

# Sistem Penjadualan Makmal FKEE KUiTTHO: Satu Tinjauan

Mohd. Helmy Abdul Wahab, Zarina Tukiran, Nor'aisah Sudin dan Siti Nooraya Mohd. Tawil

Jabatan Kejuruteraan Komputer  
Fakulti Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik  
Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn  
86400 Parit Raja, Batu Pahat, Johor  
Tel: 07-4536445, Faks: 07-4536060,

E-mel: [helmy@kuiittho.edu.my](mailto:helmy@kuiittho.edu.my), [zarin@kuiittho.edu.my](mailto:zarin@kuiittho.edu.my) & [noraisah@kuiittho.edu.my](mailto:noraisah@kuiittho.edu.my)  
E-mel: [nooraya@kuiittho.edu.my](mailto:nooraya@kuiittho.edu.my)

## ABSTRAK

*Penjadualan merupakan salah satu proses yang penting bagi semua institusi yang untuk memastikan kelancaran sesuatu aktiviti. Kebanyakan proses penjadualan menjadi sukar kerana penempatan aktiviti yang dirancang mestilah mengambilkira semua kekangan. Antaranya ialah waktu pembelajaran, program yang ditawarkan, saiz ruang pembelajaran dan kakitangan. Kertas kerja ini mempersembahkan sistem penjadualan akademik di Fakulti Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik (FKEE), Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn (KUiTTHO) memfokus kepada sistem penjadualan waktu amali (Laboratory Timetabling System, LATS). Tujuan kajian ini dijalankan untuk mengautomasikan sistem penjadualan di peringkat fakulti dan boleh digunakan di peringkat universiti.*

### Kata kunci

Sistem penjadualan akademik, pendekatan penjadualan, teknologi agen, algoritma carian kehadapan, algoritma genetik, simulated annealing, carian tabu, UML.

## 1 PENGENALAN

Penjadualan merupakan salah satu proses yang sangat penting bagi institusi untuk memastikan kelancaran sesuatu aktiviti. Chand (2001) menyifatkan bahawa penjadualan merupakan satu kategori umum dan penjadualan masa berada dalam kategori ini. Beliau juga mengambil contoh bahawa antara aktiviti yang memerlukan sistem penjadualan adalah seperti penjadualan bas, penjadualan penerbangan, penjadualan projek dan lain-lain. Menurut Lee (2000), penjadualan adalah merupakan satu proses menempatkan peristiwa atau aktiviti kepada

sumber seperti masa (slot masa), ruang (bilik), dan kakitangan (pensyarah, tutor) yang dapat memenuhi kesemua kekangan. Proses penjadualan menjadi sukar kerana penempatan aktiviti mestilah mengambil kira semua kekangan tersebut.

Institusi pengajian merupakan salah satu institusi yang bergantung kepada sistem penjadualan sebelum sesi perkuliahan bermula. Kebanyakan proses penjadualan ini menjadi sukar kerana penempatan aktiviti yang dirancang mestilah mengambilkira semua

kekangan institusi terbabit. Alkan dan Ozcan (2003) mengatakan bahawa masalah penjadualan program adalah merupakan sub-kelas bagi masalah penjadualan program yang memerlukan tugas munasabah bagi setiap program yang ditawarkan kepada slot masa dan sumber lain seperti bilik kuliah bagi memenuhi satu set kekangan.

Bentuk penjadualan mestilah bersesuaian dengan institusi terbabit. Sebagai contoh, terdapat perbezaan di antara sistem penjadualan sekolah dan sistem penjadualan institusi pengajian tinggi (IPT). Antaranya ialah waktu pembelajaran, program yang ditawarkan, saiz ruang pembelajaran dan kakitangannya. Sekiranya sekolah mempunyai bilangan pelajar yang ramai, sesi persekolahan dibahagikan kepada dua sesi iaitu sesi pagi dan sesi petang. Kedua-dua sesi berlangsung selama lebih kurang lima jam sepanjang minggu tanpa slot bebas kecuali waktu rehat. Matapelajaran yang ditawarkan di sekolah pula adalah tetap bagi sepanjang sesi persekolahan. Kebanyakan saiz ruang pembelajaran di sekolah adalah sama. Manakala kakitangan yang bertanggungjawab untuk sesi pembelajaran adalah guru yang berstatus tetap ataupun kontrak. Ini berbeza di IPT. Waktu pembelajaran di IPT adalah fleksibel. Pada hari-hari tertentu dalam sepanjang minggu, waktu kuliah diadakan pada sebelah malam. Terdapat juga slot masa bebas pada hari tertentu dengan pelajar tidak mempunyai sesi perkuliahan. Program yang ditawarkan di IPT berbeza-beza mengikut keperluan. Kadangkala satu matapelajaran mempunyai lebih daripada 100 orang pelajar. Saiz ruang pembelajaran mestilah mampu menampung sejumlah pelajar bagi setiap sesi perkuliahan. Manakala kakitangan yang bertanggungjawab untuk sesi pembelajaran terdiri daripada pensyarah, pengajar dan tutor. Pensyarah pula boleh terdiri daripada pensyarah sepenuh masa, separuh masa dan kontrak.

Kertas kerja ini mempersembahkan sistem penjadualan akademik di Fakulti Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik (FKEE), Kolej Universiti

Teknologi Tun Hussein Onn (KUiTTHO) yang memfokuskan kepada sistem penjadualan waktu amali (*Laboratory Timetabling System, LATS*). Tujuan kajian ini dijalankan adalah untuk mengautomasikan sistem penjadualan di peringkat fakulti yang kemudiannya boleh diguna pakai di peringkat universiti. Pelbagai kajian dilaksanakan oleh pengkaji bagi membincangkan pendekatan atau kaedah yang digunakan dalam sistem penjadualan dan jadual waktu. Persidangan antarabangsa ke atas *Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT)* merupakan satu persidangan yang membincangkan mengenai isu penjadualan dan perkaitannya.

### 1.1 Sistem Penjadualan di FKEE, KUiTTHO

Penjadualan waktu akademik di peringkat fakulti, khususnya di FKEE, KUiTTHO boleh dibahagikan kepada dua kategori iaitu sistem penjadualan waktu kuliah (*Class Timetabling System, CATS*) dan sistem penjadualan waktu amali (*LATS*).

Di FKEE, terdapat empat jabatan yang mempunyai pengkhususan pada kejuruteraan komunikasi, elektronik, komputer dan kuasa serta robotik. Sistem penjadualan di FKEE masih dijalankan secara manual. Aktiviti ini dikendalikan oleh pensyarah yang dilantik sebagai Ahli Jawatankuasa Jadual Waktu (AJKJW). Oleh kerana KUiTTHO memfokuskan pembelajaran secara teori dan amali, maka setiap matapelajaran yang ditawarkan oleh setiap program mempunyai latihan amali. Latihan amali ini dilaksanakan secara berasingan dengan pembelajaran teori. Bagaimanapun, pada ketika ini, terdapat dua kategori matapelajaran amali. Pertama, matapelajaran amali yang bersifat gabungan yang melibatkan latihan amali berganding dengan matapelajaran tertentu. Slot pembelajaran amali dan teori adalah berbeza. Bagaimanapun, ia mempunyai kod matapelajaran yang sama bagi amali dan teori. Contohnya, BKE4433 merupakan matapelajaran Senibina Komputer. Sesi perkuliahan bagi BKE4433

berlangsung selama 3 jam, sesi tutorial selama 1 jam dan latihan amali selama 3 jam. Bagaimanapun, latihan amali ini adalah sebahagian daripada matapelajaran BKE4433 dan mempunyai kod matapelajaran yang sama. Kedua, matapelajaran amali yang bersifat individu. Latihan amali bagi kategori ini adalah tidak bergantung kepada matapelajaran tertentu. Kod matapelajaran dan slot masa adalah unik. Sebagai contoh, BKE5413 juga merupakan matapelajaran Senibina Komputer. Tempoh sesi perkuliahan, tutorial dan latihan amali adalah sama seperti BKE4433. Bagaimanapun, latihan amali bagi matapelajaran BKE5413 dilaksanakan secara berasingan. Kod matapelajaran BKE5510 bagi pelajar program kejuruteraan elektrik. Manakala kod matapelajaran BKE5422 bagi pelajar program teknologi maklumat. Setiap matapelajaran amali dilaksanakan selama tiga jam. Ia dikendalikan oleh seorang pensyarah dan seorang tutor. Terdapat seorang penyelarar bagi menyelarar setiap matapelajaran amali.

Aktiviti *LATS*, FKEE dimulakan dengan aktiviti pengumpulan maklumat dan data oleh AJKJW mengenai matapelajaran teori yang mempunyai amali dan matapelajaran amali. Data lain yang dikumpulkan termasuklah bilangan pelajar yang terlibat dengan latihan amali, senarai dan maklumat terkini makmal FKEE serta permintaan penggunaan makmal dari fakulti lain. Setelah keperluan data diadakan, perbincangan peringkat awal diadakan di kalangan AJKJW. Pada kebiasaannya, perbincangan peringkat awal ini lebih menumpu kepada mengenal pasti kesesuaian makmal terhadap matapelajaran. Ini diikuti dengan beberapa siri mesyuarat dan perbincangan. AJKJW menyusun dan mengisi matapelajaran yang melibatkan latihan amali ke dalam slot masa bebas secara manual. Kerja pemurnian *LATS* ini dijalankan sehingga terhasilnya satu jadual yang besar dan menyeluruh.

*LATS* yang dirancang dijadikan sebagai rujukan untuk menyusun jadual perkuliahan pelajar mengikut tahun pengajian dan *CATS* bagi pengajar dan pensyarah. Jadual pelajar dan tenaga pengajar yang lengkap di serahkan

kepada Pusat Pengurusan Akademik (PPA) untuk dimurnikan dengan matapelajaran yang telah ditetapkan mengikut jam kuliah. Bagaimanapun, sekiranya terdapat pengubahsuaian ke atas *LATS* yang telah dirancang, proses penjadualan dari peringkat awal hinggalah ke peringkat akhir hendaklah diulang kembali. Dengan itu, tugas penyediaan *LATS* adalah mengambil masa.

### 1.1.1 Terminologi *LATS*

Walaupun permasalahan dalam sistem penjadualan mudah untuk difahami, senarai terminologi untuk sistem penjadualan yang dibangunkan diberikan seperti di bawah:

- Matapelajaran – subjek yang melibatkan latihan amali yang ditawarkan oleh fakulti.
- Seksyen – terbentuk bergantung kepada bilangan pelajar yang berdaftar untuk satu-satu subjek amali tersebut.
- Slot masa – satu unit slot masa bersamaan dengan 60-minit.
- Tempoh amali – julat tempoh masa yang digunakan untuk satu-satu amali.
- Hari – amali boleh berlangsung pada mana-mana hari di antara hari Isnin hingga hari Jumaat.
- Jadual – maklumat berkenaan masa, hari dan tempat yang diatur untuk subjek amali.
- Pengguna – di FKEE, pengguna sistem terdiri daripada dua kategori iaitu 1) Pengendali sistem dan AJK Jadual. Pengguna kategori ini boleh menentukan slot masa dan seterusnya menyusun jadual subjek yang terlibat. 2) Ahli Fakulti termasuklah staf akademik dan pelajar. Pengguna kategori ini pula boleh mengakses sistem jadual hanya untuk mendapatkan maklumat jadual sahaja.

### 1.1.2 Kekangan *LATS*

Sebelum pengautomatan ke atas *LATS* ini dilaksanakan, kekangan ke atas sistem penjadualan hendaklah dikenalpasti. Kajian

yang dijalankan telah mengenalpasti beberapa kekangan ke atas permasalahan sistem penjadualan. Chan (2002), dalam sistem penjadualan waktu Nanyang Technological University (NTU) menyatakan dua kekangan yang universal dalam semua permasalahan penjadualan ialah:

- a) Tidak ada pelajar boleh berada dalam dua atau lebih tempat pada sebarang tempoh.
- b) Saiz ruang hendaklah mampu menampung kesemua pelajar yang mendaftar bagi matapelajaran yang dijadualkan dalam sebarang tempoh.

*LATS FKEE* mempunyai kekangan yang hampir sama seperti yang dinyatakan oleh Muller (2002). Beliau membahagikan kekangan kepada dua bahagian iaitu kekangan kekal (*hard constraints*) dan kekangan sementara (*soft constraints*). Kekangan kekal menunjukkan bahawa slot masa dibekukan bagi sebarang aktiviti. Manakala kekangan sementara menunjukkan bahawa slot masa tersebut kurang digalakkan. Kekangan ini merujuk kepada perwakilan masa. Antara kekangan kekal yang dapat dikaitkan dengan keperluan *LATS FKEE* ialah:

- a) Setiap aktiviti yang dijadualkan mempunyai sumber yang diperlukan. Sebagai contoh, penempatan makmal, keperluan amali, saiz ruang dan tenaga pengajar merupakan antara sumber yang perlu bersesuaian dengan matapelajaran amali tersebut.
- b) Aktiviti berasingan yang dijadualkan tidak boleh menggunakan sumber yang sama dalam satu masa. Contohnya, kod matapelajaran amali yang berbeza seperti BKE5502 dan BKE5422 tidak boleh menggunakan makmal yang sama iaitu Makmal Senibina Komputer dalam satu masa.
- c) Tidak ada aktiviti dijadualkan ke dalam slot masa yang sedia ada mempunyai aktiviti lain. Ini adalah kerana terdapat beberapa slot masa yang telah dibekukan dengan aktiviti yang ditetapkan oleh

pihak fakulti seperti penyeliaan pelajar Projek Sarjana Muda pada hari Khamis bermula dari slot masa 8 pagi sehingga 1 petang.

- d) Kesemua kebergantungan di antara aktiviti yang dijadualkan mesti dinyatakan. Ini penting bagi memberi panduan kepada AJKJW dalam menyediakan slot masa yang bersesuaian dan memenuhi keperluan program.

Kekangan lain yang dikenalpasti dalam *LATS FKEE* ialah:

- a) Pensyarah, pengajar dan tutor bagi matapelajaran amali ini seharusnya tidak dijadualkan dalam slot masa yang berterusan.
- b) Pelajar yang mengambil matapelajaran amali juga seharusnya tidak dijadualkan dalam slot masa yang berterusan.

## 1.2 Sistem Penjadualan Berasaskan Komputer

Pengautomatan *LATS FKEE (A-LATS)* merupakan sistem cadangan bagi memperbaiki *LATS FKEE* semasa. Dengan ini diharapkan *A-LATS* dapat memenuhi kekangan-kekangan yang dinyatakan di atas serta keperluan berikut:

- a) Integrasi yang lebih baik di antara sistem yang dibangunkan dengan keperluan dan kemudahan sedia ada dapat direalisasikan hasil daripada penggunaan kaedah penyelarasan jadual secara berkomputer. Ini membolehkan maklumat penjadualan dikongsi secara elektronik. Selain itu, *A-LATS* mampu untuk mengendalikan himpunan maklumat yang banyak termasuklah maklumat mengenai bilik makmal, pensyarah, pelajar dan peralatan yang bersesuaian.
- b) *A-LATS* yang dibangunkan bersedia menerima sebarang kemungkinan

- termasuklah senario kesan daripada pertambahan kursus baru, pelajar, tenaga pengajar, lokasi dan kemudahan makmal.
- c) Penggunaan sistem dapat menjimatkan masa dan sumber yang diperlukan untuk proses penjadualan makmal disamping dapat menyediakan maklumat terkini kepada semua pengguna mengenai jadual waktu dan penempahan makmal.

Merujuk kepada keperluan di atas, secara amnya kualiti pengurusan dalam proses penyelarasan jadual dapat ditingkatkan ke satu tahap yang baik dan memuaskan semua pihak.

## 2 SOROTAN SUSASTERA

Proses penjadualan merujuk kepada tugas untuk menempatkan aktiviti kepada slot yang sesuai dengan mengambil kira faktor-faktor kekangan. Pelbagai kajian dijalankan ke atas pendekatan atau kaedah yang digunakan dalam mengautomatiskan sistem penjadualan. Antara lainnya ialah teknologi agen, algoritma carian kehadapan, algoritma genetik, *simulated annealing* dan carian tabu. Penggunaan *Unified Modeling Language* (UML) digunakan dalam menyelesaikan masalah sistem penjadualan.

### 2.1 Teknologi Agen

Sistem penjadualan selalunya melibatkan komponen yang besar dan kompleks serta memerlukan sistem teragih sebagai fungsi pengendali. Sistem ini perlu berinteraksi dan menyelesaikan pelbagai masalah yang berkaitan dengan jadual waktu. Hasil sistem pula merupakan satu laporan yang lengkap kepada pengguna dengan mengurangkan lambakan maklumat. Teknologi Agen diperkenalkan sebagai salah satu pendekatan untuk merekabentuk sistem terbuka dan teragih dan mengurangkan kadar lambakan maklumat kepada pengguna (De Causmaecker et al 2002). Teknologi yang diperkenalkan merupakan domain penting bagi kajian yang melibatkan teknik kepintaran buatan.

### 2.2 Algoritma Carian Kehadapan

Fakulti Matematik dan Fizik di Universiti Charles memperkenalkan satu teknik asas untuk menyelesaikan masalah dengan penjadualan pensyarah iaitu algoritma carian kehadapan (*forward*). Algoritma ini merupakan kombinasi teknik carian asas dan jejak kebelakang (*backtracking*) (Muller 2002).

### 2.3 Algoritma Genetik (GA)

Evolusi Algoritma genetik dikatakan berjaya menyelesaikan masalah penjadualan yang kompleks dengan adanya gabungan keupayaan dan kefleksibelan khususnya dalam bidang pendidikan. Calderia (1997) menyatakan algoritma genetik dikenali sebagai alat carian yang mampu menghasilkan penyelesaian yang optimum dalam ruang pencarian yang sangat kompleks. Keupayaan ini dapat dibuktikan melalui evolusi algoritma yang cekap untuk bersaing diperingkat carian yang kompleks.

Algoritma genetik telah digunakan dalam aplikasi yang melibatkan pelbagai domain seperti contoh :

- a) Jadual Kerja
- b) Sistem Transit Luar-Bandar
- c) Jadual Peperiksaan
- d) Jadual Penggunaan Peralatan Makmal
- e) Jadual Aliran Tugas Krew Filem
- f) Jadual Waktu Guru Sekolah

Universiti Nottingham menggunakan kaedah pendekatan evolusi algoritma genetik hibrid bagi menyelesaikan masalah heuristik rangkakerja penjadualan peperiksaan. Penjadualan peperiksaan adalah merujuk kepada masalah menetapkan jenis peperiksaan relatif terhadap masa dan bilik atau dewan peperiksaan yang bersesuaian. Kaedah penjadualan yang diperkenalkan menggabungkan dua algoritma heuristik iaitu:

- Algoritma 1: carian set peperiksaan yang tidak berkonflik.

- Algoritma 2: menempatkan peperiksaan yang terlibat dalam bilik atau dewan peperiksaan yang terpilih.

Kaedah algoritma genetik yang digunakan menunjukkan kebolehpercayaan yang tinggi berasaskan pertimbangan yang optimum dalam menghadapi pelbagai kekangan yang wujud (Burke et al. 1994).

Satu modul rujukan generik diperkenalkan untuk memahami konsep penjadualan bagi Jadual Pensyarah di Charles Universiti. Model generik ini terdiri daripada satu set bahan atau sumber (pensyarah, dewan kuliah, bilik kuliah dan sebagainya), satu set aktiviti (kuliah, kursus, seminar dan sebagainya) dan satu set hubungan antara aktiviti. Setiap sumber dan aktiviti adalah berhubungkait dengan keutamaan masa (Muller 2002).

Algoritma ini dapat beroperasi ke atas satu populasi penyelesaian yang dipilih berdasarkan kualiti dan seterusnya digunakan sebagai asas rujukan kepada penjanaan penyelesaian-penyelesaian baru secara mutasi dan *crossover*.

Turban (1992) menyatakan *GA* merupakan satu set arahan yang berulang bagi menyelesaikan masalah. Perkataan genetik itu merujuk kepada kelakuan algoritma yang menyerupai kepada evolusi proses biologi.

*GA* merupakan satu teknik optimal ataupun satu kaedah carian untuk mencari penyelesaian - penyelesaian yang optimal *GA* dibangunkan oleh John Holland (*University of Michigan*) pada pertengahan tahun 60-an (Marzuki 2003).

Berdasarkan kepada Azman dan Zaki (2005), Fakulti Teknologi Maklumat dan Multimedia KUiTHHO juga memilih algoritma genetik sebagai penyelesai masalah bagi pembangunan prototaip sistem penjadualan peperiksaan (*ETS-Examination Timetabling System*). Kajian kes yang difokuskan adalah untuk menguruskan proses penjadualan peperiksaan secara optimum bagi kumpulan sasaran terbabit iaitu pelajar semester pertama Sarjana Muda Teknologi

Maklumat sesi 2004/2005. Pendekatan *GA* yang diaplikasikan dalam *ETS* membolehkan sistem ini mencegah masalah waktu peperiksaan yang bertindan bagi kursus-kursus yang diambil oleh pelajar dan juga memaksimumkan waktu ulangkaji pelajar dengan waktu peperiksaan.

## 2.4 *Simulated Annealing*

*Simulated Annealing* adalah satu kaedah pencarian yang mempunyai bidangnya sendiri dalam sains bahan dan fizik. Kaedah ini diperkenalkan pada tahun 1953 oleh Metropolis dan tiga puluh tahun selepas itu Kirkpatrick et al. (1983) menemui analogi di antara meminimakan kos fungsi dalam masalah pengoptimuman. *Simulated Annealing* telah diterima sebagai algoritma yang mempunyai potensi dalam menyelesaikan proses pengoptimuman.

Yildiz (2000) menyatakan masalah sistem penjadualan merupakan masalah yang saling-hubung dan bukan satu masalah yang berasingan. *Simulated Annealing* banyak diaplikasikan kepada masalah *single-machine*, *flow-shop* dan *job-shop* tetapi Laarhoven (1992) telah menggunakan teknik *Simulated Annealing* untuk penemuan jurang minimum dalam penjadualan *job-shop*. Ia mengatakan bahawa *Simulated Annealing* berkesan untuk aplikasi seperti penjadualan.

Badica dan Badica (1996) telah menggunakan *Simulated Annealing* untuk menyelesaikan masalah *n-queens* dan mendapat penyelesaian yang tepat berbanding kaedah *backtracking*. Masalah *n-queens* bertujuan untuk meletakkan *queens* di atas papan catur bagi mengelakkan *checkmate*. Dalam sistem penjadualan pula, masalah jadual waktu ialah berkaitan dengan penentuan slot masa dengan tempoh. Scharerf (1995) dan Bardadym (1995) mengkategorikan masalah jadual waktu kepada tiga iaitu jadual waktu kelas, jadual waktu subjek dan jadual waktu peperiksaan. Ketiga-tiga jadual waktu ini

saling berkaitan yang mewujudkan masalah kombinasi.

Masalah penjadualan boleh terbahagi kepada dua jenis iaitu kekangan kekal dan kekangan sementara. Kekangan kekal ialah seperti pensyarah tidak boleh menghadiri dua kelas dalam masa yang serentak, matapelajaran yang berlainan tidak boleh diadakan pada ruang pembelajaran yang sama pada satu masa, ketiadaan ruang pembelajaran dan pensyarah. Manakala kekangan sementara seperti pensyarah boleh memilih slot masa dan matapelajaran. Melicio et al. (1999) menyatakan kebiasaannya algoritma *Simulated Annealing* hanya menyelesaikan masalah jika kosnya lebih rendah berbanding kos sedia ada. Walaupun *Simulated Annealing* berjaya menyelesaikan masalah jadual waktu yang kompleks, pemilihan perlaksanaan bahagian permasalahan yang berkait antara satu sama lain dengan bahagian lain adalah penting.

## 2.5 Carian Tabu

Carian tabu mengandungi pelbagai elemen yang dapat melangkaui pembentukan peringkat pertama dan dapat membuka kemungkinan-kemungkinan untuk menjana lebih banyak pendekatan penyelesaian. Gabungan prinsip penyelesaian masalah dapat menimbulkan penjejakan yang menyeluruh. Kaedah ini diperkenalkan oleh Fred Glover pada 1986.

Terdapat dua strategi utama iaitu kesungguhan dan kepelbagaian (Glover dan Laguna 1997). Strategi kesungguhan melibatkan penukaran pilihan pertama untuk menyakini carian bagi *menguji penyelesaian elit*. Sekiranya terdapat daerah yang mengandungi penyelesaian yang baik di masa lampau, kemungkinan ia boleh menjadi penyelesaian terbaik pada masa hadapan. Strategi kepelbagaian pula menggalakkan proses capaian menguji daerah yang belum dilawat dan menjanakan penyelesaian yang mempunyai kepelbagaian keberkesanan.

Kebanyakan aplikasi carian tabu seakan-akan *Simulated Annealing*. Capaian tabu telah berjaya digunakan dalam menjanakan sistem penjadualan peperiksaan di University of Technology of Compiègne (Burke et al 1997). Hertz (1991) menggunakan algoritma tabu dalam penjadualan kursus.

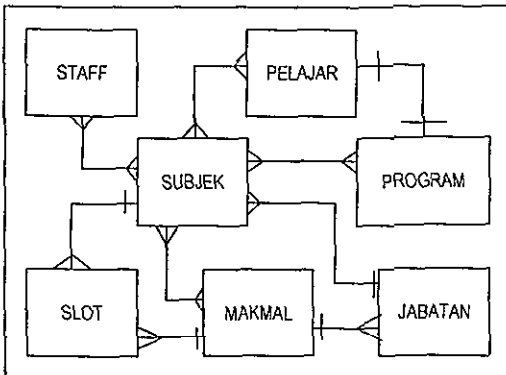
## 2.6 Penggunaan UML

Dalam suatu proses penghasilan sistem penjadualan, adalah penting untuk membentuk model struktur dan perlakuan bagi perisian sebelum membangunkan kod (Fang S. 2005). Pemodelan perisian (*Software modeling*) bagi suatu aplikasi itu adalah seperti *blueprint* bagi sebuah bangunan yang menitikberatkan penghasilan satu sumber sistem maklumat yang kukuh dan boleh harap. Isu pemodelan perisian perlu diberi penekanan terlebih dahulu bagi menjamin sistem yang akan dibangunkan adalah memenuhi kehendak semasa dan terkini.

Salah satu teknik permodelan yang boleh diaplikasi adalah dengan menggunakan UML (*Unified Modeling Language*). Ia digunakan untuk mendokumentasi peringkat rekabentuk sistem. Model UML boleh menggambarkan fungsi keseluruhan sistem penjadualan dari sudut pandangan pengguna yang terlibat. Ia juga menunjukkan had untuk mengakses sistem bagi setiap kumpulan pengguna. Sebagai contoh, tidak ada seorang pun yang dibenarkan untuk membuka, menyimpan dan menetap slot masa untuk subjek amali melainkan pengendali sistem dan AJK jadual. Seterusnya sistem boleh ditulis dan dibangunkan dengan menggunakan Visual Basic .NET dan SQL Server. Secara tidak langsung, ini melibatkan bagaimana kehendak pangkalan data SQL terbenam pada bahasa pengaturcaraan VB.NET, bagaimana capaian data dibuat di antara prosedur klien dan pelayan pangkalan data, dan seterusnya bagaimana senibina perisian dapat dimodelkan dan didokumentasi dalam UML dan sebagainya.

### 3 REKA BENTUK PANGKALAN DATA A-LATS, KUITTHO (MODEL CADANGAN)

Proses pembinaan sistem jadual bergantung kepada rekabentuk pangkalan data dan algoritma yang akan digunakan. Dalam proses rekabentuk sistem jadual ini, model logikal bagi sistem jadual dibentuk untuk proses pergerakan data. Rajah 1 menunjukkan rekabentuk logikal pangkalan data sistem jadual. Sistem ini digunakan oleh FKEE yang mempunyai 4 jabatan serta 25 buah makmal yang beroperasi. Sistem ini akan dibangunkan menggunakan Microsoft Visual Basic 6.0 dan SQL Server sebagai pangkalan data. Teknik algoritma genetik digunakan untuk memastikan proses pengoptimuman berlaku dan mengelakkan pertindihan slot jadual. Rajah 1 merupakan model yang diadaptasi dari Fang (2005) dan diubah suai mengikut keperluan KUITTHO.



Rajah 1: Reka bentuk logikal sistem jadual

Rajah 1 menunjukkan model logikal bagi sistem jadual. Terdapat lima entiti iaitu Subjek yang menyimpan data subjek, Program mengandungi maklumat program yang ditawarkan di KUITTHO, Staff mengandungi maklumat pensyarah, pengajar atau tutor, Jabatan menyimpan maklumat jabatan dan Makmal mengandungi maklumat mengenai makmal. Reka bentuk logikal ini memberi gambaran secara umum tentang perkaitan antara data supaya tidak berlaku pertindihan data serta memastikan

tahap integriti data berada pada tahap yang optimum. Bagaimanapun, jika dilihat dari segi perspektif pangkalan data, terdapat hubungan antara entiti itu mempunyai pertalian banyak-kepada-banyak, oleh itu, proses menterjemahkan model logikal kepada model fizikal mengalami sedikit perubahan iaitu penambahan entiti sementara yang bertindak sebagai penghubung kepada entiti yang mempunyai pertalian banyak-kepada-banyak.

### 4 KESIMPULAN

Kertas kerja ini membincangkan secara umum sistem penjadualan waktu makmal, LATS FKEE dan kajian tinjauan mengenai teknik-teknik yang digunakan dalam sistem penjadualan waktu. Reka bentuk logikal sistem jadual telah direka bentuk bagi memastikan semua modul data memenuhi kekangan yang telah dikenalpasti di FKEE khususnya dan di KUITTHO umumnya.

### 5 RUJUKAN

Alkan, A. and Ozcan, E. 2003. Memetic Algorithm for Timetabling. Proceeding of 2003. IEEE Congress on Evolutionary Computation. p. 1796 – 1802. 9-12 December, Canberra, Australia.

Azman Yasin dan Mohd Zaki Mohd Salikon. 2005. Examination Timetabling Using Genetic Algorithm Case Study in KUITTHO. Seminar Kebangsaan Sosio-Ekonomi dan Teknologi Maklumat ke -3, anjuran Pusat Penyelidikan & Perundingan Universiti Utara Malaysia, 20-21 Ogos, Kuala Perlis.

Badica, C. and Badica, A. 1998. Solving Combinatorial Optimisation Problems using Simulated Annealing. Proceeding of Sintese '9, p. 220-225.

Bardadym, V. A. 1995. Computer-Aided School and University Timetabling: The New Wave. Proceeding of 1<sup>st</sup> International Conference on the Practice and Theory of



- Automated Timetabling. p. 22 – 45. Edinburg, UK.
- Burke, E. et al. 1997. Automated University Timetabling: The State of The Art. *The Computer Journal* 40(9):565-571. 19-23 September, Crimea, Ukraine.
- Burke E.K, Elliman D.G. and Weare R.F. 1994. A Genetic Algorithm Based University Timetabling System. East-West Conference on Computer Technologies in Education, Crimea, Ukraine.
- Caldeira J. P. and Agostinho C.R.. 1997. School TimeTabling Using Genetic Search, Practice and Theory of Automated Timetabling, Toronto.
- Chan, C.K., Gooi, H.B., Lim, M.H. 2002. A Co-Evolutionary Algorithm Approach to A University Timetable System. Proceeding of the 2002 Congress on Evolutionary Computation. Vol.2. p. 1946-1951. USA: IEEE Press.
- Chand, A. 2001. A Heuristic Approach to Constraint Optimization in Timetabling. New Zealand Mathematics Colloquium 2001, 3-6 December, Palmerston-North, New Zealand.
- De Causemaecker P. et al. 2002. Agent Technology for Timetabling. Proceedings of the 4th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling. 21-23 August, Gent, Belgium.
- Fang, S. 2005. University Course Scheduling System (UCSS) – A UML Application With Database And Visual Programming. Consortium for Computing Sciences in Colleges. p. 160 – 169. USA: Consortium for Computing Sciences in Colleges.
- Falcao, P. et al. 1991. Another Timetabling Approach. Expert Planning Systems. First International Conference on Expert Planning Systems. p. 212 – 216. Brighton: IEEE.
- Glover, F. And Laguna, M. 1997. Tabu Search. Boston.: Kluwer Academic Publishers.
- Hertz, A. 1991. Tabu Search for Large Scale Timetabling Problems. *European Journal of Operations Research*. No. 54. p. 39-47.
- Kendall, G. and Mohd. Hussin N.. 2004. Tabu Search Hyper-heuristic Approach to The Examination Timetabling Problem at University Technology MARA. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference of the Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT). p. 1999-217. Pittsburgh: USA.
- Kendall, G. And Mohd. Hussin N.. 2003. An Investigation of A Tabu Search Based Hyper-heuristic for Examination Timetabling. Proceedings of the 1<sup>th</sup> Multidisciplinary International Conference on Scheduling Theory and Applications (MISTA2003). p. 226-233. Kluwer Academic Publishers.
- Lee, J.; Fanjiang, Y.; and Lai, L.F. 2001. A Software Engineering Approach to University Timetabling. Proceeding of International Symposium on Multimedia Software Engineering, 2000, p. 124-131. 11-13 December. USA: IEEE Inc.
- Marzuki Khalid. 2003. The Need for Artificial Intelligence and Its Applications in Industry. Siri Syarahan Perdana Professor: Skudai: Penerbit UTM.
- Melicio, F., Caldeira, P. and Rosa, A. 1999. Solving the Timetabling Problem with Simulated Annealing. Proceedings of the 1st International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS'99, pp. 272-270. 27-30 March. Setubal: Portugal.

- Metropolis, N., Rosenbluth, A. N., Rosenbluth, M. N., Teller, A. H. and Teller, H. (1953). Equation Of State Calculation By Fast Computing Machine. *Journal of Chemistry and Physics*. Vol. 21 (6). 1087 – 1082.
- Muller, T. 2002. Some Novel Approaches to Lecture Timetabling. Proceeding of the 4<sup>th</sup> Workshop of Constraint Programming for Decision and Control, CPDC'2002. p. 31-37. Gliwice: Polland
- Ozcan, E. And Alkan, A. 2002. Timetabling Using A Steady State Genetic Algorithm. Proceeding of the 1<sup>th</sup> International Conference on The Practice and Theory of Automated Timetabling. p. 104-107. 30 August – 1 September, Edinburgh, UK.
- Schaerf, A. 1995. A Survey of Automated timetabling. Report CS-R9567 of Stichting Mathematisch Centrum. Amsterdam: Centre for Mathematics and Computer Science.
- Turban E., Aronson J.E and Lyang T.P. 2005. *Decision Support System in Intelligent System*. New Jersey. Pearson Prentice Hall.
- Yildiz, H. 2001. Simulated Annealing & Applications to Scheduling Problems. Kertas kerja dibentangkan dalam CUSTOM Mini-Conference, anjuran Carnegie Mellon University, Desember 2001, Pittsburgh.