

PEMANFAATAN TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY (AR) UNTUK PENGENALAN AKSARA JAWA PADA ANAK

Setia Wardani

Program Studi Teknik Informatika Universitas PGRI Yogyakarta

Jalan PGRI I SonosewuNo.117 Yogyakarta

Telp: (0274) 376808, Fax: (0274) 376808

setia_wardani@yahoo.com

ABSTRACT

The world of education which is the foundation of educating the next generation is required to follow the development of Information Technology (IT), but in reality there are many teachers who have not changed and innovate in using IT in learning methodologies. Based on observation there are many students who consider Javanese scripts are difficult to learn in both its pronunciation and form. It is because teachers experience difficulties in explaining the introduction of Javanese language script especially three-dimension characters as Javanese language script subject requires a relatively high visual ability. Augmented Reality (AR) Technology is a technology combining the virtual object and the two-dimension or three-dimension into a real-three dimension environment and then projecting the virtual objects into the real environment. The purpose of this study is to create a catalog of learning by using AR technology for Javanese language script.

The method used in this study was the Microsoft Solution Framework (MSF) with the waterfall system development method and Object Oriented Development (OOD) method. The stages of the study included the problem identification, the initial planning, designing and planning, testing and implementing.

The result of this study is that the AR can display a Javanese language script object into simple three-dimension form which can be comprehensively seen and can be used in learning effectively. The creation of marker in the catalog is more interesting than in only white and black colors.

Key words: *Augmented Reality, Microsoft Solution Framework, Javanese Language Script, Multimedia, Waterfall and Object Oriented Development.*

INTISARI

Dunia pendidikan merupakan pondasi untuk mencerdaskan generasi penerus dituntut mengikuti perkembangan Teknologi Informasi (TI), namun pada kenyataannya masih banyak guru yang belum mengubah dan berinovasi dengan memanfaatkan TI kedalam metode pembelajaran. Berdasarkan hasil pengamatan, banyak anak menganggap aksara Jawa sulit dipelajari lafal maupun bentuknya, hal ini dikarenakan guru mengalami kesulitan untuk menjelaskan tentang pengenalan aksara Jawa khususnya tiga dimensi dikarenakan materi aksara Jawa membutuhkan kemampuan visualisasi yang relatif tinggi. Teknologi *Augmented Reality* (AR) adalah teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi dan ataupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam lingkungan nyata. Tujuan penelitian ini adalah membuat katalog pembelajaran dengan memanfaatkan Teknologi AR untuk Aksara Jawa.

Metode penelitian yang digunakan adalah *Microsoft Solution Framework* (MSF) dengan metode pengembangan sistem *waterfall* dan metode *Object Oriented Development* (OOD) untuk metode pendekatannya. Tahapan pada penelitian ini antara lain identifikasi masalah, perencanaan awal, desain dan perancangan, uji coba dan implementasi.

Kesimpulan penelitian ini adalah AR dapat menampilkan suatu objek Aksara Jawa ke dalam bentuk tiga dimensi sederhana yang dapat dilihat secara menyeluruh dan dapat digunakan secara efektif dalam pembelajaran dan pembuatan *marker* yang dibentuk dalam katalog lebih menarik daripada hanya *marker* hitam putih.

Kata Kunci : *Augmented Reality, Microsoft Solution Framework, Aksara Jawa, Multimedia, Waterfall dan Object Oriented Development.*

PENDAHULUAN

Aksara Jawa termasuk dalam kurikulum muatan lokal pembelajaran Bahasa Jawa yang dirumuskan dalam

kompetensi dasar seperti dongeng, tembang, wayang, permainan tradisional, geguritan, dan Aksara Jawa. Aksara Jawa merupakan salah satu kompetensi dasar yang kurang

dimengerti dikarenakan kebanyakan anak menganggap Aksara Jawa sulit untuk dipelajari dari lafal maupun bentuknya. Kebanyakan anak/siswa malas dan kurang semangat untuk menghafalkan Aksara Jawa dan juga merangkainya menjadi sebuah kata maupun kalimat.

Berdasarkan hasil pengamatan sebelumnya, orang tua dan guru mengalami kesulitan untuk menjelaskan kepada anak tentang pengenalan Aksara Jawa. Jika tidak terdapat alat peraga atau media pembelajaran, tentu saja tidak semua anak mampu memvisualisasikannya. Solusi yang pernah dilakukan adalah guru membuat alat peraga dua dimensi untuk Aksara Jawa menggunakan karton dengan tujuan mampu memvisualisasi anak, namun kelemahan alat peraga ini adalah kurang menarik, tidak praktis dan cepat rusak. Selain itu, banyak anak mengalami kebosanan dengan metode guru dalam mengajar dengan cara konvensional yaitu dengan cara ceramah.

Augmented Reality (AR) adalah teknologi yang menggabungkan benda maya ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi dan menampilkannya dalam waktu nyata. Tidak seperti realitas maya yang sepenuhnya menggantikan kenyataan, AR hanya sekedar menambahkan atau melengkapi kenyataan dengan mengizinkan penggunaannya untuk berinteraksi secara *real-time* terhadap sistem. Teknologi AR sangat bagus jika dimanfaatkan pada sebuah media pembelajaran dan katalog yang berupa objek baik dua dimensi maupun tiga dimensi, seperti halnya Aksara Jawa yang menuntut daya visualisasi dari pengguna, selain itu AR mampu menggabungkan benda maya (objek maya) kedalam lingkungan nyata yang mampu ditampilkan secara *realtime* yang akan menarik pemahaman anak serta memotivasi untuk belajar tanpa ada unsur paksaan.

Berdasarkan uraian permasalahan diatas, diperlukan adanya rancang bangun sebuah katalog dengan memanfaatkan teknologi AR yang bertujuan membantu anak dalam pemahaman visual mengenai wujud/bentuk Aksara Jawa serta membantu orang tua dan guru memanfaatkan katalog berbasis TI yang menjadikan pembelajaran lebih menarik dan praktis.

Fokus permasalahan adalah sebagai berikut.

- a) Anak-anak mempunyai ketertarikan yang tinggi terhadap dunia TI, tapi sayangnya banyak para orang tua dan guru tidak

memanfaatkan ketertarikan ini, yang sangat bermanfaat jika diterapkan pada pembelajaran karena akan meningkatkan motivasi belajar.

- b) Aksara Jawa merupakan salah satu kompetensi dasar yang kurang dimengerti dikarenakan kebanyakan anak menganggap Aksara Jawa sulit untuk dipelajari dari lafal maupun bentuknya.
- c) Orang tua dan guru mengalami kesulitan dalam memberikan contoh Aksara Jawa secara tiga dimensi.
- d) Masih banyak guru yang belum mengubah dan berinovasi dengan memanfaatkan TI kedalam metode pembelajarannya, karena mengalami kesulitan untuk membuat media pembelajaran berbasis TI.
- e) Solusi yang pernah dilakukan yaitu membuat alat peraga dengan karton belum mampu mengatasi permasalahan, karena masih banyak anak yang mengalami kejenuhan.

Tujuan penelitian ini antara lain:

- a) Tujuan jangka pendek penelitian ini adalah membuat/merancang katalog Aksara Jawa dengan memanfaatkan Teknologi AR.
- b) Tujuan jangka panjang pada penelitian ini yaitu:
 - 1) Katalog yang memanfaatkan Teknologi AR dapat dimanfaatkan pada mata pelajaran berbasis objek yang lain untuk memberi variasi metode pembelajaran dan memudahkan pemahaman visualisasi pengguna (anak) serta mampu memotivasi belajar.
 - 2) Mengemas katalog menjadi *game* edukasi.

TEORI PENDUKUNG

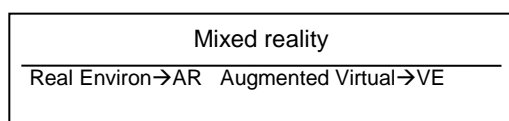
Augmented Reality

Menurut Azuma (2013) mendefinisikan AR adalah teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi dan ataupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam lingkungan nyata.

Menurut Borko (2011) *Augmented Reality* (AR) adalah pandangan secara langsung maupun tidak langsung dari benda secara fisik dengan menambahkan informasi kemudian dapat ditampilkan secara virtual. Benda-benda maya berfungsi menampilkan informasi yang tidak dapat diterima oleh manusia. Hal ini

membuat realitas bertambah berguna sebagai alat untuk membantu persepsi dan interaksi penggunaannya dengan dunia nyata. Informasi yang ditampilkan oleh benda maya membantu penggunaannya melaksanakan kegiatan-kegiatan dalam dunia nyata. Tidak seperti realitas maya yang sepenuhnya menggantikan kenyataan, namun AR hanya menambahkan atau melengkapi kenyataan.

Milgram dan Kishino (1994) merumuskan kerangka kemungkinan penggabungan dan peleburan dunia nyata dan dunia maya ke dalam sebuah *continuum virtuality* sebagai berikut.



Gambar 1. *Continuum Virtuality* oleh Milgram dan Kishino

ARToolKit

ARtoolkit adalah *library* yang dibuat dalam bahasa C++ yang memungkinkan *programmer* dapat mengembangkan aplikasi AR dengan mudah. Aplikasi ini melibatkan *overlap* pencitraan virtual ke dunia nyata. Untuk menggabungkan pencitraan tersebut, *ARToolKit* menggunakan pelacakan video untuk menghitung posisi kamera *webcam* yang nyata dan mengorientasikan pola pada kertas posisi *marker* secara *realtime*. Setelah kamera yang asli telah diketahui, maka virtual kamera dapat diposisikan pada titik yang sama dan objek 3D akan ditampilkan di atas *marker* yang telah didesain.

ARtoolkit menggunakan teknik visi komputer untuk mengkalkulasikan sudut pandang kamera nyata ke *marker* yang nyata. Ada lima langkah, dalam proses kerja *ARtoolkit*, Pertama kamera, mencari *marker*, kemudian *marker* yang dideteksi dirubah menjadi binary, kemudian *black frame* atau bingkai hitam akan terdeteksi oleh kamera. Langkah kedua adalah, kamera akan menemukan posisi *marker* 3D dan dikalkulasikan dengan kamera nyata. Langkah ketiga, jika kotak ditemukan, maka *software* akan menggunakan matematika untuk menghitung posisi *relative* dari kamera ke kotak hitam. Langkah ke empat, ketika posisi sudah diketahui maka model *graphics* yang sudah ditentukan sesuai dengan *marker* akan ditampilkan. Langkah kelima, objek 3D muncul diatas *marker*.

Marker

Fiducial images atau yang lebih dikenal dengan *marker* adalah sebuah penanda yang di dalamnya terdiri dari kumpulan titik acuan untuk memudahkan komputasi dari pengukuran parameter-parameter yang dibutuhkan dalam pengolahan citra.

Marker adalah suatu pola yang didesain dalam bentuk titik-titik hitam yang dapat dikenali oleh *webcam*. *Marker* merupakan kunci dari AR. Informasi *marker* akan digunakan untuk menampilkan objek 3D. Pola *marker* pada AR memiliki beberapa aturan diantaranya adalah

- 1) Bentuk, harus kotak berbingkai hitam dan ini adalah rahasia dari pelacakan sebuah *marker*.
- 2) Ukuran, tidak lebih dari 631x634 pixel.
- 3) Warna, selain hitam putih masih bisa dikenali oleh sistem

Penanda yang paling sederhana dan bekerja dengan sangat baik adalah penanda *matrix*. Penanda matriks menggunakan 2D *barcode* sederhana, yang dipakai untuk mengenali sebuah obyek dan untuk mengetahui hubungan antara posisi kamera dengan penanda tersebut.



Gambar 2. *Diagram Arsitektur Sistem Pemodelan 3 Dimensi*

Pemodelan Tiga Dimensi (3D) (*3D modeling* atau dikenal juga dengan *meshing*) adalah proses pembuatan representasi matematis permukaan tiga dimensi dari suatu objek dengan *software* tertentu. Produk hasil pemodelan itu disebut model 3D. Model 3D tersebut dapat ditampilkan sebagai citra dua dimensi melalui sebuah proses yang disebut 3D rendering. Model 3D direpresentasikan dari kumpulan titik dalam 3D, terhubung oleh berbagai macam

entitas geometri, seperti segitiga, garis, permukaan lengkung, dan lain sebagainya.

Berdasarkan hal tersebut, model 3D bisa dibuat manual (seperti seni memahat), secara algoritma (pemodelan prosedural), atau scanning. Hasil akhir dari citra 3D adalah sekumpulan poligon. Model dengan jumlah poligon yang lebih banyak memerlukan waktu yang lebih lama untuk di-render oleh komputer, karena setiap permukaan memiliki tekstur dan shading tersendiri.

Semakin berkembangnya teknologi, model 3D semakin banyak digunakan. Dunia medis, menggunakan model 3D untuk menggambarkan detail organ tubuh. Industri perfilman menggunakan karakter atau objek yang dibuat komputer atau *Computer Generated Imagery (CGI)* yang merupakan model 3D. Industri *game* sekarang juga telah banyak menggunakan model 3D.

Multimedia

Secara etimologi multimedia berasal dari kata multi (Bahasa Latin, nouns) yang berarti banyak, bermacam-macam, dan medium (Bahasa Latin) yang berarti sesuatu yang dipakai untuk menyampaikan atau membawa sesuatu. Kata medium dalam *American Heritage Electronic Dictionary* juga diartikan sebagai alat untuk mendistribusikan dan mempresentasikan informasi. Definisi multimedia (Turban, 2002) adalah kombinasi dari paling sedikit dua media input atau output. Media ini dapat berupa audio (suara, musik), animasi, video, teks, grafik dan gambar. Pemanfaatan multimedia sangatlah banyak diantaranya untuk: media pembelajaran, game, film, medis, militer, bisnis, desain, arsitektur, olahraga, hobi, iklan/promosi, dll.

Aksara Jawa

Aksara Jawa yang dalam hal ini adalah Hanacaraka (dikenal juga dengan nama Carakan) adalah aksara turunan aksara Brahmi yang digunakan atau pernah digunakan untuk penulisan naskah-naskah berbahasa Jawa, Makasar, Madura, Melayu, Sunda, Bali, dan Sasak.

Bentuk Hanacaraka yang sekarang dipakai sudah tetap sejak masa Kesultanan Mataram (abad ke-17) tetapi bentuk cetaknya baru muncul pada abad ke-19. Aksara ini adalah modifikasi dari aksara Kawi dan merupakan abugida. Hal ini bisa dilihat dengan struktur masing-masing huruf yang paling tidak mewakili dua buah huruf (aksara) dalam huruf latin. Sebagai contoh aksara Ha yang mewakili dua huruf yakni H

dan A, dan merupakan satu suku kata yang utuh bila dibandingkan dengan kata "hari". Aksara Na yang mewakili dua huruf, yakni N dan A, dan merupakan satu suku kata yang utuh bila dibandingkan dengan kata "nabi". Dengan demikian, terdapat penyingkatan cacah huruf dalam suatu penulisan kata apabila dibandingkan dengan penulisan aksara Latin.

Teknologi Augmented Reality dalam Pembelajaran

AR merupakan suatu inovasi teknologi interaksi antara manusia dan mesin, yang dapat digunakan untuk menarik minat penggunaannya. AR bekerja dengan menyisipkan objek virtual dalam suatu objek secara nyata yang memungkinkan penggunaannya untuk melihat hasilnya secara bersamaan. AR memiliki beberapa karakteristik, seperti menggabungkan antara objek virtual yang berbentuk 3D dan objek nyata, dan dapat berinteraksi dalam waktu yang bersamaan.

AR merupakan bentuk baru dari interaksi manusia dan mesin yang membawa pengalaman baru bagi penggunaannya. Keutamaan yang dimiliki AR adalah AR dapat menimbulkan efek gambaran animasi komputer dalam dunia nyata. Aplikasi AR menggunakan *webcam* yang akan mendeteksi *marker* yang telah dibuat dan menampilkan kombinasi antara gambar nyata dengan animasi. *Webcam* digunakan sebagai '*mata*' dari teknologi AR untuk mendeteksi *marker* kemudian memprosesnya dan akan menghasilkan interaksi virtual yang tampak pada tampilan layar secara nyata.

Penerapan inovasi Teknologi AR dalam pembelajaran, maka akan tercipta suatu suasana belajar yang efektif dan memberikan gambaran tentang lingkungan dunia nyata dalam sistem pembelajaran yang berbasis komputer. AR diterapkan dalam dunia pendidikan karena keutamaan yang dimiliki dengan menggabungkan situasi dunia nyata dan objek virtual dapat digunakan untuk mengatasi masalah dalam memahami pelajaran yang disampaikan.

METODE PENELITIAN

Metode yang Digunakan

Metode penelitian yang digunakan adalah metode *Microsoft Solution Framework (MSF)* adalah metode perancangan dan pengembangan aplikasi yang diperkenalkan oleh sebuah vendor *software* besar yaitu *Microsoft Corporation*.

Prinsip-prinsip/metode pengembangan perangkat lunak dengan metodologi *MSF* memiliki perencanaan berbasis *milestone* (model *waterfall*), dan memberikan hasil yang dapat diprediksi (model *spiral/iterative*) disertai umpan balik dan kreativitas dari tim pengembang dan harus berurutan.

Metode pendekatan sistem yang digunakan adalah *Object Oriented Development* (OOD) yaitu pengembangan perangkat lunak/aplikasi berdasarkan abstraksi objek yang ada di dunia nyata, dimana dalam metode ini biasanya menggunakan alat bantu yaitu UML (*Unified Modeling Language*).

Tahap Penelitian

Untuk menghasilkan Katalog Aksara Jawa sesuai dengan kebutuhan *end user* dilakukan beberapa tahapan sesuai dengan metode *MSF*, antara lain:

a) *Envisioning Phase* (Identifikasi Masalah)

Tahapan dimana tujuan, manfaat dan ruang lingkup dari katalog ditetapkan secara tertulis.

Tujuan tahap ini adalah memanfaatkan teknologi baru kedalam bidang Pendidikan khususnya penerapan teknologi pada metode pembelajaran, mengembangkan bahan ajar animasi, memanfaatkan teknologi AR pada katalog Aksara Jawa.

b) *Planning Phase* (Perencanaan)

Tahapan dimana katalog yang akan dibuat dimodelkan, dirancang, dan direncanakan sesuai dengan tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dalam bentuk *draft*.

Pada penelitian ini selain dilakukan perancangan *marker* yang akan dibukukan pada sebuah katalog, juga dilakukan perancangan model Aksara Jawa.

c) *Developing Phase* (desain/Rancangan)

Tahapan dimana *draft* tersebut direalisasikan dalam bentuk produk katalog.

Pada tahapan ini akan dibuat adalah sebuah katalog yang berisi *marker* dari Aksara Jawa.

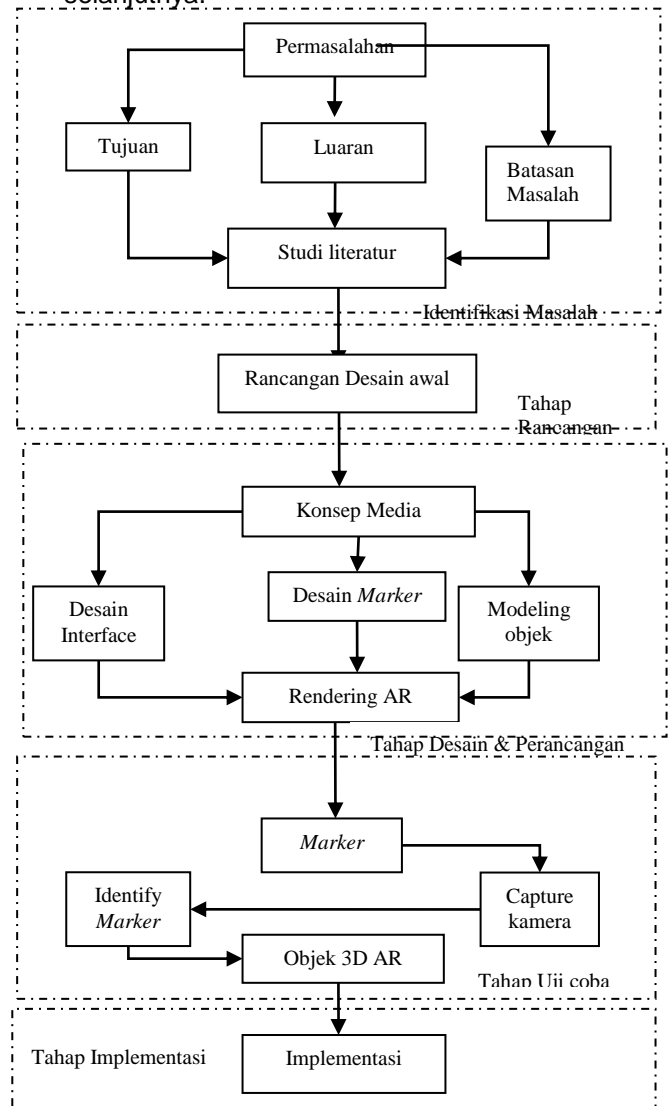
d) *Stabilizing Phase* (Uji coba)

Tahapan dimana produk aplikasi tersebut diuji coba dalam berbagai kondisi untuk menemukan kekurangan yang ada.

Pada tahapan ini aplikasi akan diuji cobakan pada anak-anak untuk mengetahui kekurangan dari katalog Aksara Jawa yang dirancang.

e) *Deploying Phase* (Implementasi)

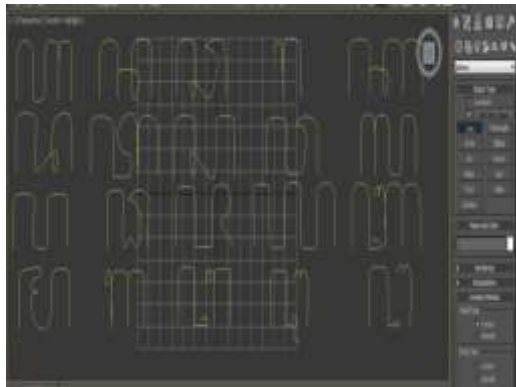
Tahapan dimana produk katalog tersebut digunakan oleh konsumen untuk mendapatkan kritik dan saran serta kemungkinan langkah pengembangan selanjutnya.



Gambar 3. Skema Tahapan Penelitian

Perancangan Objek

a) Rancangan objek Aksara Jawa pada 3Dmax



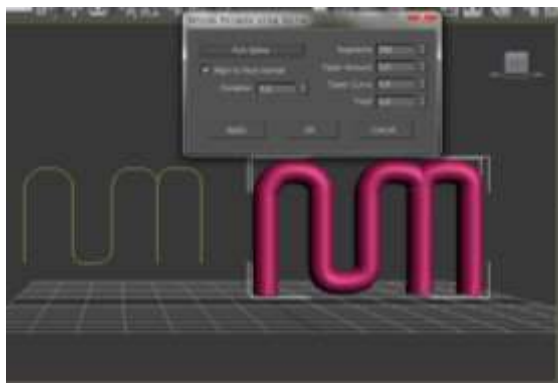
Gambar 4. Rancangan Objek Aksara Jawa

b) Rancangan Objek tiga dimensi Aksara Jawa



Gambar 5. Rancangan Objek Aksara Jawa pada 3Dmax

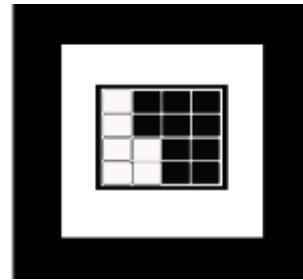
c) Rancangan Objek tiga dimensi Aksara Ha



Gambar 6. Rancangan Objek Aksara Ha pada 3Dmax

Perancangan Marker

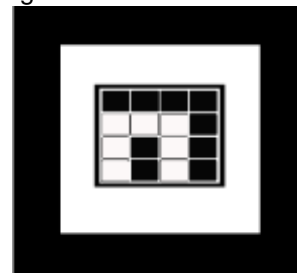
a) Rancangan Marker Aksara Ha



Gambar 7. Rancangan Marker Aksara Ha

Perancangan *marker* aksara Ha terdiri dari 16 kotak yang disusun menjadi 4 x 4. *Marker* terdiri dari 2 warna yaitu hitam dan putih, untuk kotak warna putih disusun menyerupai huruf h. *Marker* ini digunakan untuk menampilkan aksara Ha. Setiap *marker* mempunyai keunikan tersendiri sesuai dengan huruf Aksara Jawa.

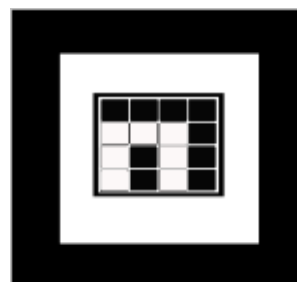
b) Rancangan Marker Aksara Na



Gambar 8. Rancangan Marker Aksara Na

Marker aksara Na disusun dari 16 kotak yang dibentuk menjadi 4 x 4. *Marker* aksara Na terdiri dari kotak warna hitam dan putih, 7 kotak warna putih disusun membentuk huruf n dan 9 kotak lainnya berwarna hitam. *Marker* aksara na digunakan untuk menampilkan objek AR dari aksara Na.

c) Rancangan Marker Aksara Ca



Gambar 9. Rancangan Marker Aksara Ca

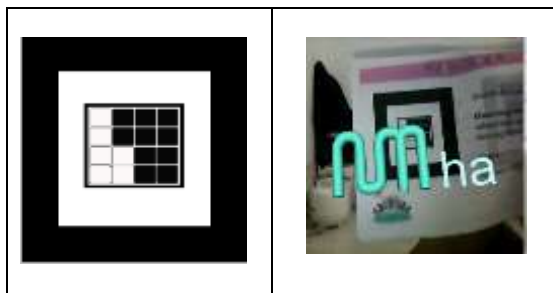
Rancangan *marker* aksara Ca terdiri dari 16 kotak yang disusun menjadi 4 x 4. Dari 16 kotak diberi dua warna berbeda untuk memberi keunikan pada *marker*. 6 kotak diberi warna putih untuk menyusun menyerupai huruf c dan 10 kotak lainnya diberi warna hitam. Rancangan *marker* aksara Ca digunakan untuk menampilkan objek AR dari aksara Ca.

HASIL

Hasil Uji coba Marker dan Objek

a) Marker Aksara Ha

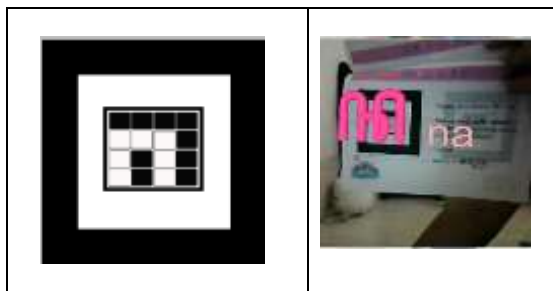
Uji coba *marker* aksara Ha dilakukan untuk mengecek keberhasilan suatu *marker* dalam memanggil objek AR. Untuk melakukan tes uji coba arahkan *marker* aksara Ha ke kamera laptop atau webcam yang tersambung dengan komputer. Jika *marker* aksara Ha berhasil maka pada layar komputer akan muncul objek AR aksara Ha seperti ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 10. Marker dan Objek Aksara Ha

a) Marker Aksara Na

Marker aksara Na akan menampilkan objek AR aksara na, jika *marker* aksara na diarahkan pada kamera atau webcam yang tersambung dengan komputer. Jika *marker* berhasil dibaca pada layar komputer akan muncul objek AR dari aksara Na seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 11. Marker dan Objek Aksara Na

Hasil Katalog

a) Halaman Cover Katalog



Gambar 12. Halaman Cover Katalog

Halaman cover katalog merupakan tampilan halaman depan dari Katalog Aksara Jawa menggunakan Teknologi AR.

b) Halaman Petunjuk



Gambar 13. Halaman Petunjuk Katalog

Halaman Petunjuk Katalog berisi petunjuk penggunaan katalog Aksara Jawa menggunakan Teknologi AR.

c) Halaman Aksara Jawa Lengkap



Gambar 14. Halaman Aksara Jawa Lengkap

Halaman Aksara Jawa lengkap merupakan halaman dalam katalog Aksara Jawa menggunakan Teknologi AR. Halaman ini berisi *marker* Aksara Jawa lengkap dan contoh Aksara Jawa lengkap.

d) Halaman Aksara Ha



Gambar 15. Halaman Aksara Ha

Halaman aksara *Ha* merupakan tampilan halaman dari Aksara Jawa *Ha* dalam katalog. Halaman aksara *Ha* berisi *marker* aksara *Ha* dan keterangan tentang aksara *Ha* mulai dari makna aksara *Ha* serta contoh penggunaan Aksara Jawa *Ha*.

KESIMPULAN

Pemanfaatan Teknologi *Augmented Reality* ini dimulai dari analisis kebutuhan sampai dengan implementasi dan pengujian, terdapat beberapa kesimpulan yang didapat setelah melakukan penelitian ini antara lain:

- Augmented Reality* dapat menampilkan suatu objek Aksara Jawa ke dalam bentuk tiga dimensi sederhana yang dapat dilihat secara menyeluruh dan dapat digunakan secara efektif dalam pembelajaran.
- Pembuatan *marker* yang dibentuk dalam katalog lebih menarik daripada hanya *marker* hitam putih.

DAFTAR PUSTAKA

- Craig, A.B. 2013. *Understanding Augmented Reality, Concepts and Applications*. Elsevier Inc. USA.
- Furht, Borko. 2011. *Handbook of Augmented Reality*. Springer. New York.
- Milgram P, *A Taxonomi Of Mixed Reality Visual Display*, IEICE Transaction on Information Volume E77-D, No.12 Desember 1994.
- R. T. Azuma. 2013. *A survey of augmented reality*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, vol. 6, no. 4, pp. 355-385
- Turban, dkk. 2002. *Aplikasi Multimedia Interaktif*. Paradigma: Yogyakarta.