

# PERANCANGAN VISUALISASI KERIS 3D DENGAN LAYANAN AUGMENTED REALITY CLOUD-RECOGNITION

Argo Wibowo<sup>1)</sup>, Theresia Devi Indriasari<sup>2)</sup>, Kusworo Anindito<sup>3)</sup>  
Magister Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta<sup>1,2,3)</sup>  
Jl. Babarsari no 43 55281 Yogyakarta Telp (0274)-487711, Fax. (0274) 487748  
e-mail : [argo.wibowo1989@gmail.com](mailto:argo.wibowo1989@gmail.com)<sup>1)</sup>, [dev@staff.uajy.ac.id](mailto:dev@staff.uajy.ac.id)<sup>2)</sup>, [kusworo@staff.uajy.ac.id](mailto:kusworo@staff.uajy.ac.id)<sup>3)</sup>

## Abstrak

Salah satu obyek budaya tradisional yang populer adalah keris. Senjata tradisional ini memiliki bentuk yang indah. Pengetahuan masyarakat mengenai keris semakin berkurang, hal ini karena media yang digunakan untuk memperkenalkan keris yang kurang menarik dan sulit diperoleh. Oleh karena itu dibutuhkan suatu media baru untuk memperkenalkan keris kepada masyarakat luas. Pengguna dapat dengan mudah memindai ponsel mereka pada media yang disediakan dan memperoleh data tentang keris. Obyek keris akan dibuat virtual sehingga dapat dikenal dengan cukup menarik oleh masyarakat. Obyek keris akan dimodelkan secara 3 dimensi, lalu digabungkan dengan pola penanda. Dengan menggunakan teknologi Augmented Reality maka diharapkan dapat menggabungkan obyek keris secara virtual dengan pola penanda pada media promosi. Pembuatan Augmented Reality obyek keris ini memanfaatkan fitur-fitur dari layanan Vuforia, AutoCad123D, dan Unity Game Designer. Vuforia menyediakan fitur pengenalan pola Augmented Reality secara remote. Autocad123D menyediakan layanan pemodelan 3D dengan baik. Unity game designer menyediakan layanan untuk menggabungkan kedua layanan Vuforia dan Autocad123D. Dengan menggunakan layanan tersebut maka akan didapatkan aplikasi yang cukup ringan, mengurangi beban komputasi pada client, menjadi lebih ramah memori, dan kemudahan dalam memperbarui aplikasi di pihak client.

**Kata Kunci :** Keris, Augmented Reality, Vuforia

## 1. PENDAHULUAN

Benda kesenian keris menjadi daya tarik tersendiri bagi Indonesia, terutama untuk wilayah Jawa dan sekitarnya. Keris merupakan senjata tradisional, sekaligus benda seni bernilai tinggi. Keris adalah salah satu karya nenek moyang bangsa Indonesia (Panindias, 2012). Dalam perkembangannya sekarang ini keris semakin terpinggirkan (Rachman, 2010), untuk itu keberadaannya perlu dilestarikan (Sudrajat, 2008). Dalam hal ini Pemerintah mengakui tantangan melestarikan keris lebih sulit dibandingkan batik yang sudah *go international* (Dimiyati, 2011). Perlu adanya suatu modernisasi dalam memperkenalkan keris pada masyarakat luas. Dengan balutan teknologi modern, diharapkan pesan-pesan budaya lokal tersebut dapat tersampaikan (Rachman, 2010).

Beberapa penelitian sudah banyak dilakukan untuk lebih mengangkat keris pada masyarakat luas, cara-cara seperti menggunakan multimedia animasi (Rachman, 2010), dan multimedia dengan media kiosk (Panindias, 2012). Semua itu adalah cara yang ditempuh untuk memvisualisasikan keris secara 2D, terlepas dari pameran keris. Penelitian ini menggunakan teknologi *Augmented Reality* (AR) untuk visualisasi 3D, sebagai media promosi keris dan sekaligus memperkenalkan keris kepada orang banyak secara lebih nyata.

Teknologi AR sedang banyak dikembangkan saat ini. Teknologi AR dapat menggabungkan gambar kamera dengan suatu obyek yang ditambahkan. Proyeksi yang ditampilkan menggunakan benda dunia nyata sebagai permukaan proyeksi bagi lingkungan virtual (Vlada & Albeanu, 2010). Dalam pembahasan ini obyek yang ditambahkan adalah obyek keris yang dimodelkan secara 3D. Menurut Hsiao: Kami, bagaimanapun, percaya bahwa AR harus memungkinkan pengguna untuk dapat melihat dunia nyata sebaik mungkin dalam lingkungan virtual karena menggabungkan semua komponen dalam bentuk benda virtual dalam sistem (Hsiao & Rashvand, 2011).

Obyek yang divisualisasikan tidak muncul begitu saja, tentu ada proses deteksi suatu pola penanda yang digunakan untuk memanggil obyek 3D tersebut. Sebuah pola penanda bisa jadi adalah suatu gambar sidik jari, sebuah tulisan tangan, runtutan kata, wajah manusia, atau sinyal ucapan (Basu et al., 2010). Pola penanda berupa bentuk gambar 2 dimensi. Untuk deteksi pola penanda, dalam pembahasan ini digunakan "*Cloud Recognition*", yaitu teknologi yang menggabungkan pengenalan pola gambar penanda di sisi pengguna dan kecocokan pola dengan penanda yang disimpan di dalam server melalui internet. Di sini terdapat proses komputasi yang dikerjakan di sisi *server* penyedia layanan. *Cloud computing* memungkinkan kemampuan ini akan dikelola oleh para pakar yang dibagi di banyak pelanggan (Hogan, 2008). Diharapkan aplikasi yang digunakan di sisi pengguna tidak boros sumber daya memori.

Agar tidak boros sumber daya memori, digunakan layanan Vuforia untuk menggabungkan antara AR dengan visualisasi 3D secara "Cloud Recognition". Layanan Vuforia memberikan kemudahan dalam AR secara "Cloud Recognition" karena layanan Vuforia menyediakan basis data untuk model 3D serta memiliki kemampuan mendeteksi penanda yang baik. Pada dasarnya, Vuforia adalah AR yang menggunakan penanda, dan tidak seperti teknologi AR sebelumnya, Vuforia memungkinkan untuk membuat penanda berwarna-warni karena Vuforia cukup mendeteksi tepi dan kontras sebagai titik fitur utama (Santoso & Gook, 2012). Vuforia menyediakan layanan ini secara gratis, dengan kuota maksimum 1000 pengguna dan 1000 akses aplikasi per hari.

Penulis akan melakukan perancangan visualisasi 3D terhadap keris di Yogyakarta dengan menggunakan AR dan layanan Vuforia. Tidak seperti AR pada umumnya, penulis akan mencoba menggunakan teknologi "Cloud Recognition". Penggunaan teknologi ini untuk mengurangi beban komputasi pada *client*, dan untuk menghemat memori aplikasi di *client*. Pada penelitian ini, dengan menggunakan layanan Vuforia ini aplikasi menjadi lebih ramah memori, komputasi, dan kemudahan dalam memperbarui aplikasi di pihak *client*. Aplikasi yang didapatkan akan relatif berukuran lebih kecil dibanding AR pada umumnya karena beban komputasi tidak sepenuhnya diproses di *client*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Citra adalah sebuah bentuk visualisasi obyek. Citra juga dapat dianggap sebagai *array* dua dimensi dengan piksel bernilai vektor (Ramanath et al., 2005). Dalam citra banyak yang bisa diolah, untuk itu banyak teknik mengolah citra untuk dapat mengolah informasi dan data di dalamnya (Ismail et al., 2009). Pengolahan citra digital sifatnya dinamis dan cakupan areanya yang luas meliputi kehidupan kita sehari-hari seperti obat-obatan, penjelajahan ruang angkasa, pengawasan, otentikasi, inspeksi industri otomatis, dan masih banyak lagi (Rao et al., 2006). Dalam penelitian ini citra akan didapatkan dengan kamera ponsel android, kemudian diolah, karena kamera adalah salah satu media elektronik yang memproduksi citra (Kang, 2007). Pengolahan citra merupakan teknik mengolah data visual menjadi data yang informatif. Manipulasi pada suatu obyek gambar mencakup operasi seperti kompresi, skala, rotasi, tingkat kecerahan dan manipulasi kecerahan, tingkat ketajaman gambar, peningkatan kontras gambar, atau kombinasi dari salah satu operasi tersebut (Bayram et al., 2006). Pengolahan citra tradisional adalah deteksi tepi (Narayanaswamy et al., 2011). Salah satu pengolahan citra yang sedang berkembang saat ini adalah pengenalan pola.

Teknologi pengenalan pola mengalami perkembangan dari tahun ke tahun (Liu et al., 2006). Perkembangan teknologi yang sangat pesat juga mendukung berkembangnya teknologi pengenalan pola ini secara signifikan (Fujisawa, 2008). Pengenalan pola adalah studi tentang bagaimana mesin dapat mengamati lingkungan, belajar untuk membedakan pola utama dari sebuah gambar dengan obyek lainnya, dan dapat mengkategorikan pola dengan baik (Basu et al., 2010). Dengan pengenalan pola, mesin atau sistem akan menjadi lebih cerdas. Sistem atau mesin mampu mengenali pola yang sudah ditetapkan. Dari pola yang dikenali, bisa dilakukan aksi setelah mengenali pola tersebut (Parasher et al., 2011). Pengenalan pola merupakan salah satu langkah penting dalam pengolahan citra. Langkah pertama dalam pengenalan pola adalah untuk memilih satu set fitur atau atribut dari semesta fitur yang tersedia yang akan digunakan untuk mengklasifikasikan pola (Al\_azawi & H.Al-A'meri, 2013). Pola asli harus ditransformasikan menjadi sebuah representasi yang dapat dengan mudah dimanipulasi dengan pemrograman (Ghorpade et al., 2010). Dalam pembahasan ini akan digunakan AR untuk memanipulasi citra setelah dikenali polanya.

*Augmented Reality* merupakan teknik pengenalan pola sekaligus teknik penggabungan antara citra yang didapatkan dengan citra virtual, mengandung unsur nyata dan unsur virtual (Ma & Choi, 2007). Teknologi seperti AR memungkinkan informasi virtual untuk ditambahkan pada lingkungan nyata pengguna dan dapat digunakan sebagai cara untuk melihat informasi obyek yang ada di dalamnya (Ajanki et al., 2011). Perkembangan teknologi AR sudah sampai pada teknologi *mobile* (Yuen et al., 2011). Dalam rangka untuk menjalankan aplikasi AR pada perangkat *mobile*, pendekatan yang digunakan adalah untuk mengurangi algoritma komputasi yang mengurangi beban CPU tetapi juga mengurangi kualitas jika dibandingkan dengan versi *desktop* (Klein & Murray, 2009). Pendekatan lain adalah dengan membagi aplikasi dalam bentuk *client-server* (Gammeter et al., 2010). Pengenalan pola obyek akan diproses oleh *server* secara jarak jauh (Verbelen et al., 2011). Pada penelitian ini akan digunakan pendekatan *client-server* sehingga akan mengurangi beban komputasi pada *client* (Kuribayashi, 2012).

Pengenalan pola dalam bentuk *client-server* sudah disediakan oleh Vuforia. Pada awal mulanya Vuforia hanya memberikan layanan di sisi *client* saja. Namun sekarang sudah berkembang dan menyediakan layanan untuk bentuk *client-server*. Vuforia adalah AR yang menggunakan penanda, dan tidak seperti teknologi AR

sebelumnya, Vuforia memungkinkan untuk membuat penanda berwarna-warni karena Vuforia cukup mendeteksi tepi dan kontras sebagai titik fitur utama (Santoso & Gook, 2012). Dengan Vuforia maka pola dapat dikenali dengan baik. Pola yang akan dikenali dan dibentuk dalam pembahasan ini adalah pola keris. Keris merupakan salah satu obyek yang bisa divirtualkan. Obyek keris akan ditampilkan secara virtual dalam pola yang dikenali.

### 3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk mengumpulkan data atau studi pendahuluan pada analisis dan perancangan sistem. Dalam hal ini ada berbagai macam misalnya:

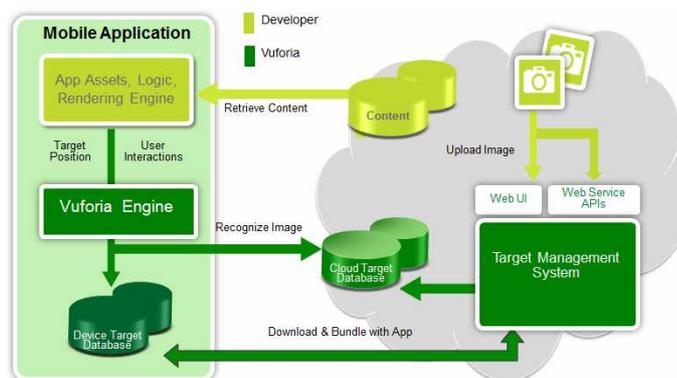
1. Observasi atau Pengamatan  
Metode ini dilakukan melalui pengamatan dan pencatatan terhadap objek secara langsung untuk mendapatkan data yang sesuai dengan kondisi yang sebenarnya serta mengobservasi data-data yang berhubungan dengan pengembangan aplikasi *augmented reality* ini.
2. Studi Kepustakaan  
Metode ini dilakukan melalui pengamatan dan pencatatan terhadap objek secara langsung untuk mendapatkan data yang sesuai dengan kondisi yang sebenarnya serta mengobservasi data-data yang berhubungan dengan pengembangan aplikasi *augmented reality* ini.
3. Wawancara  
Dengan melakukan wawancara dengan pakar yang memberikan solusi atau penanganan masalah terkait dengan permasalahan keris serta bertujuan untuk memperoleh data yang akan digunakan dalam aplikasi ini secara tepat dan mendekati keakuratan tinggi.

Langkah-langkah dalam proses analisis dan perancangan aplikasi visualisasi keris 3D dengan layanan *augmented reality cloud-recognition* adalah sebagai berikut ini:

1. Analisis  
Pada tahap ini akan dilakukan analisis kebutuhan pengguna serta akan melakukan analisis terhadap faktor-faktor yang menjadi penentu dalam menampilkan informasi terkait keris dalam aplikasi *augmented reality* ini.
2. Perancangan  
Pada tahap ini akan dilakukan proses perancangan mulai dari perancangan fungsionalitas sampai dengan perancangan antarmuka. Perancangan antarmuka yang akan dilakukan meliputi antarmuka untuk masukan serta antarmuka sebagai keluaran sistem

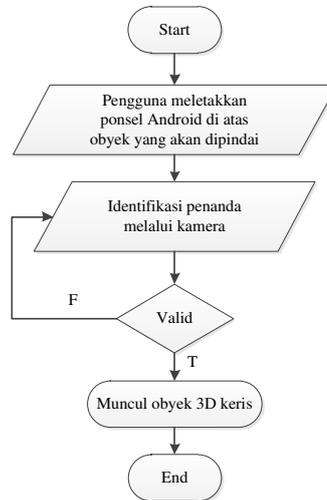
### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembangunan aplikasi ini metode pencarian data yang digunakan adalah dengan observasi lapangan. Dengan menggunakan bantuan kamera untuk mengambil gambar obyek. Jika sudah terkumpul kemudian diolah dengan AutoCAD123D untuk mendapatkan obyek 3D, kemudian ditambahkan ke dalam layanan Vuforia pada aplikasi ini. Pada gambar 1 akan menunjukkan arsitektur aplikasi yang akan dikembangkan menggunakan Vuforia.



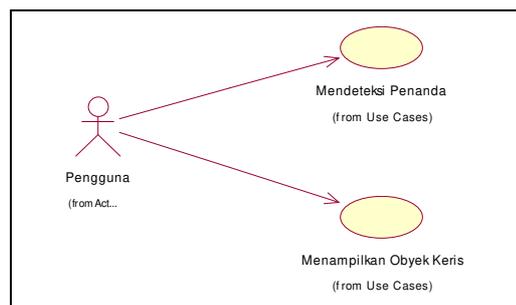
Gambar 1. Arsitektur aplikasi

Gambar 1 memberikan gambaran umum pembangunan aplikasi dengan menggunakan Vuforia. Pengguna meng-*upload* gambar masukan untuk target yang ingin dilacak dan kemudian men-*download* basis data gambar target yang sudah dibuat oleh Vuforia, yang ditanamkan di dalam aplikasi. Sedangkan untuk menggunakan *Cloud-Recognition* akan mengakses *Application Programming Interface* (API) Vuforia dan mengakses basis data yang ada dalam *server* Vuforia. Berikut adalah gambar 2 menggambarkan alur kerja aplikasi yang sedang dikembangkan.



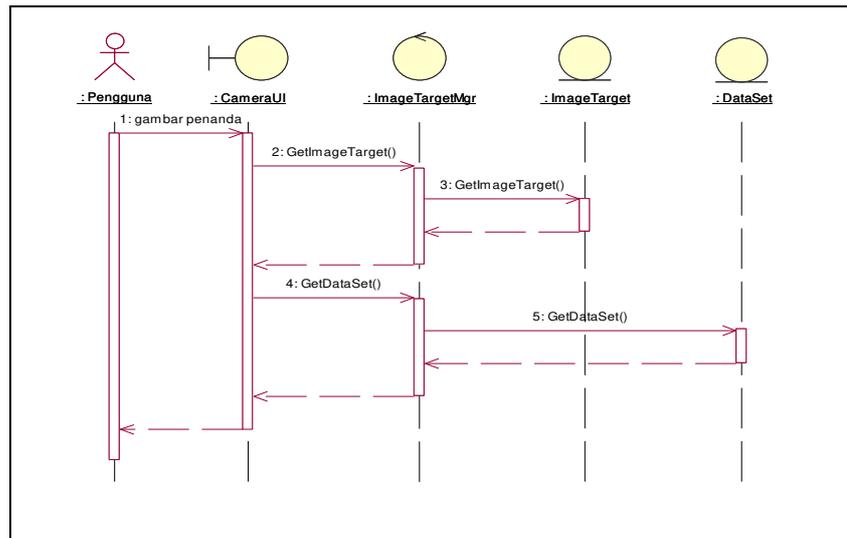
**Gambar 2.** Alur kerja aplikasi

Pada gambar 2 dapat diketahui bahwa pengguna memiliki peran sebagai pengontrol jalannya aplikasi. Dalam aplikasi ini hanya ada satu aktor yaitu pengguna. Sifat dari aplikasi ini *client-server* sehingga dalam proses menjalankannya membutuhkan layanan dari pihak lain, yaitu API dari server Vuforia. Dalam pendeteksian marker sekaligus koordinat yang ada tersebut harus sudah didefinisikan dalam sistem pada tahap implementasi kode program. Karena letak koordinat tersebut bersifat tetap dan tidak dapat diubah-ubah sehingga dalam proses deteksi koordinat dan *event* yang ditimbulkan berdasarkan koordinat tersebut akan lebih mudah diatur. Merujuk pada alur kerja sistem yang sudah digambarkan maka dapat dibuat *use case* diagram seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



**Gambar 3.** Use Case Diagram aplikasi

Adapun *sequence* diagram yang digunakan dalam aplikasi ini dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Sequence Diagram

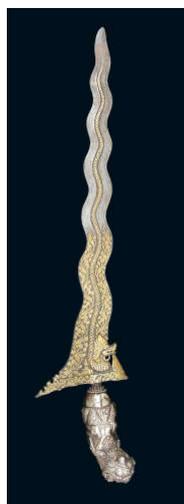
Berikut akan dijelaskan perancangan langkah-langkah pembuatan aplikasi visualisasi keris 3D dengan layanan *augmented reality cloud-recognition*:

Langkah 1 :

Mengumpulkan data keris di area Yogyakarta, misal : Naga sasra, setan kober, nyi pleret, megantoro, dll

Langkah 2 :

Mengumpulkan gambar keris yang akan diidentifikasi. Contoh gambar keris dapat dilihat pada gambar 5, 6 dan 7:



Gambar 5. Keris tipe Naga sasra    Gambar 6. Keris tipe Naga sasra    Gambar 7. Keris tipe Megantoro

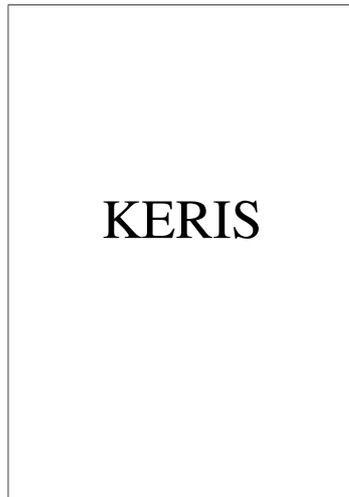
Setelah gambar keris terkumpul, kemudian membuat obyek keris 3D dengan menggunakan Autocad 123D. Proses pembuatan obyek 3D dengan menggunakan Autocad123D akan menghasilkan file dengan ekstensi .fbx sehingga bisa digunakan dalam Unity3D.

Langkah 3 :

Menentukan *marker* atau penanda yang akan menjadi dasar deteksi awal untuk memunculkan obyek keris. Penanda yang sudah dipilih kemudian di-*upload* pada *server* Vuforia sehingga akan mendapat akses *server*. Kemudian menambahkan file .fbx yang sudah didapatkan tadi ke dalam program, untuk menampilkan teksturnya perlu ditambahkan file tekstur yang disertakan pada saat pembuatan obyek 3D.

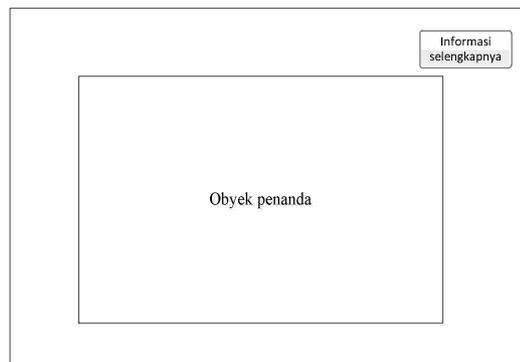
Langkah 4 :

Merancang antarmuka aplikasi. Rancangan antarmuka aplikasi ini antara lain akan ditunjukkan pada gambar 8, 9, dan 10.



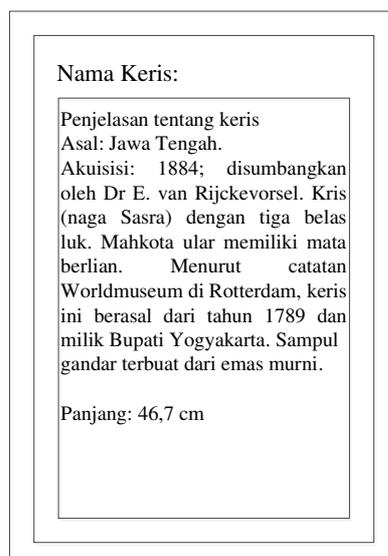
**Gambar 8.** *Splash screen* aplikasi

Gambar 8 adalah rancangan antarmuka *splash screen*. Pada tampilan antarmuka ini akan ditampilkan tulisan “KERIS” secara *fade in* dan *fade out*. Antarmuka ini ditampilkan secara vertikal atau *portrait*.



**Gambar 9.** Antarmuka pemindai obyek

Gambar 9 adalah rancangan antarmuka utama untuk memindai obyek yang sudah disediakan. Disediakan pula tombol informasi untuk mendapatkan informasi tentang keris yang ditampilkan. Antarmuka ini dibuat dalam bentuk horisontal atau *landscape* agar bidang obyek yang dipindai lebih luas.



**Gambar 10.** Antarmuka informasi keris

Gambar 10 adalah rancangan antarmuka untuk menampilkan informasi keris. Dibuat dalam bentuk vertikal atau *portrait* agar informasi yang dibaca oleh pengguna lebih nyaman dilihat.

## 5. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dengan menggunakan layanan Vuforia dan arsitektur *client-server* diharapkan dapat mengurangi beban komputasi pada *client*, dan untuk menghemat memori aplikasi di *client*. Pada penelitian ini, dengan menggunakan layanan Vuforia diharapkan aplikasi menjadi lebih ramah memori, komputasi, dan kemudahan dalam memperbarui aplikasi di pihak *client*. Aplikasi yang didapatkan diharapkan akan relatif berukuran lebih kecil dibanding AR pada umumnya karena beban komputasi tidak sepenuhnya diproses di *client*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ajanki, A., Billingham, M. & Gamper, H., 2011, *An Augmented Reality Interface to Contextual Information*, Springer-Verlag London Limited.
- Al\_azawi, S.A.H. & H.Al-A'meri, J., 2013, *Face Feature Recognition System Considering Central Moments*, International Journal of Computational Engineering Research, pp.Vol. 3 Issue. 1, ISSN 2250-3005(online) January 2013.
- Basu, J.K., Bhattacharyya, D. & Kim, T.-h., 2010, *Use of Artificial Neural Network in Pattern Recognition*, International Journal of Software Engineering and Its Applications, pp.Vol. 4, No. 2.
- Bayram, S., Avcibas, I., Sankur, B. & Memon, N., 2006, *Image manipulation detection*, Journal of Electronic Imaging, pp.15(4), 041102.
- Dimiyati, V., 2011, *Pemerintah Kesulitan Lestarikan Keris*, Jurnal Nasional, pp.Kamis, 29 Sep 2011 Halaman 9.
- Duuren, David van, 2009, *THE JAVANESE KRIS*, C. Zwartenkot Art Books – Leiden and KITLV Press – Leiden.
- Fujisawa, H., 2008, *Forty years of research in character and document recognition---an industrial perspective*, Elsevier Pattern Recognition, pp.41 (2008) 2435 – 2446.
- Gammeter, S. et al., 2010, *Server-side object recognition and client-side object tracking for mobile augmented reality*, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), pp.pp. 1–8.
- Ghorpade, S., Ghorpade, J. & Mantri, S., 2010, *Pattern Recognition Using Neural Networks*, International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT), pp.Vol 2, No 6.
- Hogan, M., 2008, *Cloud Computing & Databases: How databases can meet the demands of cloud computing*, ScaleDB Inc.
- Hsiao, K.-F. & Rashvand, H.F., 2011, *Integrating body language movements in augmented reality learning environment*, Dept. of Information Management, Ming-Chuan University, Gwei-Shan, Taoyuan County 300, Taiwan.
- Ismail, I.A., Zaki, S.I., Rakha, E.A. & Ashabrawy, M.A., 2009, *Using Image's Processing Methods in Bio-Technology*, Int. J. Open Problems Compt. Math, pp.Vol. 2, No. 2, June 2009.
- Kang, B.-H., 2007, *A Review on Image and Video processing*, International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, pp.Vol. 2, No. 2, April, 2007.
- Klein, G. & Murray, D., 2009, *Parallel tracking and mapping on a camera phone*, ISMAR'09: Proceedings of the 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp.pp. 83–86.
- Kuribayashi, S.-i., 2012, *Reducing Total Power Consumption Method in Cloud Computing Environments*, International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC), pp.Vol.4, No.2, March 2012.
- Liu, J., Sun, J. & Wang, S., 2006, *Pattern Recognition: An overview*, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, pp.Vol.6 No.6, June 2006.
- Ma, J.Y. & Choi, J.S., 2007, *The Virtuality and Reality of Augmented Reality*, Journal of Multimedia, pp.Vol. 2, No. 1, February 2007.
- Narayanaswamy, A., Wang, Y. & Roy, B., 2011, *3-D Image Pre-processing Algorithms for Improved Automated Tracing of Neuronal Arbors*, Springer Science+Business Media, LLC.
- Panindias, A.N., 2012, *Perancangan Informasi Keris Berupa Multimedia Interaktif Berbasis Kiosk*, Jurusan Seni Media Rekam Fakultas Seni Rupa dan Desain ISI Surakarta.
- Parasher, M., Sharma, S., Sharma, A.K. & Gupta, J.P., 2011, *Anatomy on Pattern Recognition*, Indian Journal of Computer Science and Engineering (IJCSE) ISSN : 0976-5166, pp.Vol. 2 No. 3 Jun-Jul 2011.
- Rachman, A., 2010, *Studi Penciptaan Multimedia Keris dengan Konsep Animasi Edukasi*, Arsintya Jurnal Penelitian Seni Budaya, p.Volume 2 No. 1 Juni 2010.
- Ramanath, R., Snyder, W.E. & Yoo, Y., 2005, *Color Image Processing Pipeline*, IEEE Signal Processing Magazine.

- Rao, D.V., Patil, S. & Anne, N., 2006, *Implementation and Evaluation of Image Processing Algorithms on Reconfigurable Architecture using C-based Hardware Descriptive Languages*, International Journal of Theoretical and Applied Computer Sciences, pp. Volume 1 Number 1 (2006) pp. 9–34.
- Santoso, M. & Gook, L.B., 2012, *ARkanoid: Development of 3D Game and Handheld Augmented Reality*, Visual Content Department, Dongseo University, South Korea.
- Sudrajat, U., 2008, *Ngadeni "Empu" Keris dari Gunung Kidul*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Kebudayaan Badan Pengembangan Sumber Daya Kementerian Pariwisata dan Ekonomi Kreatif.
- Verbelen, T. et al., 2011, *Dynamic deployment and quality adaptation for mobile augmented reality applications*, The Journal of Systems and Software 84 (2011), pp.1871–82.
- Vlada, M. & Albeanu, G., 2010, *The Potential of Collaborative Augmented Reality in Education*, University of Bucharest, Romania.
- Yuen, S.C.-Y., Yaoyuneyong, G. & Johnson, E., 2011, *Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education*, Journal of Educational Technology Development and Exchange, pp.4(1), 119-140.
- <https://developer.vuforia.com/resources/dev-guide/getting-started> diakses tanggal 15 Februari 2013.