannya bisa mencapai 50.000 kali.
- b. Jenis virus berbeda. Virus berbentuk oval, polihedral, dan kompleks. Virus yang kompleks memiliki kepala polihedral dan ekor yang berbentuk silinder dan memiliki serabut ekor. Bakteriofag, jenis virus yang menginfeksi bakteri, adalah salah satu contoh virus berbentuk kompleks.
- c. Virus secara umum berupa kristal (hablur)
- d. Dalam virus hanya mempunyai salah satu macam dari jenis asam nukleat yaitu DNA saja atau RNA saja.
- e. Virus tidak memiliki sel
- f. Tubuh virus diselubungi oleh kapsid yaitu jenis protein. Virion merupakan keseluruhan protein dan asam nukleat yang terdapat dalam virus.

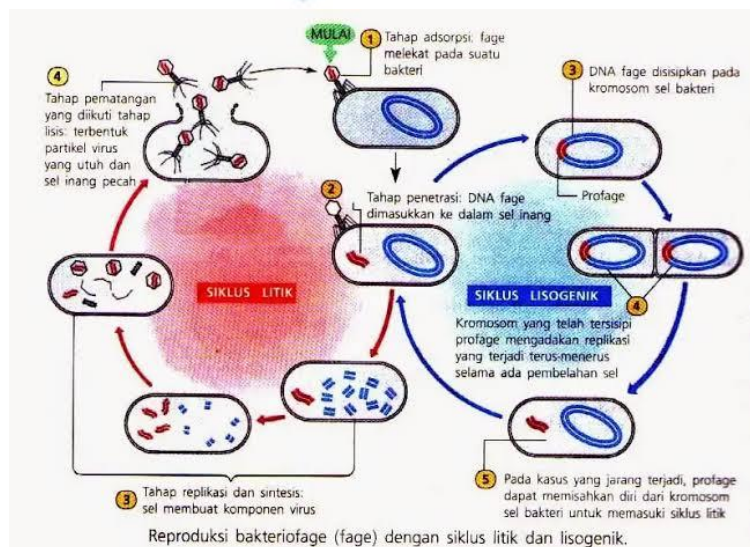
3. Reproduksi Virus

Terdapat banyak pendapat yang menyatakan bahwa virus bukanlah makhluk hidup melainkan hanya partikel mati, namun satu satunya ciri makhluk hidup yang terdapat dari virus yaitu kemampuannya dalam memperbanyak diri atau bereplikasi. Kemampuan ini pun hanya akan terjadi jika virus telah menginfeksi sel inang dan menjadikannya media sebagai tempat bereproduksi. hasil identifikasi lebih lanjut virus hanya akan mampu bereproduksi apabila struktur protein reseptor virus bagian luar cocok dengan protein reseptor pada membran sel inang yang akan di infeksi (Puspaningsih *et al.*, 2021).

Berdasarkan keterangan tersebut, Jusuf Muhamad (2019) mengungkapkan bahwa virus memiliki keterbatasan dalam perangkat

yang ada dalam tubuhnya, sehingga mengharuskan virus untuk menginveksi sel inang atau menjadi parasit (obligat) agar virus dapat melakukan replikasi atau metabolisme. Genetik yang ada dalam virus akan disuntikan kedalam sel inang yang kemudian genetik yang terdapat pada sel inang akan dialih fungsikan untuk dikendalikan dan dimanfaatkan sebagai fasilitas dalam melakukan reproduksi virus maupun metabolismenya.

Mengambil sebuah contoh yang terdapat pada salah satu jenis virus yang melakukan reproduksi dengan menginveksi sel inang salah satunya adalah jenis virus T bakteriofage atau sering dikenal sebagai fage yang menjadi parasit bagi bakteri sebagai sel inangnya. Dalam proses replikasi virus tersebut memiliki dua macam siklus diantaranya adalah siklus litik dan siklus lisogenik. Lebih lanjut Puspaningsih, *et al.*, (2021) menyatakan bahwa proses replikasi virus berlangsung dalam dua tahap yaitu daur litik dan lisogenik yang ditentukan berdasarkan kemampuan ketahanan (virulensi) sel inang terhadap virus yang menginfeksi.



Gambar 2.10 Replikasi virus siklus litik dan lisogenik

(Puspaningsih *et al.*, 2021)

Berdasarkan gambar diatas, Awal tahapannya adalah Siklus litik perkembangbiakan virus dimulai dengan virus melekat pada sel inang

dan kemudian masuk ke dalam sel inang dengan asam nukleat virus. memerintah sel inang untuk mensintesis asam nukleat yang dibawanya dan bagian tubuh virus untuk dirakit menjadi tubuh virus baru. Pada titik terakhirnya dari siklus ini, sel inang pecah dan menghasilkan sejumlah besar virus baru (Puspaningsih *et al.*, 2021).

Selaras dengan keterangan tersebut Jusuf Muhammad (2019) menjelaskan dengan rinci bahwa pada daur litik, DNA sel inang akan dirusak oleh enzim yang diproduksi oleh asam nukleat yang disuntikan oleh virus. Langkah selanjutnya, kromosom sel inang akan di ambil alih oleh kromosom virus dan memanfaatkannya untuk melakukan metabolisme sel. Dengan memanfaatkan unsur pendukung yang terdapat dalam sel inang seperti enzimati dan ribosom, mantel protein virus dan bahan genetik lainnya, virus kemudian direplikasi. Setelah itu, penyusunan tubuh virus yang baru dan utuh atau yang dikenal dengan sebutan sintesis. Yang kemudian virus-virus baru ini akan melakukan lisis pada membran sel inang agar terhambur keluar dan siap untuk menginfeksi sel-sel berikutnya.

Pada daur lisogenik, virus tidak mematikan sel inang, tetapi berkembang biak melalui proses perkembangbiakan bakteri inang. Setelah infeksi, virus berintegrasi dengan DNA bakteri inang. karena DNA virus terlibat ke dalam DNA bakteri maka ketika kromosom bakteri bereplikasi, DNA virus juga bereplikasi, sehingga ketika bakteri berkembang biak membentuk sel baru, DNA virus akan ikut terwariskan dan muncul pada sel inang yang baru dibentuk. Namun, jika kondisi lingkungan tidak menguntungkan sel inang, virus akan menghancurkan DNANYA dari kromosom bakteri. Selanjutnya, virus akan berkembang biak melalui proses daur litik (Puspaningsih *et al.*, 2021).

4. Peranan Virus Dikehidupan Sehari hari

Tidak hanya sebagai pembawa atau[un sumber penyakit, virus pun memiliki berbagai macam peran positif dalam kehidupan manusia.

Sebagaimana yang dipaparkan oleh Dini, (2020) mengungkapkan bahwa sebagian besar virus bersifat merugikan karena virus merupakan penyebab penyakit dan merupakan parasit obligat intraseluler yang menginfeksi sel inang agar ia dapat berkembang biak. Namun disatu sisi virus pun dapat bermanfaat bagi kehidupan manusia.

Salah satu contoh virus yang dapat menguntungkan kehidupan manusia diantaranya adalah *Baculovirus* yang menyernag serangga dan arthropoda yang dimanfaatkan dibidang pertanian sebagai biopestisida. Tidak hanya itu, dalam bidang kesehatan pun virus berperan besar dalam proses pembuatan vaksin seperti virus agen anti kanker dari virus *onolityc* yang bekerja dengan cara hanya menginfeksi sel kanker dan tidak menjadi parasit bagi sel yang sehat (Puspaningrum, 2021).

Karena banyaknya manfaat virus diberbagai bidang kehidupan manusia, berikut merupakan contoh-contoh virus yang bermanfaat bagi kehidupan manusia :

- a. Digunakan dalam bidang bioteknologi rekayasa genetika, dimanfaatkan untuk memicu terbentuknya imunitas kekebalan tubuh untuk melawan suatu penyakit yang berasal dari kapsid virus
- b. Dimanfaatkan untuk terapi gen
- c. Membunuh atau melemahkan berbagai jenis patogen mikroskopik diantaranya virus, bakteri, jamur, protozoa.
- d. Mencegah replikasi virus dengan cara produksi sejenis senyawa yang disebut dengan interferon
- e. Bahkan dibidang elektronik virus digunakan untuk salah satu bahan membuat kapasitor (penyimpan energi listrik) dengan cara mencampurkan dan menginokulasikannya dengan senyawa Fe (besi)
- f. Digunakan sebagai biopestisida dibidang pertanian yang tidak mencemari lingkungan contoh *Bacillo virus*. (Kesumah, 2020).