

## INTERACTION DESIGN MODEL IN VIRTUAL MUSEUM ENVIRONMENT

TENGGU SITI MERIAM TENGGU WOOK  
HAIRULLIZA MOHD JUDI  
NORAIDAH SAHARI @ ASHAARI  
HAZURA MOHAMED  
SITI FADZILAH MAT NOOR  
NORMALA RAHIM

### ABSTRACT

*A virtual museum is a museum resembles a real system that allows visitors to walkthrough, browse and manipulate artifacts and galleries online. Previous studies show a virtual environment control and 360 °manipulation of artifacts is scarce beside the interface design does not comply with the basic principles of design. One of the efforts made by the museum institutions is to implement immersive technology to enhance the level of user interaction. However, immersive technology in a virtual environment in Malaysia is lagging behind compared to developed countries, because the technology is not cost effective. Therefore, non-immersive technology approach by implementing information visualization and virtual reality techniques as visual display interface is used in order to construct a model of user interaction design in virtual museum. This study uses user-centered design method by analyzing the user requirements involving visitors, curators, academics and students. The developed model could serves as a guide in the development of virtual museum prototype that able to display the exhibition innovatively and creatively so as to attract many users to interact in a virtual environment.*

*Keywords: User interaction, design model, task analysis, artifact manipulation, Virtual Museum*

## MODEL REKA BENTUK INTERAKSI DALAM PERSEKITARAN MUZIUM MAYA

### ABSTRAK

Muzium maya ialah sistem yang menyerupai muzium sebenar yang membenarkan pelawat menelusur, menjelajah dan memanipulasi artifak dan galeri secara dalam talian. Kajian interaksi pengguna menunjukkan kawalan persekitaran maya dan manipulasi artifak secara 360° adalah terhad selain daripada reka bentuk antara muka yang tidak mematuhi prinsip asas reka bentuk. Salah satu usaha yang dilakukan oleh institusi muzium ialah mengimplementasi teknologi imersif bagi meningkatkan tahap interaksi pengguna. Namun, di Malaysia teknologi imersif dalam persekitaran maya adalah ketinggalan berbanding dengan negara maju, kerana teknologi ini tidak berkesan dari aspek kos. Oleh itu, pendekatan teknologi bukan imersif dengan mengimplementasi teknik visualisasi maklumat (VM) dan realiti maya (RM) sebagai paparan antara muka visual diguna bagi membangun model reka bentuk interaksi pengguna dalam muzium maya. Kajian ini menggunakan kaedah reka bentuk berpusat pengguna melalui analisis keperluan pengguna termasuk pelawat, kurator, ahli akademik dan pelajar. Model yang dibangunkan dapat menjadi panduan dalam pembangunan prototaip muzium maya yang berupaya mempersembahkan pameran secara inovatif dan kreatif bagi menarik ramai pengguna berinteraksi dalam persekitaran maya.

Kata kunci: Interaksi pengguna, model reka bentuk, analisis tugas, manipulasi artifak dan muzium maya

### PENGENALAN

Muzium merupakan institusi yang menyimpan bahan sejarah dalam bentuk dokumen dan artifak yang boleh menjelaskan ketamadunan sesebuah masyarakat. Meskipun kaya dengan

koleksi sejarah namun muzium tidak dapat menarik perhatian generasi muda apabila bilangan kunjungan generasi muda ke muzium adalah rendah (Ott & Pozzi, 2011) manakala kesedaran terhadap pemeliharaan dan pemuliharaan warisan budaya pula dipandang remeh. Institusi muzium mengambil pelbagai langkah menarik minat dan mendidik masyarakat khususnya generasi muda supaya menghargai warisan budaya melalui inisiatif pembangunan perisian kursus, penerbitan risalah, pembangunan laman web, kiosk dan portal. Namun, golongan ini tidak menunjukkan minat mengungkap khazanah tersebut seterusnya menggali kekayaan warisan nenek moyang. Sebaliknya, generasi muda leka dengan permainan komputer dan mencari maklumat mengguna teknologi (Choi, 2014). Bagi membantu menyemai rasa kecintaan terhadap khazanah warisan yang tersimpan dalam muzium dalam kalangan generasi ini, capaian maklumat mengguna pendekatan permainan dibangun.

Kajian tentang muzium maya seperti yang dilakukan Muzium Acropolis di Greece (Keil et al., 2013) dan Muzium Sains Kebangsaan di Tokyo, Jepun (Kondo et al., 2007) adalah terkehadapan berbanding dengan Malaysia kerana melaksana kedua-dua teknologi secara imersif dan bukan imersif. Teknologi imersif adalah seperti penggunaan sistem paparan cave, head mounting device (HMD), data glove dan dome. Teknologi ini melibatkan kos yang tinggi manakala penggunaannya pula adalah terhad. Teknologi bukan imersif pula adalah sistem paparan melalui persembahan multimedia dalam persekitaran 3D mengguna peralatan input yang murah dan mudah seperti tetikus, papan kekunci dan skrin sentuh. Teknik paparan ini mengguna konsep penjelajahan secara maya (Styliani et al., 2009).

Kajian dalam negara tentang muzium maya secara relatifnya masih baharu. Hanya empat buah muzium sahaja mengambil inisiatif membangun prototaip persekitaran maya iaitu masing-masing muzium negeri Kedah, Perak, Melaka dan Sarawak. Muzium negeri Kedah dan Perak membangun prototaip mengguna model berasaskan geometrik mengakibat prototaip tidak dapat dicapai secara dalam talian kerana model berasaskan geometrik mempunyai grafik bersaiz besar. Tahap penerimaan pengguna terhadap prototaip tersebut pula didapati rendah (Awang et al., 2009). Hanya muzium maya yang dibangun oleh muzium negeri Melaka dan negeri Sarawak sahaja yang boleh dicapai secara dalam talian kerana berbentuk portal, iaitu melalui paparan grafik 2D. Namun, applikasi yang dibangun oleh kedua-dua buah muzium ini mempunyai banyak kelemahan yang perlu diperbaiki bagi menghasilkan muzium maya yang mampu memberi impak bagi mencapai dan menyebarkan maklumat.

Kajian Geng Yang (2009), menunjukkan interaksi pengguna yang berlaku dalam muzium maya sedia ada tidak mempunyai nilai estetika dan fungsi manipulasi artifak yang menyebabkan interaksi pengguna berada pada tahap rendah. Masalah interaksi berlaku kerana kawalan persekitaran maya dan manipulasi objek secara 360° yang terhad selain daripada reka bentuk antara muka applikasi muzium maya tidak mempunyai elemen estetika dan tidak mematuhi prinsip asas reka bentuk. Persembahan pameran oleh institusi muzium belum berjaya menarik perhatian pengguna (Zara, 2014; Bakar et al., 2010) kerana masih mengekal pendekatan konvensional (Normala et al., 2011). Selaras dengan perkembangan teknologi, pengunjung mahu melihat persembahan pameran yang interaktif. Justeru, institusi muzium perlu pendekatan baharu mempersembahkan pameran supaya dapat menarik pengguna memahami dan mendalami kekayaan khazanah warisan generasi terdahulu.

Berdasar analisis keperluan pengguna, kajian ini mencadangkan persembahan pameran yang inovatif dan kreatif bagi pengguna berinteraksi dengan koleksi warisan budaya yang dimiliki oleh muzium. Oleh itu objektif kajian ini ialah menghasilkan model reka bentuk interaksi pengguna dalam persekitaran maya melalui kaedah reka bentuk berpusat pengguna, iaitu orang awam, kurator, ahli akademik dan pelajar. Model ini menjadi panduan dalam pembangunan prototaip muzium maya yang mengimplementasi teknik visualisasi maklumat (VM) dan realiti maya (RM) sebagai paparan antara muka visual.

## PERSEKITARAN MAYA

Persekitaran maya adalah paparan komputer yang dijana bagi membenarkan pengguna merasa keberadaan dalam persekitaran yang sebenar (Schroeder, 2008). Muzium maya ialah persekitaran yang menggunakan teknik paparan antara muka visual yang dijana melalui sistem komputer yang membolehkan pengunjung melawat muzium seperti berada dalam muzium sebenar (Cakir & Karahoca, 2014).

Dua teknik paparan antara muka visual iaitu teknik VM dan RM diguna bagi melaksanakan fitur yang boleh dikawal atau dipapar. Teknik VM ialah teknik paparan antara muka visual yang dapat menunjukkan hubungan semantik di antara ruang dan maklumat secara abstrak (Vanderdonckt, 2002). Ruang yang mempunyai maklumat boleh diterokai dan diingati melalui proses kognitif dengan mempraktikkan interaksi seperti dalam dunia sebenar (Kjeldskov, 2003). Teknik RM ialah paparan maklumat pada antara muka yang disimulasi oleh sistem komputer bagi memberi pengalaman berada dalam dunia sebenar dengan menggambar, memanipulasi dan berinteraktiviti dengan sistem bagi meningkatkan imaginasi pengguna (Sherman & Craig, 2003).

Christoffel dan Schmitt (2002) dan Rizvic (2014) mendapati konsep penjelajahan bagi paparan maklumat seperti dalam persekitaran sebenar boleh meningkatkan keberkesanan dan kebolegunaan capaian maklumat. Penjelajahan 360° boleh dilaksanakan melalui kawalan tetikus atau papan kekunci. Teknik VM seperti *zoomable user interface (ZUI)* atau *fish eye/lens* (Furnas & Rauch, 1998; Buchanan et al., 2004), dan *tree-map* atau *semantic zooming* (Johnson & Shneiderman, 1991) boleh diaplikasikan bagi mengawal jarak kawalan.

Teknik ZUI lebih sesuai diaplikasikan dalam persekitaran 3 dimensi (3D) bagi memaparkan maklumat bergambar atau teks. Namun persekitaran 3D mempunyai kekangan seperti hilang fokus yang boleh menimbulkan masalah kebolegunaan apabila pengguna cuba mendapat paparan yang terperinci terhadap teks atau imej (Bennett & Cummins, 2004). Menurut Darling et al. (2004), teknik *tree-map* adalah berpotensi bagi aplikasi berasaskan web kerana dapat memvisualkan maklumat dalam pangkalan data secara hierarki. Begitu juga dengan teknik *semantic zooming* yang berpotensi memaparkan 100% ruang dalam koleksi pangkalan data dalam web (Johnson & Shneiderman, 1991). Teknik ini menyokong keupayaan visual yang membenarkan pengguna mencapai dan mengimbas kandungan maklumat bergambar dengan cepat (Shen et al., 2004).

Teknik VM adalah berkesan bagi pencarian maklumat yang melibatkan data besar seperti dalam perpustakaan digital kerana teknik ini berupaya memaparkan maklumat satu persatu dalam pangkalan data melalui penjelajahan (Kaplan, 2004; Druin et al., 2001; Yin Leng Theng et al., 2000; Brodrie, 1992). Maklumat diilustrasikan secara berstruktur mengikut hierarki bagi membantu pengguna membuat pilihan carian. Konsep pencarian melalui penjelajahan boleh menjadi alternatif pencarian maklumat selain daripada kata kunci atau pautan (Beheshti et al., 2005).

Teknik RM pula menyediakan pendekatan yang berkesan bagi memaparkan maklumat kepada pengguna melalui persekitaran 3D secara realistik (Christoffel & Schmitt (2002)). Pengguna boleh menjelajah dan berinteraksi dengan maklumat secara maya dalam persekitaran melalui papan kekunci atau tetikus. Selain daripada persekitaran 3D, penjelajahan juga boleh dilakukan dalam persekitaran 2D menggunakan teknik panorama (Beheshti et al., 2005). Teknik panorama adalah kombinasi VM dan RM yang melibatkan paparan maklumat berbentuk grafik yang boleh melakukan penjelajahan secara 360°. Teknik panorama yang bersifat intuitif menyokong navigasi mengikut gerak hati pengguna, menjadi pilihan para pengkaji untuk diimplementasikan pada sistem atau aplikasi yang melibatkan pengguna baharu (Patel, 2012).

Analisis teknik paparan VM dan RM menjadi asas kajian ini bagi menghasilkan model reka bentuk interaksi dalam persekitaran muzium maya. Kombinasi teknik ini berupaya melakukan

penjelajahan 360° secara maya dalam satu persekitaran serta berinteraksi dengan objek melalui enjin capaian.

## KAEDAH KAJIAN

Kajian ini mengguna kaedah reka bentuk berpusat pengguna (RBP) bagi membangun model reka bentuk interaksi pengguna dalam persekitaran muzium maya. Model reka bentuk interaksi merupakan komponen utama bagi menggambar keseluruhan sistem. Model ini menyediakan strategi kerja dan implementasi teknik yang menunjukkan bagaimana sistem diorganisasi dan beroperasi. Pembangunan model ini didasari oleh kajian Rogers et al. (2015) yang melibatkan empat komponen utama iaitu:

1. Metafora dan analogi iaitu bagaimana menyampaikan maklumat kepada pengguna sasaran tentang sesuatu produk/sistem.
2. Konsep yang menerang tentang produk seperti tugas yang dilaksana.
3. Hubungan antara konsep iaitu kaitan antara satu dengan yang lain.
4. Pemetaan di antara konsep dan pengalaman pengguna.

Kajian ini menggabung empat komponen utama Rogers et al. (2015) dalam model reka bentuk interaksi kepada dua fasa bagi menganalisis interaksi pengguna dan tugas interaksi pengguna. Kaedah ini adalah bagi menganalisis penyampaian maklumat tentang sistem serta konsep seperti tugas yang dilaksana oleh pengguna kepada pengguna sasaran. Selain daripada itu, kajian ini menganalisis hubungan kait antara elemen dalam persekitaran muzium. Konsep dan pengalaman pengguna dipeta melalui pengujian kebolegunaan iaitu mengguna teknik telusuran kognitif dan pengujian pengguna.

## ANALISIS INTERAKSI PENGGUNA

Kajian ini menjalankan perincian bagi setiap elemen interaksi yang diaplikasi dan penentuan teknik yang bersesuaian bagi mereka bentuk sistem persekitaran muzium maya. Elemen interaksi dianalisis melalui pengujian pengguna yang dijalankan oleh Normala et al. (2011). Perincian elemen interaksi dibahagi kepada dua aspek keperluan, iaitu fungsian dan bukan fungsian. Jenis interaksi fungsian adalah penerokaan bagi membangun persekitaran; manipulasi bagi membangun objek; dan interaksi berbual bagi komunikasi pengguna dan persekitaran. Penerangan analisis tugas bagi setiap jenis interaksi dinyatakan dalam Jadual 1. Jenis interaksi penerokaan dalam persekitaran menerang analisis tugas bagi gaya, teknik penjelajahan, peta minda dan fitur interaksi. Manakala jenis interaksi manipulasi terhadap objek adalah menerang tentang metafora egosentrik, teknik tangan maya klasik, pilih dan manipulasi, dan pemboleh ubah. Jenis interaksi berbual menerangkan analisis tugas pencarian maklumat melalui kata kunci, grafik atau objek dan lokasi atau kategori.

JADUAL 1. Perincian Elemen Interaksi Fungsian

Jenis Interaksi	Penerangan Analisis Tugas
Penerokaan bagi membangun persekitaran	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gaya (lurus dan putaran)</li> <li>2. Teknik penjelajahan berasaskan sasaran</li> <li>3. Peta minda</li> <li>4. Fitur (<i>Hot spot</i> dan peta)</li> </ol>
Manipulasi bagi membangun objek	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Metafora egosentrik</li> <li>2. Teknik tangan maya klasik</li> <li>3. Pilih dan manipulasi</li> <li>4. Pembolehubah (Saiz dan Jumlah putaran)</li> </ol>

Interaksi berbual bagi komunikasi pengguna dan persekitaran	Pencarian maklumat 1. Melalui kata kunci 2. Melalui grafik/objek 3. Lokasi/kategori
---	--

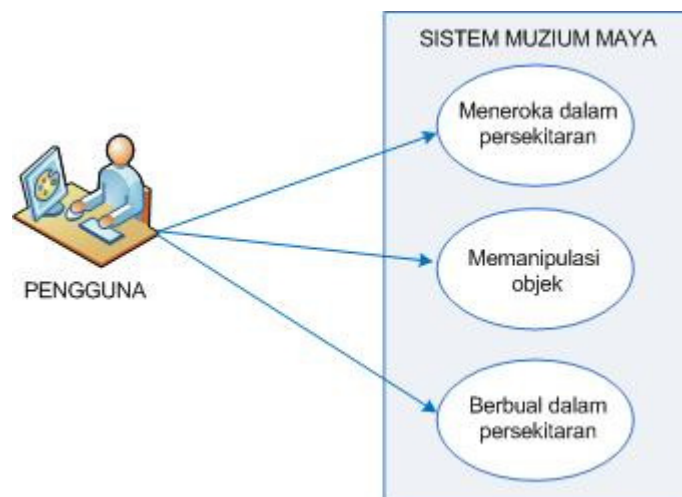
Jadual 2 adalah senarai bukan fungsian yang menjadi aspek penting dalam penampilan reka bentuk antara muka. Elemen reka bentuk seperti sempadan, warna, gaya, tipografi dan reka letak adalah penting dalam proses reka bentuk antara muka. Seterusnya, prinsip reka bentuk seperti perbezaan yang jelas, bersatu atau bergabung, ikut rentak dan penyusunan sejajar turut memberi sumbangan dalam penghasilan reka bentuk antara muka. Elemen pemahaman pengguna pula ialah kebolehan mengenal pasti dan mengidentifikasi metafora.

JADUAL 2. Perincian Elemen Interaksi bukan Fungsian

Jenis Interaksi	Penerangan Analisis Tugas
Prinsip reka bentuk	Perbezaan yang jelas Bersatu @ bergabung Ikut rentak Penyusunan sejajar
Pemahaman pengguna	Kebolehan mengenal pasti Kebolehan mengidentifikasi metafora

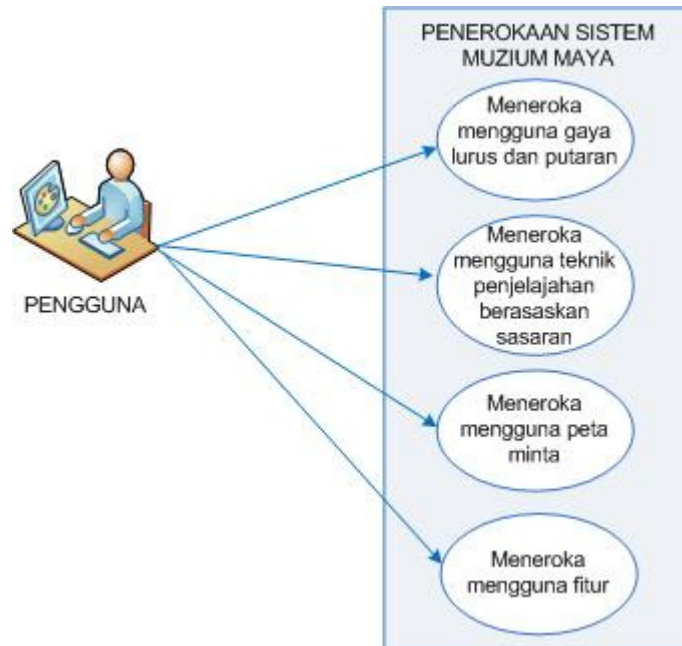
#### ANALISIS TUGAS INTERAKSI PENGGUNA

Kajian ini memodel analisis tugas mengguna *use case*. Tujuan pemodelan ini adalah memvisual proses interaksi pengguna dengan persekitaran muzium maya. Rajah 1 menjelas aksi pengguna dan tanggungjawab sistem apabila berlaku interaksi di antara pengguna dan sistem. Terdapat tiga jenis interaksi iaitu penerokaan, manipulasi dan berbual.



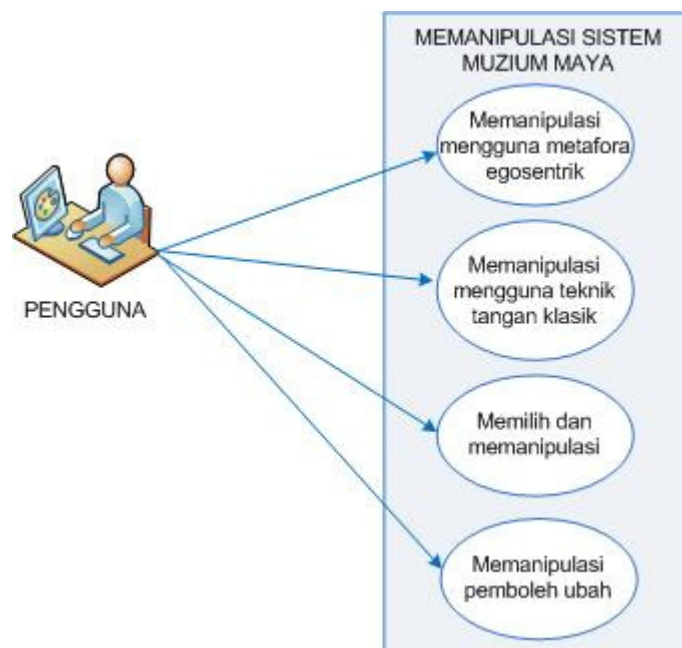
RAJAH 1. Gaya interaksi pengguna dengan persekitaran muzium maya

Rajah 2 menggambar aksi pengguna dengan sistem terhadap penerokaan dalam persekitaran yang melibatkan empat gaya penerokaan; gaya lurus dan putaran, teknik penjelajahan berasaskan sasaran, penggunaan peta minda dan fitur.



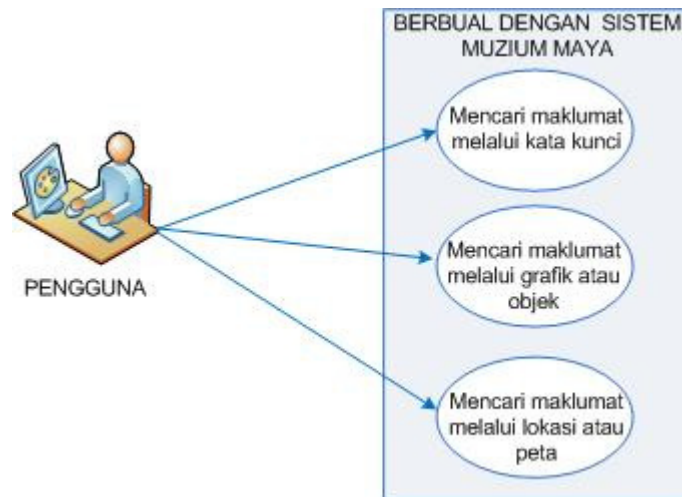
RAJAH 2. Gaya interaksi penerokaan dalam persekitaran muzium maya

Rajah 3 menunjuk aksi pengguna dengan sistem bagi manipulasi artifak yang mengaplikasi empat teknik; metafora egosentrik, tangan maya klasik, memilih dan memanipulasi, dan manipulasi pemboleh ubah.



RAJAH 3. Gaya interaksi manipulasi dalam persekitaran muzium maya

Rajah 4 menunjuk aksi pengguna dengan sistem yang melibatkan tiga teknik berbual, iaitu; pencarian melalui kata kunci, grafik atau objek, dan lokasi atau kategori.

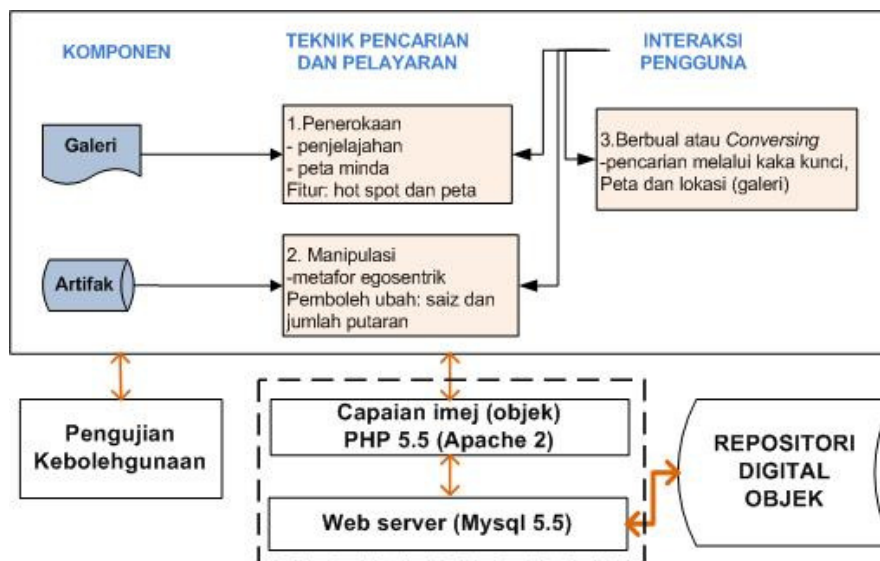


RAJAH 4. Gaya interaksi berbual dalam persekitaran muzium maya

Hasil analisis interaksi pengguna memandu kajian ini mengaplikasikan teknik VM dan RM dalam persekitaran sistem muzium maya. Teknik ini berdasar keperluan pengguna yang mementing elemen interaksi penerokaan, manipulasi dan perbualan. Pengguna atau pelawat boleh menjelajah dan berinteraksi dengan maklumat melalui papan kekunci atau tetikus secara maya dalam persekitaran secara dalam talian. Senarai keperluan pengguna diterjemah dalam model analisis gaya interaksi dan menjadi input atau pra keperluan bagi mereka bentuk model interaksi.

### MODEL REKA BENTUK INTERAKSI

Hasil analisis terhadap gaya interaksi pengguna dalam persekitaran maya dapat memandu kajian ini membangun model reka bentuk interaksi pengguna dalam persekitaran muzium maya. Berdasarkan analisis interaksi dan tugas pengguna, model reka bentuk interaksi persekitaran muzium maya dihasil yang melibatkan elemen penting iaitu teknik pencarian dan pelayaran, interaksi pengguna, repositori objek digital, pengujian kebolegunaan dan perisian pembangunan. Model ini menggambar keseluruhan aspek reka bentuk sistem. Rajah 5 menunjukkan model reka bentuk interaksi persekitaran muzium maya yang dibangun.



RAJAH 5. Model Reka Bentuk Interaksi Persekitaran Muzium Maya

Perincian model mempertimbang empat prinsip penting. Pertama, model menekankan penyampaian maklumat kepada pengunjung muzium maya tentang warisan budaya yang dilaksana secara metafora melalui persembahan galeri dan artifak bagi menyamai bahan sedia ada di muzium. Muzium maya ini terdiri daripada lapan galeri dan mengandungi 400 artifak yang disimpan dalam repositori objek digital sebagai sampel kajian.

Kedua, model ini mencadang supaya tugas dan operasi yang dibenar terhadap warisan budaya dipamer adalah dalam bentuk interaksi pengguna supaya pengguna boleh mengendalikan bahan tersebut mengikut keperluan. Terdapat tiga gaya interaksi pengguna yang dititik berat iaitu penerokaan, manipulasi dan perbualan.

Ketiga, model ini dengan jelas menunjuk hubung kait antara elemen dalam persekitaran muzium maya termasuk memapar bagaimana suatu objek adalah sebahagian daripada elemen keseluruhan dan atribut penting bagi objek. Sebagai contoh, pelayan web yang bertindak sebagai sebahagian pasukan perisian pembangunan mempunyai tugas penting bagi capaian maklumat dalam repositori.

Keempat, model ini memeta konsep dan pengalaman pengguna seperti melalui pengujian kebolegunaan iaitu telusuran kognitif dan pengujian pengguna. Telusuran kognitif dilaksana untuk mendapat pengesahan daripada pakar tentang reka bentuk antara muka melalui pembangunan prototaip fideliti rendah. Pengujian pengguna pula dilaksana setelah sistem siap sepenuhnya dengan mengambil kira penambahbaikan hasil telusuran kognitif. Selain daripada ujian kebolegunaan, galeri dan artifak yang mendapat kunjungan tertinggi turut direkod bagi menunjuk corak penggunaan dan pengalaman pengguna.

Keempat-empat prinsip Rogers et al. dipenuhi dalam pembangunan model reka bentuk interaksi bagi memasti aplikasi muzium maya beroperasi dan diurus secara sistematik (Johnson & Henderson, 2002). Model ini menjadi panduan kepada pasukan pembangun menghasil aplikasi yang konkrit dan menyeluruh.

Pembangunan model mengguna pendekatan teknologi bukan imersif dengan mengimplementasi teknik panorama iaitu gabungan teknik VM dan RM sebagai paparan antara muka visual. Teknik VM diterap dalam muzium maya melalui penyusunan galeri dan artifak secara berstruktur mengikut hierarki bagi membantu pengguna membuat pilihan carian. Penjelajahan berstruktur mengikut susunan bahan warisan budaya ini mampu menarik pengunjung muzium bagi mengenali dengan dekat khazanah warisan berbanding dengan pencarian maklumat mengguna kata kunci (Beheshti et al., 2005).

Implementasi teknik RM dalam muzium maya adalah melalui penelusuran, penjelajahan dan manipulasi galeri dan artifak mengguna papan kekunci atau tetikus. Penjelajahan tidak terhad kepada bahan warisan budaya sahaja, bahkan pengguna boleh melakukan penjelajahan dari destinasi ke destinasi lain dalam muzium mengguna fitur *hot spot* yang berfungsi sebagai pengawal panorama dalam persekitaran maya. Melalui fitur tersebut, teknik penjelajahan menyamai situasi sebenar muzium dapat direalisasi supaya pengguna boleh membuat kawalan persekitaran maya dan manipulasi artifak secara 360°.

Selain daripada fitur *hot spot*, pengguna boleh mengguna fitur peta yang terdapat pada antara muka menu utama. Penggunaan fitur peta membolehkan pengguna memahami secara keseluruhan reka letak antara muka muzium maya. Pengguna boleh membuat penelusuran dan penjelajahan melalui proses kognitif yang mempunyai tiga peringkat pengetahuan iaitu pengetahuan tanda tempat, pengetahuan merancang perjalanan dan pengetahuan tatarajah. Melalui proses ini, pengetahuan kognitif dikategori sebagai peta minda. Oleh itu, semakin tepat pengetahuan tatarajah semakin berguna peta minda kepada pengguna sebagai alat bantu bagi melakukan penjelajahan dalam muzium maya. Penjelajahan dalam persekitaran maya boleh diimplemen dengan dua gaya penjelajahan sama ada gaya lurus atau gaya putaran oleh pengguna.



Interaksi manipulasi yang diterap membolehkan pengguna memanipulasi artifak yang terdapat di dalam setiap galeri. Masalah utama dalam kajian muzium maya yang tidak mempunyai fungsi manipulasi artifak dan menyebabkan tahap interaksi pengguna yang rendah (Yang, 2009) dapat di atasi dengan interaksi manipulasi. Semua artifak boleh dimanipulasi oleh pengguna secara 360<sup>0</sup> melalui teknik pandangan luar ke dalam. Penggunaan peranti tetikus membolehkan pengguna mengimplemen teknik tangan maya klasik bagi menggerak artifak sama ada dengan hanya sekali klik tanpa lepas atau klik satu persatu. Metafora egosentrik berlaku yang mana pengguna berinteraksi dalam persekitaran maya menyerupai situasi sebenar muzium (Christoffel & Schmitt, 2002). Pergerakan yang berlaku dalam persekitaran maya adalah sama seperti dilakukan dalam persekitaran muzium sebenar (Zara, 2004).

## KESIMPULAN

Sistem muzium maya merupakan medium untuk mendidik generasi muda mempelajari tentang warisan budaya melalui teknologi maklumat dan komunikasi. Model reka bentuk interaksi persekitaran muzium maya yang dihasil menepati prinsip asas reka bentuk dan berperanan sebagai tunjang kepada pembangunan sistem persekitaran muzium maya. Teknik panorama gabungan teknik VM dan RM diterap dalam muzium maya mampu membenarkan pengguna merasai pengalaman mengunjungi muzium tanpa berada pada lokasi. Pengunjung boleh menelusur, menjelajah dan memanipulasi artifak dan galeri menggunakan teknologi bukan imersif secara dalam talian dengan hanya menggunakan komputer peribadi pada bila-bila masa.

## RUJUKAN

- Awang, N., Yaakub, A.R & Othman, Z. 2009. Accessing user acceptance towards virtual museum: The case in Kedah State Museum, Malaysia. *Proceeding of the Sixth International Conference on Computer Graphics, Imaging & Visualization*. Tianjin, China: IEEE Computer Society.
- Bakar, J. A. A., Kassim, P. S. J. & Mahmud, M. 2010. The level of information and communication technology use by museums in Malaysia. Paper presented at *International Symposium on Information Technology*, Kuala Lumpur, 15<sup>th</sup> - 17<sup>th</sup> June, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Beheshti, J., Large, A. & Julien, C. A. 2005. Designing a virtual reality interface for children's web portals data, information, and knowledge in a Networked World. Presented at Annual Conference of the Canadian Association for Information Science, The University of Western Ontario, Canada, 2<sup>nd</sup> - 4<sup>th</sup> June.
- Bennett, M. & Cummins, F. 2004. ORRIL: A Simple Building Blocks Approach to Zoomable User Interfaces. *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Information Visualisation*. London: IEEE Computer Society, 639-644.
- Buchanan, G., Blandford, A., Jones, M., & Thimbleby, H. 2002. Spatial Hypertext as a Reader Tool in Digital Libraries. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Workshop on Visual Interface to Digital Libraries*. Berlin: Springer Verlag, 13-24.
- Brodie, K.W., Carpenter, L.A., Earnshaw, R.A., Gallop, J.R., Hubbard, R.J., Mumford, A.M., Osland, C.D. & Quarendon, P. 1992. *Scientific Visualization: Techniques and Applications*. Berlin: Springer-Verlag.
- Choi, H.S. 2014. The Conjugation Method of Augmented Reality in Museum Exhibition, *International Journal of Smart Home*, 8(1): 217-228.
- Christoffel, M. & Smith, B. 2002. Accessing Libraries as Easy a Game. *Proceedings of Visual Interface to Digital Libraries*. Berlin: Springer Verlag, 25-38.
- Cakir, D. & Karahoca, A. 2014. The protection of cultural heritage through digitization using virtual museums – A proposed virtual museum model. *Global Journal of Information Technology*, 4(2):101-106.

- Darling, E., Newbern, C., Kalghatgi, N., Burgman, A. & Recktenwald, K. 2004. An Experimental Investigation of Magnification Lens Offset and Its Impact on Imagery Analysis. *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization*. Austin, Texas: IEEE Computer Society, 1-2.
- Druin, A., Bederson, B. B., Hourcade, J., P., Sherman, L., Revelle, G., Platner, M. & Weng, S. 2001. Designing a Digital Library for Young Children: An Intergenerational Partnership. *Proceedings of Joint Conference on Digital Libraries*. Virginia: ACM/IEEE, 398-405.
- Furnas, G., W., & Rauch, S., J. 1998. Considerations for Information Environments and the NaviQue Workspace. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> ACM International Conference on Digital Library*. Pittsburgh: ACM Digital Library, 79-88.
- Geng, Y. 2009. A study on the user-centered interface design for virtual museum. *Proceedings of the IEEE 10th International Conference on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design*, Wenchou: IEEE, 1647-1651.
- Johnson, J. & Henderson, A. 2002. Onceptual models: Begin by designing what to design. *Magazine of Interactions*, 9(1): 25-32.
- Johnson, B., & Shneiderman, B. 1991. Tree-Maps: A Space-Filling Approach to the Visualization of Hierarchical Information Structures. *Proceedings of the Aerospace and Electronics Conference*. Dayton: IEEE, 284-291.
- Jiri, Z. 2004. Virtual Reality and Cultural Heritage on the Web. *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Conference on Computer Graphics and Artificial Intelligence*. Limoges, France: ACM Digital Library, 101-112
- Kaplan, N., Chisik, Y., Knudtzon, K., Kulkarni, R., Moulthrop, S., Summers, K., & Weeks, H. 2004. Supporting Sociable Literacy in the International Children's Digital Library. *Proceedings of the 2004 Conference on Interaction Design and Children: Building a Community*. Maryland: ACM Digital Library, 89-96.
- Kjeldskov, J. 2003. Human-Computer Interaction Design for Emerging Technologies: Virtual Reality, Augmented Reality and Mobile Computer Systems. Ph.D Thesis, Aalborg University.
- Keil, J., Pujol, L., Roussou, M., Engelke1, T., Schmitt, M., Bockholt, U. & Eleftheratou, S. 2013. A Digital Look at Physical Museum Exhibit. *Proceedings from CHESSE (Cultural Heritage Experiences through Socio-personal interactions and Storytelling)*. Rome: IEEE, 685-688.
- Kondo, T., Shibasaki, J., Arita-Kikutani, H., Manabe, M., Inaba, R. & Mizuki, A. 2007. Mixed Reality Technology at a Natural History Museum. In J. Trant & D. Bearman, (Eds.), *Museums and the Web: Proceedings*. <http://www.archimuse.com/mw2007/papers/kondo/kondo.html> [January 20th, 2015].
- Normala Rahim, Tengku Siti Meriam Tengku Wook & Nor Azan Mat Zin. 2011. Developing Conceptual Model of Virtual Museum Environment Based on User Interaction Issues. *Lecture Notes in Computer Science*. Springer: ISI Science Citation Expanded, 253-260
- Ott, M. & Pozzi, F. 2011. Towards a new era for Cultural Heritage Education: Discussing the role of ICT. *Computers in Human Behavior*, 27(4):1365-1371.
- Patel, N. P. 2012. Survey on 3D Interactive Walkthrough. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Digital Library*, 1(9): 1-5
- Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. 2015. *Interaction Design. Interaction Design: beyond human-computer interaction*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Rizvic, S. 2014. Story Guided Virtual Cultural Heritage Applications. *Journal of Interactive Humanities, RIT Scholar Works*. 2(1): 1-15.
- Schroeder, R. 2008. Defining Virtual Worlds and Virtual Environments. *Virtual Worlds Research: Past, Present & Future*, 1(1):1941-8477.
- Shen, R., Richardson, R. & Fox, E.A. 2004. Concept maps as visual interfaces to digital libraries: summarization, collaboration, and automatic generation. *Proceedings of the Joint Conference on Digital Libraries*. Houston: ACM/IEEE-CS.
- Sherman, W., R., & Craig, A., B. 2003. *Understanding virtual reality: interface, application, and design*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Styliani, S., Fotis, L., Kostas, K. & Petros, P. 2009. Virtual museums, a survey and some issues for consideration. *Journal of Cultural Heritage*, 10(2009): 520-528

- Vanderdonckt, J. 2002. Visual Design Methods in Interactive Applications. In M. Albers & B. Mazur (eds.). *Content and Complexity. Information Design in Technical Communication*. Washington: [s.n.], 187-203.
- Yin, Leng Theng, Norliza Mohd Nasir, Thimbleby, H., Buchanan, G., Jones, M., Bainbridge, D. & Cassidy, N. 2000. Children as Design Partners and Testers for a Children's Digital Library. *The Series of Lecture Notes in Computer Science*, Lisbon: Springer Verlag, 249-258.

Tengku Siti Meriam Tengku Wook  
Hairulliza Mohd Judi  
Noraidah Sahari @ Ashaari  
Hazura Mohamed  
Siti Fadzilah Mat Noor  
Pusat Penyelidikan Teknologi Perisian dan Pengurusan (SOFTAM),  
Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat,  
Universiti Kebangsaan Malaysia.  
tsmeriam@ukm.edu.my, hmj@ukm.edu.my, nsa@ukm.edu.my, hazura.mohamed@ukm.edu.my,  
fadzilah@ukm.edu.my

Normala Rahim  
Fakulti Informatik, Universiti Sultan Zainal Abidin,  
Terengganu.  
normalarahim@unisza.edu.my

Received: 31 May 2016

Accepted: 25 July 2016