
OPTIMASI JADWAL UJIAN DI PERGURUAN TINGGI DENGAN METODE *BRANCH AND BOUND*

Asmara Iriani Tarigan
Program Studi Matematika, FMIPA Universitas Terbuka, Tangerang-Banten
asmara@mail.ut.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan model matematis dalam penyusunan jadwal ujian di suatu perguruan tinggi sangat bergantung pada karakteristik pelaksanaan ujian yang diinginkan perguruan tinggi tersebut. Universitas Terbuka (UT) adalah perguruan tinggi negeri yang menerapkan sistem pendidikan terbuka dan jarak jauh melalui unit program belajar jarak jauh (UPBJJ)-UT yang tersebar di 37 kota di seluruh Indonesia. UT menggunakan sistem jadwal ujian yang tersentralisasi. Dengan sistem penjadwalan ujian seperti ini, UT disamping sebagai fasilitator dalam proses belajar mahasiswa juga harus berupaya sebagai akselerator waktu pencapaian kesuksesan belajar mahasiswa. Informasi jadwal ujian akhir semester adalah salah satu layanan akademik yang diberikan kepada mahasiswa. Jadwal ujian yang optimal adalah jadwal ujian yang dapat memberikan kebebasan kepada mahasiswa untuk memilih mata kuliah yang akan diregistrasi pada suatu semester dan yang dapat memfasilitasi mahasiswa menyelesaikan studi maksimal sesuai dengan waktu yang ditentukan oleh institusi. Dasar pengalokasian mata kuliah pada jadwal ujian adalah dengan melihat keterkaitan materi antarmata kuliah yang dibuat menjadi suatu *precedence relation* mata kuliah. Masalah penjadwalan ujian dimodelkan dalam bentuk *integer programming* dan diselesaikan dengan menggunakan metode *branch and bound* dengan bantuan *software LINGO 8.0*. Tujuan penelitian adalah memaksimalkan total pasangan mata kuliah yang mempunyai hubungan prasyarat akan dijadwalkan pada jam yang sama.

Kata kunci: metode *branch and bound*, *integer programming*, jadwal ujian di perguruan tinggi, optimasi

PENDAHULUAN

Sentralisasi penjadwalan ujian di perguruan tinggi (PT) merupakan permasalahan yang sangat rumit dikaitkan dengan kebebasan dalam penentuan jumlah dan tingkat kesulitan matakuliah serta kemampuan mahasiswa beragam. Keterbatasan fasilitas layanan dan sumber daya yang tersedia menjadi kendala dalam perencanaan jadwal

ujian. Dengan demikian, perlu di kembangkan suatu model matematis yang merupakan solusi optimal dalam penyusunan jadwal ujian.

UT merupakan perguruan tinggi negeri yang menerapkan sistem pendidikan terbuka dan jarak jauh (PTJJ) di Indonesia, yaitu suatu sistem pendidikan yang dilakukan di mana pengajar dan peserta didik terpisah secara fisik atau geografis. Sistem pendidikan seperti ini membuat UT berbeda dengan perguruan tinggi yang menganut sistem pendidikan tatap muka. Peran program studi (PS) yang berada dalam lingkungan UT untuk memberikan pelayanan selama proses belajar mahasiswa sangat berpengaruh. Salah satu tugas yang dilakukan oleh PS adalah memenuhi kebutuhan mahasiswa UT yang tersebar di seluruh Indonesia seperti aktif memberikan informasi yang bersifat akademik maupun non-akademik. Informasi diberikan melalui kantor pusat UT di Tangerang-Banten dan melalui unit program belajar jarak jauh (UPBJJ)-UT yang tersebar di 37 kota di seluruh Indonesia. Informasi diberikan lebih awal, lengkap, dan akurat.

Jadwal ujian akhir semester (UAS) adalah salah satu contoh dari informasi akademik yang diberikan sejak awal kepada mahasiswa. Jadwal UAS dibuat oleh PS yaitu dengan melihat mata kuliah yang ditawarkan dan waktu pelaksanaan ujian yang sudah ditetapkan institusi. Informasi jadwal UAS dapat dilihat pada katalog UT atau di UPBJJ pada saat melakukan registrasi mata kuliah setiap semester. Tujuannya adalah agar mahasiswa dapat memilih mata kuliah yang akan diregistrasi dalam suatu semester. Semua mata kuliah yang menjadi beban studi mahasiswa selama mengikuti pendidikan di UT ditawarkan setiap semester, mahasiswa memilih hanya beberapa matakuliah dalam setiap semester. Mata kuliah yang dipilih adalah mata kuliah yang diujikan pada waktu yang berbeda.

Daskalaki *et al.* (2004) memformulasikan masalah penjadwalan kuliah di universitas dengan *integer programming*. Parameter yang digunakan adalah mata kuliah, peserta, pengajar, hari, periode waktu, dan ruang kelas. Dimopoulou & Miliotis (2001) membuat jadwal yang menggabungkan jadwal kuliah dan jadwal ujian pada suatu universitas. Masalah diformulasikan dengan membagi dua konsep dasar pengelompokan yang berbeda yaitu:

-
- pengelompokan mata kuliah disebut grup matakuliah dan
 - pengelompokan periode waktu disebut grup waktu.

Ng & Martin (2002) memodelkan penjadwalan kuliah di *Universitas Minnesota-Morris (UMM)* dengan asumsi jadwal dapat memenuhi keinginan pengajar. Secara umum, permasalahan yang dihadapi di UMM adalah membuat jadwal kuliah yang memenuhi permintaan pengguna. Masalah penjadwalan dimodelkan dalam *integer programming* dan diselesaikan dengan menggunakan metode *branch and bound*.

Adapun yang menjadi masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana membuat jadwal ujian yang memberikan kebebasan kepada mahasiswa untuk memilih mata kuliah yang akan diregistrasi pada suatu semester dan dapat memfasilitasi mahasiswa yang mempunyai kemampuan yang bagus agar dapat menyelesaikan masa studinya maksimal sesuai dengan waktu yang ditentukan oleh institusi. Tujuan yang hendak dicapai adalah menghasilkan suatu jadwal ujian yang optimal dengan memaksimalkan penjadwalan mata kuliah-mata kuliah yang mempunyai hubungan prasyarat langsung pada jam yang sama. Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi perguruan tinggi-perguruan tinggi yang ingin membuat jadwal yang dibutuhkan sesuai dengan karakteristik dari perguruan tinggi masing-masing.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini melakukan simulasi dengan menggunakan data sekunder yaitu data mata kuliah PS Matematika FMIPA-UT yang ditawarkan pada tahun 2008 dan data waktu pelaksanaan UAS yang sudah ditetapkan. Hubungan keterkaitan materi antarmata kuliah dilihat dari dekripsi mata kuliah yang akan digambarkan menjadi suatu *precedence relation* mata kuliah sehingga membentuk rangkaian-rangkaian mata kuliah yang disebut juga dengan hubungan prasyarat antarmata kuliah. Rangkaian mata kuliah dikelompokkan menjadi beberapa grup-grup mata kuliah dan pengelompokan dilakukan hanya pada mata kuliah program studi. Dari rangkaian mata kuliah akan dilihat suatu himpunan kelas relasi yaitu pasangan mata kuliah yang mempunyai hubungan prasyarat langsung. Batasan-batasan penjadwalan ujian

ditetapkan oleh institusi, dan batasan yang mengacu pada penjadwalan mata kuliah yang mempunyai hubungan prasyarat langsung.

Yang menjadi variabel keputusan dalam penelitian ini adalah mata kuliah dijadwalkan tepat pada satu jam dari yang tersedia $(x_{i,j})$, dan pasangan mata kuliah yang mempunyai hubungan prasyarat langsung akan dijadwalkan pada satu jam yang sama $(y_{(i,k),j})$. Masalah penjadwalan ujian di PT dimodelkan dengan menggunakan *integer programming* dan diselesaikan dengan menggunakan metode *branch and bound* dengan bantuan *software* optimisasi *LINGO 8.0*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Mata kuliah PS Matematika FMIPA sebanyak 45 mata kuliah (Tabel 1). Karakteristik mata kuliah di UT dibagi menjadi tiga kelompok yaitu kelompok:

1. mata kuliah dasar umum (MKDU) sebanyak 6 mata kuliah
2. mata kuliah program studi sebanyak 25 mata kuliah
3. mata kuliah bersama sebanyak 14 matakuliah.

Tabel 1 Mata kuliah Program Studi Matematika FMIPA-UT

Indeks	Kode/Mata kuliah	Kelompok mata kuliah
1	MKDU4101Ilmu Budaya Dasar	MKDU
2	MKDU4104Pendidikan Pancasila	MKDU
3	MKDU4105Pendidikan Kewarganegaraan	MKDU
4	MKDU4106Bahasa Indonesia	MKDU
5	MKDU4107Bahasa Inggris I	MKDU
6	MKDU4201Pendidikan Agama Islam MKDU4202Pendidikan Agama Kristen MKDU4203Pendidikan Agama Katolik MKDU4204Pendidikan Agama Hindu MKDU4205Pendidikan Agama Buddha	MKDU
7	MATA4110Kalkulus I	PS

Indeks	Kode/Mata kuliah	Kelompok mata kuliah
8	MATA4111Kalkulus II	PS
9	MATA4210Kalkulus III	PS
10	MATA4112Aljabar Linear Elementer I	PS
11	MATA4113Aljabar Linear Elementer II	PS
12	KIMD4110Kimia Dasar I	PS
13	MATA4213Metode Numerik	PS
14	MATA4332Analisis Numerik	PS
15	MATA4220Analisis I	PS
16	MATA4320Analisis II	PS
17	MATA4221Geometri	PS
18	MATA4232Himpunan Kabur	PS
19	FISD4211Fisika Dasar I	PS
20	FISD4212Fisika Dasar II	PS
21	MATA4321Aljabar I	PS
22	MATA4436Aljabar II	PS
23	MATA4322Fungsi Kompleks	PS
24	MATA4323Persamaan Diferensial Biasa	PS
25	MATA4324Pemodelan Matematis	PS
26	MATA4343Riset Operasional I	PS
27	MATA4344Riset Operasional II	PS
28	MATA4350Matematika Finansial	PS
29	MATA4431Metode Matematis I	PS
30	MATA4432Metode Matematis II	PS
31	MATA4443Analisis Jaringan	PS
32	SKOM4101Pengantar Ilmu Komunikasi	Bersama
33	BIOL4110Biologi Umum	Bersama
34	ISIP4111Asas-asas Manajemen	Bersama

Indeks	Kode/Mata kuliah	Kelompok mata kuliah
35	SATS4111Komputer I	Bersama
36	LING1111Pengetahuan Dasar Ilmu Lingkungan	Bersama
37	ISIP4112Pengantar Ilmu Ekonomi	Bersama
38	SATS4121Metode Statistik I	Bersama
39	PEMA4205Program Linear	Bersama
40	SATS4221Pengantar Probabilitas	Bersama
41	SATS4311Asuransi I	Bersama
42	SATS4323Metode Peramalan	Bersama
43	SATS4410Pengantar Statistika Matematis I	Bersama
44	SATS4420Pengantar Statistika Matematis II	Bersama
45	SATS4510Metodologi Penelitian	Bersama

Sumber: Katalog UT (2008)

Kelompok mata kuliah program studi adalah kelompok mata kuliah yang dikelola langsung oleh PS Matematika FMIPA-UT. Kelompok MKDU dan kelompok mata kuliah bersama adalah mata kuliah-mata kuliah yang dikelola oleh PS yang ada di UT yaitu di luar dari PS Matematika. Jadwal ujian untuk ke dua kelompok ini sudah ditentukan oleh program studi-program studi yang mengelola, sehingga PS Matematika tinggal mengalokasikan pada jadwal UAS PS Matematika. Sedangkan mata kuliah kelompok mata kuliah program studi belum dialokasikan karena belum mempunyai jadwal ujian.

UAS dilaksanakan secara serentak di seluruh Indonesia selama 2 hari dan setiap hari tersedia 5 jam ujian (Tabel 2). Mahasiswa hanya diperbolehkan mengikuti ujian hanya satu mata kuliah dalam satu jam ujian. Waktu ujian disesuaikan dengan waktu wilayah bagian di seluruh Indonesia. Contoh, untuk wilayah Indonesia bagian Barat dalam satu hari ujian adalah: jam ke-1: pukul 07.00-08.30, jam ke-2: pukul 08.45-10.15, jam ke-3: pukul 10.30-12.00, jam ke-4: pukul 12.45-14.15, dan jam ke-5: pukul 14.30-16.00.

Tabel 2 Waktu pelaksanaan ujian

Hari	Jam Ujian	Indeks
I	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
II	1	6
	2	7
	3	8
	4	9
	5	10

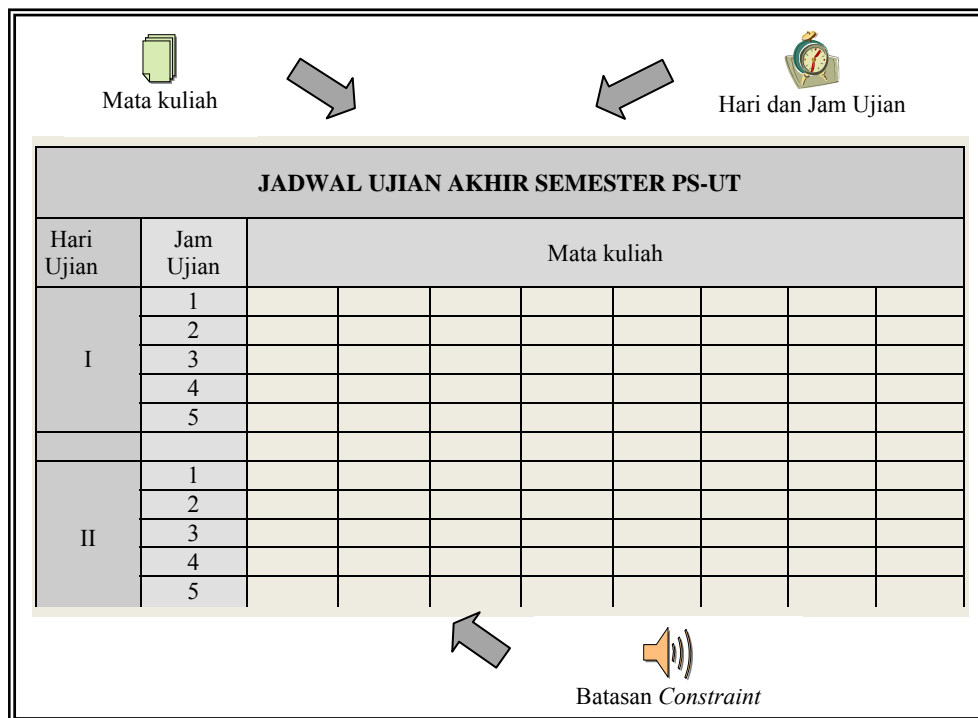
Penyusunan model

Fungsi tujuan dari model penjadwalan ujian di PT adalah memaksimalkan total pasangan mata kuliah yang mempunyai hubungan prasyarat langsung akan dijadwalkan pada jam yang sama. Dalam penyusunan model diasumsikan bahwa mahasiswa mendaftarkan mata kuliah yang mempunyai materi yang terkait sesuai dengan urutan mata kuliah, dan mata kuliah yang diregistrasi pada suatu semester akan lulus pada semester tersebut sehingga tidak ada mata kuliah yang mengulang. Jika mahasiswa mendaftarkan mata kuliah sesuai dengan urutan mata kuliah maka ini akan memudahkan mahasiswa dalam memahami materi dari suatu mata kuliah dan akan berimplikasi dengan waktu penyelesaian masa studi.

Model penjadwalan ujian diberikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Setiap mata kuliah yang ditawarkan harus terjadwalkan tepat pada satu jam ujian.
2. MKDU dan mata kuliah bersama dialokasikan pada jam yang sudah ditentukan.
3. Mata kuliah program studi yang berada dalam satu grup yang sama akan dialokasikan pada jam yang berbeda.
4. Setiap pasangan mata kuliah yang mempunyai hubungan prasyarat langsung akan dialokasikan pada jam yang sama.

Deskripsi masalah penjadwalan ujian secara umum adalah mata kuliah yang ditawarkan PS harus dijadwalkan pada jam yang tersedia (Gambar 1).



Gambar 1 Gambaran umum deskripsi masalah penjadwalan UAS di PS-UT.

Berikut ini adalah notasi dari model matematika yang digunakan:

Himpunan

- I* himpunan semua mata kuliah yang ditawarkan,
- J* himpunan jam ujian yang tersedia,
- IM* himpunan kelompok MKDU,
- IP* himpunan kelompok mata kuliah program studi,
- IB* himpunan kelompok mata kuliah bersama,
- IG* himpunan grup dari mata kuliah program studi,
- IR* himpunan kelas relasi antarmata kuliah yaitu pasangan mata kuliah yang mempunyai hubungan prasyarat langsung.

$$IM \in I, IP \in I, IB \in I, IG \in IP.$$

Indeks

- i* indeks untuk semua mata kuliah,
- j* indeks untuk jam ujian.

Variabel keputusan $x_{i,j} = 1$ jika mata kuliah i dijadwalkan pada jam ke- j , dan $y_{(i,k),j} = 1$ jika pasangan mata kuliah i dan k dijadwalkan pada jam ke- j . $x_{i,j}$ dan $y_{(i,k),j}$ adalah variabel biner.

Model matematis penjadwalan ujian adalah seperti berikut:

Fungsi objektif

$$\text{maksimalkan } z = \sum_{(i,k),j} y_{(i,k),j} \tag{1}$$

batasan

$$\sum_j x_{i,j} = 1, \forall i, \tag{2}$$

$$x_{i,j} = 1, \forall i, i \in IM, i \in IB, j \in J, \tag{3}$$

$$\sum_i x_{i,j} \leq 1, \forall j, i \in IG, \tag{4}$$

$$\left. \begin{aligned} y_{(i,k),j} - x_{i,j} &\leq 0, \\ y_{(i,k),j} - x_{k,j} &\leq 0, \text{ dan} \\ x_{i,j} + x_{k,j} - y_{(i,k),j} &\leq 1, \forall (i,k), j, i \neq k, (i,k) \in IR = I \times I. \end{aligned} \right\} \tag{5}$$

Fungsi objektif (1) untuk memaksimalkan total pasangan mata kuliah yang mempunyai hubungan prasyarat langsung akan dijadwalkan pada waktu yang sama. Persamaan (2) menjamin bahwa akan menjadwalkan semua mata kuliah yang ditawarkan dan setiap mata kuliah dijadwalkan tepat pada satu jam ujian. Persamaan (3) adalah batasan yang diberikan khusus untuk menjadwalkan MKDU dan mata kuliah bersama pada jam yang telah ditetapkan. Pertaksamaan (4) adalah kondisi untuk menjadwalkan mata kuliah-mata kuliah dalam satu grup yang sama pada jam yang berbeda. Pertaksamaan (5) adalah untuk memastikan bahwa pasangan mata kuliah yang mempunyai hubungan prasyarat langsung akan dijadwalkan pada waktu yang sama.

Precedence relation mata kuliah menghasilkan beberapa grup mata kuliah. Adapun grup -grup mata kuliah yang dihasilkan, adalah:

-
- (0) grup mata kuliah yang tidak mempunyai mata kuliah prasyarat dan tidak menjadi mata kuliah prasyarat bagi mata kuliah lain adalah mata kuliah dengan indeks $i = 12, 17$.
 - (1) grup mata kuliah yang tidak mempunyai mata kuliah prasyarat dan menjadi mata kuliah prasyarat bagi mata kuliah lain adalah mata kuliah dengan indeks $i = 7, 10, 19$.
 - (2) grup mata kuliah yang mempunyai mata kuliah prasyarat pada (1) adalah mata kuliah dengan indeks $i = 8, 11, 15, 18, 20, 31$.
 - (3) grup mata kuliah yang mempunyai mata kuliah prasyarat pada (2) adalah mata kuliah dengan indeks $i = 9, 13, 16, 21, 26, 28$.
 - (4) grup mata kuliah yang mempunyai mata kuliah prasyarat pada (3) adalah mata kuliah dengan indeks $i = 14, 22, 23, 24, 25$.
 - (5) grup mata kuliah yang mempunyai mata kuliah prasyarat pada (4) adalah mata kuliah dengan indeks $i = 27, 29$.
 - (6) grup mata kuliah yang mempunyai mata kuliah prasyarat pada (5) adalah mata kuliah dengan indeks $i = 30$.

Pasangan mata kuliah-mata kuliah yang mempunyai hubungan prasyarat langsung ada sebanyak 34 pasangan, yaitu:

(7,8), (7,15), (7,18), (7,31), (8,9), (8,13), (8,21), (8,26), (8,28), (8,40), (8,41), (8,42), (8,43), (9,23), (9,24), (9,38), (10,11), (10,18), (11,13), (11,21), (11,24), (11,25), (11,26), (13,14), (15,16), (16,25), (19,20), (21,22), (24,29), (25,27), (29,30), (31,26), (39,26), (43,44).

Hasil optimasi jadwal ujian untuk mata kuliah PS Matematika FMIPA-UT ada pada Tabel 3. Jadwal ujian memberikan hasil yang optimal, dimana dari 34 pasangan mata kuliah yang mempunyai hubungan prasyarat langsung terdapat sebanyak 18 pasangan mata kuliah dijadwalkan pada jam yang sama. Jadwal ujian memenuhi semua batasan-batasan yang ditetapkan. Adapun rincian hasil dari penjadwalan adalah sebagai berikut:

1. Hari ke-1, jam ke-1 dan jam ke-2, setiap jam terdapat 3 pasangan mata kuliah (4 mata kuliah) dijadwalkan pada jam yang sama. Hal yang sama juga terjadi pada hari ke-2, jam ke-2
2. Hari ke-1, jam ke-3 terdapat 2 pasangan mata kuliah (4 mata kuliah) dijadwalkan pada jam yang sama.
3. Hari ke-2, jam ke-3 terdapat 2 pasangan mata kuliah (3 mata kuliah) dijadwalkan pada jam yang sama.
4. Hari -2, jam ke- 5 terdapat 5 pasangan mata kuliah (7 mata kuliah) dijadwalkan pada jam yang sama.

Pada hari ke-2, jam ke-3 adalah waktu dimana ada sebanyak 7 mata kuliah diujikan dan merupakan jumlah mata kuliah yang terbanyak diujikan dibandingkan dengan waktu yang lainnya. Sesuai dengan asumsi yang diberikan yaitu mata kuliah yang diregistrasi pada suatu semester akan lulus pada semester tersebut sehingga tidak ada mata kuliah yang mengulang maka mahasiswa dapat menyelesaikan masa studinya maksimal selama 7 semester.

Tabel 3 Hasil optimasi jadwal ujian akhir semester untuk mata kuliah
PS Matematika FMIPA-UT

Hari	Jam	Indeks mata kuliah										
		$x_{i,j}$							$y_{(i,k),j}$			
I	1	15	16	25	27	35			(15,16)	(16,25)	(25,27)	
	2	10	11	12	17	21	22	32	(10,11)	(11,21)	(21,22)	
	3	2	13	14	19	20			(13,14)	(19,20)		
	4	1	45									
	5	6	34	41								
II	1	33	37									
	2	5	8	28	40	42	44		(8,28)	(8,40)	(8,42)	
	3	4	23	26	31	36	39	43	(31,26)	(39,26)		

	4	3									
	5	7	9	18	24	29	30	38	(7,18)	(9,24)	(9,38)
									(24,29)	(29,30)	

SIMPULAN DAN SARAN

Model optimasi penjadwalan ujian akhir semester di UT adalah alternatif pemecahan masalah penjadwalan ujian di PT secara umum. Hasil dari simulasi model yang dilakukan pada mata kuliah PS Matematika FMIPA-UT adalah model dapat mengoptimalkan penjadwalan pasangan mata kuliah yang mempunyai hubungan prasyarat langsung yaitu dengan menjadwalkan 18 pasang mata kuliah pada jam yang sama. Jadwal ujian dapat memfasilitasi mahasiswa agar dapat menyelesaikan masa studi selama 3,5 tahun.

Penelitian ini dapat juga dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan ujian dengan menambahkan batasan-batasan penjadwalan yang lebih kompleks sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik dari suatu PT.

DAFTAR PUSTAKA

Daskalaki S, Birbas T, Housos E. 2004. An integer programming formulation to a case study in university timetabling. *Eur J Operat Res* 153:117-135.

Dimopoulou M, Miliotis P. 2001. Implementation of a university course and examination timetabling system. *Eur J Operat Res* 130: 202-213.

Hinkin TR, Thompson GM. 2002. Schedul Expert: scheduling courses in Cornell University School of Hotel Administration. *Interfaces* 32:45-57. [UT]. 2007.

[UT] Universitas Terbuka. 2007. *Katalog Universitas Terbuka 2008*. Jakarta: Universitas Terbuka.