

POTENSI MAKERSPACE DALAM MENGHUBUNGKAN JURANG PENGETAHUAN PELAJAR REKABENTUK PERINDUSTRIAN BERALIRAN SENI DENGAN BIDANG PENGHASILAN PROTOTAIP ELEKTRONIK

AZMUL FADHLI BIN KAMARUZAMAN *

AHMAD RASDAN BIN ISMAIL **

KHAIRUL AZHAR BIN MAT DAUD ***

azmul@umk.edu.my*

Abstrak

Tidak seperti dahulu, di mana ekspresi pereka terhadap bentuk diberi keutamaan, dengan skop rekabentuk yang semakin hari semakin meluas, tidak dapat dinafikan bahawa Kurikulum rekabentuk perindustrian berasaskan seni di institusi pengajian tinggi hari ini menuntut pengetahuan pelajar dalam bidang prototaip elektronik selaras dengan perkembangan teknologi semasa. Nama dan idea Gerakan Pembuat dapat dikesan bermula sekitar tahun 2005 dengan munculnya majalah Make dan Maker Faire yang pertama pada tahun 2006. Akan tetapi kegiatan awalnya adalah hanya bagi penggemar hobi dan kraf seperti kerja kayu, jahitan, dan elektronik. Gerakan ini diperkuatkan lagi seterusnya melalui perkembangan teknologi menerusi alat-alat fabrikasi digital, papan fabrikasi litar kawalan mikro dan rangkaian atas talian yang memudahkan ahlinya untuk berkongsi, mengkritik, dan membandingkan idea-idea, reka bentuk, dan informasi projek. Gerakan pembuat (maker movement) telah mencuri perhatian orang awam dan akhbar dalam beberapa tahun kebelakangan ini. Hasil dari gerakan ini wujud pula terma-terma seperti makerspaces, fablab, tinkerspace dan sebagainya walaupun ianya membawa maksud yang sama. Gerakan ini tidak berdiri dengan sendirinya tanpa bantuan dua elemen utama gerakan ini iaitu perkembangan teknologi mesin pencetak 3D dan platform prototaip elektronik sumber terbuka. Wujudnya makerspace adalah kesan dari gerakan tersebut. Antara platform prototaip elektronik sumber terbuka yang digunakan secara meluas adalah platform Arduino yang membuka dimensi baru dalam bidang prototaip elektronik. Tujuan utama artikel ini adalah untuk membincangkan serta menghuraikan potensi makerspace terhadap pembelajaran pelajar rekabentuk perindustrian beraliran seni dalam menambah nilai ilmu pengetahuan dalam pembangunan prototaip elektronik berserta integrasi bersama rekabentuk fizikal dalam merekabentuk sesuatu produk dan seterusnya mendekatkan jurang ilmu aliran ini yang sudah terpisah sekian lama dengan bidang prototaip elektronik yang merupakan keperluan utama dewasa ini.

Kata kunci : makerspace, rekabentuk perindustrian, prototaip elektronik

* Lecturer, Faculty of Creative Technology and Heritage, University Malaysia Kelantan

** Assoc. Prof, Faculty of Creative Technology and Heritage, University Malaysia Kelantan

*** Senior Lecturer, Faculty of Creative Technology and Heritage, University Malaysia Kelantan

POTENTIAL OF MAKERSPACE IN BRIDGING THE KNOWLEDGE GAP OF ART-BASED INDUSTRIAL DESIGN STUDENTS WITH THE FIELD OF ELECTRONIC PROTOTYPE PRODUCTION

AZMUL FADHLI BIN KAMARUZAMAN *

AHMAD RASDAN BIN ISMAIL **

KHAIRUL AZHAR BIN MAT DAUD ***

azmul@umk.edu.my*

Abstract

Unlike in the first, where the designer's expression of the form is given priority, with the ever-expanding design scope, it is undeniable that the art-based industrial design curriculum at higher learning institutions today demands student knowledge in the field of electronic prototyping in line with current technological developments. The Maker movement and idea can be traced back to about 2005 with the advent of the first Make magazine and Maker Faire in 2006 although its initial activities are for hobbyists and crafts such as woodwork, sewing, and electronics. This movement is further enhanced through the development of technology through digital fabrication tools, microcontroller/microprocessor fabrication boards and online networks that facilitate the members to share, criticize, and compare ideas, designs, and project information. The maker movement has caught the attention of the public and the newspaper in recent years. As a result of these movements, there are terms such as makerspaces, fablab, tinkerspaces and so on although they have the same meaning. These movements do not stand by themselves without the help of two major elements of the movement, the development of 3D printer technology and the open source electronic prototyping platform. The existence of makerspace is the main contribution from the movement. Among the widely used open source electronic prototyping platforms is the Arduino platform that unlocks new dimensions in the field of electronic prototyping. The main purpose of this article is to discuss and elaborate the potential of makerspaces for the learning of art-based industrial design students upon increasing the value of knowledge in the development of electronic prototyping together with the integration of physical form in designing a novel product.

Keywords : makerspaces, industrial design, electronic prototyping

* Pensyarah, Fakulti Teknologi Kreatif dan Warisan, Universiti Malaysia Kelantan

** Prof. Madya Fakulti Teknologi Kreatif dan Warisan, Universiti Malaysia Kelantan

*** Pensyarah Kanan, Fakulti Teknologi Kreatif dan Warisan, Universiti Malaysia Kelantan

1.0 Pengenalan

Selaras dengan perkembangan semasa, dunia kini berada pada zaman revolusi perindustrian peringkat ke-4. Salah satu daripada penghubung yang menghubungkan dunia fizikal dan aplikasi digital kesan daripada revolusi perindustrian peringkat ke-4 adalah pensejagatan internet (IoT), teknologi mesin pencetak 3D, kecerdasan buatan dan sebagainya. Dengan perkataan mudahnya ia membina hubungan antara benda (produk, servis, tempat, dsbg.) dan manusia yang terjadi kesan daripada perkembangan teknologi semasa dengan menggunakan pelbagai platform. (Dougherty & Ariane Conrad, 2016). Disiplin rekabentuk perindustrian juga tidak ketinggalan dengan arus semasa ini. Sejarah membuktikan telah berlakunya pengasingan ilmu pengetahuan selepas tamatnya perang dunia kedua yang mana telah wujud dua aliran dalam disiplin ini. Sekolah-sekolah rekabentuk perindustrian atau Industrial design School berpecah kepada 2 haluan iaitu 1) Penekanan terhadap nilai artistik dan pemikiran konsep serta intuisi pereka dan yang ke-2, Penekanan terhadap Sains dan pemikiran rational beserta pendekatan saintifik. Dalam masa yang sama juga, dunia rekabentuk dilihat sangat ketinggalan dalam satu revolusi semasa iaitu revolusi elektronik yang berlaku sekitar revolusi perindustrian peringkat ke-3 selepas penciptaan transistor. Perekabentuk Industri semasa era itu hanya bertindak sebagai pereka butang kekunci sesuatu mesin dan bukannya idea konsep mesin/produk tersebut. Rekabentuk produk dewasa ini menuntut kepada interaksi dengan kepintaran iaitu sesuatu produk yang dibangunkan dari inovasi-inovasi menggunakan elektronik (Hummels & Overbeeke, 2010) .

Kreativiti merupakan antara perkara yang paling dititik beratkan didalam rekabentuk sesuatu produk. Dari kreativiti wujudnya inovasi. (Oman, Tumer, Wood, & Seepersad, 2013) Dewasa ini kesan dari revolusi perindustrian ke-4, rekabentuk produk menuntut kepada asimilasi bentuk, elektronik dan kecerdasan sesuatu produk bagi menembusi pasaran semasa. Selaras dengan itu wujudnya suasana pembelajaran yang diberi nama makerspace yang berasal dari gerakan pembuat di Amerika Syarikat yang menggelarkan gerakan tersebut sebagai maker movement. (Wang, Dunn, & Coulton, 2015)

1.1 Gerakan pembuat (maker movement)

Gerakan pembuat bermula sekitar tahun 2005 dan 2006 (Dougherty & Ariane Conrad, 2016) , lantas munculnya laman sesawang, penerbitan majalah yang menekankan sikap buat sendiri atau D.I.Y (do it yourself) yang merupakan tunjang utama gerakan ini. Antara aktiviti yang sering dilakukan oleh gerakan ini adalah pembuatan artifak menggunakan mesin pencetak 3d, prototaip elektronik, kraftangan, kerja kayu, masakan dan sebagainya. Ianya dipelopori oleh jurutera, penggemar hobi, penggodam, artis dan sebagainya. Antara ciri-ciri utama gerakan pembuat adalah penggunaan perkakasan sumber terbuka FOSHW (free open source hardware) dan perisian sumber terbuka FOSSW (free open source software) yang dijadikan elemen utama gerakan ini. FOSHW dan FOSSW berdiri secara positif dalam membantu pembinaan dan

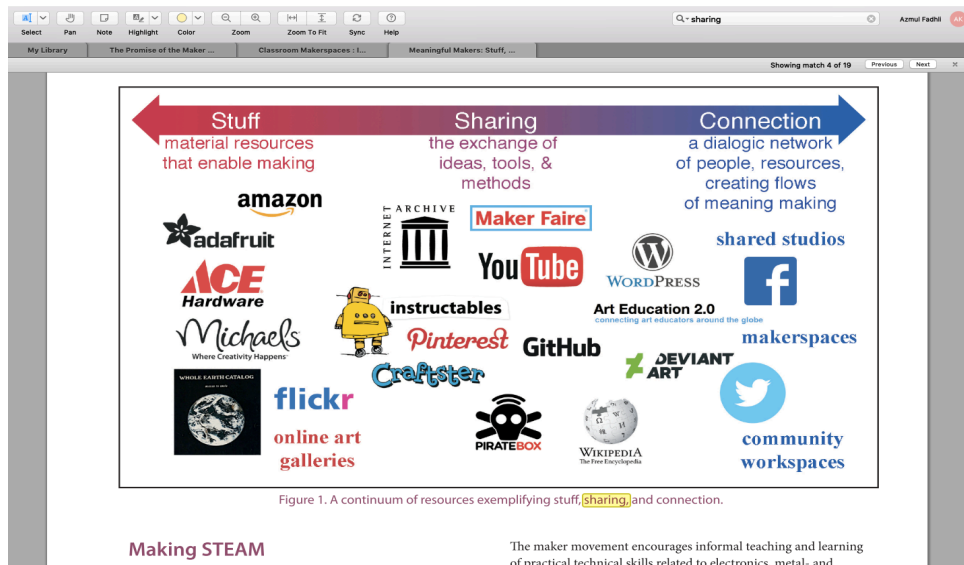
pembuatan secara kolektif berserta perkongsian antara ahli-ahli yang terlibat secara aktif. Ia juga bertindak dalam memacu kos teknologi kepada harga yang lebih rendah. Teknologi yang dihasilkan menawarkan dan menyediakan cara baru dalam proses pembuatan dan rekabentuk, bahkan dapat mengubah amalan membuat dan merekabentuk dari domain taman perindustrian dan lokasi tertentu di seluruh dunia kepada rumah, studio, fablab atau makerspace (universiti atau komuniti) yang secara amnya meletakkan pereka sebagai pengguna akhir. Ahli yang bergiat aktif di dalam makerspace menghasilkan penyelesaian mereka sendiri terhadap sesuatu masalah dalam tempat kerja bersama yang dinamai sebagai microfactories, hackerspaces, fablab atau media lab. (Gandini, 2015). Dalam artikel ini, terma makerspace digunakan bagi mewakili variasi nama-nama yang disebutkan tadi. Makerspaces adalah komuniti terbuka yang menjalankan aktiviti tinkering (mencuba memperbaiki sesuatu), inovasi dan sosialisasi. Ia dilengkapi dengan alatan dan sokongan latihan “pembuatan” dari ahlinya. Laman-laman sesawang yang wujud pula dipenuhi dengan projek-projek berserta manual pembuatan yang dikongsi oleh ahli-ahli dalam makerspace. Fenomena ini dipanggil sebagai pendemokrasian inovasi “democratization of innovation” (Holm, 2015). Antara persoalan yang kerap dibincangkan oleh pengkaji-pengkaji dewasa ini adalah bolehkah ianya dijadikan sebagai batu loncatan bagi meningkatkan inovasi dan diterapkan dalam bidang pendidikan rekabentuk perindustrian. Artikel ini akan membincangkan potensi makerspace dalam mendekatkan jurang pengetahuan pelajar aliran seni dalam rekabentuk perindustrian dengan rekabentuk prototaip elektronik berserta cabaran-cabarannya memandangkan pertumbuhan gerakan pembuat yang sangat pesat yang menuntut kepada keperluan bagi memahami bagaimanakah pelajar rekabentuk perindustrian beraliran seni dapat menggunakan sepenuhnya potensi yang ada dari gerakan ini bagi mencapai matlamat dalam pembelajaran ilmu prototaip elektronik bersumberkan kaedah dan suasana makerspaces.

1.2 Rangka kerja makerspace

Rajah 1 : Rangka kerja makerspaces

Rajah 1 menunjukkan rangka kerja dalam makerspaces (Holm, 2015). Ianya bermula dengan pereka yang melakukan inovasi terhadap sesuatu perkara atau benda. Inovasi yang dilakukan adalah bagi dua tujuan iaitu sama ada kepada dirinya sendiri atau bagi tujuan komersil. Berdasarkan rajah di atas, kelestarian idea dan inovasi berlaku disebabkan proses replica/peniruan sesuatu artifak yang dihasilkan kesan dari penerbitan/perkongsian yang dilakukan oleh ahli yang terlibat. Sebagai contoh, antara laman sesawang yang menyajikan manual-manual pembangunan prototaip produk seperti instructables.com, Arduino.cc dan sebagainya. Laman-laman sesawang sebegini boleh dijadikan sumber inspirasi dan pemangkin bagi meningkatkan

keaktiviti pelajar dalam menghasilkan produk mereka sendiri. Kesannya terhadap kreativiti pelajar akan dibincangkan dalam subtopik seterusnya.



Rajah 2 : Hubungkait antara benda, perkongsian dan sambungan yang membentuk rangkaian mampan. Imej diambil dari: (Patton & Knochel, 2017).

Hubungkait antara benda, perkongsian dan sambungan atas talian dipaparkan seperti rajah 2 di atas. Bahan memainkan peranan yang penting dalam pembentukan kurikulum pelajar dalam makerspaces. Bahan-bahan seperti contoh di atas boleh digunakan oleh pelajar dalam mempelajari sesuatu perkara dan ianya dibantu oleh perkongsian atas talian yang dibina oleh ahli-ahli yang terlibat. Laman sesawang seperti yang ditunjukkan dalam rajah diatas boleh digunakan sepenuhnya oleh pelajar dalam mempelajari ilmu prototaip elektronik dengan menggunakan bahan yang sedia ada. Perkongsian juga mewujudkan perpustakaan idea-idea yang mempunyai potensi dalam membantu pelajar menerokai idea baru hasil dari gabungan idea-idea yang terdapat dalam laman sesawang tersebut berserta idea disekeliling mereka. Idea yang baik tidak datang dengan sekelip mata, ia dibina daripada koleksi idea-idea yang ada dengan komposisi yang berkembang dan menguncup dari masa ke semasa (Johnson, 2010).

Terdapat 3 komponen utama yang menyumbang dalam peningkatan prestasi bagi kreativiti

iaitu kemahiran yang berada dalam domain, kemahiran kreativiti yang relevan dan motivasi (Amabile, 1983). Kemahiran di dalam konteks ini merujuk kepada kemahiran menghasilkan prototaip elektronik seperti kemahiran menyambung komponen-komponen elektronik, kemahiran melakukan pengaturcaraan bagi papan pengawal mikro serta pemilihan penggunaan sensor dan aktuator yang betul dalam menghasilkan aplikasi fizikal yang berinteraksi dengan perubahan persekitaran.

2.0 Potensi makerspaces bagi pelajar rekabentuk perindustrian

2.1 Kreativiti dan Inovasi

Kreativiti memainkan peranan yang penting dalam penghasilan produk yang bermutu tinggi. Mewujudkan generasi yang kreatif adalah resipi utama bagi inovasi (Wang et al., 2015). Teori pelaburan (investment theory) mencadangkan bahawa terdapat 6 komponen penting dalam meningkatkan kreativiti iaitu kemahiran intelektual, pengetahuan, personaliti, motivasi dan persekitaran. Seterunya gaya pemikiran seseorang juga memberi kesan kepada kreativiti (Liu & Scho, 2004). Makerspaces adalah suatu persekitaran yang menyokong dan dapat meningkatkan kreativiti pelajar dan menyokong 7 komponen yang disebutkan tadi.

2.2 Pencantuman Idea

Persekitaran manakah yang mencipta idea yang terbaik? Cara paling mudah untuk menjawab persoalan ini adalah: persekitaran yang inovatif dan membantu pereka meneroka kemungkinan yang ada di sekeliling mereka kerana mereka terdedah kepada sampel projek, penyelesaian masalah yang luas dan pelbagai (Johnson, 2010). Dalam suasana makerspaces, Pereka digalakkan untuk mencari cara baru dan menggabungkan semula idea-idea yang wujud di sekeliling mereka. Idea-idea ini mungkin muncul dari perbincangan sesama ahli dalam menyelesaikan sesuatu masalah atau diperolehi dari sumber atas talian yang sedia terbangun kesan dari sumbangan ahli-ahli yang terlibat dalam makerspaces. Persekitaran yang menyekat atau mengehadkan kombinasi baru-dengan menghadkan percubaan adalah tidak kondusif bagi penghasilan idea yang bagus. Hal ini seterusnya dapat diambil manfaat oleh pereka dalam mempelajari ilmu prototaip elektronik yang wujud dalam makerspaces seterusnya dapat mendekatkan jurang ilmu pengetahuan dalam bidang tersebut.

2.3 Rangkaian Inovatif melalui kolaborasi

Antara ciri utama yang ada dalam makerspaces adalah kolaborasi. Makerspaces adalah ruang kerja terbuka yang menawarkan pelbagai alat dan mesin, pengawasan dari pengajar dan kelas/kursus kepada ahlinya. Di dalamnya, ahli dapat bekerja bersama walaupun mempunyai projek yang berbeza. Semasa bekerja dalam kumpulan, pereka bukan sahaja dapat mengembangkan

idea malah mereka dapat berkongsi model mental dari setiap individu yang terlibat dalam proses mereka bentuk berserta pengurusan aliran kerja secara berkumpulan. Sama seperti proses melakar yang merupakan alat komunikasi yang membolehkan pereka meneroka idea dengan lebih luas (Ahmad, Badke-Schaub, & Eris, 2012), makerspace menawarkan persekitaran yang menjadi pemangkin dalam penjanaan idea yang mapan berserta dapat membantu dalam proses prototaip yang mana membolehkan produk yang dihasilkan lebih terperinci dan berfungsi (Bao, Faas, & Yang, 2018). Makerspaces memberi kuasa kepada pengguna dalam membangun, membina dan menguji prototaip fizikal secara manual. Prototaip merupakan proses utama pembangunan produk, terutamanya dalam industri dan penyelidikan yang dipacu oleh teknologi. Untuk menjadikan minda lebih inovatif, pereka perlu meletakkan diri mereka di dalam persekitaran yang mempunyai rangkaian yang sama. Rangkaian idea atau orang yang meniru rangkaian neural minda lebih cenderung meneroka kemungkinan atau menggunakan alat yang paling produktif bagi menghasilkan idea yang lebih baik ditambah dengan keberadaan mereka di meja perbincangan sama ada di alam nyata atau alam maya. Hal ini merupakan salah satu ciri utama yang dimiliki oleh makerspace.

2.4 Menghubungkan Ilmu pengetahuan :

Komuniti dalam talian membenarkan perkongsian alat dan idea bagi meningkatkan kerjasama dan globalisasi dalam penyelesaian masalah (Papavlasopoulou, Giannakos, & Jaccheri, 2017). Makerspaces mempunyai potensi dalam memupuk pelajar supaya menjadi graduan yang berkemahiran antaradisiplin dan pelbagai disiplin kerana dalam makerspace, komuniti ini terbina dari ahli-ahli yang berlainan bidang dan profession. Mereka semua bersama dalam satu komuniti untuk berkongsi pengetahuan dalam perkara yang mereka minati terutamanya prototaip bentuk fizikal dan elektronik. Ini sedikit sebanyak dapat mendekatkan dan menghubungkan jurang yang sedia wujud dikalangan pelajar beraliran seni dengan dunia prototaip elektronik yang merupakan tuntutan dewasa ini. Keterbukaan dan kesambungan pada akhirnya akan menjadi lebih berharga bagi inovasi dibandingkan dengan mekanisma yang kompetitif dan tertutup (Johnson, 2010). Dalam hal ini, makerspace bertindak dalam menyokong inovasi pengguna dan menyebarkannya kepada pengguna yang lain. Potensinya adalah sangat besar untuk digunakan oleh pelajar dalam mempelajari ilmu yang diluar bidang dan kemahirannya seperti bidang penghasilan prototaip elektronik. Keterbukaan ini adalah kesan dari FOSS dan FOSHW yang membenarkan pengguna untuk melakukan apa sahaja yang diinginkan mereka tanpa perlu terikat dengan syarat-syarat yang tertentu.

3.0 Perbincangan

Makerspace mempunyai nilai potensi yang tinggi dalam meningkatkan kreativiti pelajar serta menghubungkan jurang ilmu pengetahuan seperti yang dinyatakan di atas tadi. Namun begitu, terdapat beberapa cabaran-cabaran yang perlu diambil perhatian bagi merealisasikan hasrat tersebut.

3.1 Mentaliti pembuat

Cabaran yang pertama adalah bagi menanamkan mentaliti pembuat (maker mindset). Mentaliti pembuat mempunyai 4 komponen utama yang perlu dipupuk dikalangan pelajar iaitu keseronokan, pertumbuhan berorientasikan pembuatan, berani gagal, kolaborasi (Martin, 2015). Bermain adalah suatu fenomena yang kompleks, tetapi penyelidik telah lama menganggapnya sebagai aktiviti pembangunan asas untuk kanak-kanak dan remaja (Piaget, 1988) (Vygotsky, 1978). Pengajar adalah seharusnya menerapkan nilai ini dalam pembangunan kursus dan projek yang akan diberi kepada pelajar. Sikap berani gagal dan berani mencuba juga adalah antara sikap atau mentaliti yang perlu dipupuk dikalangan pelajar dan bagi mengelakkan masalah takut mencuba dikalangan pelajar pentingnya kolaborasi antara pelajar dan tenaga pengajar dalam menyelesaikan sesuatu masalah dalam rekabentuk.

3.2 Kemahiran computational thinking

Antara cabaran yang akan dihadapi dalam pembelajaran prototaip elektronik dalam suasana makerspaces adalah kemungkinan berlakunya kesukaran bagi pelajar beraliran seni dalam mempelajari ilmu pengaturcaraan yang merupakan antara peringkat yang penting dalam proses penghasilan prototaip elektronik yang menggunakan papan mikro pengawal. Namun begitu, ianya sedikit sebanyak dapat diatasi dengan pengenalan kursus pengaturcaraan di peringkat sekolah rendah yang sudahpun di jalankan oleh pihak Kementerian Pendidikan Malaysia. Melalui kurikulum KSSR yang mula diperkenalkan semenjak tahun 2016 (Ismail et al., 2016), pengaturcaraan dijadikan antara sebahagian dari kurikulum ini walaupun di peringkat global ianya sudah diperkenalkan di negara-negara selain Malaysia kepada kanak-kanak dari usia lima tahun (Dredge, 2017). Ia sedikit sebanyak dapat membantu pelajar dalam mengukuhkan asas dalam kemahiran computational thinking. Pengajaran ilmu pengaturcaraan bagi pelajar berjurusan seni adalah sukar kerana kekangan masa yang ada, dan latar belakang para pelajar yang pelbagai, tetapi memandangkan kepentingan pengkomputeran yang komprehensif, adalah penting bahawa mereka mempunyai pengalaman dalam pengaturcaraan komputer (Miron, 2016). Kursus asas pengaturcaraan haruslah diperkenalkan bagi pelajar Rekabentuk Perindustrian beraliran seni di peringkat Ijazah Sarjana Muda dengan melihat kepada potensi proses pengaturcaraan terhadap kemahiran computational thinking dan kreativiti dengan

bantuan suasana pembelajaran berasaskan makerspaces.

3.3 Asimilasi antara bahan, alatan dan pemikiran rekabentuk(design thinking)

Antara aspek lain yang harus diberi perhatian adalah perlunya asimilasi bahan, Pemikiran rekabentuk(design thinking) dan alatan. Pemikiran rekabentuk hendaklah dijadikan tunjang utama dalam pelaksanaan pembelajaran di dalam makerspace bagi mengelakkan segala aktiviti didalam proses pembelajaran hanya bertumpu kepada pengendalian alatan yang pelbagai. Setiap reka bentuk pelajar haruslah memberi tindak balas kepada keperluan, empati, dibangunkan dengan terancang dan mempunyai tujuan.

3.4 Skop yang perlu diberi penekanan

Empat skop yang seharusnya tidak dipandang mudah dalam menerapkan elemen makerspace dalam pembelajaran adalah keterlibatan semua ahli, kesediaan tenaga pengajar, pengurusan teknologi beserta pengurusan sumber dan kepelbagaian sikap pelajar (Hira, Joslyn, & Hynes, 2014). Keterlibatan kesemua ahli adalah antara resipi utama bagi makerspace dijadikan sumber dan suasana pembelajaran bagi pelajar. Dalam hal ini adalah menjadi satu cabaran bagi tenaga pengajar bagi memastikan keterlibatan semua ahli dalam menjayakan hasrat ini. Antara cabaran lain yang dianggap signifikan dalam menerapkan suasana makerspaces dalam pembelajaran adalah persediaan tenaga pengajar yang mempunyai pemahaman yang mendalam dalam subjek yang ingin diajar kepada pelajar. Ianya menjadi keperluan dengan adanya tenaga pengajar yang dilengkapi dengan kefahaman yang mendalam dalam subjek yang ingin diajar kerana ketidaksediaan mereka bakal mengundang masalah yang lain kepada pelajar. Adalah diharapkan bahawa tenaga pengajar diberi latihan yang cukup dalam bidang ini supaya dapat memanfaatkan sepenuhnya potensi makerspace seperti yang dibincangkan sebelum ini. Pengurusan teknologi dan sumber juga harus diberi penekanan kerana proses pembelajaran berasaskan makerspaces memerlukan penggunaan peralatan yang pelbagai dan ianya mesti diuruskan, diselia dan diselenggarakan dengan sebaiknya bagi menjamin kelancaran sesuatu proses pembelajaran. Seterusnya pula adalah kepelbagaian sikap pelajar yang merupakan perkara yang menjadi cabaran utama dalam penerapan suasana makerspace dalam pembelajaran. Setiap pelajar mempunyai sikap yang tertentu dan juga tanggapan terhadap bidang elektronik itu sendiri yang dianggap sukar dan tidak boleh dipelajari oleh mereka. Tanggapan begini harus dikikis dengan sokongan dari ahli-ahli yang terlibat dan tenaga pengajar adalah diperlukan untuk mengubah persepsi ini yang seterusnya menghubungkan jurang ilmu pengetahuan antara pelajar dengan bidang tersebut.

4.0 Kesimpulan

Pada kesimpulannya, makerspaces adalah suatu persekitaran dan kaedah yang dapat menggalakkan inovasi dan meningkatkan kreativiti pelajar. Ia mempunyai potensi yang sangat besar bagi menghubungkan jurang ilmu yang terpisah sekian lama. Potensi persekitaran pembelajaran ini haruslah digunakan sepenuhnya oleh pelajar dan pengajar bagi meningkatkan idea, kreativiti dan inovasi pelajar dalam bidang rekabentuk perindustrian dalam menghadapi arus dunia yang pesat berkembang supaya disiplin ini tidak ketinggalan di belakang. Kajian akan datang akan melibatkan kesan makerspace terhadap nilai kreativiti dan percambahan idea bagi sesuatu produk yang boleh diukur menggunakan beberapa kaedah yang tertentu.

5.0 Penghargaan

Penyelidikan ini disokong oleh Kementerian Pengajian Tinggi Malaysia di bawah tajaan biasiswa SLAI / SLAB untuk peringkat doktor falsafah bagi tempoh September 2019 hingga September 2022. Kami berterima kasih kepada semua yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam menjayakan kajian ini.

6.0 Rujukan

- Ahmad, N. S. N., Badke-Schaub, P., & Eris, O. (2012). Conversations around design sketches: Use of communication channels for sharing mental models during concept generation. *Design and Technology Education*, 17(3), 27–36. Retrieved from <https://files-eric-ed-gov.libproxy.txstate.edu/fulltext/EJ996069.pdf>
- Amabile, T. M. (1983). The social psychology of creativity: A componential conceptualization. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45(2), 357–376. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.45.2.357>
- Bao, Q., Faas, D., & Yang, M. (2018). Interplay of sketching & prototyping in early stage product design. *International Journal of Design Creativity and Innovation*, 6(3–4), 146–168. <https://doi.org/10.1080/21650349.2018.1429318>
- Dougherty, D., & Ariane Conrad. (2016). Free to make. Booklist (Vol. 113). Retrieved from <http://0-search.ebscohost.com/mercury.concordia.ca/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=117909373&site=ehost-live&scope=site>
- Dredge, S. (2017). Coding at school: a parent's guide to England's new computing curriculum | Technology | The Guardian.
- Gandini, A. (2015). The rise of coworking spaces: A literature review. *Ephemera: Theory & Politics in Organization*. <https://doi.org/1473-2866>

- Hira, A., Joslyn, C. H., & Hynes, M. M. (2014). Classroom Makerspaces : Identifying the Opportunities and Challenges.
- Holm, E. J. Van. (2015). Makerspaces and Contributions to Entrepreneurship. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.167>
- Hummels, C. C. M. ;, & Overbeeke, C. J. (2010). Aesthetics of interaction. *International Journal Of Design*, 4(Special issue editorial), 1–2. Retrieved from www.ijdesign.org
- Ismail, A., Hayati, M., Yatim, M., Sahabudin, N. A., Zuhaidah, N., & Zain, M. (2016). Keupayaan Murid Sekolah Rendah Mempelajari dan Menerokai Bahasa Pengaturcaraan Visual Capability of Primary School Pupils in Learning and Exploring Visual Programing Language. *Journal of ICT in Education*, 3(October), 2289–7844. Retrieved from http://pustaka2.upsi.edu.my/eprints/2359/1/KEUPAYAAN_MURID_SEKOLAH_RENDAH_MEMPELAJARI_DAN_MENEROKAI_BAHASA_PENGATURCARAAN_VISUAL.pdf
- Johnson, S. B. (2010). Where Good ideas come from.
- Liu, Z. E., & Scho, D. J. (2004). Teaching Creativity in Engineering *. *International Educationional Jurnal Engineering*.
- Martin, L. (2015). The Promise of the Maker Movement for Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 5(1). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1099>
- Miron, J. (2016). In Defense of Programming. *ACM Inroads*, 7(1), 44–46. <https://doi.org/10.1145/2827858>
- Oman, S. K., Tumer, I. Y., Wood, K., & Seepersad, C. (2013). A comparison of creativity and innovation metrics and sample validation through in-class design projects. *Research in Engineering Design*, 24(1), 65–92. <https://doi.org/10.1007/s00163-012-0138-9>
- Papavlasopoulou, S., Giannakos, M. N., & Jaccheri, L. (2017). Empirical studies on the Maker Movement, a promising approach to learning: A literature review. *Entertainment Computing*, 18, 57–78. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2016.09.002>
- Patton, R. M., & Knochel, A. D. (2017). Meaningful Makers: Stuff, Sharing, and Connection in STEAM Curriculum. *Art Education*, 70(1), 36–43. <https://doi.org/10.1080/00043125.2017.1247571>
- Piaget, F. (1988). Play, Dreams, and Imitation in Administration. *Child Care Information Exchange*. <https://doi.org/10.1177/0907568202009004005>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge,



MA: Harvard University Press. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-92784-6>

Wang, D., Dunn, N., & Coulton, P. (2015). Grassroots maker spaces: a recipe for innovation? EAD '15: 11th European Academy of Design Conference, 10. <https://doi.org/10.1149/1.2120109>