

Hubungan CAD dan Idea Inovasi : Satu Kajian Eksplorasi Menggunakan Aplikasi *Atlas Ti*

Anwar Hamid Pa^{a,*}, Aede Hatib Musta'amal Jamal^a, Noramdzan Yusof^a, Zahid Daim^b

^aFakulti Pendidikan, Universiti Teknologi Malaysia

^bKolej Komuniti Kepala Batas, Pulau Pinang

*Corresponding author : anwarpa04@yahoo.com

Abstrak

Inovasi dalam rekabentuk produk dengan menggunakan perisian CAD sebagai alat rekabentuk tidak dinafikan semakin popular sekarang ini. Dalam pembangunan produk baru, menghasilkan idea-idea inovasi dalam rekabentuk produk dapat mewujudkan hubungkait antara elemen-elemen inovasi dan CAD sewaktu aktiviti rekabentuk dijalankan. Beberapa elemen-elemen inovasi dicadangkan untuk tujuan ini antaranya 'novelty', Kualiti, Kuantiti dan Kepelbagaian. Tujuh elemen ini dicadangkan kerana ianya seringkali dilaporkan melalui hasil kajian literatur sebagai elemen-elemen inovasi dalam menghasilkan produk inovasi. Dalam kajian kes ini, dengan kaedah sampel bertujuan, dua pelajar dari kursus Teknologi Pembuatan dari Kolej Komuniti Kepala Batas secara sukarela menawarkan diri sebagai partisipan untuk kajian secara eksplorasi dengan menggunakan perisian CAD. Kajian kes 1 dijalankan sebagai kajian permulaan untuk menguji instrumen yang dibina untuk fasa kajian seterusnya dan melibatkan kaedah 'think aloud protokol', pre-interview dan 'post-interview' serta pemerhatian secara dekat semasa partisipan menggunakan perisian CAD sewaktu merekabentuk produk inovasi. Kertas ini akan menunjukkan bagaimana hasil dapatan dari kajian kes ini dianalisa menggunakan perisian *Atlas Ti* versi 7.0 yang popular untuk kajian kualitatif dengan menjadikan empat matrik di atas sebagai pembolehubah. Keputusan kajian menunjukkan matrik penjaanaan idea inovasi di atas memberi kesan yang signifikan dalam menghasilkan produk inovasi semasa merekabentuk produk menggunakan perisian CAD

Kata kunci: Lukisan Terbantu Komputer (CAD), Inovasi, Pendidikan Rekabentuk, Analisa Protokol (*Think Aloud*), Penjaanaan Idea (*Ideation*)

PENGENALAN

Perisian CAD telah lama diakui sebagai alat rekabentuk produk yang paling berkesan berbanding kaedah tradisional (Cumming, 1998). Perisian CAD semenjak diperkenalkan telah melalui berbagai evolusi teknologi dan kebolehannya dalam merekabentuk produk samada dalam bentuk dua dimensi atau pun tiga dimensi (Veisz, Namouz, Joshi & Summers, 2012). Perisian CAD tidak dinafikan banyak menyumbang kepada penghasilan produk yang kreatif dan inovatif baik dari sektor industri mahupun disektor akademik. Kebelakangan ini institusi akademik telah menunjukkan kecenderungan untuk menerapkan nilai-nilai inovasi dalam pendidikan rekabentuk di sekolah-sekolah berasaskan teknikal. Hal ini adalah kerana inovasi dapat berperanan untuk mengukuhkan ekonomi sesebuah negara dengan penghasilan produk inovatif dan kreatif (Elizondo, Yang, Kisselburgh, Hirleman, Cipra & Ramani, 2010). Walaubagaimanapun, untuk menerapkan elemen-elemen inovasi dalam rekabentuk produk bukanlah sesuatu perkara yang mudah seumpama pengajaran di dalam bilik darjah, tetapi ianya memerlukan latihan dan kefahaman melalui latihan praktik dan juga pengalaman seseorang individu tersebut. Kemahiran menggunakan perisian CAD bukanlah bermaksud seseorang itu adalah kreatif dan inovatif tetapi berkebolehan untuk memahami kaedah yang betul bagaimana untuk merekabentuk produk yang inovatif (Elizondo, Yang, Kisselburgh, Hirleman, Cipra & Ramani, 2010). Dalam kata lain, produk inovatif adalah produk yang dapat memenuhi kepuasan pengguna dan bersifat baharu serta kemunculannya adalah tidak dijangka (M.N.S. & Seepersad, 2009). Sehubungan dengan itu, untuk menghasilkan produk yang kreatif dan inovatif perekabentuk mestilah dapat menjana idea-idea inovatif dan ianya adalah elemen penting untuk memperkenalkan produk yang dapat bersaing di pasaran (Genco & Seeoersad, 2010). Rekabentuk produk inovatif menurut laporan (Hatib, Fairus & Mohd., 2009) adalah bermula dari peringkat penjaanaan idea sehingga mengaplikasikan semua idea-idea tersebut termasuk bahan, alatan dan proses untuk menghasilkan sesuatu produk prototaip. Disebabkan pentingnya penjaanaan idea dalam proses rekabentuk, maka banyak kajian telah dijalankan oleh penyelidik-penyelidik terdahulu terutamanya untuk memahami tingkahlaku kognitif perekabentuk semasa merekabentuk produk inovatif (Paulus, 2000; Verhaegen, Vandevenne, Peeters & Duflou, 2013; Nelson, Wilson, Rosen & Yen, 2009) dan menilai teknik-teknik penjaanaan idea yang berkesan serta memperkenalkan elemen-

elemen (matrik) penjaanaan idea untuk tujuan penilaian idea inovasi diperingkat rekabentuk konsep dan kebanyakannya penjaanaan idea berasaskan lakaran konsep menggunakan pen dan kertas (Shah, Kulkarni & Vargas-Hernandez, 2009). Penjaanaan idea-idea inovatif semasa menggunakan *CAD* agak jarang dibincangkan walaupun *CAD* boleh memperbaiki kualiti reka bentuk dan dapat mengurangkan kos serta memendekkan masa rekabentuk serta visualisasi model rekabentuk sebelum produk dihasilkan (Hatib, Fairus & Mohd., 2009) Penyelidik terdahulu menyatakan penggunaan *CAD* pada peringkat awal rekabentuk konsep adalah tidak meyakinkan kerana ianya tidak menyumbang kepada idea-idea kreatif dan inovatif dan sesuai di fasa akhir rekabentuk iaitu untuk tujuan dokumentasi dan persembahan (Hatib, Fairus & Mohd., 2009) Seterusnya, menurut laporan (Hatib, Fairus & Mohd., 2009) lagi, penggunaan *CAD* pada fasa awal akan menyebabkan kelancaran idea akan terganggu semasa rekabentuk konsep dan boleh memberi kesan kepada kualiti rekabentuk yang terhasil. Sehubungan dengan itu, untuk lebih memahami permasalahan ini, penyelidik telah mengenalpasti beberapa pembolehubah berkaitan idea-idea inovatif yang telah dibincangkan oleh penyelidik- penyelidik terdahulu untuk digunakan sebagai kajian kes berkaitan masalah di atas. Sebagai contohnya, matrik penjaanaan idea inovatif daripada (Shah, Kulkarni & Vargas-Hernandez, 2009) akan digunakan untuk menganalisa hubungan idea inovatif dalam aktiviti rekabentuk semasa menggunakan perisian *CAD*. Matrik penjaanaan idea ini dipilih kerana seringkali dibincangkan oleh penyelidik-penyelidik terdahulu untuk mengenalpasti idea-idea inovatif dan kreatif yang wujud semasa sesi rekabentuk konsep dijalankan ke atas partisipan yang terlibat di dalam rekabentuk produk mekanikal.

OBJEKTIF KAJIAN

Objektif kajian ini adalah untuk mengenalpasti beberapa perkara berikut:

- i. Menyiasat tingkah laku penjaanaan idea inovasi partisipan semasa menggunakan *CAD* di awal proses rekabentuk produk
- ii. Mengenalpasti elemen-elemen inovasi yang memberikesan signifikan semasa rekabentuk produk menggunakan *CAD*.
- iii. Menentusahkan kerangka teori penjaanaan idea inovasi dan perkaitannya dengan *CAD*
- iv. Menguji dan menambahbaikkan instrument kajian untuk fasa kajian seterusnya

SKOP KAJIAN

Kajian ini hanya memfokuskan pelajar rekabentuk produk industri dari politeknik dan kolej komuniti atau institusi teknikal lain yang menggunakan perisian *CAD* untuk merekabentuk produk yang berasaskan elemen mekanikal.

MATRIK PENJANAAN IDEA INOVATIF

Inovasi sering digandingkan dengan kreativiti. Kebanyakan penyelidik bersetuju kreativiti ialah menghasilkan sesuatu daripada tiada manakala 'inovasi' adalah modifikasi sesuatu kepada bentuk produk dan servis seperti yang dilaporkan oleh (Cumming, 1998). Menurut Cumming (1998) Inovasi terdiri daripada penjaanaan idea-idea baharudan digunapakai kepada produk baru , proses serta juga perkhidmatan. Dalam kajian ini, matrik penjaanaan idea inovatif adalah merujuk kepada matrik penjaanaan idea sedia ada yang dilaporkan oleh Shah, Kulkarni & Vargas-Hernandez (2009) di mana matrik penjaanaan idea yang dipilih adalah *Novelty*, *Kepelbagaian (Variety)*, *Kualiti (Quality)* dan *Kuantiti (Quantity)*. Matrik penjaanaan idea ini dipilih sebagai pembolehubah dalam kajian kes ini adalah kerana seringkali dilaporkan sebagai elemen-elemen penilaian inovasi yang berkesan semasa penjaanaan idea-idea kreatif dan inovatif semasa rekabentuk konsep sesuatu produk berasaskan mekanikal Keempat-empat matrik ini kemudiannya dikelasifikasikan setiap satunya kepada tiga bahagian sepertimana yang ditunjukkan dalam Rajah 1.0 dan diuraikan secara terperinci berdasarkan tingkah laku kognitif perekabentuk melalui kajian-kajian literatur penyelidik terdahulu. Ringkasan huraian matrik penjaanaan idea adalah sepertimana dalam Jadual 1.0 dibawah.



Rajah 1.0: Model Penjanaan Idea Inovatif

Matrik Penjanaan Idea Inovatif	Elemen Idea Inovatif	Kod	Huraian Tingkah laku Idea-idea Inovasi Perekabentuk berasaskan Psikologi Kognitif (semasa menggunakan CAD)
Novelty (kreativiti)	Tidak Dijangka	UXT	Berkebolehan untuk menunjukkan idea-idea yang mengejutkan.
	Asli	ORG	Berkebolehan untuk menunjukkan idea-idea yang unik serta kreatif
	Bukan Kebiasaan	UNC	Berkebolehan untuk memaparkan idea-idea yang luarbiasa untuk menyelesaikan masalah
Kualiti	Kepuasan	STY	Berkebolehan untuk menunjukkan idea yang dapat menepati atau memuaskan kehendak rekabentuk/pelanggan/masalah
	Melaksanakan	FSB	Berkebolehan untuk mengubah suai rekabentuk produk
	Berfungsi	FLT	Berkebolehan untuk menunjukkan secara fizikalnya bahawa idea tersebut dapat berfungsi dan boleh bekerja.
Kuantiti	Bertilang Idea	MIS	Berkebolehan untuk menghasilkan beberapa idea semasa rekabentuk konsep
	Secara Spontan	SPT	Berkebolehan untuk menunjukkan idea-idea yang spontan atau penyelesaian kepada masalah semasa rekabentuk tanpa dirancang.
	Kelancaran Idea	FOI	Berkebolehan untuk menjana idea yang lancar untuk memenuhi kehendak rekabentuk dalam lingkungan masa yang diberikan
Pelbagai	Meneroka	EXL	Berkebolehan untuk menggunakan idea untuk mencari/meneroka penyelesaian semasa proses rekabentuk
	Refleksi Berterusan	CRN	Berkebolehan untuk menilai idea tersebut secara berterusan dengan mengambilkira idea sebelum, sekarang dan mencari penyelesaiannya.
	Fleksibel	FLX	Berkebolehan untuk menggunakan pendekatan idea-idea yang berbeza untuk penyelesaian (idea alternatif)

KAEDAH KAJIAN

Sampel Kajian

Kajian ini adalah kajian permulaan di mana objektifnya adalah untuk menguji instrumen kajian yang dibina dan dinamakan sebagai kajian kes satu untuk menyiasat serta mencari bukti wujudnya elemen-elemen inovasi semasa penggunaan *CAD* dalam rekabentuk produk mekanikal. Kajian ini dijalankan secara sampel bertujuan ke atas tiga orang pelajar sijil kejuruteraan mekanikal pembuatan Kolej Komuniti Kepala Batas yang secara sukarela untuk mengambil bahagian dalam kajian kes ini. Partisipan yang terlibat ini (P01, P02, dan P03) adalah mereka yang terpilih untuk Pertandingan Kemahiran Malaysia 2013[14]. Justeru itu, mereka telahpun mendapat latihan kemahiran di dalam menggunakan perisian *CAD* di Kolej Komuniti secara intensif. Rasionalnya pemilihan partisipan ini adalah kerana mereka telah mendapat pendedahan menggunakan perisian *CAD* selama atau lebih daripada tiga bulan dan dikategorikan sebagai novis iaitu partisipan mempunyai pengalaman yang kurang daripada lima tahun dalam industri (Ahmed, 2007). Walaubagaimanapun, pada hari kajian kes ini hendak dijalankan, partisipan (P03) telah menarik diri dan kajian ini diteruskan dengan dua orang sahaja partisipan yang terlibat sehingga tamat. Partisipan dalam kajian ini telah diberikan taklimat bagaimana untuk menjalankan kajian ini dan dikehendaki menandatangani borang persetujuan sebagai partisipan dalam kajian kes ini. Kajian ini diadaptasikan daripada masalah rekabentuk produk daripada soalan-soalan pertandingan kemahiran Malaysia yang sebelum ini dan digunakan dengan kebenaran. Jadual 3.0 menunjukkan kaedah kajian serta instrumen yang terlibat dalam kajian kes ini.

Jadual 2 Ringkasan Kaedah Kutipan Data (Kajian Kes I)

Partisipan	Tahap Kemahiran CAD	Tajuk Projek	Kaedah Kutipan Data				
			Pencerapan video	Analisa Protokol ('Think aloud')	Pra Temubual	Pasca Temubual	Diari Rekabentuk
P01	Novis	'Scissor Lift'	Ya	Ya	Ya	Ya	Tidak
P02	Novis	'Pneumatic Jack'	Ya	Ya	Ya	Ya	Tidak
P03	Novis	'Mobile Crane'	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak

Prosedur Kajian

Di dalam kajian kes ini, beberapa siri kajian kualitatif dijalankan ke atas partisipan semasa menggunakan perisian *CAD Autodesk Inventor 2013* sebagai peralatan kajian, antaranya pra temubual, pencerapan secara terus, analisa protokol dan pasca temubual. Pra temubual dijalankan sebelum partisipan terlibat untuk mendapatkan gambaran menyeluruh tentang *CAD* dan hubungannya dengan inovasi manakala pasca temubual dijalankan selepas kajian serta analisa terhadap dapatan telah dijalankan tujuannya untuk mendapatkan pandangan partisipan secara keseluruhan tentang *CAD* dan hubungkait inovasi semasa merekabentuk produk (Hatib, Hodgson & Norman, 2008). Setiap sesi temuduga dirakamkan dan kemudiannya ditranskripkan. Sebelum partisipan memulakan tugas, mereka diberikan penerangan awal tentang tajuk produk yang akan direkabentuk serta dikehendaki untuk menyelesaikannya berpandukan kehendak rekabentuk. Bagi mendapatkan idea untuk merekabentuk beberapa sumber daripada internet berkaitan produk yang akan direkabentuk yang telah berada dipasaran telah dirujuk oleh partisipan. Pencerapan secara terus pula dijalankan untuk merakamkan tingkahlaku partisipan semasa penjaan idea-idea inovatif dan kemudiannya dianalisa menggunakan perisian *Atlas Ti* versi 7. Kaedah kajian yang popular untuk partisipan yang terlibat dalam rekabentuk adalah menggunakan kaedah analisa protokol di mana partisipan dikehendaki menterjemahkan idea secara verbal semasa menggunakan *CAD* untuk merekabentuk produk (David, Ulman, Thomas; 1987). Paparan aktiviti *CAD* pada komputer dirakamkan secara atas skrin (*on screen record*) oleh satu perisian lain iaitu *Camtasia Studio* versi 8 di mana setiap partisipan dibekalkan perisian percubaan ini yang boleh dimuat turun secara percuma dari internet. Kelebihan perisian ini ialah di mana setiap aktiviti semasa partisipan menggunakan *CAD* dapat dirakamkan secara atas skrin dan direkodkan bersama audio di mana partisipan menggunakan fon kepala untuk merakamkan suara seperti Rajah 2.0 di bawah. Hasil dapatan rakaman kemudiannya disunting dahulu di dalam perisian *Camtasia Studio* dalam bentuk *avi* dan kemudiannya dimuat naik ke dalam perisian *Atlas ti* versi 7 untuk tujuan analisa data-data video dan audio sepertimana ditunjukkan dalam Rajah 3.0.



Rajah 2 : Aktiviti CAD dirakamkan secara 'on screen' menggunakan *Camtasia*

Analisa Data Menggunakan Atlas ti versi 7.0

Data-data mentah yang terdiri daripada rakaman video P01 dan P02 serta data-data transkrip verbal analisa protocol dimuat naik ke dalam perisian analisa kualitatif *Atlas Ti* Versi 7 (Dilesenkan kepada pelajar) . Proses pengekodan data-data verbal dijalankan merujuk Jadual 1.0 dan contoh pengekodan data adalah seperti Rajah 3.0 dibawah.

Time (start - end)	Innovative Idea (description)	Observation	Virtualisation (trial)
4:22:00 - 4:30:10			Andai dapat satu untuk 'cube off' terus ke ke pinggir... Andai dapat satu untuk 'cube off' terus ke ke pinggir... Andai dapat satu untuk 'cube off' terus ke ke pinggir... Andai dapat satu untuk 'cube off' terus ke ke pinggir... Andai dapat satu untuk 'cube off' terus ke ke pinggir... Andai dapat satu untuk 'cube off' terus ke ke pinggir... Andai dapat satu untuk 'cube off' terus ke ke pinggir... Andai dapat satu untuk 'cube off' terus ke ke pinggir... Andai dapat satu untuk 'cube off' terus ke ke pinggir... Andai dapat satu untuk 'cube off' terus ke ke pinggir...
4:58:13 - 5:13:15			Kalau hasil kurang memuaskan 'ajar right click'... Kalau hasil kurang memuaskan 'ajar right click'... Kalau hasil kurang memuaskan 'ajar right click'... Kalau hasil kurang memuaskan 'ajar right click'... Kalau hasil kurang memuaskan 'ajar right click'... Kalau hasil kurang memuaskan 'ajar right click'... Kalau hasil kurang memuaskan 'ajar right click'... Kalau hasil kurang memuaskan 'ajar right click'... Kalau hasil kurang memuaskan 'ajar right click'... Kalau hasil kurang memuaskan 'ajar right click'...
6:22:00 - 6:44:10			Ita perlu mentas pada bahagian 'body'... Ita perlu mentas pada bahagian 'body'... Ita perlu mentas pada bahagian 'body'... Ita perlu mentas pada bahagian 'body'... Ita perlu mentas pada bahagian 'body'... Ita perlu mentas pada bahagian 'body'... Ita perlu mentas pada bahagian 'body'... Ita perlu mentas pada bahagian 'body'... Ita perlu mentas pada bahagian 'body'... Ita perlu mentas pada bahagian 'body'...
11:27:20 - 11:51:21			Oh, ini yang akan dipotong... Oh, ini yang akan dipotong... Oh, ini yang akan dipotong... Oh, ini yang akan dipotong... Oh, ini yang akan dipotong... Oh, ini yang akan dipotong... Oh, ini yang akan dipotong... Oh, ini yang akan dipotong... Oh, ini yang akan dipotong... Oh, ini yang akan dipotong...

Rajah 3.0: Contoh Pengekodan Data Teks analisa protokol P02.

Pengekodan dokumen video mengambil masa yang panjang berbanding dokumen teks dan gambar kerana rakaman video yang terlalu lama iaitu keseluruhannya empat jam setiap partisipan. Lagipun, penyelidik perlu mengulangi beberapa kali klip video untuk tujuan pengekodan. Rajah 4.0 menunjukkan contoh pengekodan dokumen video yang diterbitkan daripada perisian *Camtasia* versi 8 yang telah disunting supaya sesuai untuk dimuatnaik ke perisian *Atlas ti*. Pencerapan secara terus menggunakan rakaman video pula tidak dianalisa kerana rakaman aktiviti *CAD* secara atas skrin menggunakan *Camtasia* sudah memadai dan lebih terperinci berbanding rakaman video dan dibimbangi hasil dapatan akan bertindan.



Rajah 4 : Contoh Pengekodan Data Video analisa protokol P02

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Jadual 3 menunjukkan kekerapan idea-idea inovatif yang muncul semasa aktiviti *CAD* dijalankan oleh partisipan P01 dan P02 dalam kajian kes ini. Jumlah keseluruhan bilangan idea inovatif yang direkodkan bagi kedua-dua partisipan (P01 dan P02) adalah sebanyak 147 kemunculan untuk keseluruhan sesi pencerapan. Kaedah analisa protokol 'think aloud' merekodkan kemunculan idea inovatif adalah sebanyak 44 kemunculan (P01) dan 32 kemunculan (P02). Pencerapan tingkahlaku partisipan semasa aktiviti *CAD* pula merekodkan kemunculan

idea inovatif masing-masing sebanyak 27 kemunculan (P01) dan 44 kemunculan (P02). Selanjutnya, dari analisa data juga mendapati peratus kekerapan munculnya idea inovatif adalah pada sela 1.4% hingga 18.4%. Peratusan terbesar adalah *'feasible'* (18.4%) diikuti *'Original'* (14.3%), refleksi berterusan (12.2%), meneroka (11.6%), fleksibiliti (10.2%), memuaskan (9.5%), *'unknown'* (7.5%), kelancaran idea (6.1%), luarbiasa (3.4%), berfungsi (3.4%), secara spontan (2.0%) dan berbagai idea (1.4%). 'Idea yang tidak dijangka' (*uncommon*) dalam kajian ini tidak merekodkan apa-apa idea inovatif (0%) untuk kedua-dua partisipan. Carta Pai dalam Rajah 5.0 menunjukkan matrik penjanaan idea *'variety'* (kepelbagaian idea) mendominasi hasil keputusan kajian ini iaitu sebanyak 34%, diikuti *'kualiti'* (31.3%), *Novelty* (17.7%), Kuantiti (9.5%) dan *'unknown'* (7.5%). Keputusan ini menunjukkan partisipan semasa proses rekabentuk lebih cenderung menjana idea untuk mengubahsuai objek yang dilukis untuk memenuhi kehendak rekabentuk dan kelebihan ini menunjukkan CAD mempunyai fasiliti yang dapat mengubahsuai objek dengan mudah dan senang.

P02: memendekkan sedikit 'body' pada bahagian belakang untuk memudahkan roda bergerak..(15:51)

Di awal proses rekabentuk juga, partisipan lebih cenderung menunjukkan idea-idea baharu yang unik untuk melukis bahagian-bahagian komponen objek. Ini dapat dilakukan dengan mudah menggunakan arahan lakaran parametrik (*parametric sketching*) yang tersedia di dalam perisian CAD ini.

P02:..kita lukislah bagi bahagian untuk takal atau tempat untuk kita pegang (handle)..bagi mengangkat jek ni lah..keluasan yang bersesuaian ialah 4mm (95:95)

Seterusnya, partisipan dalam kajian ini menjana idea secara refleksi berterusan untuk melihat apa-apa penambahbaikan yang perlu dilakukan terhadap objek yang dilukis. Hal ini dilakukan dengan menggunakan arahan-arahan seperti *orbit*, *zoom in* dan *out* terhadap objek yang dilukis dalam fasa proses rekabentuk.

P02:..guna 'orbit' untuk lihat bahan yang dah hasilah.. samada bersesuaian atau pun tak..lepas tu gunakan 'scroll' pada 'mouse' untuk 'zoom in' dan 'out'..(16:16)

Kebolehan menjana idea untuk mencari penyelesaian terhadap masalah rekabentuk juga kerap dilihat semasa proses rekabentuk menggunakan CAD ini dimana partisipan didapati dapat meneroka idea untuk menyelesaikan masalah rekabentuk.

P02:..apa kita dapati skru boleh berpusing..kita nak dia tetap dan tak boleh bergerak.. kita ambil 'constraint'..'angle'..dan 'direct third angle'..select(pilih) permukaan skru.. dan permukaan 'body' dan nilai degree0..'apply' dan 'cancel'..skru dah tak boleh bergerak.. kita buat pada lebih skru yang lain lah..(342:342)

Kebolehan menjana idea yang fleksibel dimana partisipan menunjukkan kemampuan berfikir secara *optional* untuk membuat pilihan kaedah terbaik menghasilkan objek yang dilukis dengan mudah.

P01:..Dekat command(arahan) ni juga kita boleh bahagikan..kita tak perlu buat pengiraan di atas kertas..atau guna kalkulator..sebab kalkulator ada kat sini dah..so dapat memudahkan kerja kita..(132:132)

Selanjutnya, kebolehan menjana idea untuk memenuhi kehendak rekabentuk juga dilihat dalam kajian ini dimana partisipan memikirkan tentang kaedah-kaedah tertentu dalam rekabentuk semasa menggunakan CAD untuk memenuhi kehendak rekabentuk contohnya memastikan produk akhir dilihat baik dari segi kekemasan dan rekabentuk yang ergonomik serta robust.

P02:..Kemudian kita 'fillet' pada bahagian bucu..agar tak nampak bersegi sangat..supaya dia nampak lebih kemas...(151:151)

Walaupun bagaimanapun, di dalam kajian ini juga didapati kedua-dua partisipan dilihat kurang menunjukkan kemampuan berfikir secara lancar semasa aktiviti CAD di mana dapat dilihat bilangan kelancaran idea hanya satu direkodkan untuk P01 manakala P02 hanya merekodkan dua kekerapan untuk sesi *'Think aloud protocol'*. Hal ini berlaku kemungkinan disebabkan tahap kemahiran peserta yang novis dalam penggunaan CAD serta pengalaman yang kurang daripada enam bulan ataupun mungkin disebabkan kontradiksi kemampuan berfikir dengan lancar yang terganggu dimana partisipan tidak dapat memfokuskan kepada proses rekabentuk dan pada masa yang sama memikirkan hasil rekabentuk (*outcome*). Hal ini bertepatan seperti apa yang dilaporkan oleh (Hatib, Firdaus &

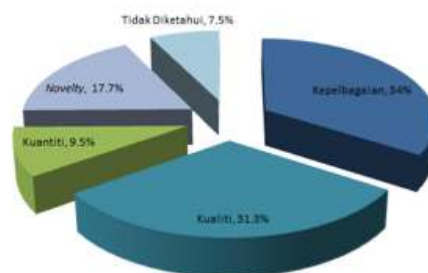
Mohd, 2009). Kajian di masa hadapan mungkin boleh dibuat perbandingan antara novis dan pakar dari segi kelancaran penggunaan CAD semasa rekabentuk produk inovatif. Elemen idea inovasi yang lain seperti 'luar biasa', 'berfungsi', 'secara spontan' dan 'berbagai idea' didapati menunjukkan kekerapan yang rendah yang mungkin disebabkan fasa proses rekabentuk atau rekabentuk konsep tidak memerlukan elemen idea yang sebegini tetapi dijangkakan akan muncul pada fasa akhir rekabentuk iaitu semasa fasa dokumentasi dan persembahan di mana matrik untuk 'kuantiti' dan 'kepelbagaian' (*variety*) adalah matrik fasa proses rekabentuk (rekabentuk konsep) manakala *novelty* dan *quality* adalah matrik pada fasa akhir (*outcomes*) rekabentuk (Hernandez, Shah & Smith, 2010). Satu kajian yang mendalam dicadangkan di masa hadapan berhubung matrik-matrik yang terlibat di fasa awal (*conceptual design*) dan difasa akhir (*outcomes*) rekabentuk semasa menggunakan CAD sebagaimana yang disarankan oleh Hernandez, Shah & Smith (2010); Catalina, Caijiao, Alejandro, Diaz & Pen.(2010). Seterusnya, dalam kajian ini penyelidik telah mengenalpasti satu pembolehubah yang berulang kali dicetuskan oleh partisipan dan ianya ditandakan dengan kod 'unknown'. Pembolehubah ini dilihat berupaya mempengaruhi kos produk akhir iaitu partisipan dilihat menunjukkan idea untuk memilih jenis bahan yang sesuai dan idea untuk merekabentuk kaedah pemasangan serta proses penghasilan produk yang mudah, murah serta robust.

P01:...so disini kalau kita nak ubah..memudahkan kita..jika takder software(perisian) ni contoh jika secara model..kos yg diperlukan tinggi..so cara ni menjimatkan kos kita..(239:239)

Dicadangkan kajian di masa hadapan agar dimasukkan pembolehubah 'kos' ini sebagai matrik penjaanaan idea inovasi dalam rekabentuk produk inovatif. Lagipun, kos memainkan peranan yang penting dalam menghasilkan produk inovatif supaya dapat bersaing secara kompetitif di pasaran sebagaimana disarankan oleh Miller & Cote (2008); Ye, Liu, Chen, Chen, Pan & Zhang (2008).

Jadual 3.0 :Data keseluruhan Kekerapan Idea-idea Inovatif yang muncul semasa aktiviti CAD dalam kajian ini.

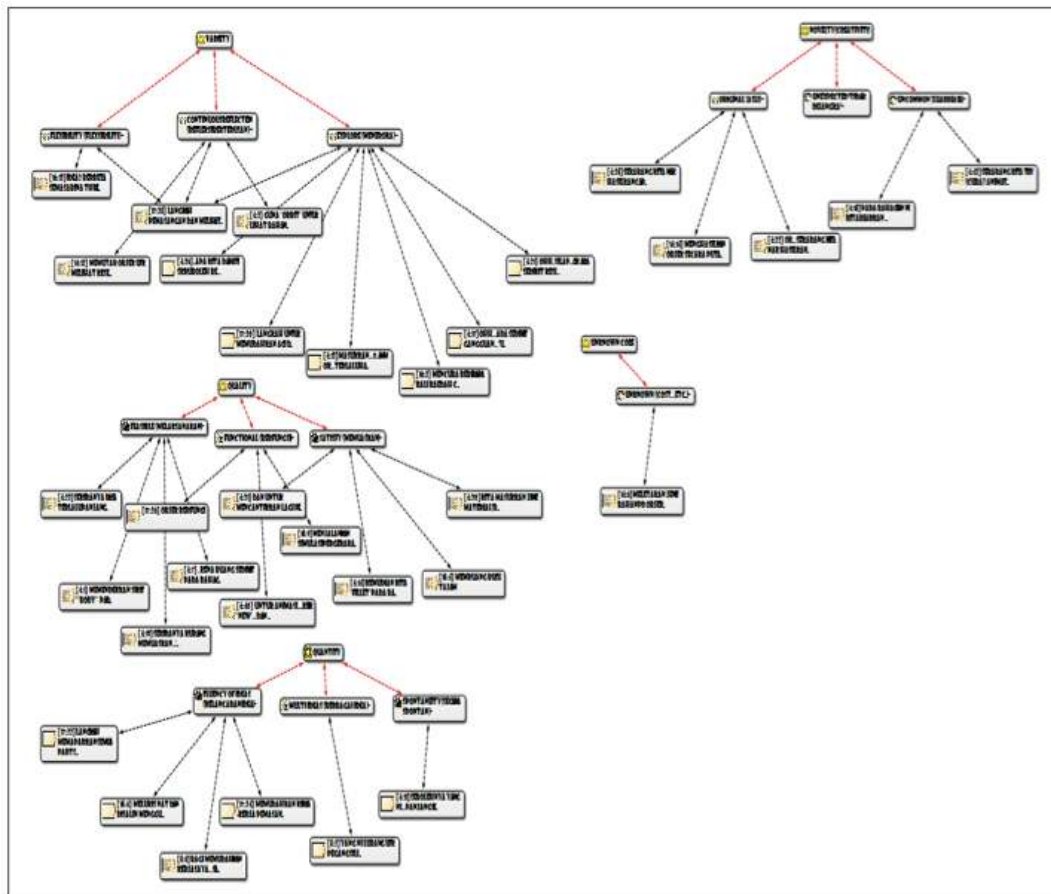
Bil	Matrik Idea Inovatif	Pecahan Matrik Idea Inovatif	Protokol Auditiv (P01) - 'Think Ahead'	Protokol Auditiv (P02) - 'Think Ahead'	Pencerapan Aktiviti CAD P01	Pencerapan Aktiviti CAD P02	TOTALS	Purata Keseluruhan (S)		
1	Variety (Kepelbagaian)	continuous reflection (refleksi berterusan)	6	4	3	1	0	4	12.2	
		options (macam-macam)	9	1	1	2	2	17	11.6	
		flexibility (fleksibiliti)	4	3	0	1	2	5	10.2	
		Total	19	8	4	4	4	19	34.0	
2	Quality (kualiti)	feasible (mungkin)	6	12	3	1	2	3	27	15.4
		functional (berfungsi)	2	0	0	2	0	1	5	3.4
		usability (memudahkan)	7	2	0	1	2	2	14	3.5
		Total	15	14	3	4	4	5	46	31.3
3	Quantity (kuantiti)	frequency of ideas (bilangan idea)	1	2	0	2	0	4	3	6.1
		multi ideas (bilangai idea)	0	2	0	0	0	0	2	1.4
		spontaneity (secara spontan)	2	1	0	0	0	0	3	2.0
		Total	3	5	0	2	0	4	14	9.5
4	Novelty	Original (asli)	5	1	3	1	6	5	21	14.3
		Uncommon (tidak biasa)	2	3	0	0	0	0	5	3.4
		unexpected/tidak dijangka	0	0	0	0	0	0	0	0.0
		Total	7	4	3	1	6	5	26	17.7
5	Tidak Diketahui	unknown (dett. etc.)	0	1	5	1	0	4	11	1.5
TOTALS:			44	32	15	12	16	30	141	180



Rajah 5 Carta pai menunjukkan peratus matrik penjaanaan idea yang wujud untuk P01 dan P02 semasa aktiviti CAD berlangsung

KESIMPULAN

Secara kesimpulannya, keempat-empat matrik penjaan idea sedia ada (*existing ideation metrics*) yang diperkenalkan oleh [10] telah menunjukkan adanya penjaan idea inovasi yang muncul sewaktu partisipan menggunakan *CAD* dalam proses awal rekabentuk produk. Hasil kajian ini mengesahkan bahawa ke empat-empat matrik ini boleh digunakan sebagai kerangka teori untuk menyiasat dengan lebih mendalam tentang idea-idea inovasi semasa menggunakan *CAD* untuk merekabentuk produk. Kajian ini juga telah menjawab beberapa persoalan di mana *CAD* dapat meyumbang kepada rekabentuk yang kreatif dan inovatif pada peringkat awal rekabentuk berdasarkan keupayaan perisian *CAD* terkini yang mempunyai fasiliti untuk mengubahsuai produk dan mensimulasikan produk untuk melihat fungsinya. Hasil dapatan kajian ini juga menunjukkan kelancaran idea partisipan juga memberi kesan dan ianya bergantung kepada tahap penguasaan partisipan dan pengalaman menggunakan *CAD*. Kajian ini juga menunjukkan matrik *variety* dan *quality* lebih tertumpu diperingkat awal rekabentuk sementara matrik *quantity* dan *novelty* agak kurang menonjol semasa rekabentuk awal menggunakan *CAD*. Selanjutnya, menganalisis hasil dapatan kualitatif menggunakan perisian Atlas Ti juga memberi pengalaman baharu kepada penyelidik kerana data-data yang diperolehi adalah lebih tersusun, kemas, sistematik serta mudah pengguna seperti ditunjukkan dalam Rajah 6.0. Melalui hasil kajian ini juga penyelidik dapat mengesahkan instrument kajian dan membuat beberapa penambahbaikan terhadap instrument untuk kajian pada fasa seterusnya.



Rajah 6 : Network menunjukkan perkaitan antara matrik Idea Inovasi dalam kajian ini.(sumber : Perisian *Atlas Ti* Versi 7.0)

PENGHARGAAN

Penyelidik berterimakasih kepada Dr. Aede Hatib dan Dr Zahid Daim di atas kerjasama dan bantuan kepakaran untuk menjalankan kajian ini.

RUJUKAN

- Ahmed, S. (2007). *An Industrial Case Study: Identification of Competencies of Design Engineers*, vol. 129.
- Catalina, M., Cajiao, R., Alejandro, J., Diaz, C. and Pen, T. H. (2010). *Innovation and Teamwork Training in Undergraduate Engineering Education : A Case of a Computing Engineering Course*, vol. 26, no. 6, pp. 1536–1549.
- Christoforidou, D. (2009). *Thinking And Re-Thinking Verbal Protocol Analysis In Design Research*.
- Cumming, B.S. (1998). *Innovation Overview*, vol. 1, no. 1, pp. 21–29.
- David, L. A. S., Ullman, G., Thomas, G. and Dietterich (1987). *Preliminary Results Of An Experimental Study Of The Mechanical Design Process.pdf*.
- Dean, D. L., Hender, J. M. and Rodgers, T. L. (2006). *Identifying Quality , Novel , and Creative Ideas : Constructs and Scales for Idea Evaluation 1*. vol. 7, no. 10, pp. 646–699.
- Department of Skills Development (DSD). (2013). *Pertandingan Kemahiran Malaysia [Online]*. Available: <http://www.skillsmalaysia.gov.my/>.
- Elizondo, L. A. , Yang, M., Kisselburgh, L. G., Hirleman, E. D., Cipra, R. J. and Ramani, K. (2010). *Detc2010-28985 Understanding Innovation In Student Design Projects*.
- European Communities, (200). *Oslo Manual : Guidelines For Collecting And Interpreting Innovation Data*, 3rd ed.
- Genco, N. and Seepersad, C. C. (2010). *Study Of Existing Metrics Used In Measurement Of Ideation Effectiveness*.
- Hatib, A., Musta, B., Jamal, A., Fairus, A. and Mohd, B. (2009). *Computer Aided Design (CAD): Peranannya Di Dalam Mereka Bentuk*.
- Hatib, A., Amal, M., Hodgson, T. and Norman, E. (2008). *Links Between Cad And Creativity : Reality Or Myth?*
- Hernandez, N. V., Shah, J. J. and Smith, S. M. (2010) *Understanding Design Ideation Mechanisms Through Multilevel Aligned Empirical Studies*. *Design Studies*, vol. 31, no. 4, pp. 382–410.
- M. N. S. and C. C. Seepersad2 (2009). *The Characteristics of Innovative, Mechanical Products**,” no. 512, pp. 1–38, 2009.
- Miller, R. and Côté, M. (2008). *The Faces of Innovation Roger Miller and Marcel Côté 1*.
- Nelson, B.A., Wilson, J. O., Rosen, D. and Yen, J. (2009). *Refined metrics for measuring ideation effectiveness*. *Design Studies*, vol. 30, no. 6, pp. 737–743.
- Oman, S. K., Tumer, I. Y., Wood, K. and Seepersad, C. (2012). *A Comparison Of Creativity And Innovation Metrics And Sample Validation Through In-Class Design Projects*. *Research in Engineering Design*.
- Paulus (2000). *IdeaGenetation.pdf*.
- Shah, J.J., Kulkarni, S.V. and Vargas-Hernandez, V. (2000). *Evaluation of Idea Generation Methods for Conceptual Design : Effectiveness Metrics and Design*. vol. 122, no. pp. 377–384
- Shah, J.J., Vargas-Hernandez, V., Smith, S. M. and Gerkens, D. R. (2003). *Empirical Studies Of Design Ideation : Alignment Of Design Experiments With*. pp. 1–10.
- Shah, J. J. (1998). *Experimental Investigation Of Progressive Idea Generation Techniques In Engineering Design*.
- Shah, J. J., Smith, S. M. and Vargas-Hernandez, N. (2003). *Metrics For Measuring Ideation Effectiveness*. *Design Studies*, vol. 24, no. 2, pp. 111–134.
- Veisz, D., Namouz, E. Z., Joshi, S. and Summers, J. D. (2012). *Computer-Aided Design Versus Sketching: An Exploratory Case Study, Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, vol. 26, no. 03, pp. 317–335.
- Verhaegen, P.-A., Vandevenne, D., Peeters, J. and Duflou, J. R. (2013). *Refinements to the variety metric for idea evaluation*. *Design Studies*, vol. 34, no. 2, pp. 243–263.
- Viswanathan, V. K. and Linsey, J. S. *Physical Models and Design Thinking: A Study of Functionality, Novelty and Variety of Ideas*. *Journal of Mechanical Design*, vol. 134, no. 9.
- Ye, X., Liu, H., Chen, L., Chen, Z., Pan, X. and Zhang, S. (2008). *Reverse innovative design — an integrated product design methodology*. *Computer-Aided Design*, vol. 40, no. 7, pp. 812–827.