

PENGEMBANGAN PROTOTIPE NAVIGASI AUGMENTED REALITY DENGAN FITUR PENGENALAN SUARA MENGGUNAKAN GDLC STUDI KASUS: DI LINGKUNGAN PENDIDIKAN

Khadijah¹, Nur Choiriyati², Meita Sekar Rahayu³
Teknologi Rekayasa Multimedia, Politeknik Digital Boash Indonesia
Jl. Atang Sanjaya Km.2, Kab. Bogor
e-mail: *¹khadijah@pdbi.ac.id, ²nurchoiriyati@pdbi.ac.id,
³meitasekarrahayu@pdbi.ac.id

Abstract

The rapid evolution of digital technology is transforming educational practices, enhancing accessibility and interactivity through innovations like augmented reality (AR) and artificial intelligence (AI). This study aims to develop the PDBI Tour application, an AR-based navigation tool integrated with speech recognition, to improve campus accessibility for new students and promote Politeknik Digital Boash Indonesia, a vocational education in Bogor Regency. A Game Development Life Cycle (GDLC) methodology was adopted, comprising initiation, pre-production, production, testing, beta, and release phases. Data were collected through interviews with promotional teams and prospective students, and prototype design was created using Figma, while Unity was used for production with AR Foundation and Whisper API. Functional testing (black box) confirmed reliable navigation features, and usability testing yielded a 65% satisfaction rate from 25 respondents representation of students in PDBI aged 18-20 years who had tried the prototype, highlighting effectiveness in usability, playability, and accessibility. These findings indicate that the PDBI Tour application prototype meets user needs and offers potential as an immersive navigation and promotional tool. This research demonstrates the GDLC approach's efficacy in enhancing application development through iterative improvements, validating AR navigation as a powerful tool for interactive and accessible campus experiences.

Keyword: *Augmented Reality, Educational Environment, Game Development Life Cycle, Navigation Application, Speech Recognition*

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan proses pembelajaran yang diwariskan lintas generasi. Saat ini, Pendidikan mengalami transformasi signifikan seiring dengan perkembangan teknologi informasi. Kehadiran teknologi ini mendorong keterbukaan pengetahuan, termasuk kemudahan akses ke sumber daya seperti aset 3D untuk tujuan pendidikan (Basran *et al.*, 2024). Disamping itu, metode pembelajaran berbasis proyek mulai diterapkan untuk mengurangi kesenjangan antara pendidikan dan kebutuhan pasar (Riedl *et al.*, 2024) yang berdampak langsung pada prestasi akademik peserta didik (Hasan *et al.*, 2019). Selain prestasi akademik, kesejahteraan mental dan lingkungan belajar juga memainkan peran penting dalam kesuksesan siswa (Watson, 2023). Kecerdasan buatan juga menjadi inovasi terbaru yang mengubah proses pembelajaran (Jin *et al.*, 2024).

Lingkungan pendidikan modern semakin interaktif berkat teknologi digital, gamifikasi (Mylonas *et al.*, 2023), dan virtual (Pringle *et al.*, 2022). Selain aksesibilitas yang lebih luas (Zhou *et al.*, 2024), lingkungan Pendidikan *online* terbukti mengurangi kecemasan serta meningkatkan semangat dan pemikiran kritis siswa (Wang, 2024). Penggunaan AI dalam bentuk pengenalan suara dan pembelajaran mesin membantu mengoptimalkan proses pembelajaran (Jingning, 2024). Perkembangan ini membuka peluang bagi mahasiswa untuk dapat memilih universitas yang sesuai dengan kebutuhan mereka.

Pembelajaran berbasis online, yang erat kaitannya dengan teknologi *Virtual Reality* (VR) dan *Augmented Reality* (AR), telah terbukti dapat meningkatkan keterlibatan dan motivasi peserta didik serta menguatkan kemampuan komunikasi dan memori (Asish *et al.*, 2022). Namun tantangan tetap ada, seperti persaingan global, tuntutan teknologi yang cepat, dan kebutuhan motivasi pembelajaran seumur hidup (Chiṭiba, 2012). Beberapa penelitian sebelumnya terkait VR dan AR

menunjukkan aplikasinya yang beragam, seperti navigasi di situs wisata, simulasi pendidikan kesehatan, hingga bantuan dalam pembedahan (Anderson *et al.*, 2024; Dey Hazra *et al.*, 2024). Namun, sedikit penelitian yang menggabungkan AR dengan teknologi pengenalan suara untuk meningkatkan aksesibilitas dan interaktifitas di lingkungan pendidikan vokasi.

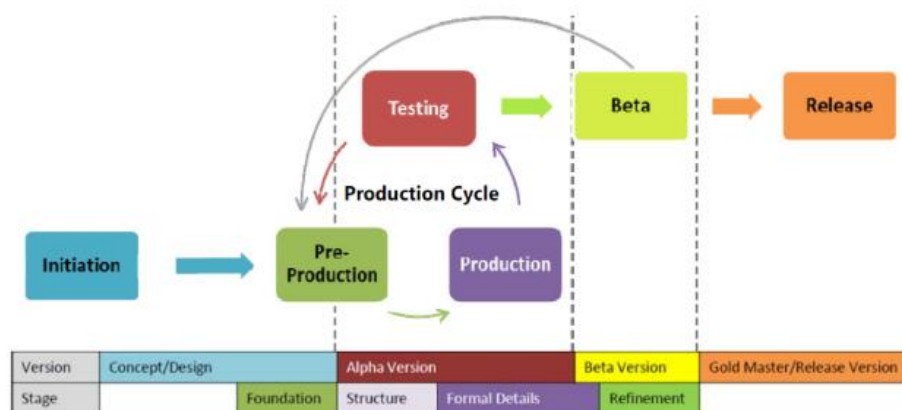
Sebagai kampus vokasi yang baru berdiri, Kampus PDBI belum dikenal luas oleh masyarakat. Dengan menggunakan pendekatan digital, salah satu metode untuk memperkenalkan kampus ini adalah melalui aplikasi navigasi berbasis AR dan pengenalan suara. Aplikasi ini menawarkan kemudahan bagi pengunjung untuk mengakses lokasi fasilitas kampus dengan lebih efisien. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan minat masyarakat terhadap pendidikan vokasi di Kampus PDBI.

Open AI telah merilis sebuah model *open-source* bernama Whisper yang dapat diunduh secara gratis. Model Whisper telah digunakan untuk menganalisa percakapan antara peserta dengan gangguan spektrum autisme (O'Sullivan *et al.*, 2023). Penggunaan teknologi pengenalan suara pada aplikasi AR Navigasi diharapkan mampu memberikan pengalaman dan interaksi yang lebih alami dengan pengguna. Hal ini dikarenakan kampus PDBI memiliki lahan yang cukup luas serta mempunyai banyak fasilitas sehingga akan menyulitkan pengguna jika interaksi yang disediakan hanya berupa tombol navigasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi navigasi berbasis AR dan pengenalan suara guna memperkenalkan Kampus PDBI kepada masyarakat. Berbeda dengan aplikasi navigasi AR yang sudah ada, kebaruan dari penelitian ini terletak pada penggabungan AR dengan fitur pengenalan suara, yang jarang dilakukan dalam aplikasi pendidikan. Selain itu, pendekatan GDLC (*Game Development Life Cycle*) digunakan untuk meningkatkan interaktifitas aplikasi melalui pengembangan fitur berkelanjutan. Dengan adanya aplikasi ini, dapat meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pendidikan vokasi dan mendukung upaya Kampus PDBI dalam mencetak lulusan siap kerja dan bersaing di tingkat nasional dan global.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan pendekatan pengembangan sistem GDLC (*Game Development Life Cycle*) yang terdiri dari beberapa fase untuk pengembangan Aplikasi PDBI Tour. Siklus GDLC yang digunakan meliputi inisiasi, pra-produksi, produksi, pengujian, beta, dan rilis. Tahapan ini dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1. GDLC Structure

Sumber: Ariyana *et al.*, 2022

Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian disajikan dalam Gambar 1, yang memperlihatkan siklus GDLC berdasarkan model yang dikemukakan oleh Ariyana *et al.*, (2022).

1. Inisiasi

Pada inisiasi dilakukan perumusan kebutuhan sistem dan konsep aplikasi. Proses ini mencakup *brainstorming* oleh tim internal serta pengumpulan data melalui wawancara mendalam dengan calon pengguna akhir, yaitu tim promosi PDBI, mahasiswa baru dan calon mahasiswa baru.

2. Pra-Produksi

Tahap ini mencakup perancangan desain aplikasi dan prototipe system. Desain antarmuka dimulai dengan *low fidelity* dengan perangkat lunak Miro, dilanjut dengan *high fidelity* dan *prototype* di figma. Aset pendukung aplikasi juga dikumpulkan pada tahap ini, seperti denah kampus PDBI, logo (dibuat dengan perangkat lunak GIMP), *backsound*, tombol navigasi serta aset untuk *speech recognition*.

3. Produksi

Pengembangan aplikasi dilakukan dengan *Software* Unity. *Package* yang diperlukan diantaranya AT-Explore, Whisper, AI NavMesh, AR Foundation, ARCore XR Plugin, TextMeshPro, Unity UI dan XR Plugin Management. Pembangunan aset 3D Denah Kampus PDBI dilakukan dengan *Software* Blender kemudian diintegrasikan ke dalam aplikasi ke dalam aplikasi untuk menyinkronkan *frontend* dan *backend*.

Implementasi *Speech Recognition* dengan menggunakan model Whisper dari Open AI memungkinkan pengguna untuk mengontrol navigasi menggunakan perintah suara. Whisper diintegrasikan menggunakan Unity sebagai IDE nya untuk mendeteksi input suara dan merubahnya menjadi teks. Teks tersebut adalah titik-titik area target navigasi yang telah ditentukan sebelumnya. Deteksi suara ini akan mentrigger aplikasi untuk mengeluarkan panah navigasi menuju titik target sesuai dengan input suara yang telah di deteksi. Apabila input suara tidak terdeteksi, sistem akan mengeluarkan informasi "Target tidak dikenali".

4. Pengujian

Tahap ini mencakup pengujian fungsionalitas aplikasi secara internal oleh pengembang (*closed testing*) untuk memastikan setiap fitur berjalan dengan baik. Pengujian fitur *Speech A = \pi r^2* Pengujian ini dilakukan dengan tiga target yaitu "Toilet", "Meeting Room", "PR Office" dan *Unknown* target yaitu kata-kata selain target navigasi. Skenario uji coba adalah dengan input suara yang mengandung kata-kata target sebanyak 10 kali percobaan untuk tiap target. Percobaan dilakukan dengan menggunakan Bahasa Inggris.

5. Beta

Pada tahap ini, pengujian dilakukan terhadap aspek *usability*, *playability*, dan *accessibility* dengan melibatkan tim promosi PDBI, mahasiswa PDBI, calon mahasiswa PDBI. Hasil pengujian diolah menggunakan metode statistika sederhana dimana penilaian dilakukan dengan perhitungan skala likert (Tarigan & Dzikri, 2022) dimana responden akan menjawab 4 opsi jawaban Sangat Setuju (SS), Setuju (S), Tidak Setuju (TS) dan Sangat Tidak Setuju (STS). Adapun langkah dalam menganalisis data:

- Menghitung Skor (S):

$$S = T \cdot P_n \quad (1)$$

Dimana: T : Total responden dalam satu pertanyaan
P_n : Skor Likert

- Menentukan eksponen Persentase (P):

$$P = \left(\frac{f}{n} \right) \cdot 100\% \quad (2)$$

Dimana: P : Presentase
n : Jumlah skor idel
f : Jumlah skor hasil penelitian
100% : Konstanta

- Rujukan *interval* penilaian

Tabel 1. Penilaian *Interval*

No.	Kriteria	Rentang Index
1.	Sangat Layak	100% – 75%
2.	Layak	75% – 51%
3.	Tidak Layak	50% - 26%
4.	Sangat Tidak Layak	25% - 0%

6. Release

Diseminasi hasil penelitian dilakukan melalui seminar penelitian dan peluncuran demo produk di Kampus PDBI. Untuk mengamankan produk, peneliti mendaftarkan HKI terhadap logo, denah 3D kampus dan .apk yang telah dibuat.

Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil wawancara, pengujian dan umpan balik pengguna pada tahap beta dianalisis dengan teknik statistik deskriptif. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi aspek fungsionalitas dan kepuasan pengguna dalam interaksi aplikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Inisiasi

Dari hasil wawancara dengan tiga kelompok narasumber yaitu dari tim promosi, mahasiswa baru dan calon mahasiswa baru, diperoleh informasi sebagai berikut:

Sebagai mahasiswa baru, tentunya ada perasaan bingung untuk mengunjungi lokasi di kampus untuk pertama kalinya. Di antara lokasi yang sulit dijangkau adalah toilet, laboratorium komputer, ruang dosen, ruang infrastruktur, dan ruang kelas. Mereka cukup antusias dengan produk riset karena sangat membantu pengunjung yang perlu mencari lokasi dengan cepat, tanpa perlu bertanya dan mencari lokasi secara akurat dan mudah.

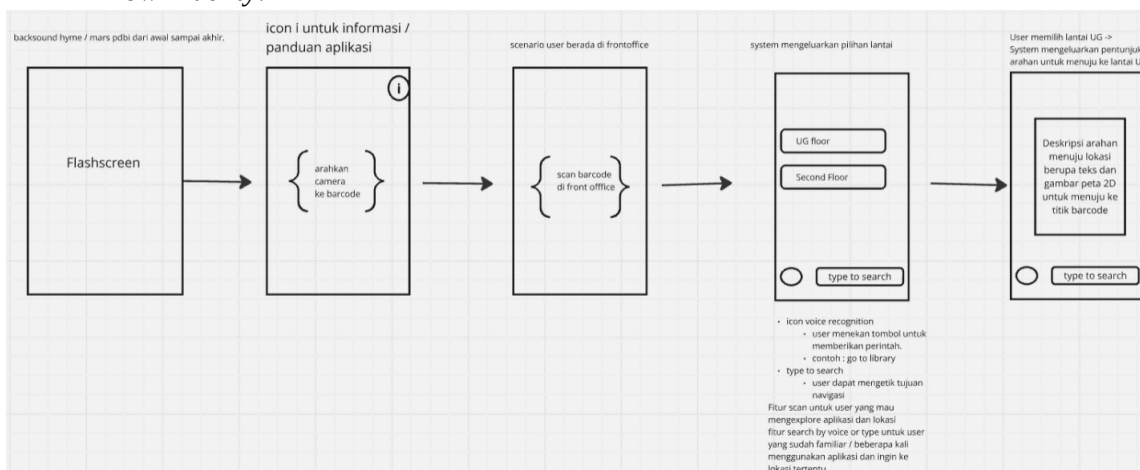
Sementara itu, bagi tim promosi produk riset sangat membantu sebagai alat promosi baik saat tim berkunjung ke sekolah, saat siswa sekolah mengunjungi kampus maupun sebagai bahan konten promosi *online* di media sosial. Selain itu, Aplikasi *AR Navigation* ini juga sangat memudahkan tim untuk memandu pengunjung keliling kampus secara mandiri.

Dari hasil wawancara dapat disimpulkan bahwa penelitian ini layak dari sisi *end user*, sedangkan dari studi kelayakan ditemukan bahwa penelitian ini layak dari aspek analisa kelayakan proyek.

2. Pra-Produksi

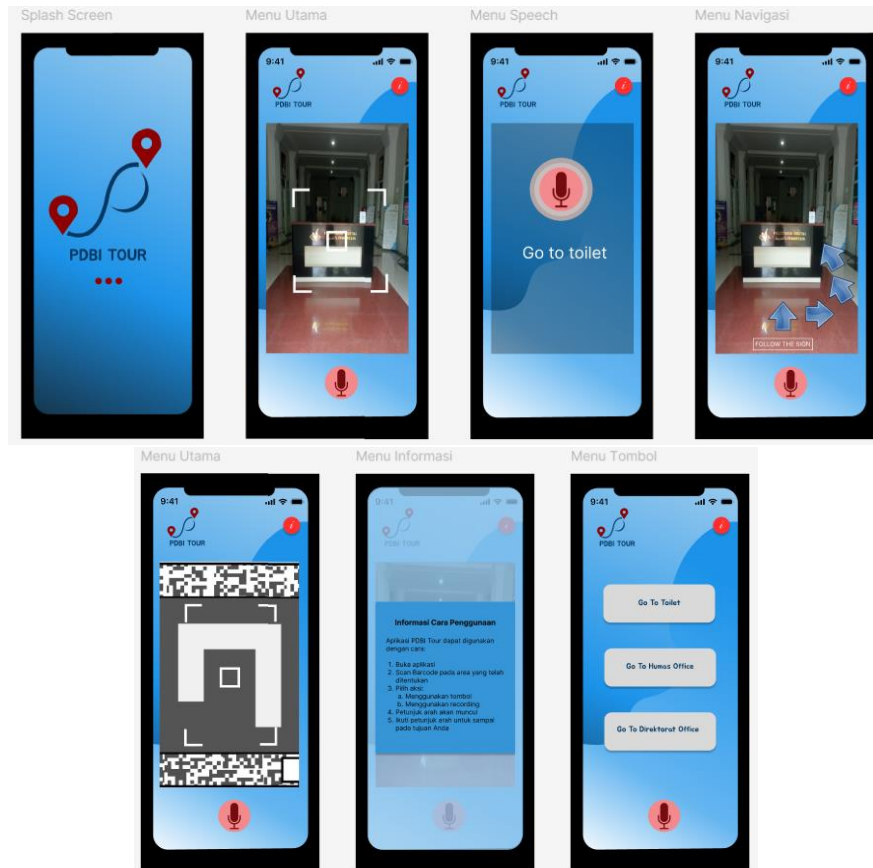
Hasil pelaksanaan tahap ini adalah sebagai berikut:

- *Low Fidelity:*



Gambar 2. *Low Fidelity* Navigasi AR

- *High Fidelity:*



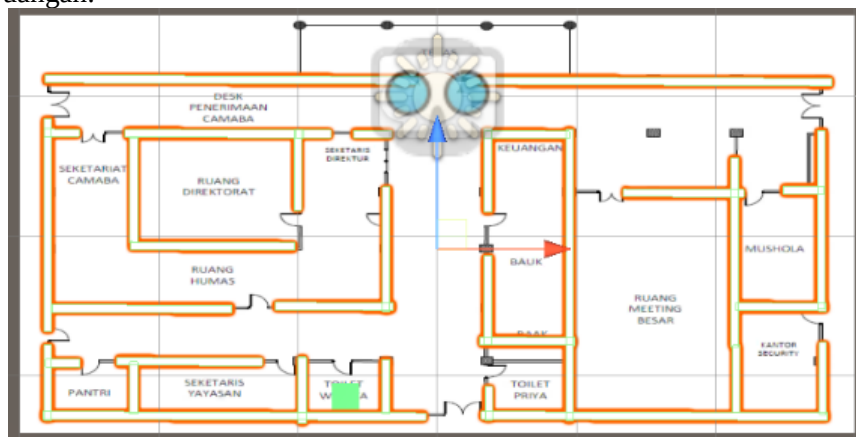
Gambar 3. *High Fidelity* Navigasi AR

- *Prototype:*
Prototipe aplikasi ini dapat dilihat pada tautan berikut:

<https://www.figma.com/proto/WzRN8WWgREN686Q7sG57ui/PDBI-Tour?node-id=0-1&t=E9sITAX0V92mxSQm-1>

3. Production

Aset 3D dari denah kampus dibangun dengan menyusun denah 2D dan menambahkan dinding ke pembatas ruangan:



Gambar 4. Denah 3D Kampus PDBI

Berikut adalah logika program untuk membangun Navigasi AR menggunakan Paket Navigasi AI:

- 3.1. Pada awalnya sistem akan melakukan inisiasi terhadap kelas target sebagai pendefinisian Target navigasi, kelas SetNavigationTarget yang berfungsi untuk pemilihan target dan menghitung jalur navigasi dan kelas GetImageAlternative untuk pemindaian gambar dan pendeteksian QRCode dan kelas QrCodeRecenter untuk memproses hasil pemindaian marker.
- 3.2. Kemudian sistem akan melakukan deteksi terhadap *marker* yang dipindai dengan kamera dengan bantuan Pustaka pendeteksi *code QR*: ZXing.
- 3.3. Apabila *code QR* terdeteksi maka system akan menentukan target lokasi. Pada kasus uji coba diletakan 3 marker pada 3 titik lokasi berbeda untuk mendeteksi lantai dasar, lantai 1 dan lantai 2.
- 3.4. Setelah lantai lokasi terdeteksi, akan muncul *drop down* untuk menampilkan beberapa target navigasi.

```
public void SetCurrentNavigationTarget(int selectedValue)
{
    string selectedText = navigationTargetDropdown.options[selectedValue].text;
    Target currentTarget = navigationTargetObjects.Find(x => x.Name.Equals(selectedText));
    if (currentTarget != null)
    {
        targetPosition = currentTarget.PositionObject.transform.position;
        line.enabled = true; // Mengaktifkan tampilan jalur
    }
}
```

- 3.5. Setelah opsi target dipilih, sistem akan menghitung jalur ke target yang dipilih dengan AI Navigasi (NavMesh).

```
private void Update()
{
    if (line.enabled && targetPosition != Vector3.zero)
    {
        NavMesh.CalculatePath(transform.position, targetPosition, NavMesh.AllAreas, path);
        line.positionCount = path.corners.Length;
        line.SetPositions(path.corners);
    }
}
```

- 3.6. Setelah jalur target terhitung, sistem akan menampilkan jalur menuju target dengan menggunakan LineRenderer.

```
public void ToggleVisibility()
{
    line.enabled = !line.enabled;
}
```

- 3.7. Adapun *script* pengenalan suara yang ditambahkan pada aplikasi ini sebagai berikut:

3.7.1. Melakukan perekaman audio dan mengirimkannya ke Whisper API:

```
private async void EndRecording()
{
    // Menampilkan pesan bahwa transkripsi sedang diproses
    message.text = "Transcribing...";
    Debug.Log("Recording ended. Sending audio to Whisper API...");
    #if !UNITY WebGL
    // Menghentikan rekaman dari mikrofon
    Microphone.End(null);
    #endif

    // Menyimpan rekaman dalam format WAV dan mendapatkan byte array
    byte[] data = SaveWav.Save(fileName, clip);
}
```

3.7.2. Membuat permintaan ke Whisper API untuk mengubah audio menjadi teks:

```
var req = new CreateAudioTranscriptionsRequest
{
    FileData = new FileData()
    {
        Data = data,
        Name = "audio.wav"
    },
    Model = "whisper-1",
    Language = "en"
};
```

3.7.3. Jika permintaan berhasil, transkripsi akan memeriksa apakah ada kunci yang cocok dengan navigasi:

```
var res = await openai.CreateAudioTranscription(req);
progressBar.fillAmount = 0;
message.text = res.Text;

// Cek hasil transkripsi dan lakukan navigasi berdasarkan kata kunci
if (res.Text.ToLower().Contains("toilet"))
{
    Debug.Log("Navigating to toilet...");
    SetDropdownToToilet("Toilet");
}
else if (res.Text.ToLower().Contains("pr office"))
{
    Debug.Log("Navigating to Public Relationship Office...");
    SetDropdownToToilet("PR Office");
}
else if (res.Text.ToLower().Contains("meeting room"))
{
    Debug.Log("Navigating to Meeting Room...");
    SetDropdownToToilet("Meeting Room");
}
else
{
    Debug.Log(res.Text.ToLower());
    message.text = "Target tidak dikenali.";
}
```

4. Testing

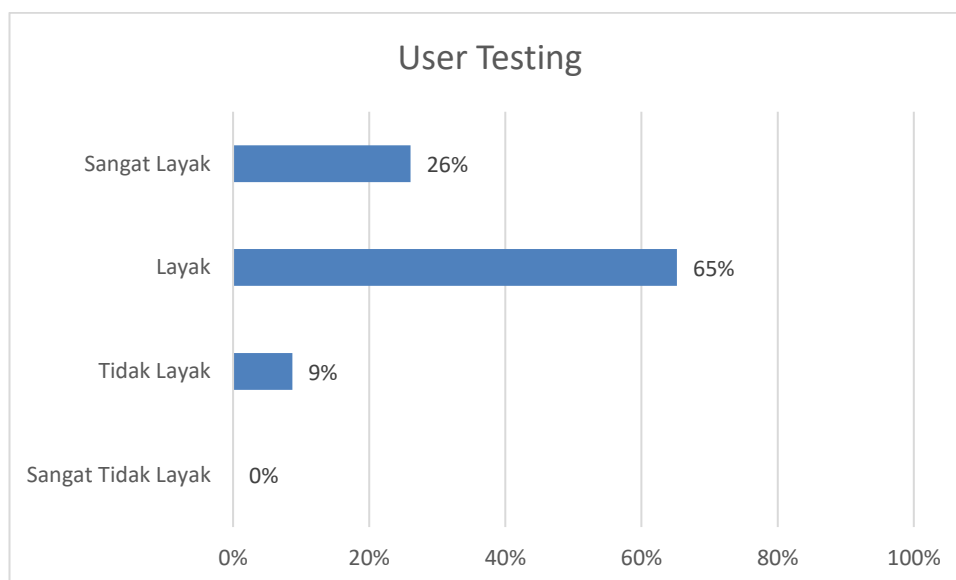
Pengujian prototype aplikasi dilakukan dengan menggunakan hp android dengan spesifikasi minimal Android 7.0 Nougat dengan menggunakan metode pengujian *black box testing*. Setelah pengujian prototype dilakukan kepada pengguna, pengguna (dalam hal ini adalah representasi mahasiswa PDBI) diberikan google form untuk mengisi kuesioner. Hasil dari pengujian sebagai berikut:

Tabel 2. Black Box Testing

No.	Pengguna	Aktiftas	Hasil
1.	Pengguna	Membuka Aplikasi	Oke
		Scan QR Code	Oke
		Muncul Tombol Lokasi	Oke
		Memilih salah satu tombol	Oke
		Menggunakan fitur speech	Oke
2.	Sistem	Menampilkan petunjuk arah	Oke
		Menampilkan Respon Suara	Oke

5. Beta

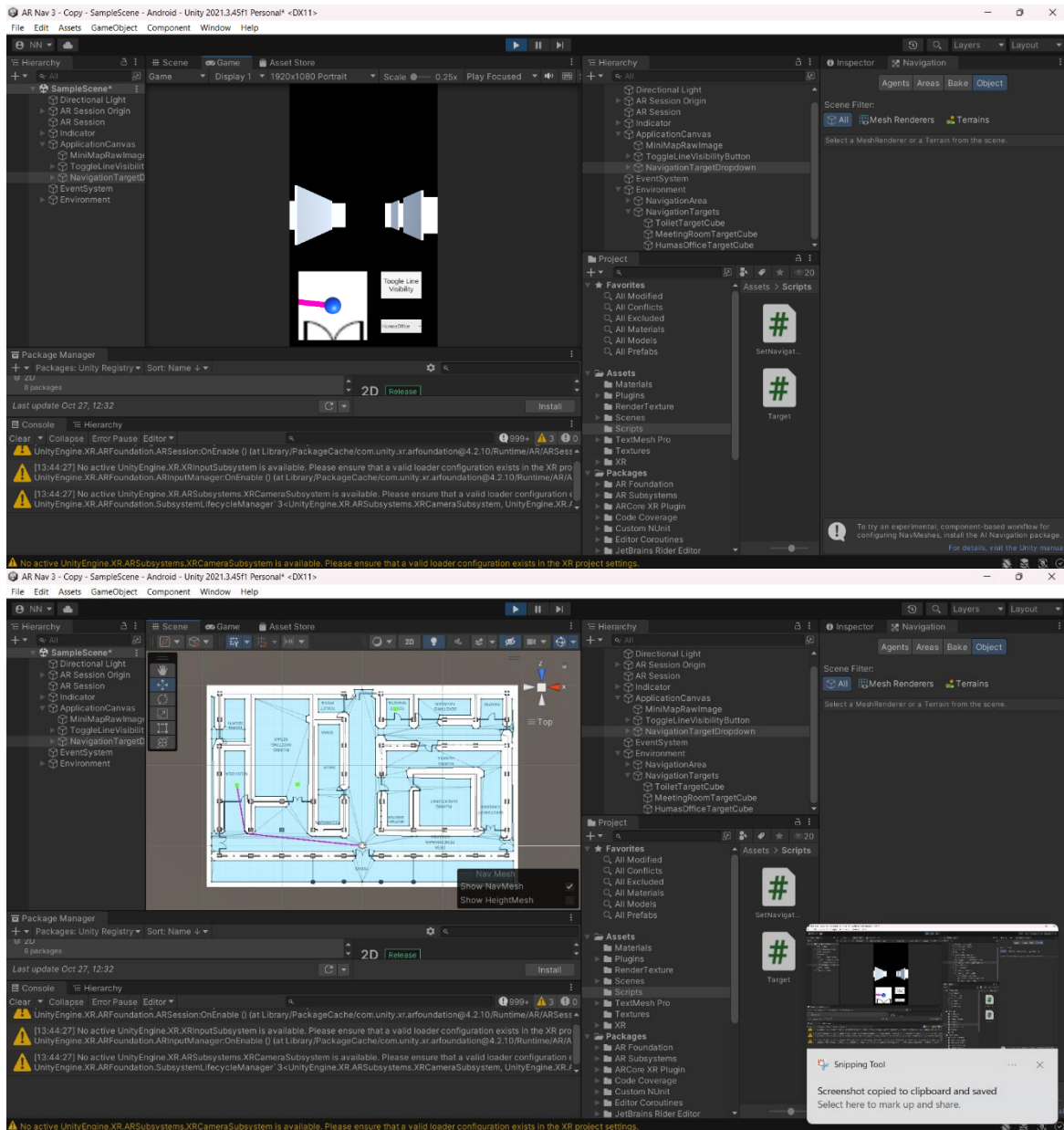
Dari hasil uji validitas didapatkan bahwa 11 dari 12 pertanyaan dinyatakan *valid* ($t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$) dan dari hasil uji reliabilitas kuesioner yang disebarkan dinyatakan handal (nilai *Cronbach Alpha* > 0.6). Dari hasil pengujian kepada 25 responden sebagai pengguna prototype, didapatkan hasil bahwa 65% responden menyatakan puas dalam aspek *usability*, *playability* dan *accessibility* sehingga dapat disimpulkan bahwa *prototype* aplikasi PDBI Tour dinyatakan layak untuk dikembangkan menjadi aplikasi tepat guna.



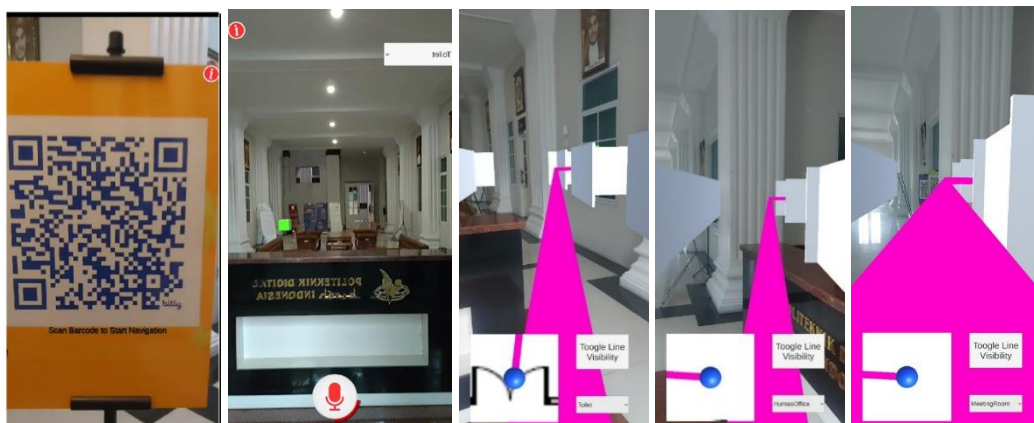
Gambar 5. User Testing

6. Release

Peluncuran produk dilakukan bersamaan dengan seminar hasil penelitian yang diadakan di dalam internal kampus PDBI.



Gambar 6. Pengujian Aplikasi pada Software Unity



Gambar 7. Pengujian Aplikasi pada Platform Smartphone

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan MVP (*Minimum Viable Product*) *Prototype* Aplikasi PDBI *Tour* dengan memberikan tambahan fitur pengenalan suara berbasis *Automation Speech Recognition* (ASR). Adapun ASR yang digunakan dalam pembangunan aplikasi menggunakan Package Whisper. Penggunaan metodologi GDLC terbukti dapat memandu pelaksanaan penelitian dan perbaikan iteratif pada pengembangan produk sehingga dapat layak dijadikan sebagai navigasi pengunjung untuk menemukan lokasi yang dituju secara efisien di lingkungan kampus. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi positif dalam bidang teknologi navigasi AR serta promosi kampus dan berhasil membuktikan bahwa *prototype* Aplikasi PDBI *Tour* layak dikembangkan menjadi aplikasi yang dapat digunakan secara lebih luas.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilaksanakan dengan mengikuti tahapan pada GDLC diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada tahap inisiasi, pengumpulan data melalui wawancara berhasil menangkap kebutuhan pengguna yaitu menemukan lokasi penting di kampus. Data ini dapat dijadikan dasar dalam pengembangan fitur aplikasi sesuai dengan kebutuhan pengguna. Fakta yang ditemukan bahwa aplikasi ini dapat dijadikan alat promosi menjadi nilai tambah sebagai multifungsi dalam meningkatkan kemudahan bagi pengguna sekaligus menjadi langkah strategis dalam meningkatkan *brand awareness* masyarakat terhadap eksistensi Kampus PDBI.
2. Dalam tahap pra-produksi dan produksi dilaksanakan dengan mengumpulkan asset, mendesain sistem aplikasi dan membangun *prototype* yang dilaksanakan dengan membangun aset 3D, penggunaan AI Navigasi berbasis *marker* dan *markerless* dan penambahan fitur pengenalan suara keseluruhan tahapan dapat memudahkan interaksi, menyediakan alternatif input, meningkatkan aksesibilitas dan mendukung *usability*.
3. Pada metode pengujian dilakukan dua jenis pengujian yaitu dengan *black box testing* yang dapat memverifikasi bahwa fitur utama aplikasi dapat berjalan dengan baik dan pengujian pengguna didapatkan hasil bahwa dari aspek *usability* dimana 69,13% responden menyatakan bahwa *prototype* aplikasi ini *usable*, *playability* dimana 70,11% responden menyatakan *prototype* aplikasi ini *playable* dan *accessibility* dimana 70,11% responden menyatakan *prototype* aplikasi ini *accessible*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan *prototype* aplikasi ini layak dikembangkan.
4. Adapun beberapa kelemahan dari aplikasi ini adalah tingkat akurasi navigasi yang perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut, efektifitas penggunaan ASR pada kasus AR Navigasi dan penambahan fitur dan informasi tambahan untuk meningkatkan nilai imersifitas dari aplikasi ini. Tingkat Akurasi *Speech Recognition* menunjukkan hasil yang baik dengan akurasi mencapai 98% untuk mengenali target dalam Bahasa Inggris. Hasil percobaan menunjukkan terdapat satu kali kesalahan sistem mengenali kata "PR Office". Ketidaksesuain dalam pengenalan "PR Office" kemungkinan disebabkan oleh input pengguna yang menggunakan Bahasa Indonesia sedangkan sistem menggunakan pengenalan Bahasa Inggris.

SARAN

Beberapa hal yang dapat dijadikan penelitian lanjutan adalah penelitian terkait pengukuran skala pada AR dengan skala yang sebenarnya untuk mendapatkan hasil navigasi yang akurat, penelitian terkait optimalisasi pemanfaatan ASR sebagai alternatif input bagi Aplikasi PDBI *Tour* juga dapat diteliti lebih lanjut. Selain itu, pada penelitian selanjutnya juga dapat dilakukan pengembangan aplikasi dengan menambahkan *element video* dan *voice over* untuk meningkatkan informasi dan imersifitas terkait kampus PDBI dan interaktifitas pengguna terhadap aplikasi.

FUNDING

This research is funded by DAPTV of the Ministry of Education and Culture in the BIMA Research Grant Program for Basic Research – Beginner Lecturer Research as stated in the Announcement of Recipients of Funding Assistance for the Research and Community Service Program Batch III for Fiscal Year 2024 Number 1297/D4/AL.04/2024, dated August 20, 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, E, Santos, B. S., Marques, B., Santos, B. S., & Dias, P. (2024). EUROGRAPHICS 2024 An Overview of Teaching a Virtual and Augmented Reality Course at Postgraduate Level for Ten Years. *Computers & Graphics*, 124(June), 104088. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2024.104088>
- Ariyana, R, Y., Susanti, E., Ath-Tariq, M, R., Apriadi, R. (2022). Penerapan Metode Game Development Life Cycle (GDLC) pada Pengembangan Game Motif Batik Khas Yogyakarta. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*. 10.55123/insologi.v1i6.1129.
- Asish, S. M., Kulshreshth, A. K., & Borst, C. W. (2022). Detecting distracted students in educational VR environments using machine learning on eye gaze data. *Computers and Graphics (Pergamon)*, 109, 75–87. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2022.10.007>
- Basran, P. S., Ho Synn, S., Marzano, G. A., Maeng, H., & Lotfi-Jam, F. (2024). Open LEARN: Open access linear accelerator education and augmented reality Navigator. *Physica Medica*, 126(June), 104515. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2024.104515>
- Chiřiba, C. A. (2012). Lifelong Learning Challenges and Opportunities for Traditional Universities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 1943–1947. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.408>
- O’Sullivan, J., Bogaarts, G., Kosek, M., Ullmann, R., Schoenenberger, P., Chatham, C., ... & Lipsmeier, F. (2023). Automatic speech recognition for ASD using the open-source whisper model from OpenAI. In *International Society for autism Research (INSAR) 2023 Annual Meeting. INSAR, Stockholm, Sweden*.
- Dey Hazra, R. O., Paksoy, A., Imiolczyk, J. P., Gebauer, H., Hayta, A., & Akgun, D. (2024). Augmented reality–assisted intraoperative navigation increases precision of glenoid inclination in reverse shoulder arthroplasty. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2024.05.039>
- Hasan, N., Soewarno, N., & Isnalita, I. (2019). Pengaruh Teknologi Informasi terhadap Proses Pembelajaran dan Prestasi Akademik Mahasiswa. *Jurnal Kajian Akuntansi*, 3(1), 68. <https://doi.org/10.33603/jka.v3i1.2130>
- Jin, Z., Goyal, S. B., & Rajawat, A. S. (2024). The Informational Role of Artificial Intelligence in higher Education in the New era. *Procedia Computer Science*, 235(2023), 1008–1023. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.04.096>
- Jing, W. (2024). Speech recognition sensors and artificial intelligence automatic evaluation application in English oral correction system. *Measurement: Sensors*, 32(February), 101070. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101070>
- Jingning, L. (2024). Speech Recognition Based on Mobile Sensor Networks Application in English Education Intelligent Assisted Learning System. *Measurement: Sensors*, 32(October), 101084. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101084>
- Mylonas, G., Hofstaetter, J., Giannakos, M., Friedl, A., & Koulouris, P. (2023). Playful interventions for sustainability awareness in educational environments: A longitudinal, large-scale study in three countries. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 35, 100562. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2022.100562>
- Pringle, J. K., Stimpson, I. G., Jeffery, A. J., Wisniewski, K. D., Grossey, T., Hobson, L., Heaton, V., Zholobenko, V., & Rogers, S. L. (2022). Extended reality (XR) virtual practical and educational eGaming to provide effective immersive environments for learning and teaching in forensic science. *Science and Justice*, 62(6), 696–707. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2022.04.004>
- Riedl, W., Brown, A., & Rausenberger, J. (2024). An “Agile” project planning course: Learning by doing in process engineering education. *Education for Chemical Engineers*, 48(April), 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2024.04.003>
- Tarigan, F, V., Dziki, A. (2022). Implementasi Video Pembelajaran Berbasis Multihost Podcast pada Materi Konsep Multimedia. *Journal of Applied Multimedia and Networking (JAMN)*. Vol. 6, No. 2.
- Wang, Y. (2024). An interactive online educational environment to reduce anxiety, improve emotional well-being, and critical thinking for college students. *Acta Psychologica*, 248(January), 104347. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104347>

- Watson, M. F. (2023). Nursing students' perceptions of how the COVID-19 pandemic impacts mental well-being and educational environment. *Heliyon*, 9(3), e14135. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14135>
- Zhou, Z., Oveissi, F., & Langrish, T. (2024). Applications of augmented reality (AR) in chemical engineering education: Virtual laboratory work demonstration to digital twin development. *Computers and Chemical Engineering*, 188(April), 108784. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2024.108784>