

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi Dmzrty berbasis Augmented Reality untuk pembelajaran bangun ruang telah berhasil dirancang dan dikembangkan menggunakan metodologi Multimedia Development Life Cycle (MDLC) melalui keenam tahapannya — concept, design, material collecting, assembly, testing, dan distribution. Proses pengembangan menghasilkan aplikasi Android yang dilengkapi tiga fitur utama: (a) visualisasi 3D interaktif tujuh jenis bangun ruang (kubus, balok, prisma segitiga, limas segiempat, tabung, kerucut, dan bola); (b) animasi jaring-jaring untuk empat bangun ruang bertepi lurus menggunakan teknik *Pivot point* di Unity; dan (c) audio deskripsi berbasis AI *Text-to-Speech* (MiniMax) untuk seluruh bangun ruang. Hasil pengujian *Black Box Testing* mengonfirmasi seluruh fungsi aplikasi berjalan dengan baik pada status 'Baik' untuk semua parameter. Dengan demikian, tujuan penelitian pertama telah tercapai sepenuhnya.
2. Efektivitas aplikasi Dmzrty dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi bangun ruang terbukti sangat baik berdasarkan hasil *N-Gain* sebesar 0,76 yang termasuk kategori Tinggi ($g > 0,7$) menurut Hake (1999). Rata-rata nilai siswa meningkat sebesar 42,03 poin dari pre-test (45,22) menjadi 87,25 pada post-test, yang menunjukkan dampak positif dan signifikan dari penggunaan teknologi AR dalam pembelajaran matematika materi geometri ruang. Capaian ini melampaui temuan studi-studi pendahulu yang umumnya melaporkan peningkatan pada kategori sedang.
3. Validasi usability oleh 23 siswa kelas V MI Manbaul Islam menunjukkan hasil yang sangat positif dengan skor rata-rata 4,39 dari 5,00. Empat dari enam aspek berkategori Sangat Baik: Kesan dan Motivasi (4,70), Tampilan 3D dan AR (4,51), Pemahaman Materi (4,39), dan Kejelasan Instruksi (4,33). Dua aspek berkategori Baik Kestabilan Aplikasi (4,13) dan Kemudahan & Navigasi (4,09) menjadi area prioritas untuk pengembangan selanjutnya. Secara keseluruhan,

aplikasi Dmzrty diterima sangat baik sebagai media pembelajaran yang interaktif dan mudah digunakan. Dengan demikian, tujuan penelitian kedua telah tercapai secara keseluruhan.

4. Berdasarkan hasil pengembangan, pengujian fungsional, evaluasi efektivitas, dan validasi usability, aplikasi Dmzrty terbukti layak dan siap diimplementasikan sebagai media pembelajaran inovatif pada mata pelajaran matematika materi bangun ruang di tingkat Madrasah Ibtidaiyah. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa model pengembangan media AR berbasis MDLC yang dapat diadaptasi untuk materi matematika lain, serta membuktikan bahwa integrasi visualisasi 3D, animasi jaring-jaring, dan audio AI secara sinergis dapat meningkatkan pemahaman konsep geometri abstrak menjadi lebih konkret dan menarik bagi siswa sekolah dasar.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengalaman selama proses pengembangan aplikasi Dmztry, peneliti mengajukan beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Peningkatan Stabilitas Fitur Animasi

Meskipun aplikasi secara keseluruhan telah berfungsi dengan baik, masih terdapat beberapa kendala pada stabilitas tombol animasi jaring-jaring yang terkadang memerlukan beberapa kali tap untuk merespons. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan untuk melakukan optimisasi kode *controller* animasi dan memperbaiki event handling pada tombol UI agar lebih responsif dan konsisten di berbagai jenis perangkat Android.

2. Penambahan Objek Jaring-Jaring

Saat ini, fitur animasi jaring-jaring hanya tersedia untuk empat bangun ruang (kubus, balok, prisma, dan limas), sementara tiga bangun ruang lainnya (tabung, kerucut, dan bola) belum memiliki representasi jaring-jaring karena keterbatasan dalam merepresentasikan bentuk lengkung. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi pendekatan alternatif dalam memvisualisasikan jaring-jaring bangun ruang lengkung, misalnya melalui teknik UV

unwrapping atau representasi jaring-jaring aproksimasi yang lebih mudah dipahami siswa.

3. Penambahan Fitur Interaktif

Untuk meningkatkan pengalaman belajar siswa, disarankan untuk menambahkan fitur-fitur interaktif tambahan seperti: (a) kuis atau soal latihan interaktif yang terintegrasi dalam aplikasi untuk menguji pemahaman siswa secara real-time, (b) fitur pengukuran dimensi bangun ruang yang memungkinkan siswa mengubah ukuran objek dan melihat perubahan volume atau luas permukaan secara dinamis, (c) mode multipemain yang memungkinkan beberapa siswa belajar bersama dan berkolaborasi dalam memahami materi, serta (d) sistem pencapaian atau *gamification* untuk meningkatkan motivasi belajar siswa.

4. Optimisasi Performa untuk Perangkat *Low-End*

Untuk memperluas jangkauan penggunaan aplikasi, disarankan untuk melakukan optimisasi lebih lanjut pada aset 3D dan *rendering pipeline* agar aplikasi dapat berjalan dengan lancar pada perangkat Android dengan spesifikasi lebih rendah, tanpa mengurangi kualitas visual yang signifikan. Hal ini dapat dilakukan melalui teknik *Level of Detail* (LOD), kompresi tekstur, dan pengurangan *polygon count* pada model 3D.

5. Pengembangan untuk *Platform* iOS

Saat ini aplikasi Dmztry hanya tersedia untuk platform Android. Untuk menjangkau lebih banyak pengguna, disarankan untuk mengembangkan versi iOS agar aplikasi dapat digunakan oleh siswa yang menggunakan perangkat Apple, serta melakukan *cross-platform testing* untuk memastikan konsistensi pengalaman pengguna di berbagai *platform*.

6. Penelitian Lanjutan dengan Skala Lebih Besar

Penelitian ini dilakukan dengan sampel terbatas yaitu 23 siswa di satu sekolah. Untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif mengenai efektivitas aplikasi AR dalam pembelajaran bangun ruang, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan skala yang lebih besar melibatkan beberapa sekolah dengan karakteristik yang berbeda, sehingga dapat diperoleh data yang lebih representatif dan dapat digeneralisasi untuk konteks pendidikan yang lebih luas.