

# Penerapan Teknologi Augmented Reality sebagai Media Edukasi Siklus Air 3D Interaktif

Muhammad Ariq Musyaffa  
Fakultas Ilmu Terapan  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
ariqmusyaffa@student.telkomuniversit  
y.ac.id

Aprianti Putri Sujana  
Fakultas Ilmu Terapan  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
putrisujana@telkomuniversity.ac.id

Mindit Eriyadi  
Fakultas Ilmu Terapan  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
mindit@telkomuniversity.ac.id

*Siklus hidrologi (juga dikenal sebagai siklus air) adalah siklus yang menggambarkan pergerakan air secara terus menerus. Dua dari beragam jenis siklus air yang ada meliputi siklus air alami dan siklus air perkotaan. Model-model dalam pembaharuan pendidikan harus selalu dilakukan untuk meningkatkan kualitas pendidikan. Masalah yang dirumuskan yaitu bagaimana mengembangkan aplikasi edukasi mobile yang menerapkan teknologi augmented reality bertema siklus hidrologi 3D interaktif dan mampu mensimulasikan perubahan partikel dalam suatu iklim, serta bagaimana memberikan gambaran siklus hidrologi dalam bentuk digital, khususnya dalam model 3D dalam beberapa lanskap/lingkungan. Tujuan dari Proyek Akhir ini adalah mengembangkan aplikasi edukasi mobile yang menerapkan teknologi augmented reality bertema siklus hidrologi 3D interaktif, serta membuat 11 (sebelas) lingkungan yang berbeda untuk mensimulasikan perubahan siklus iklim dalam objek 3D. Metode yang digunakan untuk pengerjaan Proyek Akhir ini yaitu metode MDLC (Multimedia Development Life Cycle). Hasil keluaran dari Proyek Akhir ini adalah sebuah aplikasi AR untuk Android bertema siklus hidrologi 3D interaktif. Kesimpulan yang dapat ditarik adalah aplikasi edukasi mobile yang menerapkan teknologi augmented reality bertema siklus hidrologi 3D interaktif telah berhasil dikembangkan, dan 11 (sebelas) lingkungan yang berbeda untuk mensimulasikan perubahan siklus iklim dalam objek 3D telah berhasil diuji dan telah menunjukkan hasil yang sesuai.*

**Kata kunci:** augmented reality, unity, siklus hidrologi

## I. PENDAHULUAN

Siklus air atau siklus hidrologi merupakan sebuah materi pembelajaran yang pertama dapat dijumpai pada kurikulum Sekolah Dasar kelas 4 [1]. Walau begitu, tidak menutup kemungkinan bagi mereka yang ingin mempelajari atau mengingat kembali mengenai siklus air untuk menemui berbagai hambatan.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Desy Ratna Sari Br Sitepu (2022) di UPT SD Negeri 068003 Medan Tuntungan (Tahun Ajaran 2021/2022), tingkat kesulitan siswa dalam memahami materi siklus air tanah pada mata pelajaran IPA masih menunjukkan hasil “kurang mampu”, dengan faktor penyebab yaitu pembelajaran yang dilakukan guru belum maksimal [2].

Sri Haryati (2019) sebagai seorang guru di SD Negeri 1 Jembangan mengemukakan bahwa:

Model-model dalam pembaharuan pendidikan harus selalu dilakukan untuk meningkatkan kualitas pendidikan. IPA sebagai salah satu disiplin ilmu yang diajarkan di sekolah membutuhkan penalaran, pengertian, pemahaman, dan aplikasi yang tinggi. Oleh karenanya, model pembelajaran yang digunakan oleh guru haruslah menarik, peserta didik tidak hanya duduk diam mendengarkan penjelasan dari guru tetapi guru harus memberikan peran kepada peserta didik, sehingga menciptakan suasana kelas yang kondusif dan aktif [3].

Walaupun begitu, sayangnya model pembelajaran tersebut belum banyak diaplikasikan oleh para guru yang mengajar di Sekolah Dasar. Salah satu referensi yang mendukung pernyataan tersebut adalah wawancara yang dilakukan oleh Rini Septianingtias, Bambang Yulianto, & Muhammad Nuruddin (2020) bersama guru kelas 5 di SDN Jombatan 5 Jombang yang menyatakan bahwa, pembelajaran tematik materi siklus air belum disampaikan dengan metode yang menarik perhatian siswa [4].

Selain itu, berdasarkan wawancara dan observasi dengan para guru di SD Negeri Jetis 2, Candra Kurniawan & Hidayati (2019) menyimpulkan bahwa:

Terdapat masalah yang sering muncul dalam pembelajaran IPA, diantaranya kurangnya ketersediaan media pembelajaran, kegiatan belajar mengajar lebih banyak menggunakan metode ceramah, serta perhatian siswa tidak terpusat pada pemberian materi yang dilakukan oleh guru. Hampir semua materi IPA di kelas V diajarkan secara hafalan, salah satunya pada materi siklus air. Padahal materi ini dapat diajarkan menggunakan media maupun melalui praktikum, hal itu menyebabkan tidak terjadinya pemahaman [5].

Hal ini ditekankan kembali dengan hasil penelitian oleh Rahma Nurmizsuari (2019) mengenai hasil pembelajaran materi siklus air pada siswa kelas 5, yang menemukan bahwa:

Hasil belajar IPA di MI Kauman Kidul Salatiga masih rendah terbukti dengan nilai siswa yang belum mencapai KKM 70. Hal ini dikarenakan guru dalam menyampaikan materi pembelajaran hanya menggunakan metode ceramah dan belum menggunakan media sehingga siswa sulit memahami materi yang disampaikan. Selain itu siswa juga mengalami kesulitan dalam menghafal kosa kata asing yang ada di materi [6].

Salah satu cara yang dapat dijadikan solusi untuk menghadapi masalah ini adalah dengan mengembangkan aplikasi berbasis *augmented reality* (AR) sebagai media pembelajaran siklus air yang menarik serta interaktif.

Iwan Maulana, Nunuk Suryani, & Asrowi (2019) mengemukakan bahwa:

Pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* berguna sekali sebagai media pembelajaran interaktif, langsung dan nyata bagi siswa. Selain itu belajar dengan menggunakan media pembelajaran *Augmented Reality*, mampu meningkatkan minat siswa dalam belajar, dikarenakan sifat *Augmented Reality* yang menggabungkan dunia maya dengan dunia nyata secara langsung dapat meningkatkan imajinasi siswa. *Augmented Reality* yang interaktif memungkinkan siswa untuk melihat situasi dengan cara yang nyata serta mampu memvisualisasikan hasil dari pembelajaran yang guru berikan kepada siswa [7].

Mengetahui hal tersebut, solusi yang dapat dilakukan adalah dengan mengembangkan aplikasi AR yang berfokus kepada edukasi mengenai siklus air (hidrologi) secara khusus, yang menyediakan informasi secara lebih lengkap mengenai berbagai proses dan tahapan yang ada di dalam siklus hidrologi (baik siklus air alami maupun perkotaan), serta merancang agar aplikasi tersebut dapat terasa lebih menarik dan interaktif kepada para pengguna. Dengan dikembangkannya aplikasi ini, diharapkan dapat menjadi sebuah kontribusi terhadap solusi dalam membantu para pengguna agar lebih dipermudah dalam memahami materi siklus hidrologi yang ingin dipelajari tersebut.

Mengetahui bahwa tingkat kephahaman siswa dalam memahami materi siklus air masih menunjukkan hasil yang kurang, bahwa dibutuhkannya model pembelajaran siklus air yang menarik, serta mengetahui bahwa pemanfaatan teknologi *augmented reality* sangat berguna sebagai media pembelajaran interaktif, maka dirumuskanlah masalah:

1. Bagaimana mengembangkan aplikasi edukasi *mobile* yang menerapkan teknologi *augmented reality* bertema siklus hidrologi 3D interaktif, dan

mampu mensimulasikan perubahan partikel dalam suatu iklim.

2. Bagaimana memberikan gambaran siklus hidrologi dalam bentuk digital, khususnya dalam model 3D dalam beberapa lanskap/lingkungan.

Mengetahui masalah yang telah dirumuskan, berikut tujuan dari Proyek Akhir ini:

1. Mengembangkan aplikasi edukasi *mobile* yang menerapkan teknologi *augmented reality* bertema siklus hidrologi 3D interaktif.
2. Membuat 11 (sebelas) lingkungan yang berbeda untuk mensimulasikan perubahan siklus iklim dalam objek 3D.

## II. KAJIAN TEORI

### A. *Augmented Reality*

*Augmented reality* (AR) atau yang bisa juga disebut realitas berimbuh adalah teknologi yang menggabungkan dunia nyata dengan konten yang dihasilkan oleh komputer, kemudian memproyeksikannya dalam waktu nyata.

Ronald T. Azuma (1997) mengemukakan bahwa:

AR memungkinkan pengguna untuk melihat dunia nyata, dengan objek virtual yang ditumpangkan atau digabungkan dengan dunia nyata. Oleh karena itu, AR melengkapi realitas, bukan menggantikannya sepenuhnya. Idealnya, akan tampak bagi pengguna bahwa objek virtual dan nyata hidup berdampingan di ruang yang sama [8].

AR dapat juga didefinisikan sebagai sistem yang menggabungkan tiga fitur dasar: kombinasi dunia nyata dan virtual, interaksi waktu nyata, dan registrasi 3D yang akurat dari objek virtual dan nyata [9]. *Augmented reality* telah dieksplorasi untuk banyak kegunaan, mulai dari game dan hiburan hingga kedokteran, pendidikan, dan bisnis [10].

### B. Unity (*Game Engine*)

Unity merupakan mesin permainan (*game engine*) lintas platform yang dikembangkan oleh Unity Technologies. Unity dapat digunakan untuk membuat *game* 2D dan 3D, *virtual reality* (VR), *augmented reality* (AR), simulasi, serta juga hal-hal lain yang berada di luar industri *game*.

Menurut penelitian oleh Antonín Šmíd (2017), Unity merupakan salah satu standar industri dalam pengembangan *game*, serta merupakan solusi *multi-platform* berbasis komponen, mudah dipelajari, dan memiliki basis pengembang yang besar [11].

Unity mendukung sebagian besar *platform desktop*, web, dan *mobile* terkemuka, seperti *platform standalone* (macOS, Windows, dan Linux), iOS, visionOS (eksperimental), Android, WebGL, UWP, Server Khusus, dan tvOS [12].

### C. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi (juga dikenal sebagai siklus air) adalah siklus yang menggambarkan pergerakan air secara terus menerus. Dua dari beragam jenis siklus air yang ada meliputi siklus air alami dan siklus air perkotaan.

Siklus air alami menggambarkan pergerakan air di atas dan di bawah permukaan bumi serta menggambarkan bagaimana air berubah bentuk melalui proses evaporasi, kondensasi, presipitasi, dan lainnya [13].

Sebuah artikel dari Science Education Resource Center (2023) menerangkan bahwa:

Siklus air didorong terutama oleh energi dari matahari. Energi matahari ini menggerakkan siklus dengan menguapkan air dari lautan, danau, sungai, dan bahkan tanah. Air lain bergerak dari tanaman ke atmosfer melalui proses transpirasi. Saat air cair menguap atau bertranspirasi, ia membentuk uap air dan awan, tempat tetesan air akhirnya mendapatkan massa yang cukup untuk jatuh kembali ke Bumi sebagai presipitasi. Curah hujan kemudian menjadi limpasan atau air tanah, dan bekerja dengan caranya—melalui berbagai rentang waktu—kembali ke reservoir permukaan. Siklus air pada dasarnya adalah sistem tertutup, artinya volume air yang ada di hidrosfer saat ini sama dengan jumlah air yang selalu ada di sistem Bumi [14].

Siklus air perkotaan adalah siklus yang menggambarkan proses pengelolaan air yang dibutuhkan untuk konsumsi manusia dan industri dari alam, mulai dari pasokan dan sanitasi air, pendistribusian dan penggunaan air bersih, hingga pengolahan serta pelepasan limbah air ke lingkungan [15].

### D. Tahapan Siklus Hidrologi Alami

Berikut merupakan berbagai tahapan dan proses di dalam siklus hidrologi alami:

- Evaporasi, yaitu proses ketika air berubah menjadi uap dan naik ke atmosfer.
- Kondensasi, yaitu proses ketika uap air mendingin dan kembali menjadi tetesan air, membentuk awan.
- Presipitasi, terjadi ketika tetesan air di awan menjadi berat dan jatuh ke tanah sebagai hujan atau salju.
- Intersepsi, terjadi ketika air hujan ditahan oleh daun dan cabang tanaman.
- Tembusan Tajuk, yaitu air hujan yang mencapai tanah dengan jatuh melalui ruang-ruang di cabang dan daun, atau dari tetesan daun.
- Aliran Batang, yaitu air hujan yang mengalir turun dari batang tanaman ke tanah.
- Serapan Tanaman, yaitu proses di mana tanaman menyerap air dan nutrisi dari tanah melalui akar.
- Transpirasi, yaitu pelepasan uap air dari daun tanaman ke atmosfer.
- Evapotranspirasi, yaitu proses gabungan dari penguapan air dari permukaan bumi dan pelepasan uap air oleh tumbuhan.
- Hujan, yaitu proses air jatuh dari awan ke tanah.
- Salju, yaitu uap air beku yang turun dari atmosfer ke tanah di daerah yang dingin.

- Gerimis Es, yaitu tetesan hujan yang membeku sebelum mencapai tanah, membentuk butiran es.
- Hujan Es, yaitu terbentuk ketika lapisan es menumpuk pada tetesan hujan ketika bergerak naik dan turun dalam badai petir.
- Lelehan Salju, yaitu pelelehan salju akibat suhu yang lebih hangat, sehingga menghasilkan aliran air.
- Sublimasi, yaitu proses di mana salju dan es berubah langsung menjadi uap air tanpa meleleh.
- Deposisi, yaitu konversi langsung uap air menjadi es tanpa melalui fase cair.
- Embun, yaitu kondensasi uap air pada permukaan yang dingin, seperti rumput dan daun, saat malam hari.
- Embun Beku, yaitu pembentukan kristal es pada permukaan saat suhu turun di bawah titik beku.
- Kabut, yaitu awan yang terbentuk di tanah atau di dekat tanah, terdiri dari tetesan air atau kristal es yang sangat kecil.
- Infiltrasi, yaitu proses ketika air dari permukaan meresap ke dalam tanah.
- Perkolasi, yaitu pergerakan air melalui lapisan tanah dan batuan.
- Pengisian Ulang Air Tanah, yaitu proses penambahan air ke akuifer untuk mengisi ulang air tanah.
- Penyimpanan Air Tanah, yaitu penyimpanan air dalam rongga batuan dan tanah di bawah tanah.
- Aliran Air Tanah, yaitu pergerakan air di dalam akuifer.
- Pelepasan Air Tanah, yaitu pengeluaran air dari dalam tanah ke badan air di permukaan, seperti danau dan sungai.
- Aliran Permukaan, yaitu aliran air di atas permukaan tanah, yang mengalir hingga mencapai sungai dan laut.
- Sungai, yaitu aliran air alami yang mengalir menuju ke lautan, danau, atau samudra.
- Pelepasan Sungai, yaitu aliran air dari sungai ke laut.
- Aliran Air, yaitu badan air mengalir yang bisa terbentuk dari mata air atau aliran permukaan.
- Kolam, yaitu badan air kecil yang tenang yang bisa terbentuk secara alami maupun buatan manusia.
- Mata Air, yaitu sumber air alami di mana air tanah mengalir ke permukaan.
- Lahan Basah, yaitu daerah di mana air menutupi tanah atau berada dekat permukaan.
- Danau, yaitu badan air alami atau buatan yang dikelilingi oleh daratan.
- Laut, yaitu badan air asin yang besar dan menutupi sebagian besar permukaan Bumi.

### E. Tahapan Siklus Hidrologi Perkotaan

Berikut merupakan berbagai tahapan dan proses di dalam siklus hidrologi perkotaan:

- Sumber Air, yaitu lokasi awal di mana air diperoleh untuk sistem air perkotaan.
- Pengolahan Air, yaitu proses pengolahan air untuk membuatnya aman untuk dikonsumsi manusia.
- Distribusi Air, yaitu pengangkutan air yang telah diolah dari Instalasi Pengolahan Air ke berbagai tujuan.

- Penyimpanan Air, yaitu penampungan air di waduk atau menara air untuk memastikan pasokan air yang stabil.
- Penggunaan Air, yaitu konsumsi air oleh rumah tangga, bisnis, dan industri untuk berbagai tujuan seperti minum, membersihkan, dan manufaktur.
- Pengumpulan Air, yaitu pengumpulan air limbah dari berbagai sumber untuk mengarahkannya ke Instalasi Pengolahan Air Limbah.
- Pengolahan Air Limbah, yaitu pengolahan air limbah sebelum dibuang kembali ke lingkungan atau digunakan kembali.
- Pelepasan Air, yaitu pelepasan air limbah yang telah diolah ke lingkungan, atau digunakan kembali dengan tujuan bukan untuk diminum.
- Danau, yaitu badan air alami atau buatan yang dikelilingi oleh daratan.
- Sungai, yaitu aliran air alami yang mengalir menuju ke lautan, danau, atau samudra.
- Waduk, yaitu danau buatan besar yang menyimpan air untuk digunakan di masa depan.
- Sumur, yaitu lubang di tanah yang digali atau dibor untuk mengakses air tanah.
- Akuifer, yaitu lapisan batuan atau sedimen di bawah tanah yang menyimpan dan mengalirkan air tanah.
- Saluran Air Hujan, yaitu sistem yang mengumpulkan air hujan dan mengarahkannya ke badan air untuk mencegah banjir.
- Air Daur Ulang, yaitu air limbah yang diolah kembali untuk digunakan dengan tujuan bukan untuk diminum, seperti irigasi atau proses industri.
- Pengumpulan Air dari Sumber, yaitu pengumpulan air dari berbagai sumber seperti sungai, danau, atau akuifer di bawah tanah.
- Koagulasi, yaitu proses penambahan bahan kimia ke air untuk membantu partikel menggumpal dan mengendap.
- Flokulasi, yaitu pengadukan lembut air untuk mendorong partikel membentuk gumpalan yang lebih besar.
- Sedimentasi, yaitu proses membiarkan partikel flok agar turun dan mengendap di dasar wadah, sehingga air di atasnya menjadi lebih bersih.
- Filtrasi, yaitu proses memasukkan air melalui filter untuk menghilangkan partikel yang tersisa.
- Disinfeksi, yaitu proses menambahkan bahan kimia seperti klorin untuk membunuh mikroorganisme berbahaya di dalam air.
- Penampungan Air Bersih, yaitu penampungan air yang telah diolah ke dalam tangki atau waduk besar untuk distribusi.
- Distribusi Air Bersih, melibatkan pengiriman air bersih melalui pipa ke perumahan, bidang usaha, dan lokasi lainnya.
- Penggunaan Air Perumahan, meliputi kegiatan rumah tangga seperti minum, memasak, dan mandi.
- Penggunaan Air Komersial, mengacu pada air yang digunakan untuk bisnis, kantor, dan kegiatan komersial lainnya.
- Penggunaan Air Industri, yaitu air yang dikonsumsi oleh industri untuk berbagai proses manufaktur.
- Pengumpulan Air Limbah, melibatkan pengumpulan air bekas dari perumahan, bidang usaha, dan industri untuk diolah.
- Penyaringan Saringan Batang, yaitu ketika objek berukuran besar dikeluarkan dari air limbah.
- Penghilangan Grit, yaitu proses menghilangkan pasir dan partikel kecil lainnya dari air limbah.
- Pengendap Primer, memungkinkan partikel padat mengendap ke dasar, menghasilkan lumpur primer.
- Aerasi, yaitu memasukkan udara ke dalam air untuk mendukung pertumbuhan bakteri yang bermanfaat dalam menguraikan materi organik.
- Pengendap Sekunder, memisahkan partikel padat yang tersisa dari air, menghasilkan lumpur sekunder.
- Disinfeksi Air Limbah, yaitu proses penggunaan bahan kimia untuk membunuh mikroorganisme berbahaya di dalam air.
- Pelepasan Air Olahan, yaitu pembuangan air limbah yang telah diolah kembali ke lingkungan dengan aman.
- Pelepasan ke Lingkungan, air limbah yang telah diolah dilepaskan ke lingkungan untuk bergabung kembali dalam siklus air alami.
- Pelepasan ke Hunian Retikulasi Ganda, beberapa perumahan memiliki sistem air terpisah untuk air bersih yang dapat diminum dan air daur ulang yang bukan untuk diminum.
- Pelepasan untuk Industri & Bisnis, air yang telah diolah digunakan di industri dan bisnis untuk berbagai keperluan.
- Pelepasan untuk Rekreasi, air yang telah diolah digunakan untuk kegiatan rekreasi seperti menyiram taman atau lapangan golf.
- Biosolid, yaitu lumpur tinja yang telah diolah dan dapat digunakan kembali sebagai pupuk untuk pertanian.
- Pelepasan ke Pertanian, biosolid yang telah diolah digunakan sebagai pupuk dalam pertanian untuk meningkatkan kesuburan tanah.

### III. METODE

Metode yang digunakan untuk pengembangan aplikasi ini yaitu metode MDLC (*Multimedia Development Life Cycle*). Metode MDLC sendiri terdiri dari 6 tahap, yaitu Konsep (*Concept*), Perancangan (*Design*), Pengumpulan Bahan (*Material Collecting*), Pembuatan (*Assembly*), Pengujian (*Testing*), dan Pendistribusian (*Distribution*).

- Konsep : Pada tahap ini, ditentukan tujuan dan jenis aplikasi, target pengguna, serta gaya seni dan nama aplikasi yang akan dikembangkan.
- Perancangan : Pada tahap ini, dilakukan berbagai perancangan desain dengan merujuk kepada konsep yang telah ditetapkan, seperti merancang diagram untuk struktur dan alur yang terdapat di dalam aplikasi, merancang desain model dan antarmuka pengguna, merancang teknik untuk penafsiran proses dan tahapan siklus air ke dalam aplikasi, serta merancang berbagai fitur dan fungsionalitas yang ingin dikembangkan. Di tahap



ini digunakan *tools* draw.io untuk menggambar beragam skema diagram.

- Pengumpulan bahan : Pada tahap ini, dikumpulkan beragam bahan seperti *tools*, aset 2D dan 3D, aset audio, aset font, serta sumber informasi dan referensi serta berbagai kebutuhan lainnya yang diperlukan dalam proses pengembangan aplikasi.
- Pembuatan : Pada tahap ini, aplikasi dikembangkan menggunakan Unity *game engine* dengan mengaplikasikan teknologi ARCore, serta menggunakan Microsoft Visual Studio sebagai IDE (*integrated development environment*) untuk menulis *source code* C# di dalam *script*. Selain itu, digunakan juga berbagai *tools* lainnya di dalam proses pembuatan, seperti memodifikasi aset 3D menggunakan Blender, memodifikasi aset 2D menggunakan Adobe Photoshop, serta memodifikasi aset audio menggunakan Audacity.
- Pengujian : Pada tahap ini, dilakukan pengujian oleh para penguji untuk memastikan apakah aplikasi bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *black box* oleh 4 orang penguji, dengan memperhatikan fungsionalitas aplikasi serta menguji kemungkinan terjadinya *error* maupun *bug*.
- Pendistribusian : Pada tahap ini, aplikasi yang telah melewati tahap pembuatan serta pengujian didistribusikan secara online agar dapat diunduh secara publik.

#### A. Sumber Informasi & Referensi

Berikut adalah sumber-sumber informasi dan referensi berupa artikel dan infografik untuk pembuatan model dan submodel siklus air alami dan perkotaan di dalam aplikasi yang dikembangkan:

TABEL 1  
TABEL SUMBER INFORMASI & REFERENSI

Sumber	Referensi
United States Geological Survey	<a href="https://www.usgs.gov/media/files/water-cycle-poster-pdf">https://www.usgs.gov/media/files/water-cycle-poster-pdf</a> <a href="https://www.usgs.gov/media/images/natural-water-cycle-jpg">https://www.usgs.gov/media/images/natural-water-cycle-jpg</a> <a href="https://www.usgs.gov/media/images/water-cycle-schools">https://www.usgs.gov/media/images/water-cycle-schools</a>
Ilissa Ocko & Greg Seroka	<a href="https://blogs.agu.org/wildwildscience/2014/03/08/why-your-car-is-covered-with-an-inch-of-ice-instead-of-a-foot-of-snow/">https://blogs.agu.org/wildwildscience/2014/03/08/why-your-car-is-covered-with-an-inch-of-ice-instead-of-a-foot-of-snow/</a>
Labster Theory	<a href="https://theory.labster.com/water-cycle-processes/">https://theory.labster.com/water-cycle-processes/</a>
H2O Distributors	<a href="https://www.h2odistributors.com/info/info-water-cycle/">https://www.h2odistributors.com/info/info-water-cycle/</a>
USAG Alaska DPW. Environmental Division Water Program	<a href="https://www.army.mil/article/242281/the-water-cycle-and-you">https://www.army.mil/article/242281/the-water-cycle-and-you</a>
Ellen Bacca	<a href="https://www.woodtv.com/weather/ask-ellen/ask-ellen-how-is-soft-hail-made/">https://www.woodtv.com/weather/ask-ellen/ask-ellen-how-is-soft-hail-made/</a>

Northeast Ohio Regional Sewer District	<a href="https://www.neorsd.org/water-its-called-cycle-for-reason-rig/">https://www.neorsd.org/water-its-called-cycle-for-reason-rig/</a>
Short Elliott Hendrickson Inc.	<a href="https://www.sehinc.com/news/how-urban-water-cycle-works">https://www.sehinc.com/news/how-urban-water-cycle-works</a>
Idrica	<a href="https://www.idrica.com/blog/steps-urban-water-cycle/">https://www.idrica.com/blog/steps-urban-water-cycle/</a>
Cole-Parmer	<a href="https://www.coleparmer.com/tech-article/eight-stages-of-wastewater-treatment-process">https://www.coleparmer.com/tech-article/eight-stages-of-wastewater-treatment-process</a>
School of PE	<a href="https://www.schoolofpe.com/blog/2017/02/wastewater-treatment-process-for-public-health-and-safety.html">https://www.schoolofpe.com/blog/2017/02/wastewater-treatment-process-for-public-health-and-safety.html</a>
EurEau	<a href="https://www.eureau.org/resources/publications/5805-the-value-of-water-services/file">https://www.eureau.org/resources/publications/5805-the-value-of-water-services/file</a>
Ron Magnes	<a href="https://artrep1.com/2012/03/30/technical-art-by-ron-magnes/">https://artrep1.com/2012/03/30/technical-art-by-ron-magnes/</a>
Centers for Disease Control and Prevention	<a href="https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/water_treatment.html">https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/public/water_treatment.html</a>

#### B. Video Edukasi

Berikut adalah video-video edukasi yang dijadikan referensi untuk pembuatan model dan submodel siklus air perkotaan di dalam aplikasi yang dikembangkan:

TABEL 2  
TABEL VIDEO EDUKASI

Judul Video	Tautan
How the Urban Water Cycle Works	<a href="https://youtu.be/xxDX8RhgVTE">https://youtu.be/xxDX8RhgVTE</a>
How Do Water Treatment Plants Work?	<a href="https://youtu.be/0_ZcCqqpS2o">https://youtu.be/0_ZcCqqpS2o</a>
How does Wastewater Treatment Work?	<a href="https://youtu.be/sDtUpkMqu6E">https://youtu.be/sDtUpkMqu6E</a>
Waste Water Treatment -SCADA - Plant-IQ	<a href="https://youtu.be/ZSFdOjxB-II">https://youtu.be/ZSFdOjxB-II</a>

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengembangan aplikasi, didapat keluaran berupa aplikasi Android yang menggunakan teknologi ARCore dengan metode AR *markerless*, dengan versi SDK minimal yang didukung adalah API Level 24 (Android 7.0 "Nougat"), serta pilihan bahasa yaitu bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Di dalam aplikasi, terdapat 2 tipe model siklus air yaitu siklus air alami (*natural water cycle*) dan siklus air perkotaan (*urban water cycle*).

Terdapat 4 submodel untuk tipe model siklus air alami, yaitu submodel Pohon & Tumbuhan (*Trees & Plants*), submodel Daerah Pegunungan (*Mountain Regions*), submodel Lapisan Tanah (*Ground Layer*), serta submodel Badan Air (*Water Bodies*).

Sementara itu, terdapat 5 submodel untuk tipe model siklus air perkotaan, yaitu submodel Sumber (*Source*), submodel Pengolahan Air (*Water Treatment*), submodel Penggunaan (*Use*), submodel Pengolahan Air Limbah

(Wastewater Treatment), serta submodel Pelepasan (Discharge).

Selain fitur-fitur utama tersebut, terdapat juga fitur seperti Kuis (*Quiz*) yang memberikan pertanyaan dan pilihan jawaban secara acak kepada pengguna, sebagai media untuk menguji ingatan pengguna akan tahap-tahap yang ada pada siklus air. Sebagai tambahan, terdapat juga beberapa tombol berwarna abu-abu yang menandakan bahwa terdapat beberapa fitur yang belum diimplementasikan di dalam aplikasi, diantaranya yaitu fitur *Minigames* dan fitur *Cyclepedia*.

#### A. Package & Tools

Selama pengembangan aplikasi, digunakan beragam package dari Unity Asset Store yang berisi serangkaian gambar, model 3D, maupun *tools*. Berikut daftar *package* dan *tools* yang digunakan di dalam aplikasi:

TABEL 3  
TABEL PACKAGE & TOOLS

Nama Package / Tools	Tautan	Jenis
Mesh Combiner	<a href="https://assetstore.unity.com/packages/tools/modeling/mesh-combiner-157192">https://assetstore.unity.com/packages/tools/modeling/mesh-combiner-157192</a>	Gratis
URP Stylized Water Shader - Proto Series	<a href="https://assetstore.unity.com/packages/vfx/shaders/urp-stylized-water-shader-prototype-series-187485">https://assetstore.unity.com/packages/vfx/shaders/urp-stylized-water-shader-prototype-series-187485</a>	Gratis
City Voxel Pack	<a href="https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/urban/city-voxel-pack-136141">https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/urban/city-voxel-pack-136141</a>	Gratis
Low Poly Cute Bakery Building	<a href="https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/low-poly-cute-bakery-building-229785">https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/low-poly-cute-bakery-building-229785</a>	Gratis
SimplePoly City - Low Poly Assets	<a href="https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/simplepoly-city-low-poly-assets-58899">https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/simplepoly-city-low-poly-assets-58899</a>	Gratis
simple icon pastel tone	<a href="https://assetstore.unity.com/packages/2d/gui/icons/simple-icon-pastel-tone-107568">https://assetstore.unity.com/packages/2d/gui/icons/simple-icon-pastel-tone-107568</a>	Gratis
DOTween (HOTween v2)	<a href="https://assetstore.unity.com/packages/tools/animation/dotween-hotween-v2-27676">https://assetstore.unity.com/packages/tools/animation/dotween-hotween-v2-27676</a>	Gratis
ARCore XR Plugin	<a href="https://developers.google.com/ar/develop/unity-arf/getting-started-ar-foundation">https://developers.google.com/ar/develop/unity-arf/getting-started-ar-foundation</a>	Gratis
Low Poly Nature Mountains Pack	<a href="https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/landscapes/low-poly-nature-mountains-pack-209340">https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/landscapes/low-poly-nature-mountains-pack-209340</a>	Berbayar
Nature Forest - Animation Assets	<a href="https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/landscapes/nature-forest-animation-assets-149566">https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/landscapes/nature-forest-animation-assets-149566</a>	Berbayar

River Tool	<a href="https://assetstore.unity.com/packages/tools/modeling/river-tool-15783">https://assetstore.unity.com/packages/tools/modeling/river-tool-15783</a>	Berbayar
MK Toon - Stylized Shader	<a href="https://assetstore.unity.com/packages/vfx/shaders/mk-toon-stylized-shader-178415">https://assetstore.unity.com/packages/vfx/shaders/mk-toon-stylized-shader-178415</a>	Berbayar
SimpliCity Industrial Pack	<a href="https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/industrial/simplicity-industrial-pack-45024">https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/industrial/simplicity-industrial-pack-45024</a>	Berbayar

#### B. Model 3D Terpisah

Selama pengembangan aplikasi, digunakan beragam model 3D terpisah dari Sketchfab maupun Poly Pizza. Berikut daftar model 3D terpisah yang digunakan di dalam aplikasi:

TABEL 4  
TABEL MODEL 3D TERPISAH

Nama Model	Tautan	Lisensi
Palm Tree	<a href="https://sketchfab.com/3d-models/palm-tree-bc826f1f48e744438cb9a37394507967">https://sketchfab.com/3d-models/palm-tree-bc826f1f48e744438cb9a37394507967</a>	CC BY 4.0
Cloud	<a href="https://poly.pizza/m/8CXbPO6p0n2">https://poly.pizza/m/8CXbPO6p0n2</a>	CC BY 3.0
Clouds	<a href="https://poly.pizza/m/b3Kia9N2fS2">https://poly.pizza/m/b3Kia9N2fS2</a>	CC BY 3.0
Snowy Houses	<a href="https://poly.pizza/m/8L83PuGYC0Q">https://poly.pizza/m/8L83PuGYC0Q</a>	CC BY 3.0
Water Tank	<a href="https://poly.pizza/m/XVB8vUbnZb">https://poly.pizza/m/XVB8vUbnZb</a>	CC0 1.0
Water Tower	<a href="https://poly.pizza/m/9JYqZyTiVku">https://poly.pizza/m/9JYqZyTiVku</a>	CC BY 3.0
Wooden Sign	<a href="https://poly.pizza/m/mxyDwLsKer">https://poly.pizza/m/mxyDwLsKer</a>	CC0 1.0
Well	<a href="https://poly.pizza/m/11K9mD0zDZw">https://poly.pizza/m/11K9mD0zDZw</a>	CC BY 3.0
Road	<a href="https://poly.pizza/m/a38EEOJFUlp">https://poly.pizza/m/a38EEOJFUlp</a>	CC BY 3.0
Manhole cover	<a href="https://poly.pizza/m/OcNjrcArkJ">https://poly.pizza/m/OcNjrcArkJ</a>	CC BY 3.0
Fan	<a href="https://poly.pizza/m/wYMa7vha9k">https://poly.pizza/m/wYMa7vha9k</a>	CC BY 3.0
LowPoly - Flask	<a href="https://sketchfab.com/3d-models/lowpoly-flask-dcf232cf9e964c478a1b2d59b8097510">https://sketchfab.com/3d-models/lowpoly-flask-dcf232cf9e964c478a1b2d59b8097510</a>	CC BY 4.0
sign	<a href="https://poly.pizza/m/V1FJoPTP4z">https://poly.pizza/m/V1FJoPTP4z</a>	CC0 1.0
golf hole flag	<a href="https://poly.pizza/m/0fE2T9eRA9V">https://poly.pizza/m/0fE2T9eRA9V</a>	CC BY 3.0
Golf tee	<a href="https://poly.pizza/m/cW8u8jd15ZE">https://poly.pizza/m/cW8u8jd15ZE</a>	CC BY 3.0
Golf club	<a href="https://poly.pizza/m/aLshfFR-3cx">https://poly.pizza/m/aLshfFR-3cx</a>	CC BY 3.0

Crops	<a href="https://poly.pizza/m/Ro6K0Yg7mx">https://poly.pizza/m/Ro6K0Yg7mx</a>	CC0 1.0
Bags	<a href="https://poly.pizza/m/gzvyAQ797z">https://poly.pizza/m/gzvyAQ797z</a>	CC0 1.0
Bag Open	<a href="https://poly.pizza/m/rJuZexuhU">https://poly.pizza/m/rJuZexuhU</a>	CC0 1.0

### C. Gambar 2D Terpisah

Selama pengembangan aplikasi, digunakan gambar 2D terpisah dari Freepik. Berikut daftar gambar 2D terpisah yang digunakan di dalam aplikasi:

TABEL 5  
TABEL GAMBAR 2D TERPISAH

Nama Gambar	Tautan
Landscape scene illustration digital painting with greenery mountains hills meadows blue skies	<a href="https://www.freepik.com/premium-photo/landscape-scene-illustration-digital-painting-with-greenery-mountains-hills-meadows-blue-skies_33035745.htm">https://www.freepik.com/premium-photo/landscape-scene-illustration-digital-painting-with-greenery-mountains-hills-meadows-blue-skies_33035745.htm</a>

### D. Audio (Musik & Efek Suara)

Selama pengembangan aplikasi, digunakan *file-file* audio berlisensi *royalty-free* berupa musik (BGM) maupun efek suara (SFX) dari Storyblocks dan Pixabay. Berikut daftar *file* audio yang digunakan di dalam aplikasi:

TABEL 6  
TABEL AUDIO (MUSIK & EFEK SUARA)

Nama Audio	Tautan	Jenis
Shiny Mall	<a href="https://www.storyblocks.com/audio/stock/shiny-mall-bdvirww9pkhs78w9j.html">https://www.storyblocks.com/audio/stock/shiny-mall-bdvirww9pkhs78w9j.html</a>	BGM
Christmas Gift	<a href="https://www.storyblocks.com/audio/stock/christmas-gift-347254710.html">https://www.storyblocks.com/audio/stock/christmas-gift-347254710.html</a>	BGM
Funny Whimsical Music	<a href="https://www.storyblocks.com/audio/stock/funny-whimsical-music-hg_v1lmpkpg7qwztp.html">https://www.storyblocks.com/audio/stock/funny-whimsical-music-hg_v1lmpkpg7qwztp.html</a>	BGM
Button lips	<a href="https://pixabay.com/sound-effects/button-lips-29331/">https://pixabay.com/sound-effects/button-lips-29331/</a>	SFX
Training Program, Correct2	<a href="https://pixabay.com/sound-effects/training-program-correct2-88734/">https://pixabay.com/sound-effects/training-program-correct2-88734/</a>	SFX
WrongAnswer	<a href="https://pixabay.com/sound-effects/wronganswer-37702/">https://pixabay.com/sound-effects/wronganswer-37702/</a>	SFX
Water Movement Small Splash	<a href="https://www.storyblocks.com/audio/stock/water-movement-small-splash-redlsx6nlphk0wxw268.html">https://www.storyblocks.com/audio/stock/water-movement-small-splash-redlsx6nlphk0wxw268.html</a>	SFX

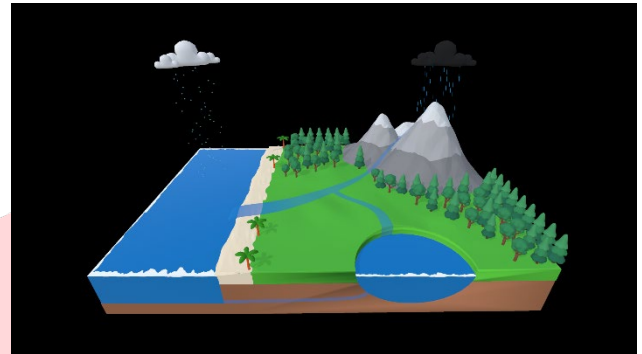
### E. Font

Selama pengembangan aplikasi, digunakan beragam *font* yang berbeda. Berikut daftar *font* yang digunakan di dalam aplikasi:

- Liberation Sans
- Staatliches
- Sans Mateo
- Vaga Round

### F. Model Siklus Air

Di dalam aplikasi ini terdapat 11 (sebelas) model dan submodel siklus air yang berbeda. Berikut adalah model-model siklus air yang terdapat di dalam aplikasi. Pertama, model utama siklus air alami. Model ini mencakup tahap-tahap siklus air alami yang paling sederhana, yaitu evaporasi, kondensasi, dan presipitasi.



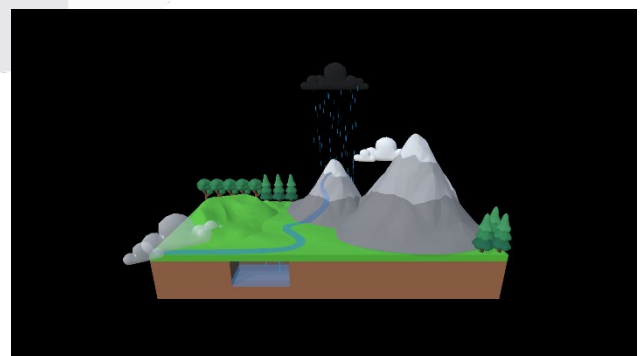
GAMBAR 1  
Model utama siklus air alami

Submodel Pohon & Tanaman menjelaskan tentang interaksi antara siklus air dengan pohon dan tanaman, seperti intersepsi, tembusan tajuk, aliran batang, serapan tanaman, transpirasi, dan evapotranspirasi.



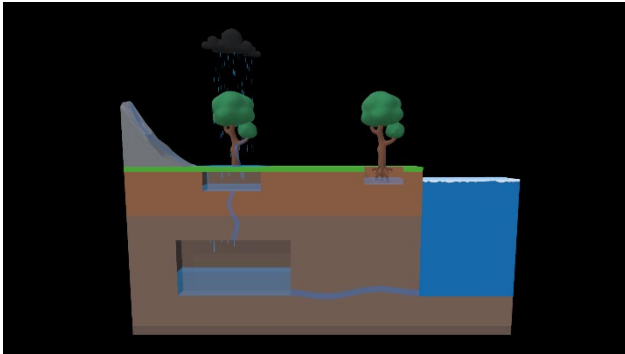
GAMBAR 2  
Submodel Pohon & Tanaman (siklus air alami)

Submodel Daerah Pegunungan menjelaskan tentang siklus air alami yang terjadi di daerah pegunungan dan bukit dengan ketinggian dan suhu yang dingin.



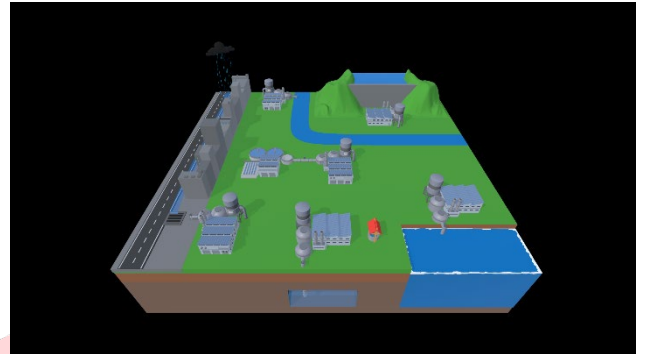
GAMBAR 3  
Submodel Daerah Pegunungan (siklus air alami)

Submodel Lapisan Tanah menjelaskan tentang siklus air yang terjadi di lapisan bawah tanah, seperti infiltrasi, perkolasi, pengisian ulang air tanah, penyimpanan air tanah, aliran air tanah, serta pelepasan air tanah.



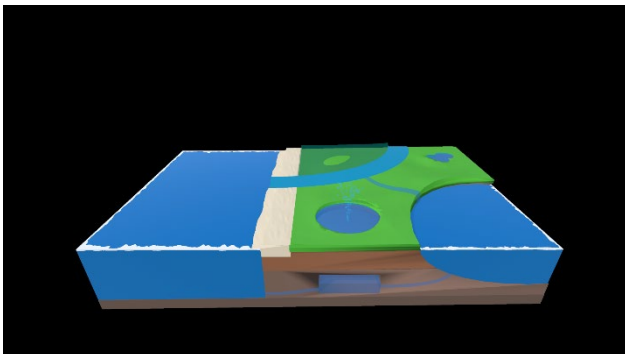
GAMBAR 4  
Submodel Lapisan Tanah (siklus air alami)

Submodel Sumber menjelaskan lokasi-lokasi awal di mana air diperoleh untuk sistem air perkotaan, seperti sungai, danau, waduk, saluran air hujan, sumur dan akuifer, maupun air daur ulang dari instalasi pengolahan air limbah.



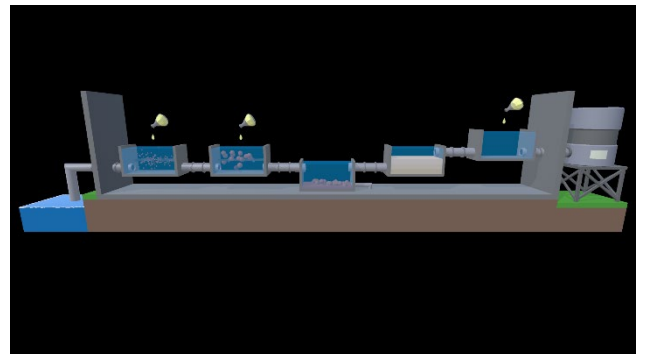
GAMBAR 7  
Submodel Sumber (siklus air perkotaan)

Submodel Badan Air menjelaskan tentang badan-badan air yang terdapat di dalam siklus air alami, seperti aliran permukaan, sungai, kolam, mata air, lahan basah, danau, dan laut.



GAMBAR 5  
Submodel Badan Air (siklus air alami)

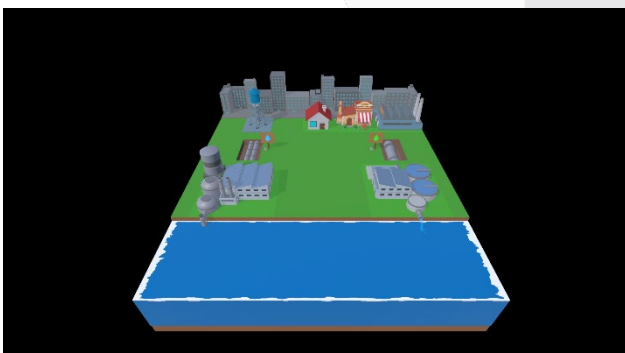
Submodel Pengolahan Air menjelaskan tentang tahapan dan proses yang dilalui untuk mengolah air dari sumber air menjadi air olahan yang bersih untuk kemudian didistribusikan.



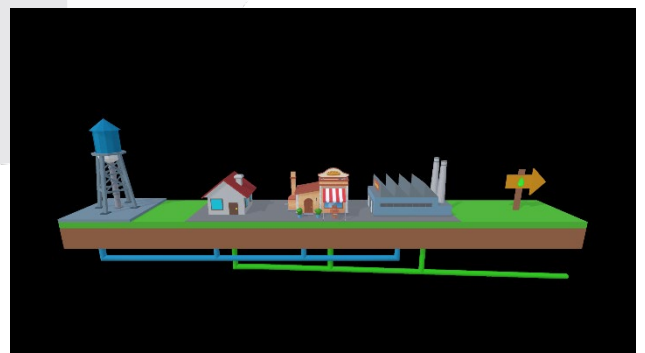
GAMBAR 8  
Submodel Pengolahan Air (siklus air perkotaan)

Berikut merupakan model utama untuk siklus air perkotaan. Model ini mengandung tahap Sumber, Pengolahan Air, Distribusi, Penyimpanan, Penggunaan, Pengumpulan, Pengolahan Air Limbah, serta Pelepasan.

Submodel Penggunaan menjelaskan tentang bagaimana air bersih yang telah diolah didistribusikan dan digunakan, seperti penggunaan perumahan, penggunaan komersial, dan penggunaan industri.



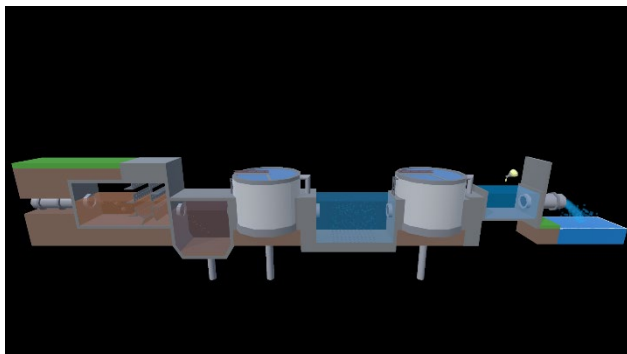
GAMBAR 6  
Model utama siklus air perkotaan



GAMBAR 9  
Submodel Penggunaan (siklus air perkotaan)

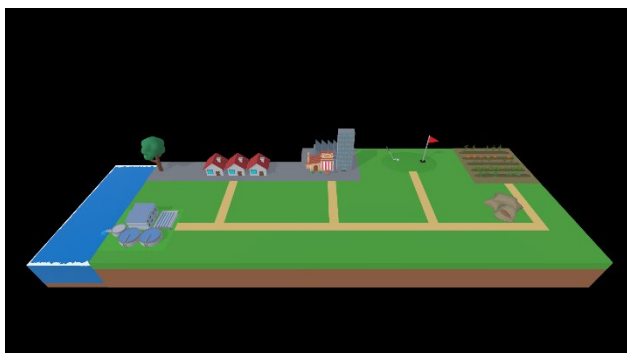


Submodel Pengolahan Air Limbah menjelaskan tentang tahapan dan proses yang dilalui untuk mengolah air limbah menjadi air olahan yang dapat dilepaskan secara aman kembali ke lingkungan, atau digunakan kembali untuk penggunaan bukan untuk diminum.



GAMBAR 10  
Submodel Pengolahan Air Limbah (siklus air perkotaan)

Submodel Pelepasan menjelaskan tentang destinasi-destinasi air limbah yang telah diolah ke berbagai tujuan, seperti lingkungan, hunian retikulasi ganda, industri & bisnis, rekreasi (seperti taman dan lapangan golf), maupun pertanian (dalam bentuk biosolid).



GAMBAR 11  
Submodel Pelepasan (siklus air perkotaan)

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengembangan aplikasi ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa aplikasi edukasi *mobile* yang menerapkan teknologi *augmented reality* bertema siklus hidrologi 3D interaktif telah berhasil dikembangkan, serta berisi 11 (sebelas) lingkungan yang berbeda untuk mensimulasikan perubahan siklus iklim dalam objek 3D.

## REFERENSI

- [1] S. Rahayu. "Mengenal Siklus Air". Internet: [https://static.perangkat-ajar.belajar.id/934def99-99a0-4215-9dd6-34f74cd07816%3D-REVISI BA %204 IPAS Mengenal Siklus Air JP%20BOOKS.pdf](https://static.perangkat-ajar.belajar.id/934def99-99a0-4215-9dd6-34f74cd07816%3D-REVISI%20BA%204%20IPAS%20Mengenal%20Siklus%20Air%20JP%20BOOKS.pdf), 2022 [Agu 18, 2023].
- [2] D. R. S. B. Sitepu, "ANALISIS KESULITAN SISWA DALAM MEMAHAMI MATERI SIKLUS AIR TANAH PADA MATAPELAJARAN IPA

KELAS IV DI UPT SD NEGERI 068003 MEDAN TUNTUNGAN TAHUN AJARAN 2021/2022", Prosiding Seminar Nasional PSSH, vol 1, no. 58, Jul. 2022

- [3] A. Budiman. "Scramble Solusi Tepat Belajar Daur Air". Internet: <https://jatengpos.co.id/scramble-solusi-tepat-belajar-daur-air/arif/>, 2019 [Agu 18, 2023].
- [4] R. Septianingtias, B. Yulianto, & M. Nuruddin, "PENINGKATAN HASIL BELAJAR SISWA KELAS V SD MELALUI PENGGUNAAN METODE EKSPERIMEN PADA MATERI SIKLUS AIR", *Elementa*, vol. 1, no. 3, Apr. 2020.
- [5] C. Kurniawan & H. Hidayati, "PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN SIKLUS AIR DAN DAMPAKNYA PADA TEMA PERISTIWA DALAM KEHIDUPAN UNTUK KELAS V SDN JETIS II", *Trihayu*, vol. 5, no. 2, Jul. 2019.
- [6] R. Nurmizsuari, "PENINGKATAN HASIL BELAJAR IPA MATERI SIKLUS AIR MENGGUNAKAN MEDIA DIORAMA PADA SISWA KELAS V MI KAUMAN KIDUL SALATIGA TAHUN PELAJARAN 2018/2019", Sep. 2019.
- [7] I. Maulana, N. Suryani, & A. Asrowi, "Augmented Reality: Solusi Pembelajaran IPA di Era Revolusi Industri 4.0", *icecrs*, vol. 2, no. 1, hal. 19-26, Okt. 2019.
- [8] R. T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality", *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, no. 4, hal. 355-385, Agu. 1997.
- [9] H. K. Wu, S. W. Y. Lee, H. Y. Chang, & J. C. Liang, "Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education", *Computers & Education*, vol. 62, no. 7, hal. 41-49, Mar. 2013.
- [10] C. Moro, Z. Štromberga, A. Raikos, & A. Stirling, "The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy", *Anatomical Sciences Education*, vol. 10, no. 6, hal. 549-559, Apr. 2017.
- [11] A. Šmid, "Comparison of Unity and Unreal Engine", *Czech Technical University in Prague*, hal. 41-61, Mei. 2017.
- [12] Unity Technologies. "Platform development". Internet: <https://docs.unity3d.com/Manual/PlatformSpecific.html>, 2023 [Agu 18, 2023].
- [13] ROCHESTER, MN. "The Urban Water Cycle". Internet: <https://www.rochestermn.gov/government/departments/public-works/stormwater-management/rochester-s-water/urbanwatercycle> [Agu 18, 2023].
- [14] TERC. "2A: Solar Energy and the Water Cycle". Internet: <https://serc.carleton.edu/eslabs/weather/2a.html>, 2023 [Agu 18, 2023].
- [15] Idrica. "The 6 steps in the urban water cycle". Internet: <https://www.idrica.com/blog/steps-urban-water-cycle/>, 2020 [Agu 18, 2023].