

Rangka Kerja Objek Pembelajaran Boleh Guna Semula: Pengujian Pendekatan Kejuruteraan Perisian

Siti Fadzilah Mat Noor^{a*}, Norazah Yusof^b, Siti Zaiton Mohd Hashim^b

^aUniversiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

^bUniversiti Teknologi Malaysia, 81310 UTM Johor Bahru, Johor, Malaysia

*Corresponding author: sitifadzilahukm@gmail.com

Article history

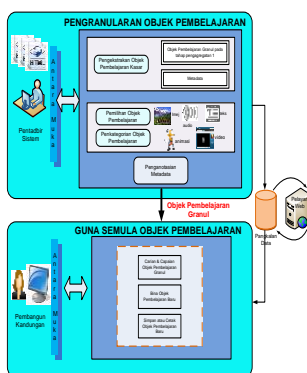
Received :12 March 2013

Received in revised form :

17 September 2013

Accepted :15 October 2013

Graphical abstract



Abstract

Development of e-learning today has established a repository of learning objects on the Web that provide learning materials that can be accessed by the user at any time. These learning materials should be shared and reused for the construction of the learning materials in different contexts. But developers often find it difficult to reuse learning materials in the repository because most of the material is in the form of a large course. The study suggests a framework reusable learning objects that implement the granularisation and reuse of learning objects. Granularisation consists of three main processes which are extraction, selection and categorization of learning objects and annotation of metadata. This method has been successfully converted large course content to learning objects as small as a text in paragraphs, images and animation. Based on the method of reuse metrics in software engineering, four types of metrics to measure the level of reuse is the Weighted Method per Class, Coupling between Objects, Depth of Inheritance Tree and Cohesive Method. Metrics experimental results show that the level of reuse of learning objects in granule form is higher than the coarse grained learning objects. This suggests that the learning objects are easier to use.

Keywords: E-Learning; reusable learning object; reuse metric

Abstrak

Perkembangan e-pembelajaran masa kini telah mewujudkan beberapa repositori objek pembelajaran di Web yang menyediakan bahan pembelajaran yang boleh dicapai oleh pengguna pada bila-bila masa. Bahan pembelajaran ini seharusnya boleh dikongsi serta digunakan semula untuk pembinaan bahan pembelajaran dalam konteks yang berlainan. Namun pembangun sering menghadapi kesukaran untuk mengguna semula bahan pembelajaran dalam repositori ini kerana kebanyakan bahannya adalah dalam bentuk satu kandungan kursus yang besar. Kajian mencadangkan rangka kerja objek pembelajaran boleh guna semula yang melaksanakan proses penggranularan dan proses guna semula objek pembelajaran. Penggranularan yang dicadangkan terdiri daripada tiga proses utama iaitu pengekstrakan, pemilihan dan penkategorian objek pembelajaran serta penganotasian metadata. Kaedah ini telah berjaya menukarkan satu kandungan kursus yang besar kepada objek pembelajaran yang kecil seperti teks dalam perenggan, imej dan animasi. Seterusnya pengujian boleh guna semula menggunakan kaedah metrik guna semula dalam bidang kejuruteraan perisian, empat jenis metrik untuk mengukur tahap guna semula telah dirumus iaitu Kaedah Berpemberat Sekelas, Gandingan Antara Objek, Kedalaman Pepohon Pewarisan dan Kaedah Jeleketan. Hasil uji kaji metrik mendapati tahap guna semula objek pembelajaran yang digranul adalah lebih tinggi berbanding dengan objek pembelajaran kasar. Ini menunjukkan bahawa objek pembelajaran ini lebih mudah untuk digunakan.

Kata kunci: E-Pembelajaran; objek pembelajaran; guna semula; metrik guna semula

© 2013 Penerbit UTM Press. All rights reserved.

1.0 PENGENALAN

Objek pembelajaran merupakan satu cabang bidang kajian dalam e-pembelajaran yang menekankan konsep perkongsian

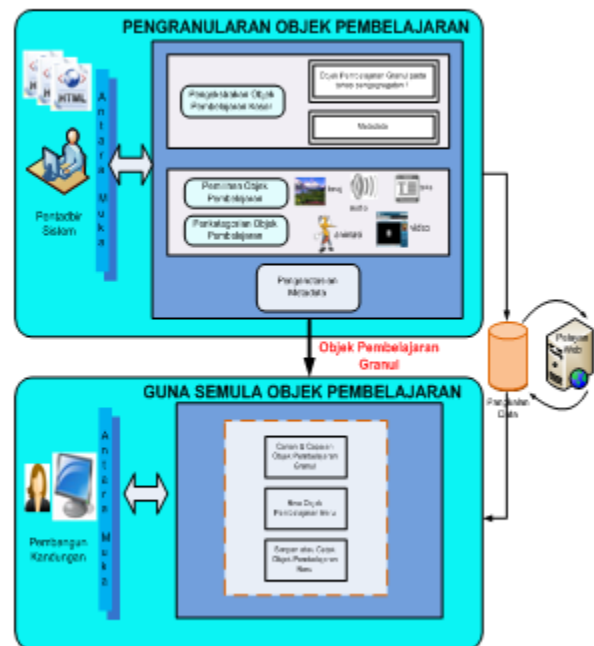
dan guna semula bahan pembelajaran. Pembangunan sesuatu bahan pembelajaran mengambil masa yang lama sekiranya semua bahan perlu dimulakan daripada awal dan tidak mengambil kira konsep guna semula. Salah satu isu yang

dibincangkan oleh penyidik dalam bidang e-pembelajaran adalah guna semula objek pembelajaran [1-5]. Terdapat pelbagai repositori objek pembelajaran di Web seperti MERLOT, ARIADNE, SMETE & CAREO, namun repositori ini hanya membenarkan capaian dilaksanakan pada objek pembelajaran dalam bentuk kandungan yang besar seperti satu kandungan pengajaran [6-7]. Keadaan ini menyebabkan guna semula sukar untuk dilaksanakan kerana objek pembelajaran yang ditawarkan adalah berbentuk kasar [8-11] dan terdapat banyak pautan kepada objek pembelajaran yang lain [12]. Walaupun tujuan repositori objek pembelajaran dibangunkan adalah untuk guna semula [13] tetapi situasi ini tidak berlaku pada realitinya. Beberapa usaha telah dijalankan untuk mengranulkan objek pembelajaran yang memecahkannya kepada saiz yang lebih kecil supaya lebih mudah untuk dikendalikan [14-15]. Ini adalah kerana dengan menjadikan objek pembelajaran menjadi lebih kecil maka mudah untuk digunakan semula, oleh itu kos, masa dan tenaga dapat dijimatkan disamping boleh meningkatkan kualiti bahan pembelajaran digital [1, 16-18]. Walau bagaimanapun, kajian-kajian untuk mengranulkan objek pembelajaran adalah terhad kepada medium, domain atau bidang dan repositori tertentu. Satu kajian diperlukan untuk menghasilkan satu rangka kerja objek pembelajaran yang boleh guna semula yang asalnya daripada objek pembelajaran kasar yang terdiri daripada pelbagai media dan ditukar kepada bentuk granul yang boleh dicapai melalui repositori objek pembelajaran bagi menyokong proses pengajaran dan pembelajaran. Rangka kerja ini akan melalui proses pengesahan dengan menggunakan pendekatan kejuruteraan perisian. Berdasarkan kaedah metrik guna semula dalam bidang kejuruteraan perisian, proses pengujian empat jenis metrik untuk mengukur tahap guna semula telah dirumus iaitu Kaedah Berpemberat Sekelas, Gandingan Antara Objek, Kedalaman Pepohon Pewarisan dan Kaedah Jeleketan.

2.0 RANGKA KERJA OBJEK PEMBELAJARAN BOLEH GUNA SEMULA

Rangka kerja cadangan ini merangkumi proses pengekstrakan, pemilihan, penkategorian dan penganotasian iaitu seperti pada Rajah 1. Setiap proses akan dibincangkan iaitu bermula daripada objek pembelajaran dalam bentuk kasar hinggalah terhasilnya objek pembelajaran granul yang boleh digunakan semula. Objek pembelajaran asal yang diperolehi daripada repositori sedia ada akan disimpan bersama metadata. Metadata adalah penting untuk proses guna semula kerana setiap objek pembelajaran perlu mempunyai deskripsi tersendiri untuk memudahkan capaian [19]. Menurut Smith [20], penggunaan metadata yang sesuai dalam objek pembelajaran bagi memastikan objek pembelajaran tersebut boleh digunakan semula dan dalam masa yang sama identiti objek pembelajaran asal masih dikekalkan tidak kira bagaimana ianya digunakan. Metadata adalah 'data yang menerangkan data', menerangkan maklumat deskriptif suatu sumber bagi tujuan pencarian dan pengurusan maklumat secara lebih efektif.

Berikut merupakan langkah-langkah yang akan dilalui untuk menghasilkan objek pembelajaran granul bermula daripada pengekstrakan sehinggalah kepada penganotasian metadata.



Rajah 1 Rangka kerja pengranulanan objek pembelajaran boleh guna semula

2.1 Pengekstrakan Objek Pembelajaran Kasar

Proses pengekstrakan objek pembelajaran kasar akan mengasingkan elemen yang ada pada setiap objek pembelajaran tersebut kepada teks dalam perenggan, imej, animasi dan video flash. Pengekstrakan yang dilaksanakan adalah ekstrak berdasarkan analisis kandungan. Dalam masa yang sama metadata dalam objek pembelajaran kasar juga akan diekstrak. Tujuan utama pengekstrakan metadata pula adalah untuk mengekalkan identiti objek pembelajaran apabila objek pembelajaran akan digunakan semula. Objek pembelajaran akan bertukar kepada bentuk granul setelah objek pembelajaran tersebut diekstrak.

2.2 Pemilihan dan Penkategorian Objek Pembelajaran

Objek pembelajaran kasar yang diperolehi daripada pelbagai repositori ini kebiasaannya mengandungi gabungan pelbagai elemen seperti teks, imej dan animasi. Proses pemilihan adalah untuk memilih elemen yang hanya akan digunakan semula sahaja. Sebagai contoh sekiranya terdapat grafik yang hanya mewakili bebutang maka tidak akan dipilih untuk disimpan dan digunakan semula. Proses pemilihan ini akan dilaksanakan oleh pentadbir sistem iaitu individu yang pakar dalam bidang yang berkaitan. Sementara itu bagi proses penkategorian, objek pembelajaran akan dikategorikan kepada komponen teks perenggan, imej, audio, video dan animasi.

2.3 Penganotasian Metadata

Objek pembelajaran granul akan ditag dengan metadata yang baru disamping metadata yang asal masih dikekalkan. Metadata adalah penting untuk memerihalkan tentang objek pembelajaran tersebut. Ciri-ciri objek pembelajaran boleh diketahui melalui metadatanya. Dalam kajian ini juga metadata akan digunakan bagi tujuan carian dan capaian objek pembelajaran granul untuk digunakan semula dan bagi kegunaan pengukuran tahap guna semula berdasarkan metrik kejuruteraan perisian. Metadata yang ditag bagi setiap elemen yang telah granul adalah metadata yang telah dikenalpasti dan dikategorikan berdasarkan jenis metadata yang perlu ada untuk menyokong guna semula seperti pada Jadual 1. Bagi tujuan pengukuran guna semula empat jenis metadata IEEE LOM (*Institute of Electrical and Electronics Engineers Learning Object Metadata*) akan ditambah iaitu *Activity, Aggregation Level, Depth of the link, Relation* dan *Learning Objective*.

Jadual 1 Senarai metadata

Kategori Metadata	Metadata
Maklumat Asas	<i>Title, Author, Keywords, Description, Date, Identifier</i>
Maklumat Kontekstual	<i>Target Audience</i>
Maklumat Pemilikan	<i>Copyright</i>
Maklumat Teknikal	<i>Type, Format, Language</i>
Maklumat Metrik Guna Semula	<i>Activity, Aggregation Level, Depth of the link, Relation, Learning Objective</i>

3.0 PENGUJIAN GUNA SEMULA PENDEKATAN KEJURUTERAAN PERISIAN

Tujuan penilaian ialah untuk mengenal pasti rangka kerja kajian yang telah menghasilkan objek pembelajaran granul yang asalnya objek pembelajaran kasar boleh diukur kadar guna semula dengan menggunakan metadata IEEE LOM bersesuaian dengan metrik yang dipilih. Metrik guna semula untuk mengukur keberkesanan rangka cadangan ini adalah berdasarkan ciri-ciri faktor boleh guna semula objek pembelajaran dan menggunakan metadata IEEE LOM yang berkaitan. Berdasarkan kajian oleh Verbert dan Duval [15] terdapat empat faktor boleh guna semula yang diukur menggunakan metrik iaitu kecukupan tahap granul, modul yang lengkap, kemudahalihan pendidikan dan kemudahalihan teknologi. Kajian ini memfokuskan kepada dua faktor guna semula objek pembelajaran iaitu kecukupan tahap granul dan modul yang lengkap kerana rangka kerja cadangan adalah menumpukan kepada proses penggranularan yang berkait dengan kecukupan tahap granul dan modul yang lengkap yang berkait dengan guna semula objek pembelajaran. Dua faktor ini akan diukur menggunakan metrik guna semula yang menggunakan elemen metadata IEEE LOM.

3.1 Hubungan Faktor Boleh Guna Semula Objek Pembelajaran dan Metrik Guna Semula

Berikut akan dijelaskan bagaimana hubungan antara kecukupan tahap granul, modul yang lengkap, metrik guna semula dan elemen metadata IEEE LOM yang digunakan untuk mengukur tahap guna semula objek pembelajaran granul.

3.1.1 Kecukupan Tahap Granul

Kecukupan tahap granul akan diukur dengan melihat kepada saiz dan kompleksiti. Saiz dan kompleksiti objek pembelajaran adalah merujuk kepada tahap granul objek pembelajaran. Ini adalah kerana apabila objek pembelajaran dalam bentuk yang granul maka objek pembelajaran tersebut lebih mudah untuk digunakan semula [21]. Saiz dan kompleksiti akan diukur melalui tahap pengagregatan dan kedalaman pautan. Tahap pengagregatan seperti yang terdapat di dalam piawaian IEEE LOM dengan mengikut skala 1 hingga 4. 1 mewakili paras yang paling rendah iaitu objek pembelajaran dalam bentuk yang paling kecil seperti teks dalam perenggan dan 4 mewakili paras yang paling tinggi iaitu seperti satu kursus pengajaran yang lengkap beserta sijil. Sementara itu kedalaman pautan bermaksud pautan daripada satu objek pembelajaran kepada objek pembelajaran yang lain. Sekiranya banyak pautan dalam suatu objek pembelajaran maka guna semula adalah sukar untuk dilaksanakan kerana terdapat banyak pautan dan objek pembelajaran tersebut adalah kompleks untuk digunakan semula. Objek pembelajaran yang berbentuk granul mempunyai pautan yang sedikit maka kadar guna semula adalah lebih tinggi. Kecukupan tahap granul ini akan diukur dengan menggunakan dua metrik guna semula iaitu Kaedah Berpemberat Sekelas (WMC) dan Kedalaman Pepohon Pewarisan (DIT). Pengukuran ini adalah untuk melihat adakah tahap granul yang diperolehi sudah cukup untuk guna semula dan menyebabkan kadar guna semula menjadi lebih tinggi.

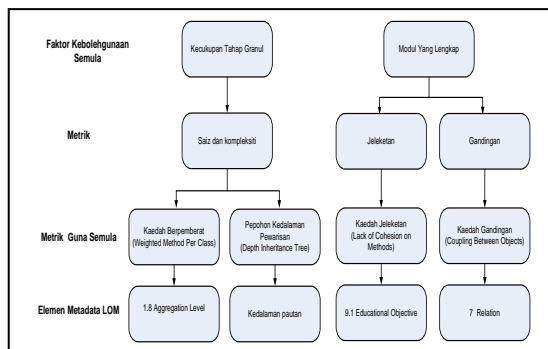
3.1.2 Modul Yang Lengkap

Kaedah jeleketan dan gandingan digunakan untuk mengukur tahap guna semula objek pembelajaran iaitu dengan melihat kepada faktor boleh guna semula iaitu modul yang lengkap. Suatu objek pembelajaran mempunyai ciri modul yang lengkap iaitu tidak bergantung kepada objek pembelajaran yang lain. Objek pembelajaran yang mempunyai pelbagai objektif pembelajaran sukar untuk digunakan semula [22]. Kaedah jeleketan digunakan untuk melihat objek pembelajaran sama ada ia merupakan modul yang lengkap iaitu dengan melihat kepada objektif pembelajaran bagi setiap objek pembelajaran. Modul yang lengkap ini diukur berdasarkan metrik guna semula kaedah jeleketan (LCOM). Maka, metrik LCOM akan diukur melalui bilangan objektif pembelajaran yang terdapat dalam suatu objek pembelajaran. Seharusnya objek pembelajaran hanya mempunyai satu objektif pembelajaran yang jelas [23]. Hakikat yang berlaku adalah, kebiasaannya suatu objek pembelajaran akan mempunyai satu atau lebih objektif pembelajaran. Metadata IEEE LOM yang digunakan dalam metrik LCOM ini adalah *Educational Objective*.

Sementara itu, kaedah gandingan pula melihat kepada hubungan objek pembelajaran dengan objek pembelajaran yang lain. Cuadrado dan Sicilia [24] menyatakan bahawa metrik ini boleh diaplikasikan melalui hubungan antara objek pembelajaran. Hubungan antara objek pembelajaran ini boleh diperolehi melalui pautan antara objek pembelajaran [25]. Maka metrik guna semula kaedah gandingan iaitu *Coupling Between Object (CBO)* boleh dikira dengan melihat kepada pautan antara objek pembelajaran. Objek pembelajaran yang mempunyai pautan yang kurang iaitu tidak bergantung kepada objek pembelajaran yang lain maka guna semula adalah lebih mudah untuk dilaksanakan. Metadata IEEE LOM yang digunakan dalam metrik CBO ini adalah *Relation*. Pengukuran ini adalah untuk melihat adakah objek pembelajaran granul masih modul

yang lengkap dan dalam masa yang sama menyebabkan kadar guna semula menjadi lebih tinggi.

Kajian ini merumuskan pengujian guna semula menggunakan metrik guna semula dengan menghubungkan antara faktor kebolegunaan semula, metrik, metrik guna semula dan elemen metadata yang berkaitan dengan metrik guna semula seperti dalam Rajah 2.



Rajah 2 Hubungan antara faktor kebolegunaan semula, metrik, metrik guna semula dan elemen metadata LOM

3.2 Metrik Guna Semula Objek Pembelajaran Pendekatan Kejuruteraan Perisian

Kebanyakan kajian penilaian dalam guna semula objek pembelajaran adalah penilaian oleh pengguna dan pakar dalam aspek kebolegunaan. Walau bagaimanapun terdapat juga kaedah penggunaan metrik guna semula seperti yang dicadangkan oleh Nielsen [26] iaitu melihat dari aspek penggunaan, konteks dan metadata. Ochoa dan Duval [27] mencadangkan, pembangunan suatu objek pembelajaran sewajarnya mengambil kira konsep berorientasikan objek iaitu setiap komponen boleh digunakan semula untuk konteks yang berbeza. Konsep guna semula amat berkait rapat dengan konsep berorientasikan objek dalam kejuruteraan perisian iaitu gandingan dan jeleketan [28].

Downes [29] menyatakan bahawa gandingan perlu diminimalkan supaya guna semula lebih mudah dilaksanakan. Kenyataan ini turut disokong oleh Chidamber dan Kemerer [30], bahawa semakin kurang gandingan menghasilkan guna semula yang lebih tinggi dalam suatu modul. Gandingan objek pembelajaran bermaksud bagaimana suatu objek pembelajaran itu berkait dengan objek pembelajaran yang lain. Gandingan dalam objek pembelajaran boleh dikenalpasti melalui metadata IEEE LOM Relation iaitu hubungan dengan objek pembelajaran yang lain.

Sementara itu, konsep jeleketan pula melibatkan objektif pembelajaran. Menurut kamus istilah dewan bahasa dan pustaka jeleketan adalah sifat perisian komputer yang terbina daripada modul yang mempunyai peranan dan fungsi yang sangat berkait rapat antara satu sama lain. Maka untuk meningkatkan jeleketan, suatu modul perlu mempunyai konsep dan objektif pembelajaran yang sedikit. Jeleketan yang tinggi menjadikan kebolegunaan yang tinggi [31]. Menurut Vinoski [31], seharusnya objek pembelajaran hanya mempunyai satu objektif pembelajaran yang jelas maka lebih mudah untuk digunakan semula. Kenyataan ini juga turut disokong oleh Yang dan Yang [22] iaitu konsep yang kurang dalam satu objek pembelajaran menambahkan jeleketan dalam suatu objek pembelajaran dan

lebih mudah untuk guna semula. Jeleketan dalam objek pembelajaran boleh dikenalpasti melalui metadata IEEE LOM *educational objective* iaitu objektif pembelajaran dalam suatu objek pembelajaran.

Metrik Boleh Guna dalam Objek Pembelajaran ini adalah disesuaikan daripada metrik boleh guna dalam bidang Kejuruteraan Perisian untuk reka bentuk berasaskan objek [23]. Yang dan Yang [22] telah membincangkan metrik guna semula ini daripada perspektif kejuruteraan perisian secara terperinci. Berdasarkan kajian oleh [32-33] dan [30] terdapat empat metrik boleh guna daripada perspektif kejuruteraan perisian yang boleh diadaptasikan dalam objek pembelajaran iaitu kaedah berpemberat; Weighted Method per Class (WMC), kaedah gandingan; Coupling Between Object (CBO), kaedah pepohon kedalaman pewarisan; Depth Inheritance Tree (DIT) dan kaedah jeleketan; Lack of Cohesion Method (LCOM). Setiap metrik yang digunakan untuk mengukur kadar guna semula objek pembelajaran berdasarkan metadata IEEE LOM dibincang.

3.2.1 Kaedah Berpemberat Sekelas (WMC)

Menurut Cervera *et.al*, [25] WMC adalah bilangan metod yang diimplemenkan/dilaksanakan antara kelas berdasarkan kekompleksannya. WMC juga ditakrifkan sebagai bilangan metod yang ditakrifkan dalam sebuah kelas. Pada pendekatan berorientasikan objek dalam kejuruteraan perisian semakin besar metod dalam sebuah kelas maka semakin besar kesannya kepada anak kerana anak akan mewarisi semua metod yang dikenalpasti dalam sebuah kelas. Kelas dengan jumlah metod yang besar/banyak akan menyebabkan aplikasi yang lebih spesifik maka kebarangkalian untuk guna semula akan terbatas.

Kelas dianalogikan sebagai objek pembelajaran dan metod pula adalah aktiviti di dalam objek pembelajaran (kelas). Berdasarkan Cuadrado dan Sicilia [24], konsep metod adalah jumlah aktiviti dalam sebuah objek pembelajaran maka sebagai contoh objek pembelajaran dengan teks penerangan kemudian diikuti pula dengan soalan soal selidik maka ini menunjukkan terdapat 'dua metod' atau dua aktiviti. Kompleksiti pula adalah berkaitan dengan peringkat pengagregatan dalam piawaian IEEE LOM yang mempunyai empat tahap.

Maka dalam metrik ini metod adalah aktiviti yang terdapat dalam objek pembelajaran tersebut. Satu objek pembelajaran yang mengandungi teks akan dilihat sama ada teks tersebut adalah dalam bentuk penerangan, soalan atau contoh untuk penerangan dan sekiranya objek pembelajaran tersebut mempunyai imej, animasi, video atau audio maka itu merupakan contoh aktiviti juga. Maka,

$$WMC = \sum_{i=1}^n C_i \quad (1)$$

- n adalah bilangan metod (aktiviti) yang terdapat dalam sebuah kelas (objek pembelajaran)
- C_i adalah kompleksiti kepada metod (aktiviti) i yang mana:
 - o 1 = elemen mentah
 - o 2 = gabungan beberapa elemen mentah
 - o 3 = gabungan beberapa elemen mentah dan pautan dengan dokumen lain yang menghasilkan satu kursus
 - o 4 = gabungan beberapa kursus

Kompleksiti akan diukur melalui tahap pengagregatan iaitu seperti yang terdapat di dalam piawaian IEEE LOM dengan mengikut skala 1 hingga 4. 1 mewakili paras yang paling rendah

iaitu objek pembelajaran dalam bentuk yang paling granul seperti teks dalam perenggan dan 4 mewakili peringkat yang paling tinggi iaitu seperti satu kursus pengajaran yang lengkap yang menggabungkan berbagai media pembelajaran.

WMC dikira berdasarkan bilangan metod (aktiviti) dalam sebuah objek pembelajaran dan juga kompleksiti metod. Sekiranya WMC adalah tinggi iaitu bilangan aktiviti dan kompleksitinya tinggi maka guna semula akan menjadi rendah. Maka untuk meningkatkan guna semula, bilangan aktiviti dan kompleksiti perlu dikurangkan.

3.2.2 Kedalaman Pepohon Pewarisan (DIT)

Kedalaman Pepohon Pewarisan (DIT) ditakrifkan sebagai laluan perwarisan yang paling maksimum daripada kelas ke akar kelas [30] dan diukur melalui bilangan keturunan kelas [24]. Berdasarkan takrifan oleh Chidamber dan Kemerer [34] DIT adalah berkait dengan guna semula iaitu kelas yang mempunyai kedalaman pohon perwarisan yang lebih kompleks, oleh itu guna semula akan menjadi lebih rendah. Metrik DIT akan diukur melalui kedalaman pautan dalam objek pembelajaran [35]. Maka berikut merupakan rumus untuk DIT:

DIT = Bilangan maksimum pautan dalam objek pembelajaran

Kedalaman bermaksud pautan daripada satu objek pembelajaran ke objek pembelajaran yang lain dalam muka surat yang berlainan. Maka pautan akan dilihat dalam objek pembelajaran sehingga kepada pautan yang paling maksimum. Sekiranya banyak suatu pautan dalam suatu objek pembelajaran maka kadar guna semula adalah rendah kerana terdapat banyak pautan dan objek pembelajaran tersebut adalah kompleks untuk digunakan semula. Objek pembelajaran yang berbentuk granul mempunyai pautan yang sedikit maka kadar guna semula adalah lebih tinggi. Sekiranya DIT tinggi, guna semula adalah lebih rendah.

3.2.3 Gandingan Antara Objek (CBO)

Gandingan antara objek (CBO) ditakrifkan sebagai bilangan kelas yang berkait/berpasangan [24]. Cervera *et al.* [25] menyatakan bahawa metrik ini boleh diaplikasikan melalui hubungan antara objek pembelajaran. Hubungan antara objek pembelajaran ini boleh diperolehi melalui pautan antara objek pembelajaran [34]. Maka metrik CBO boleh dikira dengan melihat kepada pautan antara objek pembelajaran. Objek pembelajaran yang tidak mengandungi pautan diberi nilai 0 maka guna semula adalah lebih mudah untuk dilaksanakan. Sekiranya objek pembelajaran mempunyai pautan yang banyak maka CBO adalah tinggi dan guna semula sukar untuk dilaksanakan. Maka berikut merupakan rumus untuk CBO:

$$CBO = \sum_{i=1}^n P_i$$

n = bilangan mukasurat

P_i = bilangan pautan

3.2.4 Kaedah Jeletetan (LCOM)

Menurut Cuadrado dan Sicilia [24] metrik kaedah jeletetan (LCOM) adalah ukuran pertindihan penggunaan atribut oleh metod di dalam kelas. Sekiranya metod menggunakan atribut

subset yang berasingan pada kelas, secara hipotesisnya boleh dianggap metod tersebut bukan dalam kumpulannya dan seharusnya kelas tersebut diasingkan. Kelas dengan LCOM yang tinggi tidak menggalakkan guna semula kerana kompleksiti kesukaran pemahaman. Cervera *et al.* [25] mengadaptasikan metrik LCOM dengan melihat kepada objektif objek pembelajaran sama ada kukuh atau seharusnya diasingkan objek pembelajaran tersebut supaya lebih jelas. Maka, metrik LCOM akan diukur melalui bilangan objektif yang terdapat dalam suatu objek pembelajaran. Kebiasaannya suatu objek pembelajaran akan mempunyai satu atau lebih objektif pembelajaran maka sekiranya objek pembelajaran tersebut dalam bentuk yang lebih granul maka objektif pembelajarannya semakin kecil jadi LCOM adalah rendah. Oleh itu guna semula adalah lebih mudah untuk dilaksanakan bagi LCOM yang lebih rendah berbanding LCOM yang lebih tinggi kerana objektif pembelajaran adalah lebih spesifik. Maka rumus untuk LCOM adalah seperti berikut:

$$LCOM = \frac{\text{Bilangan maksimum objektif pembelajaran dalam objek pembelajaran}}{\text{Bilangan objektif pembelajaran}}$$

4.0 KAEDAH KAJIAN

Kajian ini telah menggunakan 50 jenis objek pembelajaran dalam bidang Biologi yang diambil secara rawak daripada repositori sedia ada di web iaitu MERLOT dan SMETE untuk tujuan pengukuran guna semula objek pembelajaran. Kajian terdahulu oleh Cervera *et al.* [25] menggunakan 25 jenis objek pembelajaran daripada repositori MERLOT untuk mengukur guna semula dan kualiti objek pembelajaran dengan melihat kepada hubungan korelasi antara metadata dan metrik yang digunakan. Objek pembelajaran yang dipilih dalam kajian ini telah melalui proses pengekstrakan dan menghasilkan 153 teks perenggan, 51 imej dan 1 video flash. Pengiraan metrik guna semula adalah berdasarkan metrik guna semula kaedah berpemberat sekelas (WMC) iaitu menggunakan metadata tahap pengagregatan, kedalaman pepohon pewarisan (DIT) menggunakan metadata kedalaman pautan, kaedah jeletetan (LCOM) menggunakan metadata objektif pembelajaran dan kaedah gandingan antara objek (CBO) menggunakan metadata hubungan. Jadual 2 menunjukkan sebahagian daripada hasil pengukuran metrik guna semula bagi setiap objek pembelajaran kasar bagi metrik WMC, CBO, DIT dan LCOM.

Jadual 2 Sebahagian objek pembelajaran kasar dengan pengukuran metrik guna semula

URL Objek Pembelajaran	WMC	CBO	DIT	LCOM
	n (bil. aktiviti)			
Obj1 http://www.yorku.ca/eye/spafreq2.htm	3	9	4	3
Obj2 http://www.yorku.ca/eye/perspect.htm	1	3	3	2
Obj3 http://www.yorku.ca/eye/fourier.htm	2	6	5	3
Obj4 http://www.yorku.ca/eye/ciliary.htm	2	6	3	2
Obj5 http://onlinestatbook.com/chapter2/freq_poly.html	4	2	6	3

Adalah didapati bahawa objek pembelajaran kasar majoritinya menghasilkan nilai metrik yang tinggi maka ini menunjukkan bahawa guna semula adalah rendah dibandingkan apabila objek pembelajaran dalam bentuk granul iaitu nilai metriknya adalah rendah. Sekiranya nilai metrik adalah rendah maka guna semula adalah lebih mudah untuk dilaksanakan. Seterusnya nilai metrik ini juga adalah berkaitan dengan setiap metadata yang digunakan iaitu tahap pengagregatan, kedalaman pautan, objektif pembelajaran dan hubungan. Semua metadata ini perlu dalam nilai yang rendah supaya lebih mudah untuk digunakan semula. Contohnya tahap pengagregatan 1 lebih mudah untuk guna semula berbanding tahap pengagregatan 4, kedalaman pautan yang sedikit iaitu kurangnya pautan dengan objek pembelajaran yang lain, objektif pembelajaran yang minima maka lebih mudah untuk guna semula dan hubungan yang minima dengan objek pembelajaran juga akan memudahkan untuk guna semula.

Jadual 3 Objek pembelajaran granul dengan pengukuran metrik guna semula

URL Objek Pembelajaran	elemen	n (bil. aktiviti)	WMC	CBO	DIT	LCOM
http://www.yorku.ca/eye/spafreq						
Obj1-1	img 1	1	1	0	2	1
Obj1-2	img 2	1	1	0		1
Obj1-3	img 3	1	1	0		1
Obj1-4	img 4	1	1	0		1
Obj1-5	img 5	1	1	0		1
Obj1-6	txt 1	1	1	1		1
Obj1-7	txt 2	2	4	1		2
Obj1-8	txt 3	2	4	1		2
Obj1-9	txt 4	1	1	1		1
Obj1-10	txt 5	1	1	1		1
Obj1-11	txt 6	1	1	1		1

Berdasarkan data dalam Jadual 2 dan Jadual 3, apabila dibandingkan antara data ini maka dapat dilihat nilai setiap metrik akan menjadi rendah setelah objek pembelajaran menjadi granul. Dengan menggunakan analisis statistik deskriptif nilai min bagi setiap metrik dikenal pasti untuk melihat perbandingan tahap boleh guna semula objek pembelajaran kasar dan objek pembelajaran yang telah granul. Ujian t juga dilaksanakan untuk membandingkan nilai skor min, sama ada kadar guna semula lebih tinggi berdasarkan nilai min yang diperolehi dengan pengukuran menggunakan empat metrik boleh guna iaitu WMC, DIT, CBO dan LCOM.

4.1 Analisis Pengukuran Metrik Guna Semula

Hasil analisis skor min metrik boleh guna semula adalah seperti pada Jadual 4. Hasil kajian mendapati bahawa semua metrik mempunyai skor min yang rendah bagi objek pembelajaran granul. Skor min yang rendah menunjukkan bahawa kadar guna semula yang tinggi. WMC menunjukkan skor min 2.3333 bagi objek pembelajaran granul dan skor min 7.8000 bagi objek pembelajaran kasar. Metrik WMC diukur berdasarkan aras pengagregatan. Apabila aras pengagregatan mempunyai nilai yang rendah maka objek pembelajaran tersebut lebih mudah untuk digunakan semula. Aras pengagregatan yang rendah

bermaksud objek pembelajaran adalah dalam bentuk yang granul seperti fail imej dan teks perenggan. DIT pula menunjukkan skor min 2.1200 bagi objek pembelajaran granul dan skor min 4.1400 untuk objek pembelajaran kasar. DIT adalah berdasarkan kedalaman pautan, apabila kurangnya pautan dengan objek pembelajaran yang lain maka kadar guna semula objek pembelajaran adalah lebih tinggi. Sementara itu skor min bagi objek pembelajaran granul metrik CBO adalah 0.7951 dan skor min objek pembelajaran kasar pula adalah 4.1800. CBO diukur berdasarkan kepada pautan antara objek pembelajaran. Objek pembelajaran yang kurang pautan dengan objek pembelajaran yang lain adalah lebih mudah untuk digunakan semula. Metrik LCOM pula menunjukkan skor min 1.1220 bagi objek pembelajaran granul dan skor min 2.4400 untuk objek pembelajaran kasar. Bilangan objektif pembelajaran dalam suatu objek pembelajaran adalah digunakan untuk pengiraan metrik guna semula LCOM. Apabila bilangan objektif pembelajaran rendah maka kadar guna semula adalah lebih tinggi.

Jadual 4 Skor min metrik boleh guna semula objek pembelajaran bidang Biologi

Metrik	Kategori	N	Skor Min
WMC	Objek Pembelajaran Granul	205	2.3333
	Objek Pembelajaran Kasar	50	7.8000
DIT	Objek Pembelajaran Granul	50	2.1200
	Objek Pembelajaran Kasar	50	4.1400
CBO	Objek Pembelajaran Granul	205	0.7951
	Objek Pembelajaran Kasar	50	4.1800
LCOM	Objek Pembelajaran Granul	205	1.1220
	Objek Pembelajaran Kasar	50	2.4400

Berdasarkan Jadual 5, Ujian t dilaksanakan untuk mengukuhkan lagi analisis deskriptif yang telah dibuat. Ujian t menunjukkan terdapat perbezaan skor min yang signifikan ($p < 0.05$) antara objek pembelajaran granul bagi setiap metrik (WMC, DIT, CBO, LCOM) dan objek pembelajaran kasar. Maka ini menunjukkan bahawa objek pembelajaran granul adalah lebih mudah untuk digunakan semula berbanding objek pembelajaran kasar.

Jadual 5 Ujian t

Metrik	Nilai t	Nilai p	Ralat Piawai
WMC	-19.465	0.000	.2809
DIT	-8.793	0.000	.2297
CBO	-16.296	0.000	.2077
LCOM	-22.705	0.000	.0581

4.2 Perbandingan Pengujian Data Metrik Guna Semula

Satu eksperimen pengujian data dalam bidang yang lain telah dilaksanakan bagi tujuan perbandingan dengan hasil yang telah diperolehi iaitu dengan menggunakan 30 objek pembelajaran dalam bidang Teknologi Maklumat yang diperolehi daripada repositori MERLOT dan SMETE. Pengujian perbandingan ini untuk melihat rangka kerja yang dicadangkan menghasilkan objek pembelajaran granul yang cukup tahap granulnya dan masih modul yang lengkap walaupun dilaksanakan pada domain

yang berbeza. Pelaksanaan pengukuran adalah sama seperti dengan menggunakan 50 jenis objek pembelajaran dalam bidang Biologi. Hasil pengestrakan telah menghasilkan 154 teks perenggan dan 64 imej.

Berdasarkan analisis statistik deskriptif, nilai min bagi setiap metrik telah dikenal pasti untuk melihat perbandingan tahap boleh guna semula objek pembelajaran kasar dan objek pembelajaran yang telah granul dalam bidang Teknologi Maklumat. Ujian t juga dilaksanakan untuk membandingkan nilai skor min, adakah kadar guna semula lebih tinggi berdasarkan nilai min yang diperolehi dengan pengukuran menggunakan empat metrik boleh guna iaitu WMC, DIT, CBO dan LCOM dalam bidang yang berlainan iaitu Teknologi Maklumat. Jadual 6 menunjukkan hasil analisis skor min metrik boleh guna semula 30 objek pembelajaran. Hasil kajian mendapati keputusan yang diperolehi adalah hampir sama dengan menggunakan 50 objek pembelajaran bidang Biologi iaitu semua metrik mempunyai skor min yang rendah bagi objek pembelajaran granul. Skor min yang rendah menunjukkan bahawa kadar guna semula yang tinggi.

Jadual 6 Skor min metrik boleh guna semula 30 objek pembelajaran bidang Teknologi Maklumat

Metrik	Kategori	N	Skor Min
WMC	Objek Pembelajaran Granul	218	1.7890
	Objek Pembelajaran Kasar	30	6.3333
DIT	Objek Pembelajaran Granul	30	1.1333
	Objek Pembelajaran Kasar	30	3.1000
CBO	Objek Pembelajaran Granul	218	0.2569
	Objek Pembelajaran Kasar	30	4.6333
LCOM	Objek Pembelajaran Granul	218	1.0642
	Objek Pembelajaran Kasar	30	2.8000

Berdasarkan Jadual 7, ujian t juga menunjukkan bahawa terdapat perbezaan skor min yang signifikan ($p < 0.05$) antara objek pembelajaran granul bagi setiap metrik (WMC, DIT, CBO, LCOM) dan objek pembelajaran kasar.

Jadual 7 Ujian t

Metrik	Nilai t	Nilai p	Ralat Piawai
WMC	-16.553	0.000	.2745
DIT	-4.021	0.000	.4892
CBO	-15.882	0.000	.2756
LCOM	-33.044	0.000	.0525

5.0 HASIL DAN PERBINCANGAN

Kebanyakan kajian lepas melaksanakan penilaian dalam guna semula objek pembelajaran berdasarkan penilaian oleh pengguna dan pakar dalam aspek kebolegunaan iaitu dengan melihat keberkesanan, kecekapan dan kepuasan pengguna. Kajian ini menggunakan pengujian metrik guna semula pendekatan kejuruteraan perisian yang memfokuskan kepada kecukupan tahap granul dan modul yang lengkap. Hasil daripada pengukuran guna semula menggunakan metrik guna semula dengan sejumlah 50 objek pembelajaran dalam bidang

Biologi dan 30 objek pembelajaran bidang Teknologi Maklumat menghasilkan dapatan yang hampir sama iaitu nilai skor min adalah lebih rendah untuk objek pembelajaran granul dibandingkan dengan objek pembelajaran kasar. Walaupun jumlah objek pembelajaran tidak sama tetapi setelah melalui proses pengestrakan jumlah objek pembelajaran granul tidak jauh berbeza iaitu 205 bagi objek pembelajaran kasar yang berjumlah 50 dan 218 bagi objek pembelajaran kasar berjumlah 30. Ujian t bagi data bidang Biologi dan Teknologi Maklumat juga menunjukkan nilai yang signifikan ($p < 0.05$). Maka ini menunjukkan bahawa objek pembelajaran granul adalah lebih mudah untuk digunakan semula berbanding objek pembelajaran kasar walaupun dilaksanakan dalam bidang yang berbeza. Seterusnya, pengujian metrik guna semula yang dilaksanakan dapat memberi panduan kepada pengguna untuk mengenalpasti kecukupan tahap granul dan merupakan modul yang lengkap bagi suatu objek pembelajaran.

6.0 KESIMPULAN

Secara keseluruhannya kajian ini telah berjaya menghasilkan kaedah pengukuran guna semula menggunakan metrik guna semula kejuruteraan perisian. Hasil penyelidikan ini diharapkan dapat memberi manfaat kepada bidang pendidikan khususnya e-pembelajaran di Malaysia. Proses guna semula bahan pembelajaran diharapkan dapat membantu tenaga pengajar dalam proses pengajaran dan pembelajaran.

Penghargaan

Kajian ini adalah tajaan Kementerian Pengajian Tinggi terutamanya Universiti Kebangsaan Malaysia Bangi Selangor (UKM) di bawah “Skim Latihan Akademik Bumiputera (SLAB)”.

Rujukan

- [1] Duval, E. and W. Hodgins. 2003. A LOM Research Agenda. In *Proceeding of the 12th International World Wide Web Conference*. Budapest, Hungary.
- [2] Barnes, S. et al. 2008. A Repository for Learning Objects: Supporting the Reuse and Repurposing of Redesigned Courses and Their Content. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*. 45(1): 1–13.
- [3] Bond, S. T., C. Ingram, and S. Ryan. 2008. Reuse, Repurposing and Learning Design-Lessons from the DART Project. *Computers & Education*. 50(2): 601–612.
- [4] Barritt, C. and L. Alderman. 2004. *Creating a Reusable Learning Objects Strategy: Leveraging Information and Learning in a Knowledge Economy*. San Francisco. Pfeiffer.
- [5] Bolettieri, P., et al. 2007. A Digital Library Framework for Reusing e-Learning Video Documents. In *Creating New Learning Experiences on a Global Scale*. 444–449.
- [6] Kramer, B. J. and P. Han. 2009. Educational Content Creation and Sharing in a Technology-rich Environment. *International Journal On Advances in Software*. 2(2&3): 188–201.
- [7] Kramer, B. J. 2005. *Reusable Learning Object: Let's Give It Another Trial*. In 4/2005, I. 0945-0130, Editor. Fern University in Hagen Germany.
- [8] Friesen, N. 2004. International LOM Survey: Report. ISO/IEC JTC1/SC36 sub-committee. Fundamental Dilemma For Developers of Multimedia Archives. In *D-Lib Magazine*.
- [9] Najjar, J., S. Ternier, and E. Duval. 2003. The Actual Use of Metadata in ARIADNE: An Empirical Analysis. In *Proceedings of the 3rd Annual Ariadne Conference*.

- [10] Najjar, J., S. Ternier, and E. Duval. 2004. User Behavior in Learning Object Repositories: An Empirical Analysis. In *Proceedings of the ED-MEDIA 2004 World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*.
- [11] Kabel, S., R.d. Hoog, and B. Wielinga. 2003. Consistency in indexing Learning Objects: an Empirical Investigation. In *Proceeding of Learning Objects 2003 Symposium: Lesson Learned, Questions Asked - World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunication ED-MEDIA*. Honolulu, Hawaii.
- [12] Abdullah, N., 2006. An Architecture For Augmenting The SCORM Run-Time Environment With a Personalised Link Service. In *Department of Electronics & Computer Science*. University of Southampton: United Kingdom. 192.
- [13] Richards, G. 2002. *Editorial: The Challenges of the Learning Object Paradigm*. *Canadian Journal of Learning and Technology/La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*. 28(3).
- [14] Sampson, D. G. and C. Papanikou. 2009. A Framework for Learning Objects Reusability within Learning Activities. In *Advanced Learning Technologies, 2009. ICALT 2009. Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*.
- [15] Verbert, K. and E. Duval. 2008. ALOCOM: A Generic Content Model for Learning Objects. *International Journal on Digital Libraries*. 9(1): 41–63.
- [16] Mohan, P. and C. Brooks. 2003. Learning Object on the Semantic Web. In *Proceeding of the IEEE International Conference on Advance Learning Technologies*. Athens, Greece.
- [17] Roschelle, J. et al. 1999. Developing Educational Software Components. *Computer*. 32(9): 50–58.
- [18] Sanz, J., J. M. Doderer, and S. Sánchez-Alonso. 2009. A Preliminary Analysis of Software Engineering Metrics-Based Criteria for the Evaluation of Learning Objects Reusability. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*. 4: 30–34.
- [19] Valderrama, R.n.P., L. B. Ocan'a*, and L. B. Sheremetov. 2005. Development of Intelligent Reusable Learning Objects for Web-based Education Systems. *Expert Systems with Applications*. 28: 273–283.
- [20] Smith, R. S. 2004. Guidelines for Authors of Learning Objects. In *This publication was made possible through a grant from McGraw-Hill Education*.
- [21] Wiley, D. 2007 *Connecting Learning Objects to Instructional Design Theory: A Definition, A Metaphor, and A Taxonomy In DA Wiley (Ed.). The Instructional Use of Learning Objects*. <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>.
- [22] Yang, D. and Q. Yang. 2005. Customizable Distance Learning: Criteria for Developing Learning Objects and Learning Model Templates. In *Proceedings of the 7th international conference on Electronic commerce*. ACM: Xi'an, China. 765–770.
- [23] Boyle, T. 2003. Design Principles for Authoring Dynamic, Reusable Learning Objects. *Australian Journal of Educational Technology*. 19(1): 46–58.
- [24] Cuadrado, J.-J. and M.-A. 2005. Sicilia, *Learning Object Reusability Metrics: Some Ideas from Software Engineering*, in *International Conference on Internet Technologies and Applications ITA*.
- [25] Cervera, J. F. et al. 2009. *Quality Metrics in Learning Objects*, in *Metadata and Semantics*, M.-A. Sicilia and M.D. Lytras, Editors. 135–141.
- [26] Nielsen, J. 1994. *Usability Engineering*. San Francisco, USA, Morgan Kaufmann.
- [27] Ochoa, X. and E. Duval. 2008. Measuring Learning Object Reuse. In *Times of Convergence. Technologies Across Learning Contexts*. 322–325.
- [28] Sanz-Rodriguez, J., J. Doderer, and S. Sanchez-Alonso. 2011. Metrics-based Evaluation Of Learning Object Reusability. *Software Quality Journal*. 19(1): 121–140.
- [29] Downes, S. 2001. Learning Objects: Resources for Distance Education Worldwide. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*. 2(1).
- [30] Chidamber, S. R. and C. F. Kemerer. 1994. A Metrics Suite for Object Oriented Design. *Software Engineering, IEEE Transactions on Software Engineering*. 20(6): 476–493.
- [31] Vinoski, S. 2005. Old Measures for New Services. *Internet Computing, IEEE*. 9(6): 72–74.
- [32] Sosteric, M. and S. Hesemeier. 2002. When is a Learning Object Not an Object: A First Step Towards A Theory of Learning Objects. *International Review of Research in Open and Distance Learning*. 3(2): 16.
- [33] Sicilia, M.-A. and E. García. 2003. On the Concepts of Usability and Reusability of Learning Objects. *International Review of Research in Open and Distance Learning*. 4(2): 11.
- [34] Chidamber, S. R. and C. F. Kemerer. 1994. A Metrics Suite for Object Oriented Design. *Software Engineering, IEEE Transactions on*. 20(6): 476–493.
- [35] Rosenberg, L. H. and L. E. Hyatt. 1995. *Software Quality Metrics for Object-Oriented System Environments*. In *NASA Technical Report SATC-TR-95-1001*. Software Assurance Technology Center (SATC).