

Received: 18 April 2020, Accepted: 14 October 2020, Published 13 November 2020

**PENGAJARAN & PEMBELAJARAN (P&P): E-NOTES UNTUK
INFORMASI PERMODELAN BANGUNAN (BIM)**

TEACHING & LEARNING: E-NOTES FOR BUILDING INFORMATION
MODELING (BIM)

**Muhammad Razuhanafi Mat Yazid¹, Nur Fatma Fadilah Yaacob¹ & Suhaizam Rosli @
Shuib².**

¹ Department Of Civil Engineering
Universiti Kebangsaan Malaysia

² Politeknik Ungku Omar
Ipoh, Perak

Abstrak

Pelaksanaan Informasi Permodelan Bangunan (BIM) dalam pendidikan tinggi dalam subjek seni bina dan kejuruteraan adalah terhad dan tidak memenuhi kriteria untuk bersaing dalam sektor industri. Kebanyakan pendidikan BIM dimulakan dan ditawarkan melalui latihan perisian dalam kursus yang terpencil kerana kekurangan pakar yang mahir dalam bidang ini. Tujuan utama kajian ini adalah untuk menerangkan kaedah BIM yang di aplikasi di dalam pembinaan e-Note untuk membantu pihak-pihak yang terlibat di dalam sesi proses pengajaran dan pembelajaran (P&P). Ia dihasilkan menggunakan beberapa jenis perisian seperti AutoDesk Revit, Tekla BIMsight dan juga Microsoft Power Point. Kaedah yang digunakan adalah membangunkan aplikasi e-Note berkenaan dalam bentuk perisian multimedia bagi menyelesaikan masalah di atas. Dapatan kajian menunjukkan bahawa e-Note telah menunjukkan lebih interaktif, memudahkan pemahaman dan dapat mengurangkan penggunaan kertas. Ini dibuktikan dengan soal selidik yang dijalankan di kalangan pelajar di Universiti Kebangsaan Malaysia dimana pencapaian tahap persetujuan adalah amat tinggi apabila menggunakan e-Note. Kesimpulannya, BIM telah menggalakkan dan membolehkan penggunaan simulasi projek realistik dan sifat BIM sebagai cara kerja yang kolaboratif juga telah mendorong pendidik untuk percubaan model penyebaran pelbagai disiplin.

Kata kunci: BIM; Kejuruteraan; Pendidikan; Pengajaran & Pembelajaran; BIM; Pendidikan; Kejuruteraan

Abstract

Implementation of Building Modeling Information (BIM) in higher education in the subjects of architecture and engineering is limited and does not meet competition criteria in the industrial sector. Most BIM education is started and offered through software training in remote courses due to the lack of skilled professionals in this field. The main purpose of this study is to explain the BIM method used in the construction of e-Notes to assist the parties involved in teaching and learning (P&P) sessions. It is developed using several types of software such as AutoDesk Revit, Tekla BIMsight and Microsoft Power Point. The method used is to develop e-Note applications in the form of multimedia software to solve the above problems. Findings show that the e-Note has proven to be more interactive, easier to understand and can reduce paper usage. This is evidenced by a survey conducted by students at Universiti Kebangsaan Malaysia where the level of agreement is very high when using e-Notes. In conclusion, BIM has encouraged and enabled the use of realistic project simulations and the nature of BIM as a collaborative method and also encouraged educators to experiment with multidisciplinary dissemination models.

Keywords: BIM; Education; Engineering; Teaching & Learning

1.0 PENGENALAN

Seiring dengan arus globalisasi, idea mendigitalkan segala maklumat berkaitan pembinaan semakin mendapat perhatian banyak pihak bagi mengurangkan pelbagai permasalahan dan tadbir urus yang dihadapi. Teknologi yang pesat berkembang, dan kerumitan topik ini dihadapi oleh para pelajar dan pendidik (Noor et al., 2019; & Sacks & Pikas, 2013). Di dalam kerja-kerja pembinaan di tapak bina, Informasi Permodelan Bangunan atau Building Information Modeling (BIM) merupakan teknologi pemodelan atau proses kolaborasi yang berkaitan dengan penyampaian maklumat dari tapak bina dengan produk teknologi maklumat (IT) (John et al., 2015). Proses ini melibatkan kerja-kerja penghasilan, komunikasi dan analisis dengan menggunakan maklumat digital sepanjang kitaran hayat projek pembinaan tersebut (Chong et al., 2017). BIM digunakan sebagai pengukur dan penanda aras bagi menentukan tahap kebolehan sesuatu projek dalam bidang arkitekural, kejuruteraan dan pembinaan (AEC). Proses ini telah digunakan secara meluas dan berkembang di seluruh bidang profesional di dalam industri pembinaan.

Penerimaan BIM di dalam kerja-kerja pembinaan telah memberi kesan terhadap tahap kesedaran, kemahiran teknikal dan pendidikan antara pekerja dan pihak profesional di setiap

tapak bina (Yusuf et al., 2016). Jika dilihat kepada kepentingan pasaran semasa terhadap industri pembinaan, graduan institusi pengajian tinggi (IPT) perlulah mempunyai pengetahuan asas terhadap industri pembinaan supaya dapat bersaing dengan graduan lain serta mempunyai nilai pasaran yang berbeza dengan pekerja semasa di dalam industri ini. BIM dilihat sebagai salah satu pendekatan yang penting di dalam industri pembinaan dan mula mendapat tempat di dalam bidang pendidikan apabila BIM di masukkan di dalam mata pelajaran di institusi pengajian tinggi (Luo & Wu, 2015). Hal ini bagi memenuhi kriteria permintaan pasaran semasa dan sebagai pendekatan awal kepada graduan terhadap industri pembinaan yang sebenar.

Dalam banyak cara, BIM memerlukan sumber, dan model bangunan merupakan elemen utama dalam kedua-dua projek dan tetapan pendidikan. Beberapa penulis telah memetakan kesusasteraan BIM dalam pendidikan dan kajian mengenai pendidikan BIM. Santos et al. (2017) telah melakukan kajian literatur mengenai BIM yang diterbitkan antara tahun 2005 dan 2015. Penulis memberi tumpuan kepada artikel jurnal dalam pangkalan data sains dengan faktor kesan yang lebih tinggi daripada 1.0, serta dimasukkan ke dalam 100 artikel yang paling digemari. Penulis mengenal pasti bahawa penggunaan BIM banyak dalam bidang pembinaan mampan. Latihan dan pendidikan menggunakan BIM didapati sebagai salah satu jurang dalam penyelidikan dengan hanya tiga artikel yang didapati dalam sampel mereka. Ini menunjukkan penggunaan BIM di dalam pendidikan adalah amat terhad.

Salah satu keperluan pendidikan pembinaan seperti pendidikan teknikal yang lain adalah untuk kekal terkini. Adalah penting bagi universiti untuk mengajar menggunakan kaedah teknologi baru dalam kurikulum pendidikan pembinaan. Menurut Ahabab dan Sistani (2013), BIM adalah teknologi baru yang mana model maklumat pembinaan ditransformasi dalam bentuk digital. Untuk memenuhi permintaan industri untuk jurutera dengan kemahiran BIM, banyak universiti di seluruh dunia telah mula mengintegrasikan BIM ke dalam program akademik, kejuruteraan, dan pembinaan (AEC) (Rosli et al., 2018 & Pikas et al., 2013). Namun begitu, penggunaan BIM dalam program pendidikan adalah masih ditahap usaha baru. Walaupun program pengajaran BIM telah ditawarkan di kebanyakan universiti tetapi mereka biasanya menghadkan latihan penggunaan perisian (Azhar et al., 2012).

Sejak akhir ini, terdapat minat dan permintaan yang semakin meningkat untuk melaksanakan BIM dalam program akademik dan menawarkan keseluruhan kursus atau program yang difokuskan pada BIM di semua peringkat (sarjana, pasca siswazah) kepakaran AEC (Magiera, 2013). Solnosky dan Parfitt (2015) telah mengenal pasti keperluan untuk

memasukkan BIM ke dalam pengajaran universiti untuk melengkapkan graduan kejuruteraan dengan pemahaman yang mencukupi mengenai konsep BIM dan mereka mengenal pasti kemahiran BIM jurutera sebagai satu cara untuk membantu mencapai pengambilan BIM yang berjaya dalam industri AEC. BIM boleh dimasukkan ke dalam pendidikan universiti dalam empat cara yang berbeza. Pilihannya adalah seperti berikut: (1) memperkenalkan BIM elektif atau penganjuran bengkel (2) memperkenalkan program sarjana terarah BIM yang lanjutan, (3) menyusun semula kurikulum yang ada termasuk BIM, dan (4) mengintegrasikan BIM ke dalam kurikulum pengurusan pembinaan (CM) yang sedia ada (Gier, 2007). Mengetengahkan mata pelajaran yang berimpak tinggi kepada para pelajar untuk diaplikasikan ketika melangkah dalam alam pekerjaan adalah penting untuk diperkenalkan dan mengintegrasikan BIM ke dalam kurikulum CM di universiti kejuruteraan. Gier (2007) menyimpulkan bahawa BIM adalah alat pengajaran yang berguna untuk anggaran pembinaan dan kuantiti kemahiran kawalan dan sangat menyumbang kepada kemahiran pemahaman reka bentuk dan pemahaman tentang pembinaan material, kaedah, dan proses.

Laporan Spesifikasi Gedung Kebangsaan (NATSPEC) (2015) telah menetapkan bahawa pendidikan BIM berada pada tahap pelaksanaan yang berlainan di seluruh dunia. Sesetengah negara telah berjaya melaksanakan integrasi ini manakala yang lain sedang dalam proses integrasi. Di Australia, banyak institusi Pendidikan Teknikal dan Lanjutan (TAFE) menyediakan kursus BIM dalam program AEC. Walau bagaimanapun, pendidikan ini cenderung ke arah penggunaan pakej perisian BIM adalah sedikit. Kesimpulan, pelaksanaan BIM di dalam proses pengajaran dan pembelajaran (P&P) di peringkat IPT adalah satu keperluan pendidikan bagi mengekalkan proses pembelajaran yang bergerak seiring dengan industri. Adalah penting bagi pihak IPT untuk menentukan bahan pembelajaran kekal terkini dengan teknologi baru dalam kurikulum pendidikan dan memberi pendedahan sebenar kepada pelajar tentang industri pembinaan (Abbas et al., 2016). Menurut Russell et al. (2014), pendekatan ini mampu membuat pelajar belajar dan berfikir tentang cabaran dan penyelesaian di alam pekerjaan yang sebenar serta piawaian dan konvensyen dalam industri pembinaan. BIM lazimnya digunakan di setiap peringkat di dalam projek pembinaan dari awal pembinaan sehingga perobohan. Kegunaan BIM dalam industri pembinaan bermula daripada visualisasi dalam pandangan 3D (3-dimension), perubahan secara automatik dan selaras bagi semua bahagian bangunan, pemeriksaan kod untuk kegunaan kelulusan projek oleh jabatan yang bertanggungjawab, model maklumat pada peringkat awal jika berlaku konflik pembinaan, alat komunikasi dan kolaborasi bagi penyampaian maklumat apabila melibatkan pekerja, jentera, bahan mentah dan perancangan pembinaan kepada semua pihak berkepentingan supaya kerjasama dapat dibentuk dan maklumat dapat sesalurkan secara konsisten (Sun et

al., 2017). Justeru, pendedahan awal bagi penggunaan BIM dalam proses P&P di institut pengajian tinggi dapat menjadikan pelajar lebih bersedia untuk menghadapi realiti dunia pekerjaan yang sebenar.

Disamping itu, penggunaan BIM di dalam sistem pembelajaran di IPT adalah satu pendekatan kepada inovasi dalam pedagogi selaras dengan Revolusi Industri 4.0. Hal ini terjadi apabila penggunaan BIM pada asalnya digunakan di dalam industri pembinaan dan di sesuaikan atau direka semula mengikut kesesuaian pada proses pembelajaran di IPT. Inovasi pedagogi diwujudkan bagi menambah ilmu pengetahuan, kemahiran dan kebolehan (KSAs) pelajar yang akan digunakan semasa mereka bekerja di dalam industri pembinaan (Wu & Luo, 2016). Inovasi ini merangkumi bahan pembelajaran, kaedah tunjuk ajar, penglibatan industri dan kriteria pentaksiran dan penilaian (Abdirad & Dossick, 2016). Umumnya, pedagogi terbahagi kepada tiga kaedah iaitu heutagogi, paragogi dan sibergogi. Heutagogi adalah proses pembelajaran yang ditentukan oleh pelajar (Blaschke & Hase, 2016) seperti rakaman suara yang membolehkan pelajar untuk merakam dan mendengar informasi secara berulang-ulang kali. Seterusnya, paragogi adalah proses pembelajaran yang berkaitan dengan penganalisaan dan mencipta persekitaran pendidikan serta berkongsi maklumat dan pengalaman bersama rakan-rakan. Akhir sekali, sibergogi adalah proses pembelajaran berasaskan atas talian dengan cara yang fleksibel mengikut pengurusan masa dan strategi pendidikan yang tersendiri (Learning et al., 2015). Jika di lihat kepada ketiga-tiga penekanan ini, penyampaian ilmu dengan konsep pembelajaran tanpa sempadan dapat diwujudkan dan akan memberi impak yang besar kepada industri pembinaan jika dapat direalisasikan dengan baik di peringkat IPT.

Oleh itu, tujuan utama kertas kerja ini adalah untuk menerangkan kaedah BIM di dalam proses P&P. e-Note yang dihasilkan melalui proses BIM merupakan satu produk inovasi yang akan membantu pihak-pihak yang terlibat di dalam proses P&P seperti nota, tugas, dan ujian di dalam talian. Ia akan memudahkan para pendidik seperti pensyarah untuk memantau prestasi pelajar. Kaedah pembinaan sistem e-Note menggunakan perisian BIM menggabungkan penggunaan perisian Revit 2017, Tekla dan Power Point.

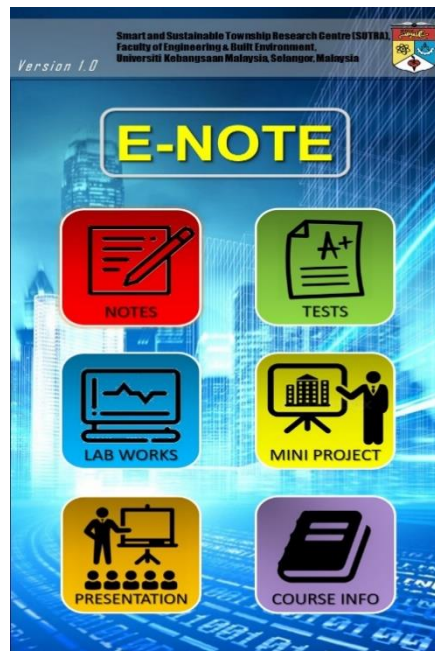
2.0 METODOLOGI

Mohamad Hafiz Yusoff Bakri (2019) melaporkan dalam Utusan Online, BIM adalah satu proses baru yang diamalkan dalam sektor pembinaan dan ketika ini penggunaan BIM ini amat digalakkan bagi meningkatkan kualiti dan pengurusan dalam sektor ini. Menurut Saiful Asmawi Abdullah (2016), BIM merupakan satu set interaksi antara polisi, proses dan teknologi

untuk menghasilkan satu kaedah untuk menguruskan kepentingan reka bentuk bangunan dan data-data projek dalam format digital atau alam maya menerusi kitaran hayat bangunan tersebut. Kepentingan pembelajaran BIM di kalangan pelajar telah mendorong pembangunan penciptaan e-Note untuk memudahkan dan meningkatkan pemahaman tentang BIM melalui penyampaian yang interaktif. Kaedah pembinaan sistem e-Note terbahagi kepada dua (2) iaitu rekabentuk utama kandungan penghasilan e-Note dan instrumen kajian.

2.1 Rekabentuk Utama E-Note

Antara komponen-komponen utama dalam rekabentuk aplikasi sistem e-Note adalah notes, tests, lab works, mini project, presentation dan course info. Setiap komponen-komponen utama mempunyai fungsi tersendiri bertujuan untuk memudahkan pengguna dalam pembelajaran melalui aplikasi sistem seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.



Rajah 1: Komponen utama e-Note



Rajah 2 menunjukkan modul utama dalam mereka bentuk sistem e-Note. Modul ini menggabungkan tiga (3) perisian utama yang terdiri daripada Revit 2017, Tekla dan Power Point. Perisian Revit berfungsi sebagai membina pemodelan komponen dalam bentuk 3D. Selain itu, perisian Tekla juga merupakan perisian 3D yang berkeupayaan menggabungkan, mengurus dan berkongsi model 3D secara lengkap berserta dengan maklumat pembinaan. Manakala perisian Power point digunakan untuk menyampaikan sesuatu maklumat dalam bentuk persembahan yang interaktif dan professional.

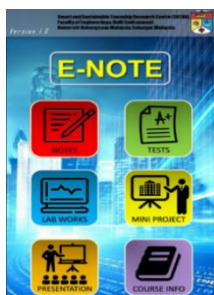


Rajah 2: Modul utama rekabentuk e-Note

Pelbagai ciri-ciri multimedia diambil kira dalam membangunkan e-Note agar ia memberi impak terhadap keberkesanan dalam pengurusan aset. Jadual 1 menunjukkan ciri-ciri yang telah dikenal pasti dan diambil perhatian semasa proses pembangunan sistem.

Jadual 1: Ciri-ciri Sistem E-Note

| Menu | Item | Deskripsi |
|---|-------------------------------------|--|
|  | Rekabentuk menu utama sistem e-Note | <ul style="list-style-type: none"> • Pengenalan kepada e-Note mengandungi simpanan data, log masuk, panduan pengguna dan hubungi. • Sistem ini menggunakan android sebagai <i>mobile operating system</i> dimana penggunaan aplikasi ini sesuai digunakan dengan semua peranti mudah alih. |
|  | Rekabentuk kandungan e-Note | <ul style="list-style-type: none"> • Selain itu, pembangunan aplikasi ini juga selaras dengan teknologi hijau kerana penggunaan kertas dapat diminimumkan. |



Kandungan utama e-Note

- Paparan topik dalam e-Note mempunyai maklumat-maklumat berkaitan dengan pembelajaran BIM termasuklah nota, soalan peperiksaan dan kuiz, kertas kerja, manual lab dan sebagainya.
- Teks yang digunakan mempunyai saiz dan warna teks yang jelas. Penggunaan kesan bunyi pada butang capaian dan montaj menjadikan suasana e-PDA lebih kondusif. Disamping itu database yang disertakan dapat membantu pengguna melihat dengan lebih dekat dan jelas.



Teks, grafik, Audio dan Video

2.2 Instrumen Kajian

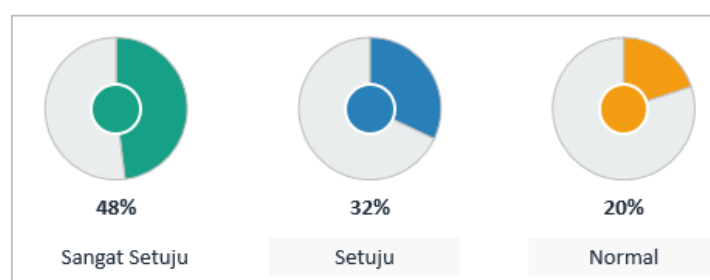
Bagi mendapatkan maklum balas daripada responden terhadap keutamaan penggunaan e-Note, satu kaji selidik maklum balas telah dijalankan yang melibatkan kumpulan ini terdiri daripada 40 orang pelajar di Universiti Kebangsaan Malaysia. Data di kumpul menggunakan soal selidik dan dianalisis. Pengumpulan data melalui soal selidik dilakukan terhadap tiap-tiap unsur dalam semua kelompok yang telah terpilih. Keutamaan dan penilaian responden ke atas sesuatu perkara bergantung pada persepsi dan kehendak responden. Keutamaan responden dalam kajian ini terhadap sesuatu item yang dikemukakan berdasarkan tahap keutamaan diukur melalui skala likert tiga mata iaitu sangat setuju, setuju dan normal. Kajian ini bertujuan untuk melihat impak sejauh mana keberkesanan e-Note dalam pengurusan aset. Antara persoalan yang hendak dijawab adalah, pertama adalah penggunaan sistem e-Note lebih interaktif berbanding kaedah 2D (SPA), kedua adalah pengguna dapat melakukan tugas di mana jua berada dan ketiga adalah sistem ini mudah digunakan dan mudah difahami. Responden yang terpilih didedahkan dengan menggunakan e-Note. Setelah tamat proses penggunaan e-Note, responden diminta untuk menjawab soalan-soal selidik berhubung dengan persepsi mereka terhadap penggunaan e-Note berkenaan. Bagi melihat keputusan kajian, analisa data dilakukan berdasarkan statistik menggunakan perisian Microsoft Excel dengan menentukan peratusan persetujuan. Peratusan yang tinggi

menunjukkan penerimaan dan pemahaman yang positif (baik) manakala peratusan skor yang rendah menunjukkan sebaliknya.

3.0 HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

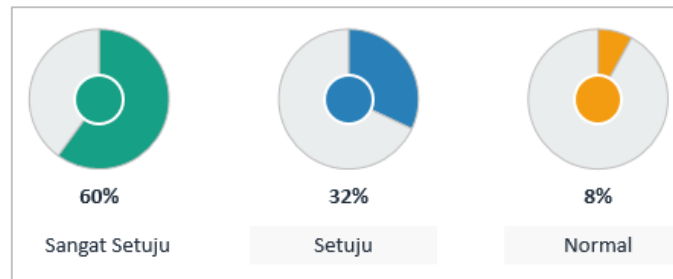
Hasil kajian menunjukkan penentuan tahap keberkesanan penggunaan sistem e-Note melalui (i) perbandingan penggunaan sistem e-Note lebih interaktif berbanding kaedah 2D (SPA), (ii) pengguna dapat membuat latihan atau tugas di mana jua berada dan (iii) e-Note sistem lebih mudah digunakan dan difahami. Kaedah penganalisaan yang digunakan untuk mengkaji persoalan ini melalui skala likert; iaitu skala 1 adalah sangat setuju, skala 2 adalah setuju dan skala ketiga adalah normal. Kemudian, penentuan peratus persepsi atau kefahaman pengguna terhadap sistem e-Note ditentukan melalui kaedah statistik menggunakan perisian Microsoft Excel. Penerimaan dan pemahaman yang positif menunjukkan peratusan yang tinggi manakala peratusan yang rendah menunjukkan keputusan yang sebaliknya.

Rajah 3 menunjukkan carta pai hasil analisa persepsi pengguna terhadap sistem e-Note lebih interaktif berbanding kaedah 2D. Keputusan menunjukkan 48% sangat setuju, 32% setuju dan hanya 20% normal. Secara keseluruhannya, 80% pegawai aset dan pegawai pemeriksa aset bersetuju bahawa penggunaan e-Note adalah lebih interaktif dan mudah untuk dikendalikan. Seterusnya ini boleh membantu mereka dalam melaksanakan kerja-kerja pengurusan aset yang memberi impak dalam penjimatan masa pengurusan dan juga pangkalan data akan lebih efektif.



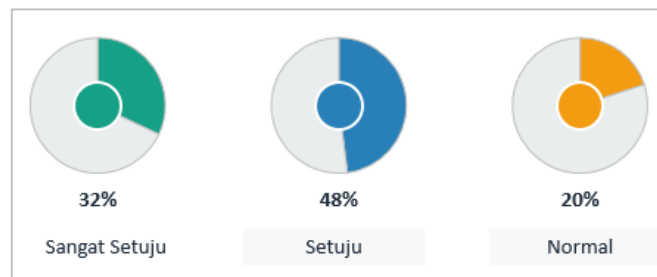
Rajah 3: Penggunaan sistem e-Note lebih interaktif

Rajah 4 menunjukkan carta pai hasil analisa tahap pengguna dapat membuat latihan atau tugas di mana jua berada melalui penggunaan sistem e-Note. Keputusan mendapati hampir kesemua pelajar dapat melakukan tugas di mana-mana seperti di kafe, taman, perpustakaan dan lain-lain. Ini kerana 60% dari kalangan pegawai memberi persepsi yang positif iaitu sangat bersetuju, 32% adalah setuju dan hanya 8% adalah normal. Kesimpulan, pengguna dapat mengenal pasti aset dan lokasi penempatan dengan lebih mudah yang disediakan menggunakan sistem e-Note ini secara sistematik.



Rajah 4: Pengguna dapat membuat tugas di mana jua berada

Rajah 5 menunjukkan sistem e-Note adalah mudah digunakan dan difahami oleh pegawai aset dan pemeriksa aset. Berdasarkan kepada carta pai dibawa didapati 32% sangat setuju, 48% bersetuju dan 20% normal dalam memahami dan mudah penggunaan sistem e-Note, ini menunjukkan bahawa penggunaan e-Note memberi impak yang positif kepada para pelajar.



Rajah 5: Sistem e-Note mudah digunakan dan difahami

4.0 KESIMPULAN

Kajian ini mendapati pembinaan sistem e-Note menggunakan aplikasi BIM telah memberikan kesan positif dalam proses P&P. Sistem ini juga menggunakan android sebagai mobile operating system dimana penggunaan aplikasi ini sesuai digunakan dengan semua peranti mudah alih. Selain itu, pembangunan aplikasi ini juga selaras dengan Teknologi Hijau kerana penggunaan kertas dapat diminimumkan. Ini dibuktikan lagi dengan soal selidik yang dijalankan kepada pelajar Universiti Kebangsaan Malaysia dan pencapaian tahap persetujuan adalah amat tinggi apabila menggunakan e-Note.

Namun begitu, pembangunan aplikasi ini adalah agak sukar kerana ia memerlukan pelbagai elemen interaktif seperti *3D mapping*, *navigation system*, *3D Building*, dan *3D asset model*. Ini kerana ia melibatkan beberapa perisian khusus yang perlu digunakan bagi mengabung jalinan elemen-elemen berkenaan seperti Revit 2017, Tekla dan Power Point, tetapi dengan berkat kesungguhan dan semangat yang ada dapat juga e-Note ini disiapkan dan diuji untuk menentukan keupayaan sistem ini. Antara cabaran yang dihadapi semasa membina informasi pemodelan bangunan (BIM) adalah cabaran untuk mewujudkan kaedah,

garis masa dan konteks untuk menyediakan silibus bagi P&P kerana kebanyakan universiti kurang memahami kemahiran yang diperlukan dalam industri pembinaan yang sebenar (Abbas et al., 2016). Selain itu, pembangunan modul pendidikan mempunyai kekangan kerana kekurangan bahan rujukan serta praktis yang baik bagi memudahkan sistem ini digunakan di peringkat IPT (Zhang et al., 2018). Menurut kajian yang dijalankan oleh Abbas et al. (2016), sejumlah 91.93% daripada jumlah responden dalam kajiannya bersetuju bahawa fakulti menghadapi masalah kekurangan tenaga profesional yang terlatih bagi melaksanakan sistem BIM sebagai salah satu alat pembelajaran di IPT.

Pembangunan e-Note ini telah mencapai matlamat tujuan ianya dibangunkan, namun pencapaian ini adalah pada tahap kajian di persekitaran Universiti Kebangsaan Malaysia sahaja. Dimana sampel kajian adalah kecil menyebabkan kaedah kajian adalah terhad dan kemungkinan dapatan kajian tidak menggambarkan populasi sebenar. Oleh itu, bagi mendapat reliabiliti yang tinggi kepada impak keberkesanan penggunaannya di sini dicadangkan beberapa langkah perlu, antaranya adalah menggunakan sampel yang lebih besar supaya hasil kajian dapat menggambarkan populasi sebenar. Untuk itu, kajian ini juga boleh dipertingkatkan lagi dengan pelbagai persoalan tentang aplikasi ini, disamping mempelbagaikan kaedah kajian seperti temu bual dan kajian kepada pakar juga boleh dilakukan.

5.0 PENGHARGAAN

Kajian ini disokong oleh Geran Universiti Penyelidikan. Penulis juga mengucapkan jutaan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Malaysia dan Universiti Kebangsaan Malaysia atas memberi sokongan kewangan yang diberikan di bawah pemberian geran bernombor FRGS/1/2019/TK08/UKM/02/1.

6.0 RUJUKAN

Abbas, A., Din, Z. U., & Farooqui, R. (2016). Integration of BIM in Construction Management Education: An Overview of Pakistani Engineering Universities. *Procedia Engineering*, 145, 151–157.

Abdirad, H., & Dossick, C. S. (2016). BIM curriculum design in architecture, engineering, and construction education: A systematic review. *Journal of Information Technology in Construction* 21(August), 250–271.

Ahbab, C., Rezaei, A., & Sistani, N.S. (2013). Integration of Building Information Modeling into

the Undergraduate Curriculum: Case of Eastern Mediterranean University. *2nd International Balkans Conference on Challenges of Civil Engineering*.

Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building information modelling (BIM): Now and Beyond. *Construction Economics and Building*, 12(4), 15-28.

Blaschke, L. M., & Hase, S. (2016). Heutagogy: A Holistic Framework for Creating Twenty-First-Century Self-determined Learners.

Chong, H. Y., Lee, C. Y., & Wang, X. (2017). A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 142, 4114–4126.

Ghosh, A., Parrish, K., & Chasey, A. (2013). From BIM to collaboration: A Proposed Integrated Construction Curriculum. *American Society for Engineering Education (ASEE) Annual Conference, Atlanta, Georgia*.

Gier, D.M. (2007). Does Learning Building Information Modeling Improve the Plan Reading Skills of Construction Management Students? *43rd Annual Conference by Associated Schools of Construction. Northern Arizona University, Flagstaff, Arizona, USA*.

John, R., Heap-Yih, C., & Christopher, P. (2015). Adoption of Building Information Modelling technology (BIM): Perspectives from Malaysian engineering consulting services firms. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 22(4), 424–445.

Mureşan, M. (2015). Collaborative Learning and Cybergogy Paradigms for the Development of Transversal Competences in Higher Education. *Euromentor Journal*, 6(2), 21–29.

Luo, Y., & Wu, W. (2015). Sustainable Design with BIM Facilitation in Project-based Learning. *Procedia Engineering*, 118, 819–826.

Magiera, J. (2013). Integrated Teaching for Integrated Engineering Practice-BIM on Campus. *20th International Conference on Computer Methods in Mechanics*.

NATSPEC. (2015). BIM education - global - 2015 update report. *NATSPEC Construction Information*.

- Noor, A. M., Rosli, S. & Yazid, M. R. M. (2019). E-Notes For Building Information Modelling. *National Innovation And Invention Competition Through Exhibition 2019*.
- Pikas, E., Sacks, R., & Hazzan, O. (2013). Building Information Modeling Education for Construction Engineering and Management: Procedures and Implementation Case Study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(11).
- Rosli, S., Hamid, M. R. A., & Yazid, M. R. M. (2018). Building Information Modelling (BIM) In Asset Management. *Prosiding Peka 2017. K-Novasi Pengajaran Dan Pembelajaran UKM 2018: Pendidikan 4.0: Graduan Kalis Masa Depan*.
- Russell, D., Cho, Y. K., & Cylwik, E. (2014). Learning opportunities and career implications of experience with BIM/VDC. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 19(1), 111–121.
- Sacks, R., & Pikas, E. (2013). Building Information Modeling Education for Construction Engineering and Management: Industry Requirements, State of The Art, And Gap Analysis. *Construction Engineering and Management*, 139(11).
- Santos, R., Costa, A. A., & Grilo, A. (2017). Bibliometric Analysis and Review of Building Information Modeling Literature Published Between 2005 and 2015. *Automation in Construction*.
- Solnosky, R. & Parfitt, M. (2015). A Curriculum Approach to Deploying BIM in Architectural Engineering. *ASCE*, 651-662.
- Sun, C., Jiang, S., & Skibniewski, M. J. (2017). A Literature Review of the Factors Limiting the Application of BIM in the Construction Industry. 23(5), 764–779.
- Wu, W., & Luo, Y. (2016). Pedagogy and assessment of student learning in BIM and sustainable design and construction. *Journal of Information Technology in Construction*, 21(November 2015), 218–232.
- Yusuf, B. Y., Ali, K. N., & Embi, M. R. (2016). Building information modeling as a process of systemic changes for collaborative education in higher institution.

Zhang, J., Wu, W., Asce, A. M., & Li, H. (2018). Enhancing Building Information Modeling Competency among Civil Engineering and Management Students with Team-Based Learning.