

# Perpaduan Teknik Pemetaan Pikiran dengan Aplikasi *Augmented Reality* Berbasis *Marker Tracking* untuk Media Pembelajaran

Erwin, Reza Firsandaya Malik dan R. A. Methia Erviza  
Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya  
Email: reza.firsandaya@gmail.com

**Abstraksi—** *Augmented Reality* (AR) adalah suatu lingkungan yang tercipta oleh komputer dari penggabungan dunia nyata dan dunia *virtual*, sehingga batas diantara keduanya menjadi sangat tipis. Benda *virtual* tersebut dapat terintegrasi dengan suatu perantara, salah satunya dengan marker dan kamera komputer. Aplikasi ini digunakan untuk media pembelajaran dengan menggabungkan teknik pemetaan pikiran. Pemetaan Pikiran merupakan teknik curah gagasan dengan menggunakan kata kunci bebas, simbol, gambar, dan melukiskannya secara kesatuan di sekitar tema utama. Metode penelitian yang dilakukan dengan uji kasus terhadap 15 orang siswa SMP dalam penyelesaian soal ujian setelah dilakukan penyampaian materi. Materi pelajaran yang disampaikan dalam 3 (tiga) metode yaitu teknik konvensional, pemetaan pikiran dan perpaduan pemetaan pikiran dan *augmented reality*. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa dengan menggunakan metode perpaduan aplikasi *augmented reality* dengan teknik *pemetaan pikiran* dapat menyelesaikan soal secara benar ( $\Sigma_{\text{benar}} = 5$ ) dengan waktu 30 detik, dimana 2 kali lebih cepat dibanding metode pemetaan pikiran saja, dan 6,5 kali lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan metode konvensional. Oleh karena itu, metode perpaduan teknologi *augmented reality* dengan pemetaan pikiran dapat membuat proses belajar mengajar menjadi lebih cepat dalam penalaran terhadap siswa SMP tersebut.

**Kata Kunci:** Aplikasi *Augmented Reality*, Benda *virtual*, Marker, Teknik Pemetaan pikiran

## I. PENDAHULUAN

*Augmented Reality* (AR) merupakan suatu lingkungan yang tercipta oleh komputer dari penggabungan dunia nyata dan dunia *virtual*, sehingga batas diantara keduanya menjadi sangat tipis. Azuma mendefinisikan AR sebagai sistem yang memiliki karakteristik sebagai berikut [1]:

- Menggabungkan dunia nyata dan dunia *virtual*
- Berjalan interaktif secara *Real Time*
- Integrasi dalam 3 Dimensi

AR merupakan variasi dari teknologi realitas maya yang telah dikembangkan sebelumnya. Perbedaan mendasar dari

kedua teknologi tampilan ini terletak pada hubungan lingkungan nyata dan lingkungan *virtual*. Tujuan dari AR adalah menciptakan lingkungan baru dengan menggabungkan interaktivitas lingkungan nyata dan lingkungan *virtual*. Dengan kata lain, AR memungkinkan pengguna untuk melihat lingkungan nyata karena lingkungan baru yang diciptakan sama dengan lingkungan disekitar pengguna, hanya ditambah dengan suatu objek *virtual*.

Beberapa penelitian yang telah melakukan pemanfaatan teknologi *augmented reality* sebagai media pembelajaran [1, 3]. Penelitian terkini dilakukan oleh Takeshi Yamaguchi dan Hiroshi Yoshikawa dalam metode pembelajaran yang bersifat nyata (*tangible*) menggunakan aplikasi *augmented reality* [13]. Pada penelitian ini akan melihat keberhasilan siswa dalam menangkap penyampaian bahan ajar menggunakan perpaduan antara pemetaan pikiran dan *augmented reality*.

Struktur dari makalah ini terbagi atas 4 (empat) bab yaitu: Pendahuluan, *Augmented Reality*, Pemetaan Pikiran, Metodologi Penelitian, Hasil dan Pembahasan serta Kesimpulan. Pada bab pendahuluan dibahas mengenai penelitian yang telah dilakukan orang lain yang berhubungan dengan aplikasi *augmented reality*. Untuk bab *augmented reality* dan pemetaan pikiran membahas konsep. Langkah – langkah penelitian dan hasil serta pembahasan dibahas pada bab – bab berikutnya.

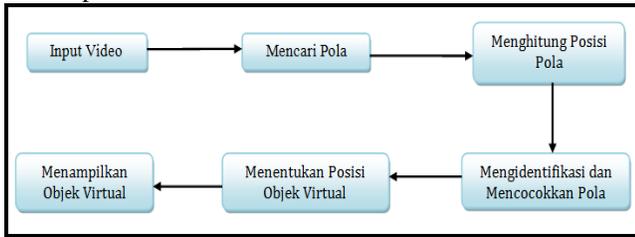
## II. AUGMENTED REALITY

### A. Cara Kerja *Augmented Reality*

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, cara kerja AR dalam menambahkan objek *virtual* ke lingkungan nyata adalah sebagai berikut [2]:

- Perangkat input menangkap video dan mengirimkannya ke prosesor.
- Perangkat lunak di dalam prosesor mengolah video dan mencari suatu pola.
- Perangkat lunak menghitung posisi pola untuk mengetahui dimana objek *virtual* akan diletakkan.
- Perangkat lunak mengidentifikasi pola dan mencocokkannya dengan informasi yang dimiliki perangkat lunak.

- Objek virtual akan ditambahkan sesuai dengan hasil pencocokan informasi dan diletakkan pada posisi yang telah dihitung sebelumnya.
- Objek virtual akan ditampilkan melalui perangkat tampilan.



Gambar 1. Diagram Sistem Cara Kerja AR

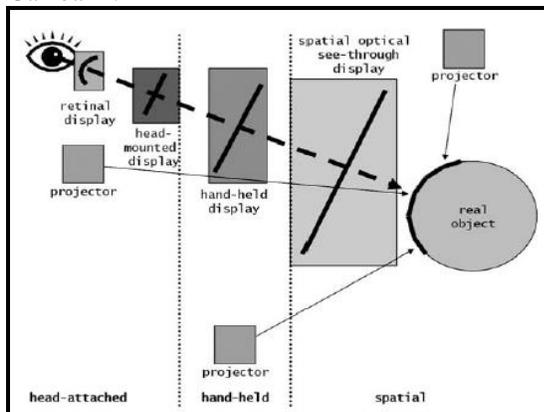
### B. Perangkat Keras *Augmented Reality*

Teknik Perangkat keras pada teknologi AR secara garis besar dibagi menjadi tiga bagian [3], yaitu:

- Perangkat Penangkapan Video merupakan piranti masukan yang menangkap video dari lingkungan nyata untuk diolah oleh prosesor. Contoh dari perangkat penangkapan video diantaranya: kamera perekam dan *web cam*.
- Prosesor merupakan piranti yang mengolah hasil penangkapan dari perangkat penangkapan video dengan bantuan suatu perangkat lunak AR. Pada awalnya, prosesor akan melacak dan mengidentifikasi pola dari suatu atribut fisik yang ditangkap video, lalu prosesor akan menambahkan objek *virtual* sesuai dengan pola yang dikenali dan kemudian meletakkannya di atas titik koordinat *virtual* dari atribut fisik yang ditangkap video.
- Perangkat *Display* merupakan piranti keluaran yang menampilkan objek *virtual* hasil dari pengolahan prosesor. Contoh dari perangkat tampilan diantaranya: monitor komputer, LCD, TV dan Proyektor.

### C. Sistem *Display Augmented Reality*

Sistem tampilan AR merupakan sistem pembentukan objek *virtual* pada jalur optik antara mata pengamat dan objek nyata dengan menggunakan seperangkat alat optik, elektronik dan komponen mekanik [4]. Sistem display AR diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembentukan Objek *Virtual* pada Sistem *Display* AR [4]

Sistem display AR dibagi menjadi 3 kategori [4], yaitu:

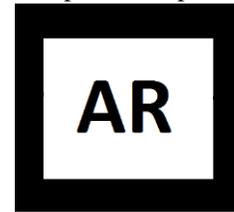
- Head-Attached Display* merupakan sistem display AR dimana pengguna mengenakan perangkat keras AR di kepala.
- Hand-Held Display* merupakan sistem display AR dimana objek *virtual* terbentuk dalam jangkauan tangan pengguna.
- Spatial Display* merupakan sistem display AR yang memproyeksikan objek *virtual* ke lingkungan nyata menggunakan proyektor digital atau tergabung dengan lingkungan nyata menggunakan panel tampilan [5].

### D. Tipe *Augmented Reality*

AR dibagi menjadi dua tipe [6], yaitu:

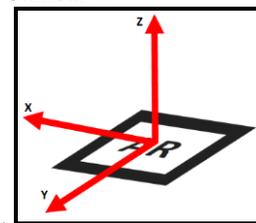
#### 1. *Augmented Reality* berbasis *Marker*

AR berbasis *Marker*, disebut juga Pelacakan berbasis *marker*, merupakan tipe AR yang mengenali *marker* dan mengidentifikasi pola dari *marker* tersebut untuk menambahkan suatu objek *virtual* ke lingkungan nyata. *Marker* merupakan ilustrasi persegi hitam dan putih dengan sisi hitam tebal, pola hitam di tengah persegi dan latar belakang putih. Contoh *Marker* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh *Marker*

Titik koordinat *virtual* pada *marker* berfungsi untuk menentukan posisi dari objek *virtual* yang akan ditambahkan pada lingkungan nyata. Posisi dari objek *virtual* akan terletak tegak lurus dengan *marker*. Objek *virtual* akan berdiri segaris dengan sumbu Z serta tegak lurus terhadap sumbu X (kanan atau kiri) dan sumbu Y (depan atau belakang) dari koordinat *virtual marker*. Ilustrasi dari titik koordinat *virtual marker* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Titik Koordinat *Virtual* pada *Marker*

#### 2. *Markerless Augmented Reality*

*Markerless AR* merupakan tipe AR yang tidak menggunakan *marker* untuk menambahkan objek *virtual* ke lingkungan nyata. Berdasarkan teknik pelacakan pola dari video yang ditangkap perangkat penangkapan, *Markerless AR* dibagi menjadi dua teknik [7], yaitu:

##### 1. *Pose Tracking*

Teknik *Pose Tracking* bekerja dengan cara mengamati lingkungan yang *static* (tidak bergerak) dengan perangkat keras AR yang bergerak. Teknik *Pose Tracking* dapat dilihat pada penerapan pada *Global Positioning System* (GPS), kompas digital dan sensor. Pada teknik *Pose Tracking*,

perangkat keras AR tidak perlu beradaptasi dengan *marker* atau suatu pola, namun perangkat keras AR harus memiliki sensitifitas sensor yang baik untuk menambahkan suatu objek *virtual* ke dalam lingkungan nyata.

## 2. Pattern Matching

Teknik *Pattern Matching* mirip dengan tipe *Marker Based AR*, namun *marker* diganti dengan suatu gambar biasa. Berbeda dengan teknik *Pose Tracking*, cara kerja teknik *Pattern Matching* adalah dengan mengamati lingkungan nyata melalui pendeteksian pola dan orientasi gambar dengan perangkat keras AR yang tidak bergerak. Teknik ini dapat mengenali pola apa saja selain *marker*, seperti cover buku, lukisan, jendela bus, wajah manusia dan sebagainya.

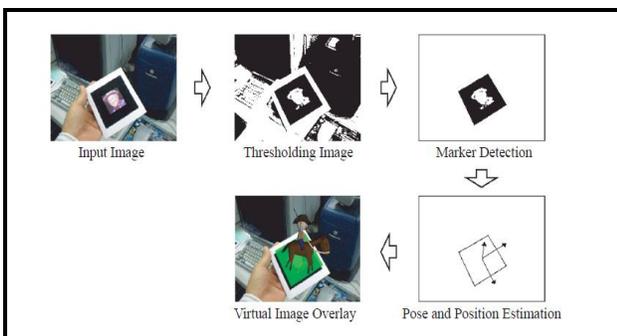
## E. Perangkat Lunak Augmented Reality

Perangkat lunak AR digunakan pada prosesor untuk melacak, mengidentifikasi dan mencocokkan pola yang ditangkap oleh perangkat penangkap video dan kemudian menambahkan objek *virtual* di lingkungannya yang ditampilkan melalui perangkat tampilan. Pemrograman perangkat lunak AR bersifat *open source*, banyak kelompok peneliti AR yang menciptakan *software framework* untuk mendukung pemrograman perangkat lunak AR. Beberapa contoh *software framework* untuk AR diantaranya *Cotorie*, *Tinmith*, dan *ARToolkit*.

*Coterie* [8] dan *Tinmith* [7] digunakan untuk pemrograman perangkat lunak AR dengan tipe *Markerless AR*. Selain itu, *Tinmith* digunakan untuk pemrograman perangkat lunak AR untuk tipe *Markerless* dengan teknik *Pose Tracking* dan juga dikembangkan untuk aplikasi bergerak [8]. Sedangkan *ARToolkit* digunakan untuk pemrograman perangkat lunak AR dengan tipe Pelacakan Berbasis *Marker* dan dapat di aplikasikan untuk bergerak [2].

*ARToolkit* adalah sebuah *library* yang dikembangkan oleh laboratorium *Hit* dari *University of Washington* untuk pemrograman perangkat lunak AR dengan bahasa C dan C++ [9]. *ARToolkit* merupakan *software framework* yang paling banyak digunakan karena sederhana, relatif tangguh dan digunakan secara bebas (gratis) [2].

*ARToolkit* merupakan *library* untuk pemrograman perangkat lunak AR dengan tipe *Marker Based Tracking*. *ARToolkit* mendeteksi *marker* dengan pendekatan ke tepi dan sudut *marker*, proses pendekatan ini, disebut juga proses *tracking*. Proses pendeteksian *marker* pada *ARToolkit* dapat dilihat pada Gambar 5.

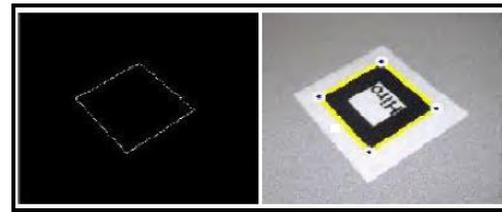


Gambar 5. Aliran Proses Pendteksian *Marker* pada *ARToolkit* [9] .

Proses *tracking* pada *ARToolkit* dimulai dari tahap *input image*. Tahap ini merupakan tahap dimana prosesor mengolah secara *real-time frame per frame* dari video hasil tangkapan perangkat tangkapan. Tahap berikutnya adalah *thresholding image*, pada tahap ini tiap *frame* video mengalami proses *thresholding* sehingga menghasilkan gambar hitam putih. Tahap ini bertujuan untuk mengenali bentuk segi empat dan pola *marker* dari video yang telah ditangkap.

Tahap ketiga dari proses *tracking ARToolkit* adalah *marker detection* atau pendeteksian *marker*. pada tahap ini terdapat empat proses, yaitu: *contours extraction*, *corner detection*, *pattern normalization* dan *template matching*.

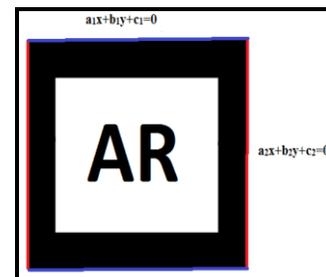
Proses *contours extraction* dan *corner detection* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Contours Extraction* dan *Corner Detection*

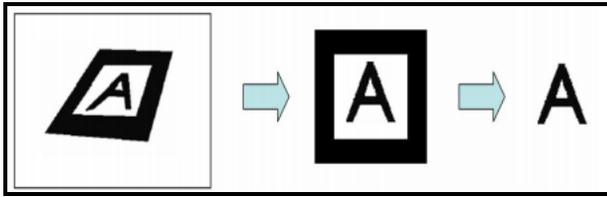
Proses *contours extraction* dan *corner detection* memanfaatkan gambar hitam putih yang didapat pada tahap kedua untuk mendapatkan koordinat dari empat sisi dan empat titik sudut *marker*. *Marker* mempunyai empat sisi dimana dua sisi adalah garis yang paralel, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Dua garis paralel pada *marker* diproyeksikan terhadap koordinat perangkat penangkap video sehingga didapat persamaan garis berikut [9]:

$$a_1x + b_1y + c_1 = 0 \quad a_2x + b_2y + c_2 = 0 \quad (1)$$



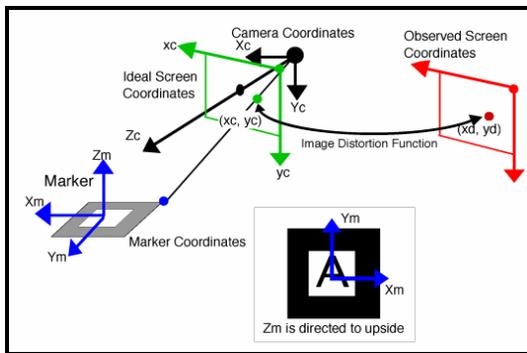
Gambar 7. Dua Garis Paralel Pada *Marker*

Dua proses berikutnya pada tahap *marker detection* adalah *pattern normalization* dan *template matching* dapat dilihat pada Gambar 8. Proses *pattern normalization* bertujuan menormalisasi bentuk *marker* sehingga proses *template matching* dapat dilakukan dengan tepat. Sudut lensa dari perangkat penangkap video yang tidak tegak lurus terhadap *marker* ketika proses pengambilan video mengakibatkan sudut *marker* yang dibentuk pada *frame* video tidak membentuk  $90^\circ$ . *Pattern normalization* berperan untuk mengubah kembali sudut *marker* menjadi  $90^\circ$ , sehingga proses *template matching* atau proses pencocokan pola *marker* dengan pola yang tersimpan dalam sistem dapat dilakukan dengan tepat.



Gambar 8. Pattern Normalization dan Template Matching.

Tahap keempat dari proses *tracking* pada ARToolkit adalah tahap *pose and position estimation*. Tahap ini yang bertanggung jawab dalam peletakan objek *virtual* di atas *marker*. Pada tahap ini hubungan antar tiga koordinat memegang peranan penting, yaitu koordinat dari perangkat tampilan (*observed screen coordinates*), koordinat dari perangkat penangkap video (*ideal screen coordinates*) dan koordinat *marker*. Sistem koordinat pada ARToolkit dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Sistem Koordinat pada ARToolkit [9]

Pada tahap ini dilakukan proses transformasi yang dibutuhkan untuk mendapatkan posisi kamera relatif terhadap *marker* dalam koordinat dari penangkap video. Proses transformasi dapat ditulis dengan persamaan (2) matriks berikut ini:

$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & T_x \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & T_y \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \\ 1 \end{bmatrix} = T_{cm} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

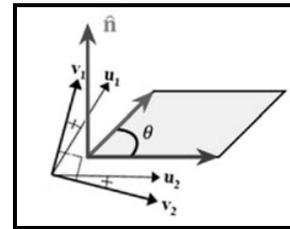
*Matriks* transformasi ( $T_{cm}$ ) dari koordinat *marker* ke koordinat perangkat penangkap video diberikan pada persamaan (2).

*Marker* yang sudah dikenali, nilai dari parameter  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $c_1$  dan  $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$  didapatkan ketika proses *contour extraction*. *Matriks* proyeksi  $M$  pada persamaan (3) diperoleh ketika proses kalibrasi kamera.  $h_{xc}$ ,  $h_{yc}$ , dan  $h$  pada persamaan (3) disubsitusi dengan  $a$ ,  $b$ , dan  $c$  pada persamaan (1), didapat persamaan garis seperti persamaan (4) yang merepresentasikan sepasang garis sejajar *marker* dengan koordinat kamera penangkap video [9].

$$M = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & 0 \\ 0 & M_{22} & M_{23} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} h_{xc} \\ h_{yc} \\ h \\ 1 \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} a_1 M_{11} X_c + (a_1 M_{12} + b_1 M_{22}) Y_c + (a_1 M_{13} + b_1 M_{23} + c_1) Z_c &= 0 \\ a_2 M_{11} X_c + (a_2 M_{12} + b_2 M_{22}) Y_c + (a_2 M_{13} + b_2 M_{23} + c_2) Z_c &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

*Vektor* normal dari *marker* adalah  $\hat{n}$  yang dihasilkan dari perkalian *cross vektor*  $u_1$  dan  $u_2$ , seperti ditunjukkan pada Gambar 10. Pada kenyataannya, *vektor*  $u_1$  dan  $u_2$  seharusnya tegak lurus, hal ini disebabkan oleh sudut lensa perangkat penangkap video ketika pengambilan video yang tidak tegak lurus terhadap *marker*, oleh karena itu diperlukan *vektor* normal.



Gambar 10. Vektor  $v_1, v_2$  dan  $u_1, u_2$

*Vektor*  $v_1$  dan  $v_2$  dibuat agar memiliki sudut  $90^\circ$ , dimana *vektor*  $u_1$  dan  $u_2$  berada di dalam area dari *vektor*  $v_1$  dan  $v_2$  tersebut untuk memperkecil kesalahan. Setelah  $v_1$  dan  $v_2$  tegak lurus, dibutuhkan satu buah *vektor* yang tegak lurus juga terhadap keduanya, yaitu *vektor*  $v_3$  yang dihasilkan dari perkalian silang  $v_1 \times v_2$ . Tahap terakhir dari proses *tracking* pada ARToolkit adalah *virtual image overlay*. Pada tahap ini objek *virtual* ditampilkan melalui perangkat tampilan sesuai dengan sistem koordinat dari perangkat tampilan.

### III. PEMETAAN PIKIRAN

Pemetaan pikiran adalah suatu metode curah gagasan dengan menggunakan kata kunci bebas, simbol, gambar, dan melukiskannya secara kesatuan di sekitar tema utama seperti pohon dengan akar, ranting, dan daun-daunnya [10]. Metode yang ditemukan pertama kali oleh Tony Buzan pada tahun 1974 ini merupakan metode yang memaksimalkan potensi pikiran manusia dengan mengoptimalkan belahan otak kiri dan kanan sekaligus. Metode ini mampu membuat manusia mengingat suatu informasi dengan belahan otak kiri, dan dibantu oleh belahan otak kanan untuk mengingat simbol, gambar dan warna, sehingga informasi akan dengan cepat dan mudah diingat.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11, keunggulan dan manfaat menggunakan metode pemetaan pikiran adalah sebagai berikut [11]:

1. Proses menggambar pemetaan pikiran lebih menarik dan menghibur daripada membuat laporan, grafik atau tabel.
2. Kualitas visual dari pemetaan pikiran memungkinkan pengguna untuk mengidentifikasi, mengklarifikasi, mengklasifikasi, meringkas, membayangkan dan



Tabel 1. Hasil Pengujian Metode Pembelajaran yang Telah Diterapkan pada 15 Sampel Siswa

No	Nama	Umur (th)	Asal Sekolah	Metode Pembelajaran						
				Metode Konvensional (Struktur Paragraf)		Mind Mapping		Mind Mapping + AR		
				Waktu (detik)	$\Sigma_{\text{benar}}$ (maks=5)	Waktu (detik)	$\Sigma_{\text{benar}}$ (maks=5)	Waktu (detik)	$\Sigma_{\text{benar}}$ (maks=5)	
1	Ade Karsela	14th	SMP LTI IGM PLG	280 detik	2					
2	Ampari	15th	SMP LTI IGM PLG	230 detik	3					
3	M. Tandru Salam	13th	SMP LTI IGM PLG	195 detik	5					
4	Aditya Patra Wijaya	14th	SMP LTI IGM PLG	180 detik	2					
5	Deris Diwata Prawira	14th	SMP LTI IGM PLG	150 detik	3					
6	Pradana Ayif Ramadhan	13th	SMP LTI IGM PLG			180 detik	4			
7	Albien Fayed Qareza	12th	SMP LTI IGM PLG			150 detik	4			
8	M. Ilham Dwi P	12th	SMP LTI IGM PLG			100 detik	3			
9	Anita Dwi Sartika	13th	SMP LTI IGM PLG			90 detik	3			
10	Noor Ishmatuddin	14th	SMP LTI IGM PLG			60 detik	5			
11	Ryandra Primatasya	13th	SMP LTI IGM PLG					60 detik	5	
12	M. Azman Al Hafizh	13th	SMP LTI IGM PLG					50 detik	5	
13	M. Reaged Akbar	13th	SMP LTI IGM PLG					40 detik	5	
14	Rahmi	14th	SMP LTI IGM PLG					32 detik	4	
15	Fiore Candelia	13th	SMP LTI IGM PLG					30 detik	5	

Dari hasil pengujian pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa kolaborasi *augmented reality* dengan pemetaan pikiran dapat menyelesaikan soal secara benar ( $\Sigma_{\text{benar}} = 5$ ) dengan waktu 30 detik, dimana 2 kali lebih cepat dibanding dengan hanya menggunakan metode pemetaan pikiran saja, dan 6,5 kali lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan metode konvensional, sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode pembelajaran kolaborasi teknologi AR dan metode pemetaan pikiran siswa dapat mudah memahami dan dapat menyelesaikan persoalan suatu materi pembelajaran dengan benar, daripada metode konvensional (struktur paragraf) dan metode pemetaan pikiran saja.

## VI. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Teknologi AR dapat diimplementasikan pada bidang pendidikan khususnya pada metode pemetaan pikiran.
2. Aplikasi teknologi AR berbasis *marker tracking* untuk media pembelajaran telah berhasil dilakukan untuk memberikan suatu media pembelajaran yang lebih imajinatif dengan interaksi 3D secara waktu nyata (*real time*) dan juga dalam beberapa kasus menunjukkan bahwa kolaborasi AR dan pemetaan pikiran dapat menciptakan proses belajar mengajar yang lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan menggunakan metode konvensional ataupun metode pemetaan pikiran saja.

## REFERENSI

- [1] Azuma, R.T. 1997. A Survey Of Augmented Reality, Presence Teleoperators and Virtual Environments. Hughes Research Laboratories.
- [2] Villagomez, G. 2010. Augmented Reality. University of Kansas.
- [3] Yan, H, Yun, R, Liang, C, Yu, D, dan Zhang B. 2011. Research on Augmented Reality Display Method of Scientific Exhibits. Digital Entertainment Research Center, Nanjing Normal University, China.
- [4] Bimber, O. dan Raskar, R. 2005. Spatial Augmented Reality Merging Real and Virtual Worlds. A K Peters Ltd.
- [5] Raskar, R. et al. 1998. Spatially Augmented Reality. Department of Computer Science, University of North Carolina at Chapel Hill.
- [6] Chari, V, Singh, J.M, dan Narayanan, P.J. 2008. Augmented reality using over-segmentation. Center for Visual Information Technology, International Institute of Information Technology.
- [7] Uijtdewilligen, F. 2010. A Framework for Context-Aware Applications Using Augmented Reality: A Train Station Navigation Proof-of-Concept on Google Android. Faculty of EEMCS, University of Twente.
- [8] Reitmayr, G. 2004. On Software Design for Augmented Reality. TU WIEN.
- [9] Kato, H. 1999. ARToolkit, (<http://hitil.washington.edu/artoolkit/>), diakses 20 September 2013).
- [10] Buzan, T. dan Buzan, B. 1993. The Mind Map Book. Dutton, Division of Penguin USA.
- [11] Serrat, O. 2009. Drawing Mind Maps. Knowledge Solution.
- [12] Mohidin, F. 2010. Mind Map Tutor Handbook. ([www.UsingMindMaps.com](http://www.UsingMindMaps.com), 20 September 2013)
- [13] Takeshi Yamaguchi dan Hiroshi Yoshikawa. 2012. New education system for construction of optical holography setup – Tangible learning with Augmented Reality, 9th International Symposium on Display Holography 25–29 June 2012, MIT Media Lab, Cambridge, Massachusetts, USA