



Pengembangan Media Pembelajaran *BARy* (*Board's Augmented Reality*) pada Pokok Bahasan Elektrostatika

Agus Priyono[✉], Wahyu Hardyanto, Isa Akhlis

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D7 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima September 2018

Disetujui September 2018

Dipublikasikan November 2018

Keywords:

Learning Media, Augmented Reality, Electrostatics

Abstrak

Proses pembuktian dan pemahaman suatu teori membutuhkan suatu gambaran yang jelas mengenai kasus yang dikaji. Untuk membantu proses tersebut, diperlukan penggunaan media pembelajaran dalam bentuk animasi ataupun alat peraga seperti komputer, proyektor, *smartphone*, ataupun *web* dalam pembelajaran sesuai dengan materi dan perkembangan teknologi. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan media pembelajaran *BARy* (*Board's Augmented Reality*) pada pokok bahasan elektrostatika sebagai tambahan atau pelengkap pembelajaran materi elektrostatika, menguji validitas dan keefektifannya. Penelitian ini mengikuti model 4D (*Four-D Models*) yaitu *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran). Validasi dilakukan oleh ahli materi dan media meliputi aspek desain pembelajaran, aspek pengembangan perangkat lunak, dan aspek komunikasi visual. Nilai pengujian akan ditentukan oleh para pengguna aplikasi ini yaitu mahasiswa jurusan fisika angkatan 2014. Media pembelajaran *BARy* (*Board's Augmented Reality*) pada pokok bahasan elektrostatika memiliki filter seperti tampilan augmented reality, terdapat buku panduan, video penggunaan serta dapat menampilkan pemodelan, simulasi dan interaksi pada muatan listrik. Hasil validasi yang mencangkup aspek rekayasa perangkat lunak, aspek substansi materi, dan aspek desain komunikasi menghasilkan nilai 4,60 (92%), 4,57 (91%), dan 4.17 (83%). Secara keseluruhan menghasilkan nilai rata – rata 4,45 atau 89% yang menunjukkan bahwa aplikasi *BARy* ini layak digunakan. Sedangkan hasil dari pengujian aplikasi dengan mahasiswa menghasilkan nilai 3,92 atau 78% yang menunjukkan aplikasi *BARy* ini termasuk baik atau layak untuk digunakan.

Abstract

*The process of proof and understanding of a theory requires a clear picture of the case of study. To help the process, it is necessary to use learning media in the form of animation or teaching aids such as computers, projectors, smartphones, or the web in learning in accordance with the material and technological developments. The purpose of this study is to develop *BARy* (*Board's Augmented Reality*) learning media on the subject of electrostatics in addition to or complementary electrostatic material learning, testing its validity and effectiveness. This study follows the 4D (*Four-D Models*) model, which is *define* (*define*), *design* (*design*), *develop* (*development*), and *disseminate* (*spread*). Validation is carried out by material experts and media including aspects of learning design, aspects of software development, and aspects of visual communication. The value of the test will be determined by the users of this application, namely students of the 2014 physics department. *BARy*'s learning media (*Board's Augmented Reality*) on the subject of electrostatics has a filter such as augmented reality display, a guidebook, video usage and can display modeling simulations and interactions on electric charge. Validation results that included aspects of software engineering, material substance aspects, and communication design aspects resulted in values of 4.60 (92%), 4.57 (91%), and 4.17 (83%). Overall it produces an average value of 4.45 or 89% which indicates that the *BARy* application is worthy of use. While the results of testing applications with students produce a value of 3.92 or 78% which indicates that the *BARy* application is good or feasible to use..*

PENDAHULUAN

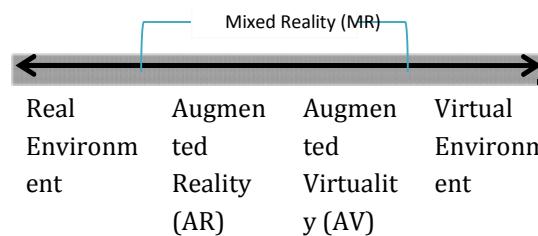
Proses pendidikan tidak hanya menyampaikan materi secara langsung ataupun tidak langsung, terutama untuk pembelajaran fisika yang banyak bersifat abstrak dan sulit dipahami tanpa adanya penunjukan fenomena fisisnya. Perlu pembuktian teori agar materi yang disampaikan dapat diterima lebih mudah. Proses pembuktian dan pemahaman suatu teori membutuhkan suatu gambaran yang jelas mengenai kasus yang dikaji (Amrullah, 2015). Untuk membantu proses tersebut, diperlukan penggunaan media pembelajaran dalam bentuk animasi ataupun alat peraga seperti komputer, proyektor, *smartphone*, ataupun *web* dalam pembelajaran sesuai dengan materi dan perkembangan teknologi.

Salah satu teknologi informasi baru yang masih berkembang dan menyebar di dunia adalah teknologi *augmented reality*. Teknologi ini mulai dikembangkan di berbagai disiplin ilmu, contohnya *game*, industri, hiburan, kedokteran, militer, dan pendidikan, sebagai teknologi unggulan dalam bidang mereka (Behzadan dan Kamat, 2011).

Pengembangan teknologi informasi *augmented reality* merupakan hal yang pantas diterapkan dalam bidang pendidikan. Ronald T. Azuma (1997) mendefinisikan *augmented reality* sebagai penggabungan benda-benda nyata dan maya di lingkungan nyata, berjalan secara interaktif dalam waktu nyata, dan terdapat integrasi antara benda dalam tiga dimensi, yaitu benda maya terintegrasi dalam dunia nyata. Penggabungan obyek nyata dan maya dimungkinkan dengan teknologi tampilan yang sesuai, interaktivitas dimungkinkan melalui perangkat-perangkat *input* tertentu, dan integrasi yang baik memerlukan penjajakan yang efektif. Pada teknologi *augmented reality*, pengguna dapat melihat dunia nyata yang ada di sekelilingnya dengan penambahan obyek *virtual* yang dihasilkan oleh komputer atau perangkat pendukungnya.

Yuen *et al.* (2011) mendefinisikan *the continuum of reality-virtuality* dimana *augmented*

reality merupakan penghubung yang proporsional dari berbagai subyek area yang menggabungkan kedua realitas. Kedua lingkungan virtual dan *augmented virtuality* dimana benda asli di masukan ke benda virtual lainnya yang dapat digabungkan menjadi satu lingkungan virtual. Dalam sisi sebaliknya, dunia nyata dimasukkan ke dalam dunia virtual seperti dalam Gambar 1.



Gambar 1. Urutan pengembangan *reality-virtuality*.

Meningkatkan ketertarikan siswa dengan menghadirkan fenomena atau obyek dalam suatu pembelajaran akan membuat proses pembelajaran menjadi lebih terasa (Yusniawati, 2011). Pemanfaatan media pembelajaran berbasis teknologi *augmented reality* akan sangat bermanfaat dalam meningkatkan proses belajar mengajar karena teknologi ini memiliki aspek-aspek hiburan yang dapat menggugah minat peserta didik untuk memahami secara kongkret sebab materi yang disampaikan melalui representasi visual tiga dimensi dengan melibatkan interaksi *user* dalam *frame augmented reality* (Prasetyo, 2014).

Penelitian dari Alkhamsi dan Monowar (2013: 25 – 34) menghasilkan bahwa *augmented reality* sangat berkompetensi untuk bertahan dalam beberapa tahun terakhir. *Augmented reality* masih dalam tahap awal, dan berkemungkinan untuk menciptakan jumlah aplikasi tanpa batas. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Alfiana (2013) menunjukkan bahwa pengembangan media *mobile learning* menggunakan *smartphone android* dapat meningkatkan minat belajar siswa.

Menurut Tipler (2004), Serway (2008), dan Budiyanto (2009) menyebutkan bahwa materi yang mencangkup elektrostatika yaitu muatan listrik, hukum coulomb, medan listrik, energi potensial listrik, potensial listrik, dan kapasitor.

Sedangkan kemampuan manusia sekarang belum bisa menghadirkan langsung muatan atau medan listrik di dalam kelas dalam keadaan terisolasi. Fenomena fisika atau alat peraga yang sesuai materi dari bab elektrostatika akan sangat sulit untuk bisa dihadirkan dalam pembelajaran. Maka dari itu, media visual yang mampu menyajikan fenomena fisikanya akan cukup dibutuhkan.

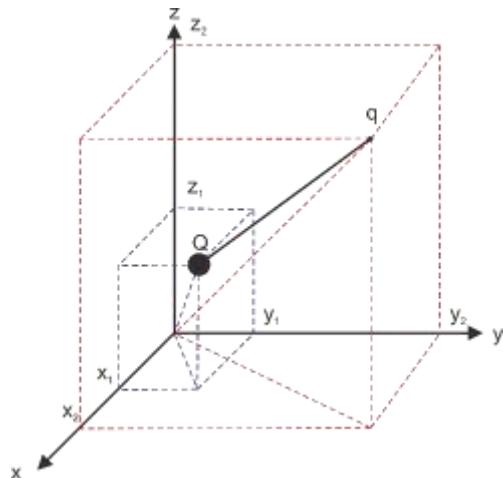
Media pembelajaran BARy adalah aplikasi yang akan dijalankan pada *smartphone* dengan sistem operasi Android minimal versi 4.1 (*JellyBean*) berbasis teknologi *augmented reality* dengan tampilan tiga dimensi (3D). Aplikasi ini memerlukan *marker* dan tambahan pilihan *virtual reality gear* dan *bluetooth gamepad*. Selain itu, sebagai penunjang aplikasi terdapat buku panduan penggunaan sebagai salah satu sumber informasi tentang aplikasi dan untuk memuat materi fisika yang mendasari aplikasi.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan, menguji validitas, dan mengetahui keefektifan aplikasi BARy (*Board's Augmented Reality*) pada pokok bahasan elektrostatika serta mengetahui kelayakannya.

Elektrostatika

Benda yang bermuatan listrik dikelilingi sebuah daerah yang disebut medan listrik. Dalam medan ini, muatan listrik dapat dideteksi. Menurut Faraday (1791-1867), suatu medan listrik keluar dari setiap muatan dan menyebar ke seluruh ruangan.

Medan listrik antara titik q dengan Q dalam ruang tiga dimensi. Untuk menganalisisnya lebih mudah maka harus di petakan dalam sumbu x, y, dan z, misalkan koordinat posisi $q(x_1, y_1, z_1)$ dan $Q(x_2, y_2, z_2)$. Pada sumbu x, posisi titik q diproyeksikan menjadi $(x_1, 0, 0)$ lalu muatan Q diproyeksikan menjadi $(x_2, 0, 0)$. Pada sumbu y, posisi titik q diproyeksikan menjadi $(0, y_1, 0)$ lalu muatan Q diproyeksikan menjadi $(0, y_2, 0)$. Pada sumbu z, posisi titik q diproyeksikan menjadi $(0, 0, z_1)$ lalu muatan Q diproyeksikan menjadi $(0, 0, z_2)$.

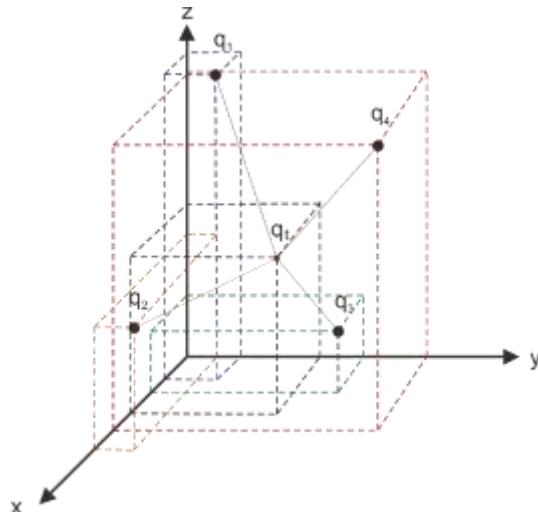


Gambar 2. Muatan Q dan q dalam proyeksi ruang 3D

Jadi, total medan listriknya menjadi

$$\vec{E}(r) = \frac{k Q}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} [(x_1 - x_2) \hat{i} + (y_1 - y_2) \hat{j} + (z_1 - z_2) \hat{k}]$$

Misalkan sebuah titik t berada di sekitar pengaruh muatan q_1, q_2, q_3 , dan q_4 dalam ruang 3 dimensi (x, y, z) . Titik t di anggap tidak memiliki muatan.

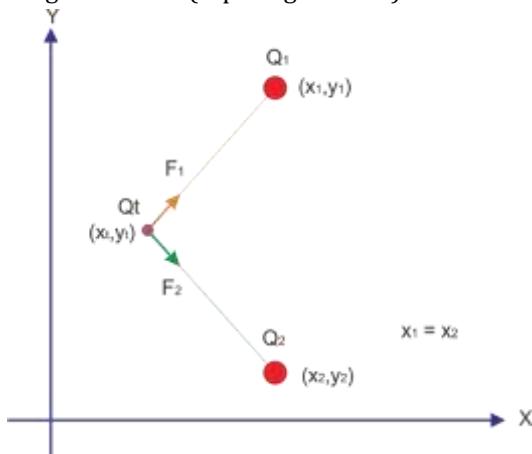


Gambar 3. Proyeksi titik t dalam pengaruh muatan q_1, q_2, q_3 , dan q_4

Misalkan koordinat titik t adalah (x_t, y_t, z_t) , muatan q_1 adalah (x_1, y_1, z_1) , muatan q_2 adalah (x_2, y_2, z_2) , muatan q_3 adalah (x_3, y_3, z_3) , dan muatan q_4 adalah (x_4, y_4, z_4) . Muatan uji (t) yang berada di sekitar 4 muatan tersebut akan terpengaruhi besar medan magnet seperti berikut

$$\begin{aligned}\vec{E}_x &= k \left[\frac{q_1(x_t - x_1)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_1|^3} + \frac{q_2(x_t - x_2)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_2|^3} + \frac{q_3(x_t - x_3)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_3|^3} \right. \\ &\quad \left. + \frac{q_4(x_t - x_4)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_4|^3} \right] \hat{i} \\ \vec{E}_y &= k \left[\frac{q_1(y_t - y_1)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_1|^3} + \frac{q_2(y_t - y_2)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_2|^3} + \frac{q_3(y_t - y_3)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_3|^3} \right. \\ &\quad \left. + \frac{q_4(y_t - y_4)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_4|^3} \right] \hat{j} \\ \vec{E}_z &= k \left[\frac{q_1(z_t - z_1)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_1|^3} + \frac{q_2(z_t - z_2)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_2|^3} + \frac{q_3(z_t - z_3)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_3|^3} \right. \\ &\quad \left. + \frac{q_4(z_t - z_4)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_4|^3} \right] \hat{k}\end{aligned}$$

Misalkan terdapat dua buah muatan negatif sejenis yang bersebelahan, lalu didekatkan sebuah muatan uji positif diantara kedua muatan tersebut. Jika kedua muatan negatif tersebut posisinya dibuat tetap sedangkan muatan uji bias bergerak bebas (seperti gambar 4).



Gambar 4. Muatan Q_t yang berada diantara dua muatan

Lalu didapatkan persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned}\frac{d^2x}{dt^2} &= \frac{k q_t}{m} \left(\frac{q_1(x_t - x_1)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_1|^3} + \frac{q_2(x_t - x_2)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_2|^3} \right) \\ \frac{d^2y}{dt^2} &= \frac{k q_t}{m} \left(\frac{q_1(y_t - y_1)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_1|^3} + \frac{q_2(y_t - y_2)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_2|^3} \right) \\ \frac{d^2z}{dt^2} &= \frac{k q_t}{m} \left(\frac{q_1(z_t - z_1)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_1|^3} + \frac{q_2(z_t - z_2)}{|\vec{r}_t - \vec{r}_2|^3} \right)\end{aligned}$$

Persamaan-persamaan diatas tidak lain adalah persamaan differensial orde-3 tentang gerak partikel dalam medan listrik. Persamaan-persamaan tersebut akan diselesaikan atau dicari solusinya secara numerik secara simultan dengan menggunakan metode yang paling sederhana yaitu metode Euler.

Dengan metode *Euler* persamaan dapat dituliskan

$$\begin{aligned}v(x)_{n+1} &= v(x)_n + a(x)_n h \\ x_{n+1} &= x_n + v(x)_{n+1} h\end{aligned}$$

dimana n adalah indeks iterasi pada increment waktu h sehingga x_{n+1} dan v_{n+1} masing-masing secara berurutan adalah harga posisi, kecepatan dan percepatan pada iterasi ke $n+1$. Persamaan di atas memerlukan harga-harga awal, misalnya

$$\begin{aligned}x_0 &= k_1 \\ v(x)_0 &= k_2\end{aligned}$$

dimana k_1 dan k_2 adalah suatu konstanta. Untuk pada sumbu y dan z bisa menyesuaikan dengan seperti diatas.

Pembuatan algoritma didasarkan pada persamaan yang digunakan dengan penyesuaian dengan bahasa pemrograman C# yang digunakan Unity 3D. Algoritma merujuk pada Algoritma Orbit Elektron pada H2 buku "Mengungkap Fenomena Fisika dengan Delphi" dengan penulis Dr. rer. nat. Wahyu Hardyanto.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimaksudkan untuk menghasilkan suatu produk tertentu dan menguji kelayakan produk yang dihasilkan (Sugiyono, 2012). Subjek penelitian ini adalah produk aplikasi *mobile learning* sebagai penunjang pembelajaran fisika pada pokok bahasan elektrostatika. Objek penelitian ini adalah kelayakan aplikasi yang dibuat. Uji kelayakan aplikasi berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.

Pada penelitian ini dilakukan validasi terhadap aspek materi dan media pembelajaran pada program yang telah dibuat dan dikembangkan. Validator yang melakukan validasi dikelompokkan menjadi 2 yakni ahli materi dan ahli media. Penelitian ini melakukan uji coba kepada mahasiswa Fisika dan mahasiswa Pendidikan Fisika di FMIPA UNNES dengan sampel mahasiswa yang telah mendapatkan mata kuliah fisika dasar 2, pemrograman komputer, atau listrik magnet.

Pengembangan media pembelajaran BARy dalam penelitian ini mengikuti model 4D (*Four-D Models*) yang dikembangkan oleh Thiagarajan (1974). Model 4D terdiri dari 4 tahap pengembangan yaitu *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebaran) (Mulyatiningsih, 2012:194-195).

Media dikatakan valid atau layak digunakan jika nilai rata-rata validitas atau kelayakan yang diberikan validator $\geq 52\%$. Jika nilai rata-rata validitas $< 52\%$, maka media harus direvisi sebelum di uji coba ke tahap selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengembangan *mobile learning* berupa media pembelajaran BARy (*Board's Augmented Reality*) pada pokok bahasan elektrostatika yang berbentuk simulasi yang didukung dengan buku panduan. Media pembelajaran ini berbentuk aplikasi android yang dibuat dengan program Unity3D dengan pembuatan *script*-nya dibantu dengan MonoDevelop serta untuk *augmented reality*-nya dengan Vuforia. Selain itu, adanya marker dan buku panduan penggunaan yang bertujuan untuk membantu pengguna dalam menggunakan aplikasi yang masih tergolong baru dalam bidang pendidikan. Buku yang disediakan juga memuat materi yang digunakan sehingga pengguna tidak kebingungan dengan materi yang dipelajari dan mendasari media ini.

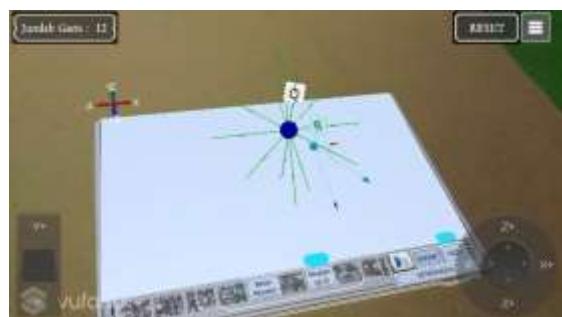
Media pembelajaran memiliki berbagai tipe, mulai dari penyampaian materi, simulasi, visual-audio, ataupun alat peraga. BARy lebih mendukung pada simulasi atau bisa disebut virtual eksperimen dalam sistem aplikasinya, sedangkan materi yang mendasarinya berada pada buku panduannya. Pemodelan dan simulasi yang disajikan di media ini menggunakan tampilan augmented reality dan tiga dimensi (3D). Tampilan seperti ini dibuat untuk membuat pengguna aplikasi seperti melihat objek seperti di dunia nyata.

Materi yang disampaikan dalam aplikasi android yang akan dikembangkan adalah

elektrostatika, akan tetapi penelitian ini berfokus pada muatan listrik, hukum coulomb dan medan listrik beserta vektornya.

Media pembelajaran BARy menampilkan pemodelan atau simulasi dari medan listrik dan gaya Coulomb pada ruang tiga dimensi yang berbasis *augmented reality*. Media ini juga bisa menampilkan simulasinya pada tampilan HMD (*Head's Mount Display*). Media ini pula memiliki perangkat tambahan yaitu marker dan buku panduan yang diperlukan dalam penggunaan media ini.

Media BARy dibuat memiliki 2 simulasi dasar yaitu simulasi muatan uji di sekitar 1 muatan (*scene 1 muatan*) dan simulasi muatan uji pada 4 muatan (*scene 4 muatan*). *Scene 1 muatan* mencangkup pemodelan medan listrik pada muatan uji dan garis medan listrik pada satu muatan. Sedangkan *scene 4 muatan* mencangkup pemodelan medan listrik pada muatan uji, gaya coulomb, dan persebaran medan listrik pada sekitar 4 muatan.



Gambar 5. Scene 1 Muatan

Pada *scene 1 muatan*, untuk persebaran garis - garis medan listrik menggunakan distribusi perbandingan. Konsep yang dipegang sesuai menurut Faraday (1791-1867), suatu medan listrik keluar dari setiap muatan dan menyebar ke seluruh ruangan. Untuk jumlah garis yang keluar dari muatan (positif ataupun negatif) disesuaikan dengan besar muatan. Misalkan besar muatannya $0 < q \leq 10 \text{ C}$ maka jumlah muatannya sebesar 6 dengan diusahakan disebar ke seluruh sisi. Jadi penggunaan perbandingannya besar muatan : jumlah garis = $10 : 6$.

Misalkan pada *scene 1 muatan* diambil nilai - nilai yang telah disimulasikan. Muatan Q

memiliki muatan sebesar $19.71774 \text{ e}^{-10} \text{ C}$ dan berada pada posisi $(0, 7.5, 0) \text{ cm}$. Sedangkan muatan uji t berada pada posisi $(0.9175331, 8.855357, -3.070844) \text{ cm}$. Hasil dari besar medan listrik berdasarkan dari hasil simulasi pada muatan uji sebesar $E(r) = (3858.641, 5699.887, -12914.29) \text{ N/C} = 14634.09 \text{ N/C}$. Nilai – nilai ini didasarkan pada panel informasi pada *scene 1* muatan. Hasil tersebut dihitung ulang dengan perhitungan manual guna menghindari kesalahan perhitungan oleh media. Nilai k yang digunakan sebesar $8.987 \text{ e}^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

Perhitungan manual dari medan listrik yang mempengaruhi muatan uji t yang berada di sekitar 1 muatan menghasilkan $E(r) = (3858.630, 5699.904, -12914.276) = 14634.085 \text{ N/C}$. Hal ini menunjukkan bahwa besar medan listrik pada muatan uji memiliki besar yang hampir sama dengan simulasi dengan perbedaan yang dikarenakan pembulatan dalam perhitungan. Dari perhitungan ini menunjukkan bahwa simulasi sesuai dengan konsep yang ada.



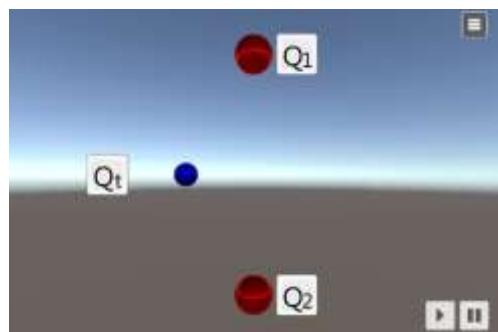
Gambar 6. *Scene 4 Muatan*

Pada *scene 4* muatan memiliki 2 perhitungan, yaitu medan listrik pada muatan uji dan gaya coulomb antar muatan. Misalkan pada *scene 4* muatan diambil nilai – nilai yang telah disimulasikan. Muatan Q1 memiliki muatan sebesar $6.369047 \text{ e}^{-6} \text{ C}$ dan berada pada posisi $(7.425, 4.5, 1.5) \text{ cm}$. Muatan Q2 memiliki muatan sebesar $-6.468153 \text{ e}^{-6} \text{ C}$ dan berada pada posisi $(-7.425, 4.5, 1.5) \text{ cm}$. Muatan Q3 memiliki muatan sebesar $5.939442 \text{ e}^{-6} \text{ C}$ dan berada pada posisi $(-7.425, 15, 1.5) \text{ cm}$. Muatan Q4 memiliki muatan sebesar $-7.413088 \text{ e}^{-6} \text{ C}$ dan berada pada posisi $(7.425, 15, 1.5) \text{ cm}$. Sedangkan muatan uji t berada pada posisi $(-3.114793, 9, -1.792489) \text{ cm}$.

Hasil dari besar medan listrik pada muatan uji berdasarkan dari hasil simulasi sebesar $E(r) = (-2830.055, -9992.335, 2139.708) \text{ e}^3 \text{ N/C} = 10603.5 \text{ e}^3 \text{ N/C}$. Besar gaya coulomb pada muatan 1 sebesar $F_1 = (-8.396647, 32.55286, 0) \text{ N} = 33.61834 \text{ N}$. Besar gaya coulomb pada muatan 2 sebesar $F_2 = (27.26288, 38.72169, 0) \text{ N} = 47.35646 \text{ N}$. Besar gaya coulomb pada muatan 3 sebesar $F_3 = (9.551446, -25.38194, 0) \text{ N} = 27.1196 \text{ N}$. Besar gaya coulomb pada muatan 4 sebesar $F_4 = (-7.306299, -30.96538, 0) \text{ N} = 31.81567 \text{ N}$. Nilai – nilai ini didasarkan pada panel informasi pada *scene 4* muatan yang bisa dilihat pada lampiran. Hasil tersebut harus dicek ulang dengan perhitungan manual guna menghindari kesalahan perhitungan. Nilai k yang digunakan sebesar $8.987 \text{ e}^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

Perhitungan manual dari medan listrik yang mempengaruhi muatan uji t yang berada di sekitar 4 muatan menghasilkan $E(r) = (-2830.052, -9992.312, 2139.704) \text{ e}^3 \text{ N/C} = 10603.482 \text{ e}^3 \text{ N/C}$. Sedangkan besar gaya Coulomb pada tiap muatan yaitu $F_1 = (-8.397, 32.553, 0) \text{ N} = 33.618 \text{ N}$, $F_2 = (6.152, 23.794, 0) \text{ N} = 24.577 \text{ N}$, $F_3 = (9.551, -25.382, 0) \text{ N} = 27.120 \text{ N}$, dan $F_4 = (-7.306, -30.965, 0) \text{ N} = 31.816 \text{ N}$.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai dari hasil perhitungan media BARy sesuai dengan hasil dari perhitungan manual. Walaupun ada sedikit perbedaan dikarenakan pembulatan pada nilai. Berdasarkan dari perhitungan yang telah dilakukan, seluruh perhitungan simulasi telah sesuai dengan rumus dasarnya. Jadi penelitian terhadap aplikasi BARy bisa dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu validasi oleh ahli materi.



Gambar 7. *Scene Osilator*

Pada scene ini, muatan uji Q_t bergerak karena dipengaruhi gaya coulomb dari muatan Q_1 dan Q_2 yang memiliki besar muatan yang sama. Pergerakan ini dipengaruhi oleh posisi atau jarak antara Q_t dengan kedua muatan tersebut. Saat Q_t berada pada sisi kiri dari kedua muatan, besar gaya coulombnya lebih besar dari pada saat berada tepat ditengah-tengah atau sekitarnya dari kedua muatan. Jadi dari perbedaan besar gaya yang bergantung pada jarak maka muatan Q_t terus berosilasi.

Ahli materi telah melakukan validasi atau uji kelayakan terhadap media pembelajaran BARy. Berdasarkan hasil pengujian validasi media pada aspek materi, ahli materi menunjukkan bahwa materi yang diberikan pada media ini telah dinilai sangat layak dengan nilai 4,57 atau 91%. Berdasarkan hasil dari pengujian tersebut juga didapatkan saran dan kritik dari ahli materi.

Hasil uji validasi terhadap media yang berisi aspek rekayasa perangkat lunak dan aspek desain komunikasi visual mendapatkan beberapa kritik dan masukan. Hasil uji validasi media secara keseluruhan menunjukkan hasil yang sangat baik dengan nilai 4,60 atau 92% pada aspek rekayasa perangkat lunak dan dengan nilai 4,17 atau 83% pada aspek desain komunikasi visual.

Berbagai masukan dan kritik yang telah disampaikan ahli materi dan ahli media menjadi poin - poin dalam perbaikan media pembelajaran BARy. Selain dari itu, masalah - masalah yang muncul pada proses pengujian internal juga menjadi poin dalam perbaikan. Dalam proses perbaikan, tidak semua saran bisa dimasukkan dikarenakan keterbatasan kemampuan peneliti dan aplikasi yang digunakan dalam pengembangan media pembelajaran.

Penggunaan aplikasi BARy ini cukup membuat mahasiswa tertarik, hal ini ditunjukkan dari nilai pada angket yang menyatakan ketertarikan terhadap aplikasi BARy yang digunakan. Ketertarikan siswa terhadap media pembelajaran ditunjukkan pula pada proses penelitian. Nilai ketertarikannya sebesar 3,86

atau 77% yang dikarenakan masih banyak kekurangan dari media ini. Walaupun begitu, penelitian Sejin (2008), dan Septiana (2014) juga menunjukkan bahwa aplikasi *augmented reality* termasuk menarik untuk digunakan pada proses pembelajaran.

Hal lain yang dianggap kelebihan oleh mahasiswa dari aplikasi ini yaitu pada kemampuan media pembelajaran dalam penambahan wawasan serta bagian deskripsi aplikasi yang jelas yang ditunjukkan dengan nilai 4,17 atau 83%. Sedangkan hal yang dianggap cukup kurang yaitu pada masih banyaknya bug dalam aplikasi seperti aplikasi macet, tombol tidak berjalan, dll. yang mendapatkan nilai terendah yaitu 3,36 atau 67%. Masalah seperti ini tidak hanya terjadi pada penelitian ini, pada penelitian milik Septiana (2014) dan Frannita (2015) juga mengalami hal yang sama. Banyak perangkat yang tidak mampu menjalankan secara lancar aplikasi berbasis *augmented reality* karena kebutuhan minimum *smartphone* yang digunakan cukup tinggi.

Kelemahan media pembelajaran menurut para mahasiswa adalah penjelasan kurang mudah dipahami, narasi yang diperdengarkan kurang jelas, aplikasinya dibuat lebih ringan, aplikasi dibuat untuk banyak perangkat, marker dibuat lebih kecil dan mudah dibawa, dibuat lebih bisa menggambarkan gaya dan interaksinya, misalkan muatan yang tarik menarik saling mendekati, tampilan dipercantik dan lebih berwarna, tombol dibuat lebih responsif, terlalu banyak tombol, dan ukurannya kecil, dan terdapat tutorial singkat cara penggunaannya.

Masukan dan saran dari mahasiswa menjadi salah satu pertimbangan dan perbaikan media BARy agar lebih mudah digunakan. Beberapa penyesuaian telah dilakukan terutama bagian tutorial singkat yang diletakkan pada aplikasi. Selain itu dilakukan perbaikan kecil sesuai dengan saran ataupun penghilangan *bug* yang muncul. Penyesuaian ulang *script* dengan persamaan fisika yang digunakan juga telah dilakukan.

Pada penelitian ini tidak sampai pada tahap penyebaran dan eksperimen. Dengan demikian, untuk mengetahui pengaruh media pembelajaran ini secara lebih akurat perlu dilakukan penelitian lanjutan karena media berbasis *augmented reality* termasuk cocok dalam pembelajaran dan hiburan (Sewon *et al.*, 2018). Penelitian lanjutan yang dapat dilaksanakan adalah pengaruh media terhadap motivasi belajar siswa atau mahasiswa dan pengaruh media terhadap prestasi belajar siswa atau mahasiswa.

Hasil validasi yang mencangkup aspek rekayasa perangkat lunak, aspek substansi materi, dan aspek desain komunikasi menghasilkan nilai 4,60 (92%), 4,57 (91%), dan 4,17 (83%). Secara keseluruhan menghasilkan nilai rata - rata 4,45 atau 89% yang menunjukkan bahwa aplikasi BARy ini layak digunakan. Sedangkan hasil dari pengujian aplikasi dengan mahasiswa menghasilkan nilai 3,92 atau 78% yang menunjukkan aplikasi BARy ini termasuk baik atau layak untuk digunakan oleh mahasiswa.

Selain itu, salah satu keunggulan utama pada media pembelajaran BARy pada pokok bahasan elektrostatika yaitu pada pemodelan fisika di ruang tiga dimensi dengan berbasis *augmented reality* serta kemampuan penampilan gambar pada HMD-based *augmented reality*. Menurut Azuma (1997) bahwa tampilan HMD akan menjadi salah satu langkah untuk mewujudkan *augmented reality* yang sesungguhnya.

Hasil dari pengembangan ini mampu menjadi penunjang pembelajaran fisika dan sekaligus menjadi alternatif sumber belajar mahasiswa ataupun siswa SMA. Dosen ataupun guru juga bisa menggunakan aplikasi ini di dalam kelas dengan menggunakan marker untuk tiap pelajar atau menggunakan tampilan proyektor untuk menampilkan marker yang dapat dilihat dan digunakan sekelas. Jika memungkinkan juga bisa melihat dengan tampilan HMD dengan tambahan perangkat *virtual reality* (VR) gear dan gamepad. Jadi media ini bias digunakan bersama - sama dalam pembelajaran.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pembuatan dan pengembangan serta implementasi media pembelajaran BARy (*Board's Augmented Reality*) pada pokok bahasan elektrostatika dapat disimpulkan bahwa telah dihasilkan media pembelajaran BARy (*Board's Augmented Reality*) pada pokok bahasan elektrostatika memiliki fitur seperti tampilan augmented reality, terdapat buku panduan, video penggunaan serta dapat menampilkan pemodelan, simulasi dan interaksi pada muatan listrik. Media pembelajaran BARy (*Board's Augmented Reality*) pada pokok bahasan elektrostatika dengan nilai kelayakan sebesar 4,45 atau 89% dan nilai pengujian sebesar 3,92 atau 78%.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiana, A. S. 2013. *Pengembangan Aplikasi Mobile Learning MEDUSA Berbasis Android sebagai Media Pembelajaran Materi Struktur dan Fungsi Sel di Sekolah Menengah Atas*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Alkhamisi, A.O. & M.M. Monowar. 2013. Rise of Augmented Reality: Current and Future Application Areas. *International Journal of Internet and Distributed Systems*, 1: 25-34.
- Amrullah, S. N. K. 2015. *Pengembangan Media Pembelajaran Online Berbasis Scratch pada Pokok Bahasan Getaran*. Skripsi. Semarang : FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Azuma, Ronald T. 1997. *A Survey of Augmented Reality*. In Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6, 4 (August 1997), 355-385.
- Behzadan, AH, & Kamat, VR. 2008. Automated generation of operations level construction and facility management (AEC/FM) applications. *Visualization in Engineering*, 1-3.

- Budiyanto, Joko. 2009. *Fisika : Untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta : Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional
- Frannita, E. L. 2015. *Pengembangan Dan Analisis Media Pembelajaran Perakitan Komputer Berbasis Augmented Reality Untuk Platform Android Di Smk Ypkk 1 Sleman*. Skripsi. Yogyakarta : Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
- Hardyanto, Wahyu. 2014. *Mengungkap Fenomena Fisika dengan Delphi*. Semarang : Fisika Unnes
- Prasetyo, S. A. 2014. *Augmented Reality Tata Surya sebagai Sarana Pembelajaran Interaktif bagi Siswa Sekolah Dasar Berbasis Android*. Skripsi. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Sejin Oh and Woontack Woo. 2008. ARGarden: Augmented Edutainment System with a Learning Companion. Z. Pan *et al.* (Eds.): *Transactions on Edutainment I*, LNCS 5080, pp. 40–50, 2008.
- Septiana, R. W. H. 2014. *Pengembangan Media Belajar Buku Saku Fisika Dengan Teknologi Augmented Reality Berbasis Android Pada Materi Fluida Statis Untuk Siswa Kelas X Sma IPA*. Skripsi. Malang: FMIPA, Universitas Negeri Malang
- Serway, Raymond A. & John W. Jewett, Jr. 2008. *Physics for Scientists and Engineers with Modern*
- Physics, Seventh Edition. USA : Thomson Learning, Inc
- Sewon, Na, Mark Billinghurst & Woontack Woo. TMAR: Extension of a Tabletop Interface Using Mobile Augmented Reality. *Transactions on Edutainment I*, LNCS 5080, pp. 96–106, 2008.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Tipler, Paul. 1998. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Terjemahan Lea Prasetio dan Rahmad W. Adi. Jakarta: Erlangga.
- Tipler, Paul A. & Gene Mosca. 2004. *Physics for Scientists and Engineers*.- 5th ed. USA : W. H. Freeman and Company
- Yuen, S.C.Y, G. Yaoyuneyong dan E. Johnson. 2011. Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, Vol. 4, 1, pp. 119-140
- Yusniawati, I. 2011. *Peningkatan Hasil Belajar IPA Materi Tata Surya dengan Menggunakan Media Interaktif Animasi 3 Dimensi pada Siswa Kelas VI SD Negeri 02 Tlolo Kecamatan Jatiyoso Kabupaten Karanganyar*. Skripsi. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta