

# Visualization of Alternative Electrical Energy Learning Materials Using Augmented Reality-Based Windmills

## [Visualisasi Materi Pembelajaran Energi Listrik Alternatif Menggunakan Kincir Angin Berbasis Augmented Reality]

Muhammad Iqbal Fawwazy Anwar<sup>1)</sup>, Yunionita Rahmawati<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup> Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: yunionita@umsida.ac.id

**Abstract.** Windmills are usually seen through pictures, videos or seeing directly, but there has been no introduction of windmills using a technology. By using Augmented reality, the introduction and education of an object will be more interesting and more interactive. The aim of this research is to create an augmented reality-based windmill visualization application called KinAR. In this study, windmill objects were created using Blender 3D and there will be 3 objects created, namely turbine windmills, Dutch windmills, and American windmills. From the results of the tests that have been carried out, it can be seen that the windmill visualization application successfully displays the mill object and all application systems can run as expected. The KinAR application can be used as an educational tool for the general public to become more familiar with windmills.

**Keywords** - Augmented Reality; Education; Windmill; Visualization.

**Abstrak.** Kincir angin biasa dilihat melalui gambar, video ataupun melihat secara langsung tetapi belum ada pengenalan kincir angin menggunakan sebuah teknologi. Dengan menggunakan Augmented reality, pengenalan dan edukasi suatu objek akan lebih menarik dan lebih interaktif. Tujuan dalam penelitian ini adalah membuat sebuah aplikasi visualisasi kincir angin berbasis augmented reality bernama KinAR. Dalam penelitian ini, objek kincir angin dibuat menggunakan Blender 3D dan objek yang dibuat akan ada 3 yaitu kincir angin turbin, kincir angin belanda, dan kincir angin amerika. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa aplikasi visualisasi kincir angin berhasil menampilkan objek kincir dan semua sistem aplikasi dapat berjalan sesuai yang diharapkan. Aplikasi KinAR dapat digunakan sebagai alat edukasi kepada masyarakat umum untuk lebih mengenal kincir angin.

**Kata Kunci** - Augmented Reality; Edukasi; Kincir Angin; Visualisasi

### I. PENDAHULUAN

Diera yang modern ini, trend energi listrik semakin meningkat yang membuat kebutuhan energi listrik juga ikut meningkat. Sebagai salah satu sumber energi pembangkit listrik, batu bara dan minyak bumi akan terus berkurang jumlahnya karena kebutuhan yang harus dipenuhi [1]. Maka dari itu, energi alternatif sangat penting untuk dipelajari karena dapat menggantikan energi yang tak terbarukan dan mengurangi kerusakan lingkungan yang ditimbulkan dari penggunaan energi fosil yang berlebihan, salah satu energi alternatif adalah angin. Angin adalah salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar terutama bagi negara Indonesia dan yang dapat mengubah angin menjadi energi adalah kincir angin [2]. Indonesia memiliki daerah yang terdapat banyak aliran anginya khususnya daerah pesisir pantai tetapi masih kurang dalam pemanfaatannya [3]. Tidak seperti negara-negara di eropa, kincir angin di Indonesia masih sedikit jumlahnya. Selama ini kincir angin hanya divisualisasikan dengan media foto dan video. Hingga saat ini belum ada teknologi sebagai media pengenalan kincir angin.

Beberapa penelitian terakhir menunjukkan bahwa teknologi augmented reality sering digunakan untuk media pengenalan. Augmented reality merupakan salah satu teknologi yang paling cepat tumbuh dan berkembang [4]. Augmented Reality menggabungkan dunia maya dan dunia nyata yang mana dapat dilihat dan didengar secara realtime [5]. Teknologi augmented reality telah banyak digunakan diberbagai bidang diantaranya pariwisata, arkeologi, seni, perdagangan, manufaktur, edukasi, emergency management, hiburan, dan medis [6]. Dengan augmented reality, diharapkan kincir angin dapat divisualisasi secara lebih interaktif.

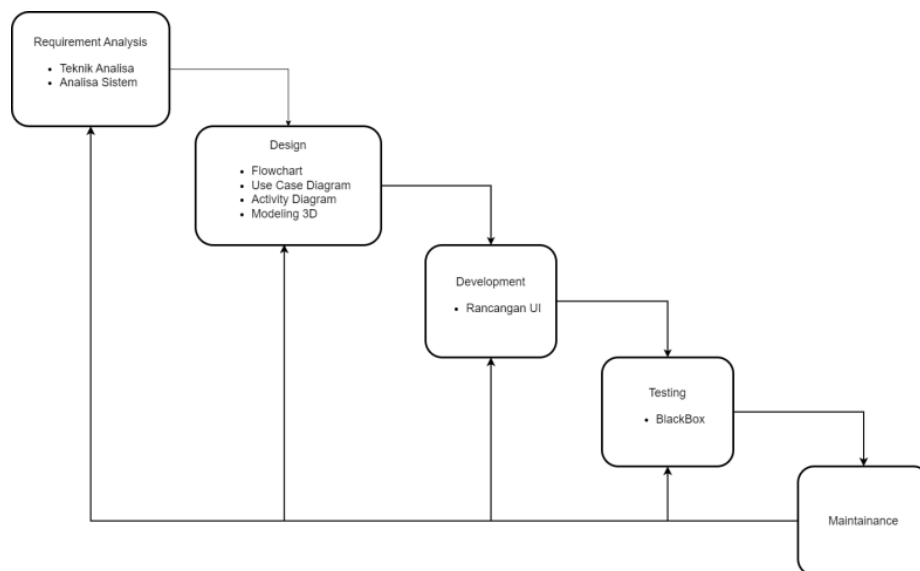
Penelitian ini didasarkan penelitian yang telah ada atau terdahulu yang telah dibuat oleh [7] yang berjudul “Aplikasi pembelajaran energi angin berbasis augmented reality” yang membahas tentang pengembangan aplikasi pembelajaran tentang energy angin menggunakan augmented reality dan penelitian dari [8] yang berjudul “Modul Pembelajaran PLTA berbasis Augmented Reality” dengan penelitiannya berfokus pada penerapan augmented reality untuk memvisualisasikan pembangkit listrik tenaga air sebagai media pembelajaran. Juga penelitian yang dibuat oleh [9] dengan judul “Platform Modular Berbasis Augmented Reality untuk Pendidikan Energi Surya” dengan membahas tentang pemanfaatan augmented reality sebagai alat studi untuk pendidikan energi surya.

Tujuan penelitian ini yaitu membuat aplikasi visualisasi kincir angin berbasis Augmented reality yang bernama KinAR. Aplikasi ini digunakan untuk pengenalan kincir angin yang dapat digunakan sebagai edukasi kepada

masyarakat umum agar dapat lebih mengenal kincir angin. Kincir angin dibangun secara 3 dimensi menggunakan tool blender 3D. Model tiga dimensi kincir angin divisualisasikan menggunakan teknologi augmented reality.

## II. METODE

Penelitian ini menggunakan proses System Development Life Cycle (SDLC) dengan model waterfall. Dimana model ini sistematis serta urut dalam membangun perangkat lunak, dimulai dari tahapan analisis kebutuhan hingga pemeliharaan perangkat lunak. Model ini adalah model yang klasik dengan siklus yang berulang[10].



Gambar 1 Model Waterfall

Pada gambar 1 menunjukkan metode penelitian menggunakan metode waterfall, berikut penjelasannya.

### 2.1 Requirement Analysis

Pada tahapan ini akan fokus dengan kebutuhan perangkat lunak memaparkan apa saja yang dibutuhkan dalam pengembangan sistem yang akan dibuat, yaitu dengan melihat penelitian yang sudah ada dan mencari dari sumber internet[11]. Tahapan ini memiliki dua analisa yaitu teknik analisa dan analisa sistem.

#### 2.1.1 Teknik Analisa

Pada penelitian ini dilakukan dengan menganalisa data yang telah dikumpulkan. Data dan informasi didapat dengan cara mengumpulkannya dari dokumentasi penelitian dan informasi yang bersumber dari internet, sehingga dapat memahami cara untuk membuat aplikasi kincir angin berbasis augmented reality.

#### 2.1.2 Analisa Sistem

Analisa sistem dibutuhkan agar dapat menyesuaikan kebutuhan yang ada dengan tujuan untuk memastikan pengguna tidak kesulitan dalam menggunakan sistem yang dibuat dan berguna juga untuk menemukan kekurangan dan kesalahan jika memang ada[12]. Dalam analisa sistem ini ditemukan ada kebutuhan fungsional dan juga kebutuhan yang non fungsional.

#### A. Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional berisikan tentang proses apa saja yang akan dijalankan sistem:

- Sistem dapat menampilkan objek kincir angin berbasis augmented reality.
- integrasi beberapa marker sekaligus .

#### B. Kebutuhan Non Fungsional

Kebutuhan non fungsional harus dianalisa agar mengetahui minimal spesifikasi perangkat keras yang dibutuhkan sistem.

- RAM 3 GB
- Kamera Smartphone
- Penyimpanan internal 32 GB atau lebih

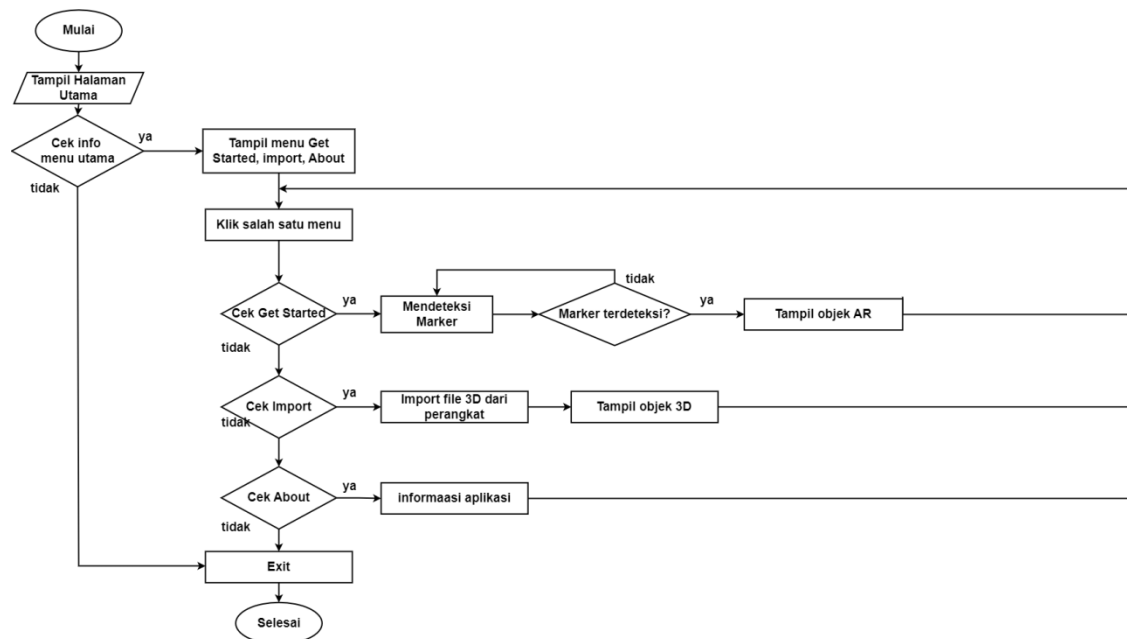
- Sistem operasi android versi oreo 8+

## 2.2 Design

Tahap *Design* adalah tahapan yang penting ataupun krusial dalam pembuatan aplikasi yang akan dibuat dan tahap ini bersifat linier yang mengakibatkan akan susah sekali jika sewaktu waktu ada perubahan[13]. Proses perancangan dibuat berdasarkan pada tahapan sebelumnya. Agar mendapat gambaran dan memudahkan proses dalam pengerjaan, perancangan sistem meliputi:

### 1. Flowchart

*Flowchart* adalah diagram alur yang menggambarkan apa saja langkah atau urutan dalam proses suatu program. Langkah atau urutan tersebut digambarkan dengan symbol-simbol yang dihubungkan dengan tanda panah dan garis[14]. Dengan menggunakan *flowchart* akan lebih mudah dalam menjabarkan tentang bagaimana proses dalam suatu program karena *flowchart* menjelaskan proses-proses tersebut menggunakan simbol. Berikut adalah *flowchart* dari aplikasi visualisasi materi pembelajaran energi listrik alternatif menggunakan kincir angin berbasis *augmented reality*.

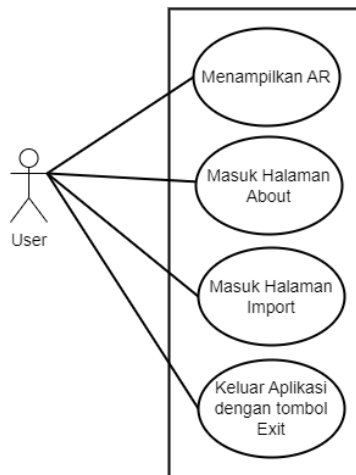


Gambar 2 *Flowchart*

Pada gambar 2 menunjukan *flowchart* pada sistem aplikasi visualisasi kincir angin berbasis *augmented reality*. *User* atau pengguna membuka aplikasi maka akan tampil halaman utama lalu mengecek info menu. Menu yang akan tampil adalah menu *Get Started*, *Import*, dan *About*. *User* dapat memilih menu dengan cara mengklik tombol menu. Tombol *Get Started* berfungsi untuk membuka AR kamera dan sistem akan berusaha untuk mendeteksi marker dan objek AR akan tampil jika marker terdeteksi. Tombol *Import* akan mengarahkan *User* ke halaman *Import* dimana user dapat mengimport objek 3D pada perangkat user. Setelah proses import berhasil maka objek 3D akan tampil pada layar. Tombol *About* berguna untuk menampilkan penjelasan mengenai visualisasi kincir angin berbasis *augmented reality*. Apabila tidak menekan ketiga menu tersebut maka *User* akan menekan tombol *Exit* yang berfungsi untuk keluar dari aplikasi.

### 2. Use Case Diagram

Use case berfungsi sebagai gambaran aktifitas interaksi apa saja yang dapat dilakukan oleh user dan sistem[15]. Diagram ini berfokus pada sudut pandang dari user.

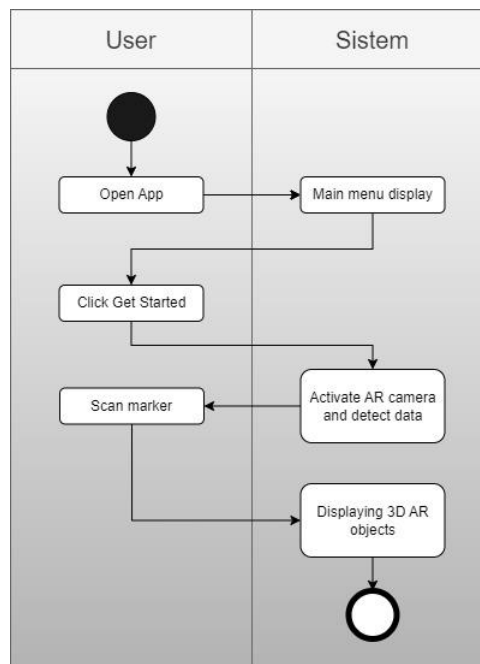


Gambar 3 Use Case Diagram

Pada gambar 3 menunjukkan aktifitas *User* yang terdiri dari empat fitur utama yaitu *User* dapat menampilkan AR dengan mengarahkan kamera ke marker yang telah ditentukan. *User* dapat masuk halaman About untuk melihat penjelasan tentang aplikasi dan *User* dapat masuk halaman *Import* untuk mengimport objek 3D dari perangkatnya. *User* dapat keluar aplikasi dengan menekan tombol *Exit*.

### 3. Activity Diagram

*Activity Diagram* atau Diagram Aktivitas bertujuan untuk menggambarkan aliran proses yang terjadi di dalam sebuah sistem[16]. Pada diagram aktivitas ini akan menjelaskan proses ketika pengguna memasuki menu *Get Started* pada aplikasi.



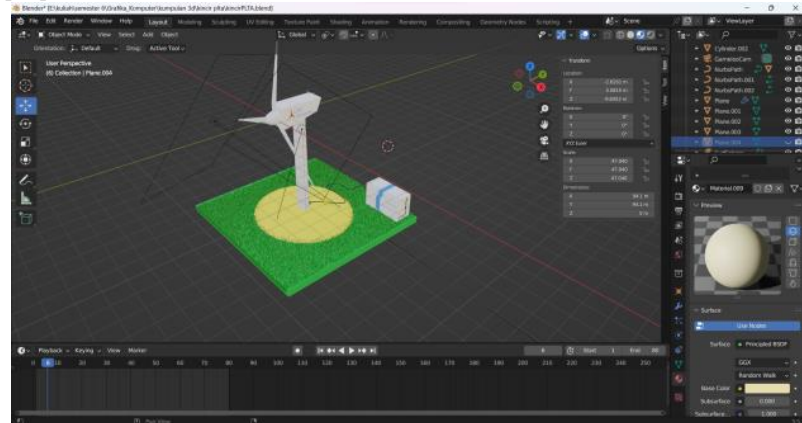
Gambar 4 Activity Diagram

Pada gambar 4 menunjukkan aktifitas yang dilakukan sistem ketika *User* mengakses aplikasi. Sistem akan menampilkan *Main Menu* saat *User* membuka aplikasi, *User* mengklik *Get Started* pada menu dan sistem mengaktifkan AR kamera dengan mencoba untuk mendeteksi data pada sistem. *User* mengarahkan kamera ke marker ketika AR kamera aktif, sistem akan menampilkan objek AR 3D saat marker terdeteksi.

### 4. Modeling 3D

Pembuatan objek kincir angin 3D dilakukan dengan menggunakan aplikasi Blender3D. Blender3D adalah perangkat lunak yang biasa digunakan untuk membuat tampilan tiga dimensi, animasi, dan efek visual yang bersifat

open source. Keuntungan dari menampilkan objek dalam bentuk 3D adalah objek tersebut dapat dilihat lebih detail dan lebih mudah jika dibandingkan dengan bentuk 2D. Tampilan komperhensif dari Blender3D memungkinkan objek dapat di representasikan dan dilihat dalam konfigurasi yang dapat disesuaikan[17]. Blender3D dapat membuat model objek dengan mudah, objek dapat diberi warna dan dianimasikan sesuai kebutuhan. Objek yang akan dibuat sendiri adalah bentuk tida dimensi dari kincir angin, terdapat 3 model kincir angin yang akan dibuat yaitu kincir angin turbin, kincir angin belanda dan kincir angin amerika. Model Objek yang telah dibuat dieksport dengan ekstensi .fbx agar semua material yang telah dibuat dan animasinya dapat diimport ke Unity. Unity sendiri merupakan game engine multifungsi yang mendukung grafik 2D dan 3D dengan drag and drop juga dapat menggunakan bahasa C#[18].



Gambar 5 Modeling Objek 3D

Pada gambar 5 menunjukkan pembuatan objek kincir angin yang melalui tahapan pembuatan objek, pewarnaan objek, dan animasi.

## 2.3 Development

Tahap ini merupakan tahap dimana semua elemen yang telah dibuat disatukan[19]. Berdasarkan temuan pada tahap sebelumnya, maka dapat melakukan *build* aplikasi yang mana akan mengatur objek dan marker agar ketika kamera diarahkan ke marker yang ditentukan maka akan tampil objek *augmented reality* serta menambahkan UI yang telah dibuat ke dalam aplikasi yang mana juga akan mempercantik tampilan aplikasi yang dibuat.

## 2.4 Testing

Metode yang akan digunakan adalah metode *blackbox* testing dengan tujuan mengetahui berjalan baik atau tidaknya sistem yang telah dibuat[20]. Keuntungan dalam pengujian menggunakan *blackbox* testing adalah penguji tidak perlu paham tentang bahasa pemrograman yang spesifik. Dalam pengujian ini dilakukan dari sudut pandang pengguna yang mana akan membantu mengungkapkan kesalahan dan kekurangan dari aplikasi yang dibuat.

## 2.5 Maintenance

Setelah tahapan yang telah dilakukan diatas telah selesai, maka pemeliharaan adalah tahapan terakhir. Aplikasi yang telah selesai dapat didistribusikan dan digunakan oleh pengguna. Perawatan dan pemeliharaan aplikasi masih harus dilakukan untuk menjaga performa aplikasi serta dapat melakukan penambahan fitur jika memang dibutuhkan.

# III. HASIL DAN PEMBAHASAN

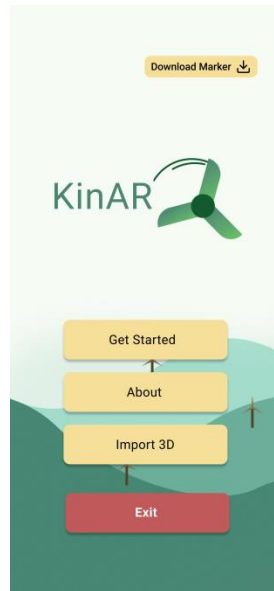
Pada hasil dan pembahasan ini akan menjelaskan tentang cara kerja dan hasil dari sistem yang telah dibuat. Berikut ini adalah implementasi dari visualisasi kincir angin berbasis *augmented reality*.

## 3.1 Hasil

Pada sub bab hasil akan menjelaskan bagaimana hasil dari pembuatan aplikasi KinAR mulai dari desain UI, hasil dari tapilam aplikasi ketika berhasil melakukan *scan* terhadap *marker*, desain marker untuk menentukan objek mana yang akan ditampilkan, hasil dari pengujian untuk menguji sistem aplikasi dan hasil dari penilaian responden yang dilakukan dengan cara memberikan kuisioner terhadap pengguna.

### 3.1.1 User Interface

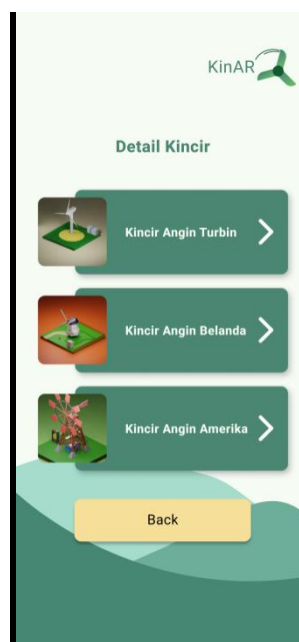
*User Interface* atau tampilan antarmuka yang bagus berguna untuk memudahkan pengguna dalam mengoperasikan sebuah aplikasi. Aplikasi KinAR menggunakan dominan warna hijau untuk merepresentasikan energi bersih yang ramah lingkungan, desain yang terdapat pada aplikasi ini juga dibuat agar pengguna tidak bingung ketika menggunakannya.



Gambar 6 Tampilan Halaman Utama

Pada gambar 6 menunjukkan tampilan halaman utama pada aplikasi ini memiliki 5 tombol yaitu *Get Started* berguna untuk menyalakan kamera ar, *About* untuk menampilkan informasi aplikasi, *Import 3D* untuk mengimport 3D dengan ekstensi .fbx, *Download marker* untuk mengunduh marker yang telah disediakan dan tombol *Exit* untuk keluar aplikasi.

Terdapat juga tampilan untuk halaman detail kincir angin yang mana halaman ini memuat tentang informasi kincir angin.



Gambar 7 Tampilan Halaman Detail Kincir

Pada gambar 7 menunjukkan tampilan halaman detail kincir yang berfungsi untuk menampilkan detail kincir angin ada. Pada halaman ini terdapat tiga tombol dengan gambar kincir angin untuk melihat detail tentang kincir angina tersebut.



Gambar 8 Tampilan Informasi Kincir Angin

Pada gambar 8 menunjukkan tampilan informasi dari kincir angin yang dipilih pada halaman sebelumnya.

### 3.1.2 Menampilkan *Augmented Reality*

Menampilkan objek kincir angin berbentuk augmented reality dapat dilakukan dengan menekan tombol “Get Started”.



Gambar 9 Tampilan *Augmented Reality* Kincir Turbin

Pada gambar 9 menunjukkan objek kincir angin turbin yang berhasil visualisasikan dengan augmented reality. Terdapat objek kincir yang disambungkan ke generator untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan.



Gambar 10 Tampilan *Augmented Reality* Kincir Belanda

Pada gambar 10 menunjukkan objek kincir angin belanda yang berhasil visualisasikan dengan augmented reality. Terdapat objek kotak powerbank yang berguna untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh kincir angin.

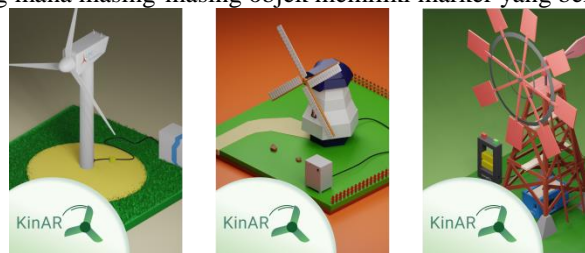


Gambar 11 Tampilan Augmented Reality Kincir Amerika

Pada gambar 11 menunjukkan objek kincir angin amerika yang berhasil visualisasikan dengan augmented reality. Terdapat gambar kincir dan generator untuk menghasilkan listrik lalu dialirkan ke baterai dengan kabel.

### 3.1.3 Marker

Marker berguna sebagai penanda untuk kamera AR menentukan objek mana yang akan ditampilkan. Terdapat 3 model marker yang mana masing-masing objek memiliki marker yang berbeda.



Gambar 12 Tampilan Marker

Pada Gambar 12 menunjukkan marker yang digunakan untuk menampilkan objek AR, setiap marker merepresentasikan masing-masing objek agar tidak membingungkan pengguna. Terdapat gambar kincir angin turbin, kincir angin belanda, dan kincir angin amerika. Marker dapat didownload pada menu “Download Marker” yang terdapat pada halaman utama.

### 3.1.4 Pengujian

Pada tahap testing atau pengujian adalah tahapan yang dilakukan dengan tujuan mengetahui apakah aplikasi berjalan dengan baik atau tidak. Pengujian sistem akan dijelaskan pada table 1.

Tabel 1 Pengujian sistem

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil yang dicapai
1	Klik Tombol Get Started	Membuka AR Kamera	Berhasil
2	Menampilkan objek AR	Menampilkan objek AR ketika kamera diarahkan ke marker	Berhasil
3	Integrasi beberapa marker	Muncul objek lain dengan mengganti	Berhasil



	sekaligus	image target tanpa berpindah scene	
4	Masuk ke halaman About dengan mengklik tombol About	Berpindah dari Menu utama ke halaman About	Berhasil
5	Masuk ke halaman Import dengan mengklik tombol Import	Berpindah dari Menu utama ke halaman Import	Berhasil
6	Keluar Aplikasi dengan tombol Exit	Keluar dari Aplikasi	Berhasil

Berdasarkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada table 1, dapat dilihat semua percobaan yang dilakukan mendapatkan hasil sesuai yang diharapkan. Dengan demikian, maka dapat disimpulkan bahwa aplikasi yang dibuat telah berjalan sesuai harapan.

### 3.1.5 Penilaian Responden

Tahap penerapan kepada masyarakat umum berguna untuk mengetahui apakah aplikasi yang dibuat dapat digunakan dengan baik atau tidak pada masyarakat. Responden memberikan jawaban secara acak pada angket yang diberikan dengan 5 pertanyaan yaitu:

- Q1 = apakah menurut anda kincir angin perlu divisualisasikan menggunakan Augmented reality?
- Q2 = apakah aplikasi KinAR ini telah memvisualisasi kincir angin dengan baik?
- Q3 = apakah aplikasi ini mudah digunakan?
- Q4 = apakah aplikasi ini sudah mengenalkan kincir angin dengan baik?
- Q5 = apakah anda puas dengan aplikasi KinAR?

Tabel 2 Penilaian Responden

No	Responden	Pertanyaan					Skor	Nilai
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5		
1	R1	4	3	3	4	4	18	90
2	R2	3	4	4	4	4	19	95
3	R3	3	3	3	3	3	15	75
4	R4	1	1	4	4	4	14	70
5	R5	3	3	3	3	4	16	80
6	R6	3	4	4	3	3	17	85
7	R7	4	4	4	4	4	20	100
<b>Total</b>								595
<b>Rerata (%)</b>								85%

Dari table 2 di atas dapat dilihat bahwa penerapan aplikasi pada masyarakat umum mendapatkan total nilai sebanyak 595 dan rerata sebanyak 85%. Data yang telah ditampilkan pada tabel 2 menunjukkan bahwa aplikasi KinAR dapat dijadikan sebagai media edukasi kepada masyarakat umum agar lebih mengenal kincir angin.

## 3.2 Pembahasan

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, masing-masing telah berhasil memvisualisasikan objek berbasis augmented reality tetapi memiliki perbedaan disetiap penelitiannya. Penelitian yang dilakukan oleh sukma dan kawan-kawan dengan judul “Aplikasi Pembelajaran Energi Angin Berbasis Augmented Reality”[7] menggunakan objek augmented reality sebagai pertanyaan didalam quiz yang dibuat dan penelitian dari Yessy dan kawan-kawan dengan judul “Modul Pembelajaran PLTA berbasis Augmented Reality”[8] menampilkan gambar objek dengan tulisan nama-nama bagian dari objek tersebut. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Dursun dengan judul “Platform Modular Berbasis Augmented Reality untuk Pendidikan Energi Surya”[9] menampilkan objek statis. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian ini menampilkan objek dengan animasi dan menambahkan tulisan nama pada objek augmented reality.

## VII. SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil adalah aplikasi visualisasi kincir angin berbasis *augmented reality* dapat digunakan untuk media edukasi kepada masyarakat umum untuk lebih mengenal kincir angin karena aplikasi ini telah berhasil menampilkan bentuk 3D kincir angin. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa aplikasi dapat berjalan sesuai yang diharapkan, objek 3D berhasil di visualisasikan ketika kamera diarahkan pada marker dan semua tombol pada aplikasi dapat berfungsi seperti semestinya.

Pada penerapan aplikasi kepada masyarakat umum dapat disimpulkan bahwa KinAR dapat dijadikan sebagai media edukasi kincir angin kepada masyarakat umum.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih Untuk Universitas Muhammadiyah Sidoarjo serta pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung terlaksananya penelitian ini. Tidak lupa juga teman teman yang membantu dalam penulisan dan pembuatan penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] R. R. Al Hakim, E. Ariyanto, Y. Z. Arief, A. Sungkowo, and T. Trikolos, "Preliminary Study of Juridical Aspects of Renewable Energy Draft Law In Indonesia: An Academic Perspectives," *ADLIYA J. Huk. dan Kemanus.*, vol. 16, no. 1, pp. 59–72, 2022, doi: 10.15575/adliya.v16i1.14063.
- [2] P. Pitriadi, R. Bachmid, and I. M. Susanto, "Analisis Performance Kincir Angin Sumbu Vertikal Tiga Sudut Dengan Kelengkungan 90°," *J. Poli-Teknologi*, vol. 17, no. 2, pp. 137–144, 2018, doi: 10.32722/pt.v17i2.1234.
- [3] Z. Lubis, "Metode Baru Merancang Sistem Mekanis Kincir Angin Pembangkit Listrik Tenaga Angin," *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 3, pp. 1–4, 2018.
- [4] A. Klimova, A. Bilyatdinova, and A. Karsakov, "Existing Teaching Practices in Augmented Reality," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 136, pp. 5–15, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2018.08.232.
- [5] S. Aji, E. T. Tosida, and A. Maesya, "Integrasi Simulasi Dalam Augmented Reality Pada Sistem Pernapasan Manusia," *Komputasi J. Ilm. Ilmu Komput. dan Mat.*, vol. 16, no. 1, pp. 213–226, 2019, doi: 10.33751/komputasi.v16i1.1592.
- [6] Y. Chen, Q. Wang, H. Chen, X. Song, H. Tang, and M. Tian, "An overview of augmented reality technology," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1237, no. 2, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1237/2/022082.
- [7] D. Sukma, R. Adistya, and N. Pamudji, "Aplikasi Pembelajaran Energi Angin Berbasis Augmented Reality," *Informatics Educ. Prof.*, vol. 1, no. 2, p. 36, 2017.
- [8] E. S. Han and A. Goleman, Daniel; boyatzis, Richard; Mckee, "Modul Pembelajaran Plta Berbasis Augmented Reality," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [9] M. Dursun, "An Augmented Reality Based Modular Platform for Solar Energy Education," *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 149–153, 2020, doi: 10.1145/3397125.3397149.
- [10] D. Rachmawati Lucitasari and M. Shodiq Abdul Khannan, "Designing Mobile Alumni Tracer Study System Using Waterfall Method: an Android Based," *Int. J. Comput. Networks Commun. Secur.*, vol. 7, no. 9, pp. 196–202, 2019, [Online]. Available: [www.ijcnscs.org](http://www.ijcnscs.org)
- [11] A. Buchori, P. Setyosari, I. Wayan Dasna, and S. Ulfa, "Mobile augmented reality media design with waterfall model for learning geometry in college," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 12, no. 13, pp. 3773–3780, 2017.
- [12] A. Hidayati, E. Oktariza, F. Rosmaningsih, and S. A. Lathifah, "Analisa Kualitas Perangkat Lunak Sistem Informasi Akademik Menggunakan McCall," *Multinetics*, vol. 3, no. 1, p. 48, 2017, doi: 10.32722/multinetics.vol3.no.1.2017.pp.48-53.
- [13] P. B. Herlandy, J. Al Amien, P. Pahmi, and A. Satria, "A Virtual Laboratory Application for Vocational Productive Learning Using Augmented Reality," *J. Pendidik. Teknol. dan Kejur.*, vol. 25, no. 2, pp. 194–203, 2019, doi: 10.21831/jptk.v25i2.26504.
- [14] I. Technology, "Implementation of Marker Based Tracking Method in the Interactive Media of Traditional Clothes Knowledge-Based on Augmented Reality 360," *J. Comput. Sci. Inf. Technol. Telecommun. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 37–43, 2020, doi: 10.30596/jcositte.v1i2.4501.
- [15] R. Alifah, D. A. Megawaty, M. Najib, and D. Satria, "Pemanfaatan Augmented Reality Untuk Koleksi Kain Tapis (Study Kasus: Uptd Museum Negeri Provinsi Lampung)," *J. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–7, 2021, [Online]. Available: <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/JTSI>
- [16] D. Christiano Mantaya Wenthe, V. H. Pranatawijaya, and P. B. A.A.P, "APLIKASI PENGENALAN OBJEK UNTUK ANAK USIA DINI MENGGUNAKAN TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY RANCANGAN BANGUN APLIKASI WARUNG KITA View project UAS MULTIMEDIA \_ TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY View project," *J. Teknol. Inf. J. Keilmuan dan Apl. Bid. Tek. Inform.*, no. June, 2021, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/352587890>
- [17] D. T. Zuch and C. A. Bradham, *Spatially mapping gene expression in sea urchin primary mesenchyme cells*, 1st ed., vol. 151. Elsevier Inc., 2019, doi: 10.1016/bs.mcb.2019.01.006.
- [18] A. Owusu, "Information Technology Infrastructure and Emerging Technologies," vol. 11, no. 1, pp. 1–46, 2021.
- [19] A. W. Saputra, A. Susano, and P. Astuti, "Rancang Bangun Aplikasi Edukasi Hardware Komputer Berbasis Teknologi Augmented Reality dengan Menggunakan Android," *Fakt. Exacta*, vol. 11, no. 4, p. 310, 2018, doi: 10.30998/faktorexacta.v11i4.3100.
- [20] P. A. Raharja and R. Indrajaya, "Rancang Bangun Aplikasi Augmented Reality Media Pembelajaran Pengenalan Macam-Macam Bola Pada Anak Usia Dini," *Zo. J. Sist. Inf.*, vol. 5, no. 1, pp. 204–214, 2023, doi: 10.31849/zn.v5i1.11102.

### **Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*