

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2018.01.PE.16

MODUL YANG DILENGKAPI DENGAN TEKNOLOGI *AUGMENTED REALITY*: CARA MUDAH BELAJAR FISIKA UNTUK KONSEP DAN FENOMENA KUANTUM DI SMA KELAS XII

Shelma Nur Chaeranti^{1, a)}, Fauzi Bakri^{1, b)}, A. Handjoko Permana^{1, c)}

¹*Prodi Pendidikan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka 13320*

Email: ^{a)}shelmanur09@gmail.com, ^{b)} fauzi-bakri@unj.ac.id, ^{c)} handjoko@unj.ac.id

Abstrak

Salah satu kesulitan peserta didik dalam mempelajari konsep Fisika adalah materinya yang bersifat abstrak seperti konsep dan fenomena kuantum. Penelitian ini difokuskan untuk menghasilkan modul yang dilengkapi media 3D dengan teknologi *Augmented Reality* bernama AR Quantum untuk konsep dan fenomena kuantum di SMA kelas XII. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian pengembangan dengan model Dick dan Carey. Modul yang dikembangkan menerapkan model *Discovery Learning* yang terdiri dari enam tahapan. AR Quantum digunakan sebagai penunjang untuk menampilkan beberapa objek yang sulit untuk dipahami secara 2D. AR Quantum menggunakan objek 2D dalam modul sebagai *marker* yang akan dipindai dengan kamera *smartphone* untuk menampilkan objek 3D. Modul yang dilengkapi dengan teknologi *Augmented Reality* dapat mengemas konsep dan fenomena kuantum yang abstrak menjadi nyata dan mudah dipahami oleh peserta didik. AR Quantum telah diuji kecepatannya untuk menampilkan model dan diperoleh rentang waktu untuk 3D muncul sebesar 0,62 - 1,62 s untuk variabel jarak, 0,97 s untuk intensitas cahaya yang sedang dan tidak muncul untuk intensitas terlalu tinggi dan terlalu rendah serta rentang waktu berdasarkan variabel *rating marker* sebesar 0,44 s - 1,10 s.

Kata-kata kunci: 3D, *Augmented Reality*, *Discovery Learning*, Modul, AR Quantum

PENDAHULUAN

Pada abad 21, perkembangan teknologi semakin pesat. Hal ini didukung oleh data yang dipublikasikan Badan Pusat Statistik bahwa Indeks Pembangunan Teknologi Informasi dan Komunikasi (IP-TIK) mengalami peningkatan dari tahun 2012 hingga 2015. Pada tahun 2012, IP-TIK sebesar 4,24; tahun 2013 sebesar 4,50; tahun 2014 sebesar 4,59; dan pada tahun 2015 sebesar 4,83 pada skala 0-10 [1]. Oleh karena itu, peserta didik saat ini membutuhkan kemampuan-kemampuan agar mampu melanjutkan perkembangan dari teknologi yang sudah ada untuk memenuhi kebutuhan manusia dan menghadapi perkembangan zaman.

Partnership for 21st Century Skills (P21) telah merancang kemampuan-kemampuan yang harus dimiliki oleh peserta didik untuk bekal kesuksesan dalam menjalani hidup dan pekerjaan pada abad 21 [2]. Kemampuan-kemampuan tersebut dikenal dengan "*The 4Cs*" yaitu kemampuan *critical thinking*, *creativity*, *communication* dan *collaboration*. "*The 4Cs*" dan telah diadopsi oleh beberapa lembaga maupun negara dalam bidang pendidikan diantaranya *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO) dan Pemerintah Indonesia yang mengadaptasi kemampuan tersebut ke dalam sistem pendidikan di Indonesia [3].

Sistem pendidikan di Indonesia saat ini menekankan pada penerapan pembelajaran yang harus berpusat pada peserta didik dengan menggunakan metode atau model dan penggunaan TIK. Hal ini dilakukan agar pembelajaran terdapat interaksi multi-arah; mampu mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi; kecakapan pengetahuan; keterampilan dan sikap; serta penguasaan terhadap teknologi untuk mencapai 4 kompetensi abad 21 tersebut [3]. Oleh karena itu, Kurikulum 2013 dengan revisinya yang berlaku saat ini menekankan penggunaan pendekatan-pendekatan secara saintifik dalam proses pembelajarannya dan salah satu model pembelajaran yang menggunakan pendekatan saintifik, yaitu *discovery learning*. Namun, sistem pendidikan yang sudah dirancang tersebut belum menghasilkan capaian pengetahuan yang baik terutama di bidang fisika yang membutuhkan banyak pendekatan saintifik.

Fisika merupakan salah satu ilmu pengetahuan yang bersifat mendasar karena berlaku sebagai ilmu yang dibutuhkan untuk mempelajari bidang-bidang umum lainnya [4]. Akan tetapi, Fisika masih dianggap sulit untuk dipahami. Permasalahan tersebut didukung oleh persentase peserta didik secara nasional yang menjawab soal Ujian Nasional (UN) dengan benar untuk beberapa konsep Fisika masih dibawah 65% dan materi dengan persentase terendah pada tahun pelajaran 2015/2016 adalah materi Listrik, Magnet dan Fisika Modern yang mencapai 48,22% [5]. Profil peta Ujian Nasional (UN) mata pelajaran Fisika pada beberapa SMA juga menunjukkan bahwa SKL yang rendah penguasaan materinya merupakan materi mekanika, gelombang, listrik magnet dan fisika modern [6]. Salah satu penyebab materi Fisika tersebut sulit untuk dipahami adalah sulitnya peserta didik untuk mengimajinasikan beberapa konsep dalam Fisika yang bersifat abstrak [7]. Beberapa materi Fisika tersebut dianggap abstrak karena ruang lingkupnya terkait dengan dunia mikroskopis (kuantum) atau kecepatan suatu benda yang diamati mendekati kecepatan cahaya [8].

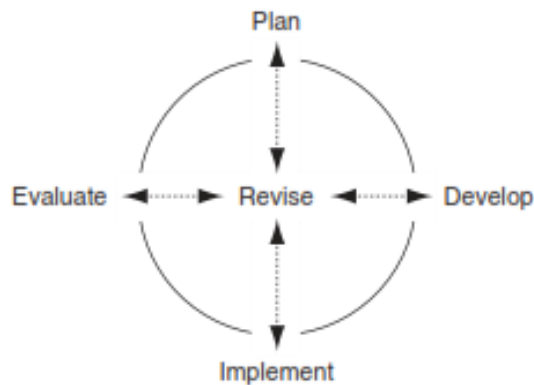
Bahan ajar yang mampu memvisualisasikan konsep-konsep Fisika yang abstrak saat ini pun masih kurang. Hal tersebut dikarenakan peserta didik masih merasa kesulitan menggunakan bahan ajar karena bahan ajar masih kurang melatih peserta didik dalam memahami konsep serta belum menuntun peserta didik secara aktif mendapatkan rumus-rumus yang digunakan [9]. Selain itu, bahan ajar Fisika SMA saat ini masih terdapat miskonsepsi untuk materi-materi Fisika yang abstrak [10][11]. Berdasarkan permasalahan tersebut, membuat tujuan mata pelajaran Fisika sebagai wahana untuk menumbuhkan kemampuan berpikir yang berguna untuk memecahkan masalah di dalam kehidupan sehari-hari akan sulit untuk tercapai [12]. Oleh karena itu, peserta didik membutuhkan bahan ajar atau media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan konsep-konsep Fisika yang abstrak tersebut.

Media pembelajaran yang mampu menjadi solusi untuk permasalahan tersebut yaitu modul yang dilengkapi media 3D dengan teknologi *Augmented Reality (AR)*. Modul digunakan karena mampu membuat peserta didik belajar secara mandiri dan aktif berperan. Teknologi *AR* sebagai penunjang dalam modul juga dianggap mampu membantu peserta didik memahami konsep-konsep Fisika yang abstrak karena modul tersebut akan mengandung *marker 2D* yang dapat menampilkan objek 3D apabila dipindai dengan *AR Camera* [13]. Selain teknologi *Augmented Reality* yang memiliki kemampuan untuk menampilkan objek 3D, modul cetak juga memiliki keunggulan dibandingkan dengan *electronic module*. Hal tersebut dikarenakan bahan ajar dalam bentuk cetak merupakan bentuk yang terbaik dalam memenuhi kebutuhan untuk proses pembacaan dalam otak yang berhubungan dengan mata seperti mengatasi kekeliruan penglihatan, kognitif dan metakognitif [14]. Untuk membuktikan potensi modul yang dilengkapi dengan media 3D dengan teknologi *Augmented Reality* di bidang pendidikan, peneliti akan mengembangkan modul yang dilengkapi media 3D dengan teknologi *Augmented Reality* berbasis model *discovery learning* pada pokok bahasan konsep dan fenomena kuantum yang termasuk dalam bahasan Fisika modern untuk peserta didik SMA kelas XII IPA dan menguji kecepatan pemindaian aplikasi *Augmented Reality* yang telah dikembangkan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Model penelitian dan pengembangan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah salah satu model yang sering digunakan yaitu model penelitian dan pengembangan Dick dan Carey. Tahapan

penelitian dan pengembangan pada model Dick dan Carey ada lima langkah inti seperti pada GAMBAR 1. Lima tahap pada model Dick dan Carey tersebut dijabarkan kembali ke dalam sepuluh tahap yang lebih rinci.



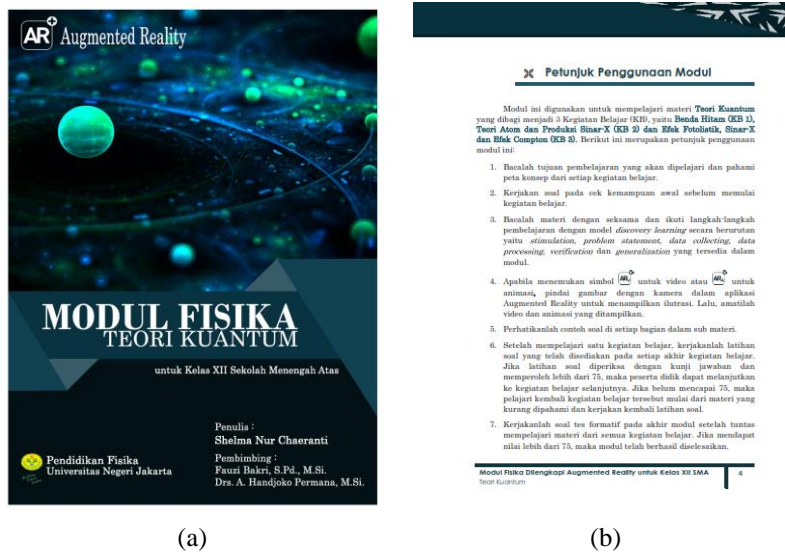
GAMBAR 1. Skema model penelitian dan pengembangan Dick dan Carey

Pengembangan modul yang dilengkapi teknologi *Augmented Reality* ini mengacu pada kriteria buku teks yang dikeluarkan oleh Pusat Kurikulum dan Perbukuan (Puskurbuk) dan penelitian terkait modul [15-20], augmented reality [21,22] dan media pembelajaran untuk android [23,24]. Instrumen uji kelayakan produk ini juga dikembangkan berdasarkan instrumen penilaian buku teks yang telah ditentukan oleh Puskurbuk, sedangkan untuk aplikasi *Augmented Reality* yang dikembangkan berdasarkan komponen-komponen seperti *interface*, objek dan marker dalam aplikasi, serta kamera pemindai.

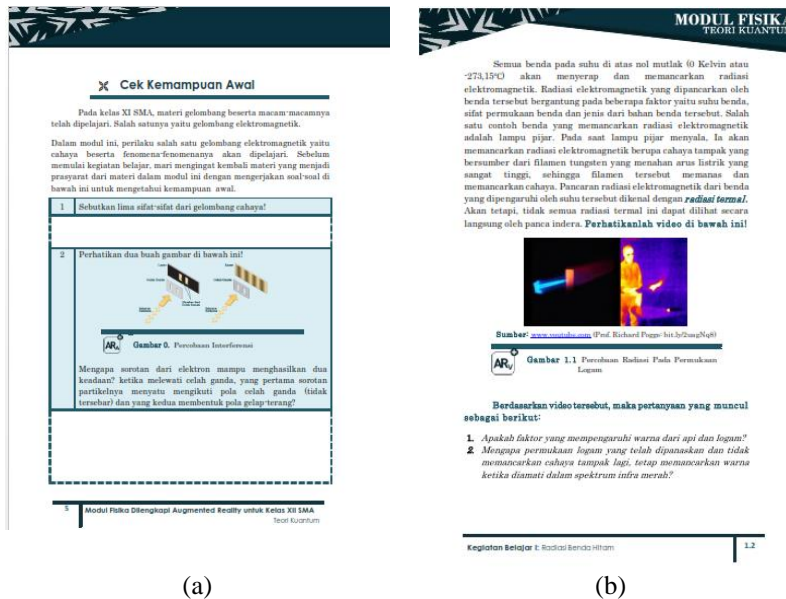
HASIL DAN PEMBAHASAN

Modul Fisika

Pengembangan yang dihasilkan dalam penelitian ini berupa modul yang dilengkapi teknologi *Augmented Reality* untuk pokok bahasan konsep dan fenomena kuantum yang dikemas dengan menggunakan model pembelajaran penemuan (*discovery learning*). Hasil modul yang dikembangkan seperti berikut ini:

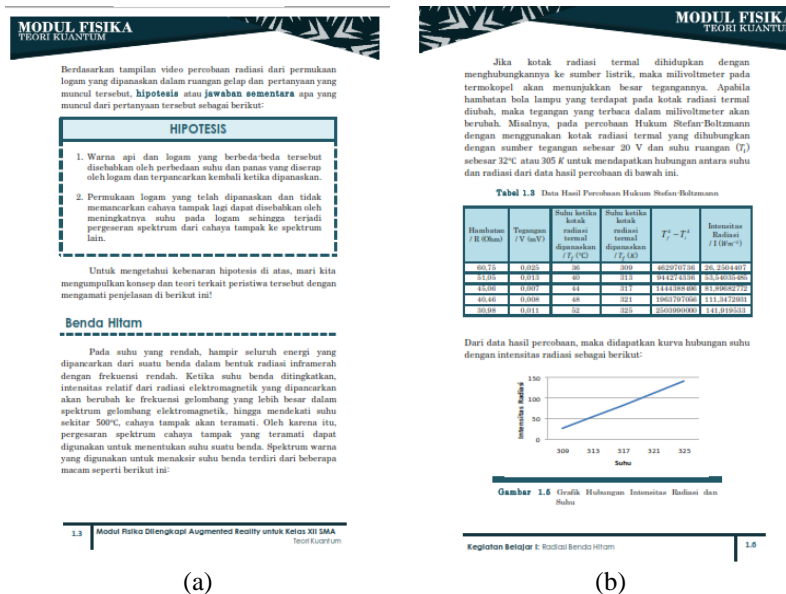


GAMBAR 2. (a) Tampilan sampul depan modul, (b) tampilan petunjuk penggunaan modul, (c) tampilan cek kemampuan awal pada modul.



GAMBAR 3. (a) Tampilan cek kemampuan awal pada modul, (b) tampilan pendahuluan materi yang berisi stimulus.

GAMBAR 2 dan GAMBAR 3 menunjukkan beberapa komponen yang di dalam modul untuk pokok bahasan konsep dan fenomena kuantum. Komponen pada modul secara keseluruhan yaitu (1) judul, (2) daftar Isi, (3) peta konsep, (4) daftar tujuan kompetensi, (5) cek kemampuan awal, (6) tinjauan umum materi, (7) uraian materi, (8) penugasan, (9) rangkuman, (10) daftar istilah, (11) evaluasi akhir dan (12) indeks.



GAMBAR 4. (a) Tampilan kolom hipotesis awal, (b) tampilan pengumpulan data dan pengolahan dalam modul.

MODUL FISIKA
 TEORI KUANTUM

Oleh karena itu, pada *Postulat Planck* setiap benda dapat memancarkan dan menyerap energi hanya dalam jumlah yang kelipatan dari kuantitas dasar dari suatu energi seperti berikut ini:

$$E_n = n\varepsilon \quad [1.23]$$

$$E_n = nhf \quad [1.24]$$

dimana

n = jumlah foton (0, 1, 2, 3, ...)
 f = frekuensi vibrasi (Hertz)
 h = tetapan Planck ($6,626 \times 10^{-34}$ Js)

Contoh Soal

Dalam serangkaian energi listrik menjadi energi cahaya, lampu pijar dengan daya 60 W beroperasi 2,3% efisien. Dengan asumsi bahwa semua cahaya berwarna kuning (panjang gelombang 580 nm pada ruang hampa). Tentukan jumlah foton per detik yang dipancarkan oleh bola lampu!

Diketahui:
 $P = 60 \text{ W}$
 $\eta = 2,3\%$
 $\lambda = 580 \text{ nm} = 580 \times 10^{-9} \text{ m}$
 $P = 60 \text{ W}$

Ditanya: Jumlah foton yang dipancarkan per detik (n)?

Jawab: Energi yang dipancarkan per detik ($E_{\text{foton}} = 12,7 \times 10^3 \text{ J/s}$)
 $E_{\text{foton}} = 12,7 \text{ J/s}$

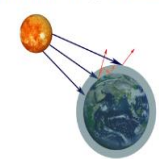
Jumlah foton yang dipancarkan per detik (n) adalah:
 $n = 3,6 \times 10^{20} \text{ foton/s}$

1.15 Modul Fisika Dilengkapi Augmented Reality untuk Kelas XII SMA Teori Kuantum

(a)

MODUL FISIKA
 TEORI KUANTUM

kembali, tetapi beberapa energi terjebak di dalam Bumi, tidak terbebas ke luar angkasa. Untuk menjaga keseimbangan panas, permukaan Bumi harus mengimbangi ini dengan meningkatkan suhu. Fenomena ini dikenal dengan *efek rumah kaca*.



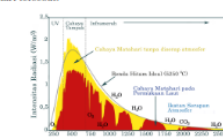
Gambar 1.10 Efek Rumah Kaca

1.16 Modul Fisika Dilengkapi Augmented Reality untuk Kelas XII SMA Teori Kuantum

(b)

MODUL FISIKA
 TEORI KUANTUM

spektrum gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh Matahari tersebut.



Gambar 1.12 Spektrum Sinar Matahari Berdasarkan Hasil Pengukuran di Bumi

Spektrum gelombang yang dipancarkan oleh Matahari memiliki bentuk yang sangat mirip dengan spektrum radiasi benda hitam dan suhu permukaan Matahari ± 6000 K.

Setelah melakukan pengumpulan dan pengolahan informasi yang telah disediakan, maka kesimpulan yang diperoleh sebagai berikut:

KESIMPULAN

1.21 Modul Fisika Dilengkapi Augmented Reality untuk Kelas XII SMA Teori Kuantum

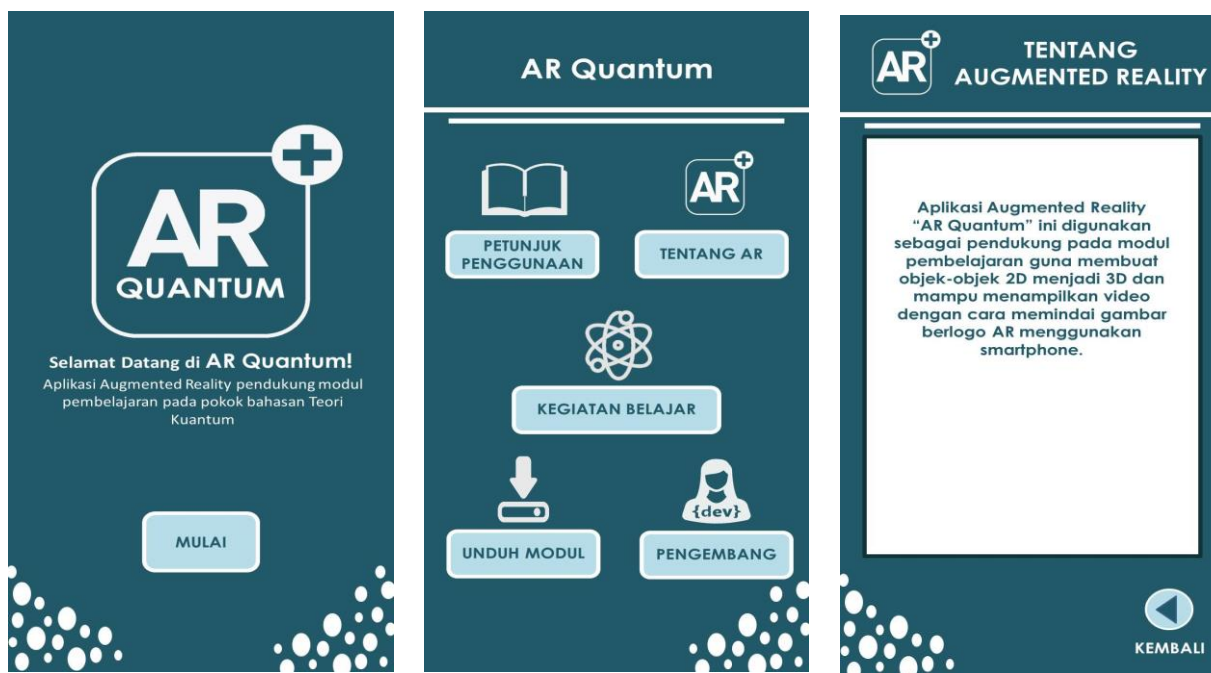
(c)

GAMBAR 5. (a) Tampilan penulisan rumus contoh soal, (b) tampilan gambar yang digunakan sebagai *marker* beserta keterangan logo untuk AR, (c) tampilan kolom kosong kesimpulan untuk diisi peserta didik.

GAMBAR 4 dan GAMBAR 5 menunjukkan komponen-komponen pada modul berdasarkan model *discovery learning* meliputi pendahuluan yang berisi stimulus; pertanyaan-pertanyaan untuk mengidentifikasi masalah; kolom untuk hipotesis awal; uraian materi; contoh soal; kesimpulan; rangkuman; dan latihan soal. Modul ini juga dilengkapi dengan gambar, grafik, animasi dan video yang dibantu dengan teknologi *Augmented Reality* untuk menampilkan beberapa objek yang sulit untuk dipahami secara 2D. Teknologi *Augmented Reality* dihasilkan menggunakan objek 2D dalam modul sebagai *marker* yang akan dipindai dengan *smartphone* untuk menampilkan objek 3D.

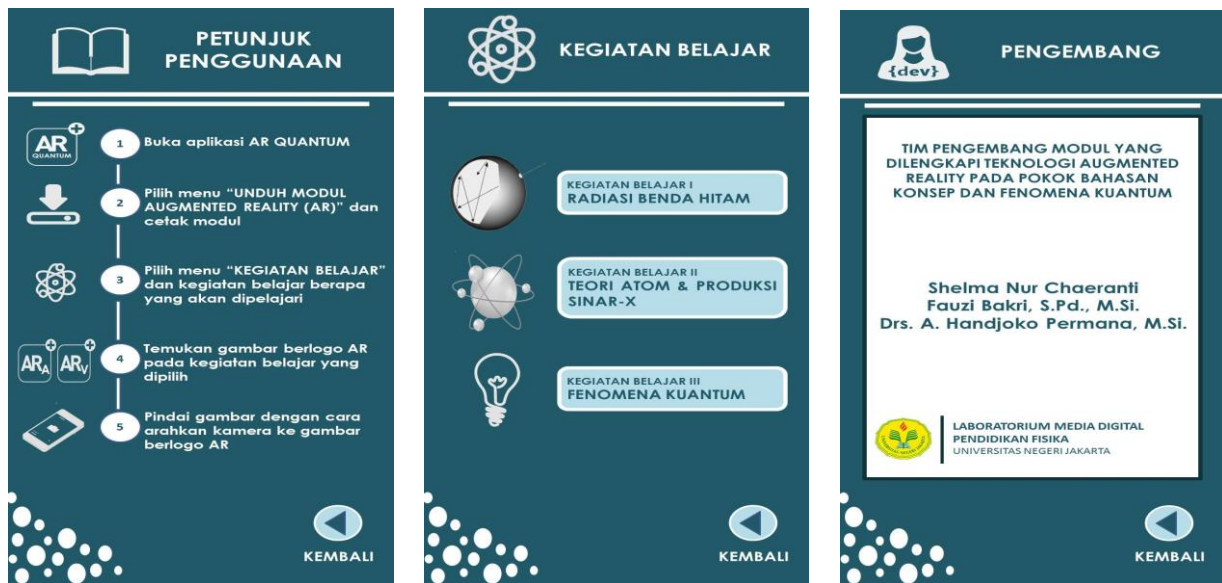
Aplikasi Augmented Reality

Aplikasi *Augmented Reality* yang dihasilkan bernama AR Quantum. Aplikasi ini memiliki *interface* untuk beberapa fungsi seperti pada GAMBAR 5.



(a) (b) (c)

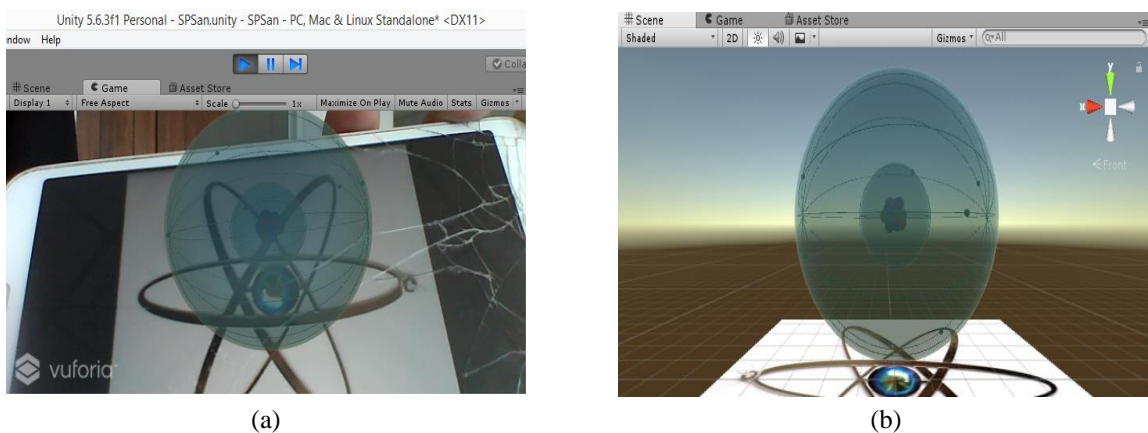
GAMBAR 5. (a) Tampilan awal sebelum memulai aplikasi, (b) tampilan menu utama, (c) tampilan deskripsi tentang aplikasi *Augmented Reality* yang dihasilkan.



(a) (b) (c)

GAMBAR 6. (a) Tampilan petunjuk penggunaan aplikasi AR Quantum, (b) tampilan menu kegiatan belajar, (c) tampilan informasi terkait pengembang aplikasi.

GAMBAR 5 dan GAMBAR 6 menunjukkan beberapa tampilan serta menu pada aplikasi AR Quantum. Pada aplikasi AR Quantum memiliki lima menu utama yaitu menu petunjuk penggunaan, menu tentang *Augmented Reality*, menu tentang kegiatan belajar yang terbagi lagi menjadi tiga sub menu kegiatan belajar, menu untuk mengunduh modul dan menu pengembang.



(a) (b)

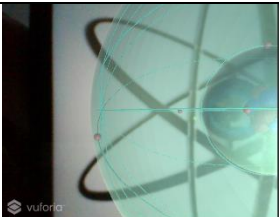




GAMBAR 7. (a) Tampilan model 3D yang akan ditampilkan pada aplikasi AR Quantum, (b) tampilan model 3D dan *marker* pada *software* Unity3D

GAMBAR 7 merupakan tampilan model 3D yang sedang dalam proses pembuatan aplikasi di Unity3D dan diuji bagaimana aplikasi tersebut menampilkan model 3D. Proses pengaturan ukuran model 3D, ukuran *marker* dan pengaturan proses pembuatan tampilan pada aplikasi juga dapat dilakukan pada *software* Unity3D dengan bantuan Vuforia.

Hasil Pengujian Aplikasi *Augmented Reality*

Aplikasi AR Quantum diuji kecepatannya dalam memindai *marker* hingga memunculkan model 3D. Pengujian ini dilakukan dengan tiga cara yaitu dengan menghitung rentang waktu yang diperlukan untuk beberapa kondisi jarak antar *marker* dan kamera *handphone*, cara yang kedua dengan membuat beberapa kondisi pencahayaan di sekitar *marker* mulai dari intensitas cahaya yang tinggi hingga rendah, dan cara terakhir dengan membuat beberapa kondisi ketika resolusi *marker* dari tinggi hingga rendah. Hasil uji aplikasi AR Quantum ditampilkan pada TABEL 1, TABEL 2 dan TABEL 3.




TABEL 1. Hasil pengujian kecepatan aplikasi AR Quantum menampilkan model 3D dengan variabel jarak *marker* dengan kamera *handphone*

No.	Jarak (cm)	Waktu (s)	Hasil
1.	5 cm	0,62 s	
2.	10 cm	0,88 s	
3.	15 cm	0,97 s	
4.	20 cm	1,62 s	
		1,38 s	

Catatan:
Brightness diturunkan



Rata-rata waktu yang diperlukan berdasarkan hasil pengujian kecepatan aplikasi AR Quantum untuk menampilkan model 3D adalah 1,0225 sekond. Berdasarkan data pada TABEL 1, hubungan antara jarak *marker* dan kamera *handphone* dengan rentang waktu yang diperoleh yaitu semakin jauh jarak *marker* dan kamera *handphone* maka rentang waktu yang diperlukan semakin lama, dan semakin jauh jaraknya maka model 3D yang ditampilkan akan semakin kecil.

TABEL 2. Hasil pengujian kecepatan aplikasi AR Quantum menampilkan model 3D dengan variabel intensitas cahaya di sekitar *marker*

No.	Intensitas Cahaya	Waktu (s)	Hasil
1.	Terang (<i>Brightness 100%</i>)	-	
2.	Sedang (<i>Brightness ±10-30%</i>)	0,97 s	
3.	Redup (<i>Brightness 0%</i>)	-	

Berdasarkan data pada TABEL 2, hubungan antara intensitas cahaya di sekitar *marker* dengan waktu yang diperoleh yaitu ketika intensitas cahaya terlalu tinggi maupun terlalu rendah, rentang waktu yang diperoleh akan lebih lama dibandingkan saat intensitas cahaya di sekitar *marker* cukup. Hal ini dikarenakan titik-titik acuan pada *marker* ketika intensitas cahaya terlalu tinggi maupun terlalu rendah sulit untuk terdeteksi.

TABEL 3. Hasil pengujian kecepatan aplikasi AR Quantum menampilkan model 3D dengan variabel rating yang diperoleh *marker* pada Vuforia

No.	Rating	Waktu (s)	Hasil
1.	Bintang 5	0,44 s	
2.	Bintang 4	0,79 s	

3. Bintang 2 0,96 s



4. Bintang 0 1,10 s



Rata-rata waktu yang diperlukan berdasarkan hasil pengujian kecepatan aplikasi AR Quantum untuk menampilkan model 3D adalah 0,8225 sekon. Selain itu, rating yang diperoleh *marker* bergantung pada resolusi gambar yang diunggah pada Vuforia. Semakin tinggi resolusinya, maka semakin banyak rating yang diperoleh. Berdasarkan data pada TABEL 2, hubungan antara rating sebuah *marker* dengan waktu yang diperoleh yaitu ketika rating *marker* tersebut semakin tinggi maka rentang waktu yang diperoleh akan semakin cepat, tetapi ada beberapa faktor lain yang mempengaruhi kecepatan aplikasi AR Quantum dalam menampilkan model 3D yaitu kualitas kamera *handphone* yang digunakan, jarak antara *marker* dengan AR Camera dan faktor secara teknis lainnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan modul yang dilengkapi teknologi *Augmented Reality* berbasis Android, hasil yang dapat diperoleh yaitu *Marker* dengan rating yang baik dan intensitas cahaya di sekitar *marker* yang cukup ketika AR Camera mendeteksi *marker* yang digunakan memudahkan aplikasi untuk menampilkan model 3D dari berbagai sisi. Intensitas cahaya yang sedang merupakan intensitas terbaik untuk membantu AR Camera mendeteksi *marker*, karena intensitas cahaya yang terlalu besar (terang) atau terlalu kecil (gelap) membuat *marker* sulit terdeteksi oleh AR Camera. Selain itu, resolusi dari *marker* dan posisi AR Camera terhadap *marker* mempengaruhi waktu yang diperlukan untuk menampilkan model 3D.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada pihak-pihak yang membantu dalam proses merancangan modul yang dilengkapi teknologi *Augmented Reality* berbasis Android dan membantu dalam menyusun artikel ini baik secara materi maupun dukungannya. Referensi yang diberikan sangat bermanfaat dan memberikan arahan yang baik bagi saya.

REFERENSI

- [1] Badan Pusat Statistika, "Laporan Bulanan Data Sosial Ekonomi Edisi 82," Badan Pusat Statistika, Jakarta, 2017.
- [2] Cynthia Luna Scott, "The Future of Learning 2: What Kind of Learning for The 21st Century?," *UNESCO Education Research Foresight Working Papers Series*, no. 14, pp. 1-14, November 2015.
- [3] Direktorat Pembinaan SMA, *Implementasi Pengembangan Kecakapan Abad 21 Dalam Perencanaan Pelaksanaan Pembelajaran*. Jakarta: Kemendikbud, 2017.
- [4] John D. Cutnell and Kenneth W. Johnson, *Physics Ninth Edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc., 2012.

- [5] Puspendik. (2017) Puspendik Web Site. [Online]. HYPERLINK "https://puspendik.kemdikbud.go.id/hasil-un/" <https://puspendik.kemdikbud.go.id/hasil-un/>
- [6] Ida Kaniawati and Taufik Ramlan Ramalis, "Analisis Peta Kompetensi Hasil Ujian Nasional dan Model Pengembangan Mutu Pendidikan SMA di Jawa Barat: Survey di Kabupaten Garut dan Kabupaten Tasikmalaya," *Jurnal Pengajaran MIPA*, pp. 77-85, 2012.
- [7] Fitria Rahmawati. (2013, Dec.) Repository UNEJ Web Site. [Online]. HYPERLINK "http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/11113" <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/11113>
- [8] Philips Nicolas Gunawidjaja and Risti Suryantari, "Pengajaran Materi Fisika Modern untuk Mahasiswa Fisika," *Research Report - Engineering Science*, vol. I, pp. 1-18, 2012. [Online]. HYPERLINK "http://journal.unpar.ac.id/index.php/rekayasa/article/-view/137/123" <http://journal.unpar.ac.id/index.php/rekayasa/article/view/137/123>
- [9] Nurul Imiati, Endang Purwaningsih, and Sulus, "Telaah Bahan Ajar Materi Gelombang dan Penyebab Kesulitan-kesulitan Siswa Memahaminya," in *Seminar Nasional Jurusan Fisika FMIPA UM*, Malang, 2016, pp. 27-36.
- [10] Ardiana Hanatan, Pujayanto, and Yohanes Radiyono, "Analisis Miskonsepsi Termodinamika Pada Buku Ajar Fisika SMA," in *Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika (SNFPF) Volume 5 Nomor 1*, Surakarta, 2014, pp. 151-157.
- [11] Matsun, Dwi Fajar Saputri, and Triyanta, "Analisis Miskonsepsi dan Tingkat Keterbacaan Buku Ajar Fisika SMA Kelas XII Pada Materi Listrik Statis," *Jurnal Pendidikan Informatika dan Sains Vol.5 No. 2*, pp. 227-236, 2016.
- [12] Kemendikbud, *Permendikbud No. 65 Tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta : Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013.
- [13] Tony Mullen, *Prototyping Augmented Reality*. Canada: John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- [14] M. Julee Tanner, "Digital vs. Print: Reading Comprehension and the Future of the Book," *School of Information Student Research Journal Vol. 4 Issue 2*, pp. 1-12, 2014.
- [15] S. Trisnaa and A. Rahmi, "Validitas Modul Pembelajaran Berbasis Guided Inquiry pada Materi Fluida di STKIP PGRI Sumatera Barat", *jpppf*, vol. 2, no. 1, pp. 9 - 14, Jun. 2016.
- [16] F. Bakri, B. Z. Siahaan, and A. H. Permana, "Rancangan Website Pembelajaran Terintegrasi dengan Modul Digital Fisika Menggunakan 3D PageFlip Professional", *jpppf*, vol. 2, no. 2, pp. 113 - 118, Dec. 2016.
- [17] U. R. Fitri, D. Desnita, and E. Handoko, "Pengembangan Modul Berbasis Discovery-Inquiry untuk Fisika SMA Kelas XII Semester 2", *jpppf*, vol. 1, no. 1, pp. 47 - 54, Jun. 2015.
- [18] F. Bakri, R. Rasyid, and R. D. A. Mulyaningsih, "Pengembangan Modul Fisika Berbasis Visual untuk Sekolah Menengah Atas (SMA)", *jpppf*, vol. 1, no. 2, pp. 67 - 74, Dec. 2015.
- [19] U. Usmeldi, "Pengembangan Modul Pembelajaran Fisika Berbasis Riset dengan Pendekatan Scientific untuk Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik", *jpppf*, vol. 2, no. 1, pp. 1 - 8, Jun. 2016.
- [20] N. Nurhayati and B. Boisandi, "Penggunaan Modul Berbasis Konstruktivis pada Mata Kuliah Fisika Kuantum untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep ditinjau dari Kemampuan Matematik Mahasiswa", *jpppf*, vol. 1, no. 2, pp. 33 - 38, Dec. 2015.
- [21] D. Ambarwulan and D. Mulyati, "The Design of Augmented Reality Application as Learning Media Marker-Based for Android Smartphone", *jpppf*, vol. 2, no. 1, pp. 73 - 80, Jun. 2016.
- [22] Bakri, Fauzi, Diah Ambarwulan, and Dewi Mulyati. "Pengembangan Buku Pembelajaran Yang Dilengkapi Augmented Reality Pada Pokok Bahasan Gelombang Bunyi Dan Optik." *Gravity: Scientific Journal of Research and Learning Physics 4.2* (2018).

- [23] Mulyati, Dewi, Fauzi Bakri, and Diah Ambarwulan. "Aplikasi Android Modul Digital Fisika Berbasis Discovery Learning." *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)* 3.1 (2018): 74-79.
- [24] Budi, A., and D. Mulyati. "Discovering and understanding the vector field using simulation in android app." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1013. No. 1. IOP Publishing, 2018.