

## PENYUSUNAN JADUAL DI PERGURUAN TINGGI DENGAN TEKNIK-TEKNIK *OPERATIONS RESEARCH*

Oleh:  
Sahid  
(FPMIPA IKIP Yogyakarta)

### Abstrak

Masalah penyusunan jadwal merupakan masalah administratif rutin yang dihadapi oleh setiap perguruan tinggi. Masalah ini merupakan salah satu contoh dari masalah penjadualan secara umum. Permasalahan tersebut memiliki berbagai variasi karena setiap instansi pendidikan memiliki kebijakan tersendiri terhadap masalah penyusunan jadwal, dan masing-masing mungkin mempertimbangkan kendala-kendala yang berbeda.

Berbagai model dan pendekatan untuk masalah penyusunan jadwal telah dikembangkan. Kajian teoritis menunjukkan bahwa masalah penyusunan jadwal termasuk dalam kelas masalah NP lengkap sehingga tidak ada algoritma polinomial untuk menyelesaikan masalah tersebut. Berbagai metode, termasuk metode-metode heuristik telah dikembangkan oleh para peneliti guna menangani suatu masalah tertentu.

Implementasi suatu metode untuk penyusunan jadwal di suatu perguruan tinggi memerlukan kesadaran pihak pengambil keputusan akan pentingnya optimisasi dalam bidang manajemen pendidikan. Pengkajian yang lebih mendalam juga diperlukan untuk menerapkan suatu teknik *Operations Research* dalam proses penyusunan jadwal kuliah/ujian, sehingga sesuai dengan kondisi setempat.

### Pendahuluan

Masalah penyusunan jadwal merupakan masalah administratif yang dihadapi oleh setiap lembaga pendidikan pada setiap awal dan akhir masa kegiatan akademik. Pada awal semester, setiap sekolah menengah dan perguruan tinggi menghadapi masalah penyusunan jadwal pelajaran/kuliah, sedangkan pada akhir semester mereka menghadapi masalah penyusunan jadwal ujian.

Baik masalah penyusunan jadwal pelajaran/kuliah maupun masalah penyusunan jadwal ujian melibatkan faktor-faktor: guru/dosen, siswa/mahasiswa, waktu, dan ruang. Setiap jadwal harus disusun sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan konflik bagi dosen, mahasiswa, ataupun ruang. Pengertian konflik di sini adalah apabila terjadi seorang dosen atau mahasiswa harus terlibat dalam dua kegiatan secara bersamaan, atau suatu ruang dipakai untuk kegiatan kuliah dengan jumlah mahasiswa lebih besar daripada ukuran ruang tersebut. Sudah tentu sebuah ruang tidak dapat dipakai untuk dua kegiatan kuliah secara bersamaan. Di samping itu,

penyusunan setiap jadwal harus mempertimbangkan beberapa kendala tertentu.

Biasanya, baik di sekolah maupun di perguruan tinggi, sebuah jadwal disusun secara manual oleh orang yang telah ditunjuk oleh pimpinan. Di perguruan tinggi, tugas ini biasanya dilaksanakan oleh bagian akademik. Penyusunan jadwal kuliah/ujian secara manual merupakan tugas yang menjemukan dan memakan waktu berminggu-minggu bahkan sampai berbulan-bulan. Hal ini disebabkan karena penyusun jadwal harus memperhatikan faktor-faktor tersebut di atas. Di samping itu, jadwal yang disusun mungkin menimbulkan konflik baik bagi mahasiswa maupun dosen sehingga perlu disusun ulang.

Tulisan ini membahas beberapa hal yang berkaitan dengan masalah penyusunan jadwal dan proses otomatisasi penyusunan jadwal dengan menggunakan teknik-teknik operation research. Tulisan ini juga dimaksudkan untuk memberikan wawasan tentang salah satu segi dalam manajemen pendidikan dan pengkajiannya secara akademis serta penerapan teknik-teknik *Operations Research* (OR) untuk penyelesaian masalah-masalah yang terkait.

### Masalah Penyusunan Jadwal di Perguruan Tinggi

Masalah penyusunan jadwal dapat dirumuskan sebagai masalah mengalokasikan sejumlah aktivitas (baik kuliah maupun ujian) ke dalam sejumlah blok waktu dan ruang yang tersedia, dengan memperhatikan kendala-kendala tertentu. Setiap aktivitas yang akan dijadualkan melibatkan sekelompok mahasiswa dan seorang dosen. Dengan demikian pengalokasian suatu aktivitas ke dalam blok waktu atau ruang tertentu harus dilakukan dengan memperhatikan ketersediaan ruang dan dosen yang bersangkutan dan apakah ada di antara mahasiswa yang memiliki aktivitas lain pada saat tersebut.

Masalah ini merupakan masalah klasik dalam *Operations Research* dan telah menarik perhatian para peneliti sejak awal 1960-an. Permasalahan ini mempunyai banyak variasi karena setiap instansi mungkin mempertimbangkan faktor-faktor/kendala-kendala yang berbeda. Di samping itu, berbagai teknik OR telah dikembangkan dan dapat diterapkan untuk penyelesaian suatu masalah penyusunan suatu jadwal. Berbagai kajian teoritis dan praktis terhadap masalah ini telah dilaporkan dalam literatur. Dalam dekade terakhir, beberapa metode heuristik, termasuk *genetic algorithm*, *simulated annealing*, dan *tabu search* telah digunakan untuk mengatasi beberapa versi masalah tersebut.

Bardadym (1995: 253-268) mengklasifikasikan masalah penjadualan akademis menjadi lima kategori: (1) pembagian tugas mengajar dosen, (2) penentuan waktu pertemuan antara setiap guru dan kelas (di sekolah), (3) penentuan waktu setiap kegiatan perkuliahan, (4) penentuan waktu setiap kegiatan ujian, dan (5) penentuan setiap ruang. Klasifikasi tersebut didasarkan pada masalah alokasi yang sebenarnya dilakukan selama proses penyusunan suatu jadwal. Jadwal yang dihasilkan dapat berupa jadwal pelajaran di sekolah, jadwal kuliah di perguruan tinggi, atau jadwal ujian. Perlu dikemukakan bahwa masing-masing masalah memiliki karakteristik dan kendala yang berlainan. Dengan kata lain, setiap masalah penjadualan memiliki kompleksitas yang berbeda dan mungkin memerlukan pendekatan yang berlainan satu sama lain.

Mengingat begitu luasnya permasalahan tersebut, berikut akan dirumuskan dua masalah pokok, yaitu penyusunan jadwal kuliah dan jadwal ujian di perguruan tinggi. Pembahasan secara mendetail masalah penjadualan dan berbagai aspeknya dapat dilihat di Sahid (1997: 4-70).

Masalah penyusunan jadwal kuliah dapat dirumuskan sebagai masalah optimisasi kombinatorik (diskrit). Sebagaimana diketahui, setiap masalah optimisasi terdiri atas tiga unsur: (1) variabel keputusan (decision variable), (2) fungsi obyektif yang harus dioptimisasikan, dan (3) serangkaian fungsi kendala. Dalam hal optimisasi diskrit, variabel-variabel keputusannya harus bernilai bulat, khususnya nol atau satu. Apabila fungsi obyektif dan semua fungsi kendala adalah linier, maka modelnya berupa pemrograman linier.

Misalkan terdapat  $N$  aktivitas kuliah yang harus dijadualkan selama  $T$  blok waktu dan menggunakan  $R$  ruang. Setiap aktivitas  $i$  lamanya lama( $i$ ) menit, sedangkan durasi( $j$ ) adalah lamanya blok waktu  $j$ , dan kapasitas( $r$ ) adalah kapasitas tempat duduk ruang  $r$ . Selanjutnya  $m(p,q)$  menyatakan banyaknya mahasiswa yang harus mengikuti baik kuliah  $p$  maupun  $q$ , dan  $d(p,q)$  banyaknya dosen yang harus mengajar kedua kuliah  $p$  maupun  $q$ . Misalkan variabel  $x_{ijk}$  bernilai 1 jika aktivitas  $i$  dijadualkan pada blok waktu  $j$  di ruang  $k$ , dan 0 untuk kasus lain. Maka kita dapat merumuskan model matematika untuk masalah penjadualan kuliah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Minimumkan } f = & \sum_{j=1}^T \sum_{p,q=1}^N (\alpha \cdot m(p,q) + \beta \cdot d(p,q)) \sum_{k=1}^R x_{ijk} \sum_{l=1}^R x_{qil} \\ & + \delta \cdot \sum_{j=1}^T \sum_{k=1}^R \sum_{i=1}^N \psi(\text{kapasitas}(k) - M_i \cdot x_{ijk}) \end{aligned} \quad (1)$$

dengan syarat

$$\sum_{k=1}^R \sum_{j=1}^T x_{ijk} = 1 \quad (i = 1, \dots, N), \quad (1a)$$

$$\sum_{k=1}^R \sum_{i=1}^N x_{ijk} \leq R_j \quad (j = 1, \dots, T), \quad (1b)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{ijk} \leq 1 \quad (j = 1, \dots, T; k = 1, \dots, R), \quad (1c)$$

$$\text{lama}(i).x_{ijk} \leq \text{durasi}(j) \quad (i = 1, \dots, N; j = 1, \dots, T), \quad (1d)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad (i = 1, \dots, N; j = 1, \dots, T; k = 1, \dots, R), \quad (1e)$$

di mana  $M_i$  adalah banyaknya mahasiswa yang terdaftar dalam kuliah  $i$ ,  $R_j$  banyaknya ruang yang tersedia ada blok waktu  $j$ ,  $\psi(u)$  didefinisikan sama dengan 1 jika  $u < 0$  dan 0 jika  $u \geq 0$ .

Fungsi obyektif (1) menyatakan total nilai konflik berbobot dan harus diminimumkan. Suku-suku pada  $f$  yang berkoefisien  $\alpha, \beta$ , dan  $\delta$  merupakan nilai-nilai konflik yang melibatkan berturut-turut mahasiswa, dosen, dan ruang. Oleh karena itu, dalam hal ini kita harus meminimumkan jumlah mahasiswa yang memiliki dobel kuliah pada jam yang sama, dosen yang harus mengajar dua perkuliahan secara bersamaan, dan suatu ruang dipakai untuk kegiatan kuliah dengan jumlah mahasiswa lebih besar daripada kapasitas tempat duduknya. Sudah tentu, idealnya nilai  $f$  harus nol sehingga tidak ada konflik yang melibatkan baik dosen, mahasiswa maupun ruang. Nilai-nilai  $\alpha, \beta$ , dan  $\delta$  memberikan bobot untuk masing-masing konflik dan menyatakan konflik mana yang bersifat lebih urgen untuk segera diminimumkan. Hal ini tergantung kondisi fasilitas yang ada dan kebijaksanaan pihak administrasi akademis maupun dosen. Sebagai contoh, apabila urutan urgensinya adalah konflik yang melibatkan dosen, mahasiswa, dan ruang, maka kita dapat memilih nilai-nilai koefisien tersebut sedemikian sehingga  $\beta > \alpha > \delta$ .

Kendala (1a) mensyaratkan bahwa setiap kegiatan kuliah hanya dijadualkan sekali selama  $T$  blok waktu pada ruang tertentu. Kendala (1b) menjamin bahwa banyaknya kegiatan yang terjadual pada setiap blok waktu tidak melebihi banyaknya ruang yang tersedia. Oleh karena setiap ruang hanya dapat digunakan untuk maksimum satu kegiatan kuliah, maka kendala (1c) diikutsertakan. Selanjutnya, kendala (1d) membatasi pengalokasian setiap kegiatan pada blok waktu yang lamanya sesuai. Yang

terakhir, kendala (1e) membatasi nilai-nilai variabel keputusan harus 0 atau 1. Hal ini sesuai dengan masalahnya, yaitu optimisasi diskrit.

Secara analogi dapat dirumuskan model matematika untuk masalah penyusunan jadwal ujian sebagai berikut. Misalkan terdapat K kelas/mata ujian yang harus dijadualkan ke dalam T blok waktu dan R ruang. Dalam hal ini juga digunakan variabel nol-stu  $x_{ijk}$  dengan nilai 1 jika mata ujian  $i$  dijadualkan pada blok waktu  $j$  dan ruang  $k$ , dan nol untuk kasus lain. Selanjutnya, misalkan  $Q_j$  adalah total banyaknya kursi yang tersedia pada blok waktu  $j$ ,  $N_i$  adalah banyaknya mahasiswa yang mengikuti mata ujian  $i$ , dan  $C_{pq}$  adalah banyaknya mahasiswa yang mengikuti baik mata ujian  $p$  maupun  $q$ . Tujuan yang paling umum dalam masalah ini adalah untuk meminimalkan banyaknya mahasiswa yang harus mengikuti dua mata ujian pada saat yang sama, pada hari yang sama, atau dalam dua hari berturutan. Misalkan T blok waktu tersebut terbagi dalam D hari dan  $S_d$  adalah himpunan blok waktu pada hari  $d$ ,

yakni  $T = \sum_{d=1}^D |S_d|$ . Maka model pemrograman bulatnya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Minimumkan } z = & \alpha \cdot \sum_{j=1}^T \left( \sum_{k=1}^R \sum_{i=1}^K N_i x_{ijk} \right) - Q_j + \beta \cdot \sum_{j=1}^T \sum_{k=1}^{R-1} \sum_{\substack{p,q=1 \\ p \neq q}}^K C_{pq} x_{pj} x_{qk} \sum_{l=k+1}^R x_{jl} \\ & + \gamma \cdot \sum_{d=1}^D \sum_{j \in S_d} \sum_{\substack{p,q=1 \\ p \neq q}}^K C_{pq} \sum_{k=1}^R (x_{pj} x_{qk} \sum_{\substack{m \in S_d \\ m \neq j}} \sum_{l=1}^R x_{qml}) \\ & + \delta \cdot \sum_{d=1}^{D-1} \sum_{j \in S_d} \sum_{\substack{p,q=1 \\ p \neq q}}^K C_{pq} \sum_{k=1}^R (x_{pj} x_{qk} \sum_{h \in S_{d+1}} \sum_{l=1}^R x_{qhl}) \end{aligned} \quad (2)$$

dengan syarat:

$$\sum_{k=1}^R \sum_{j=1}^T x_{ijk} = 1 \quad (i = 1, \dots, K), \quad (2a)$$

$$\text{lama}(i) \cdot x_{ijk} \leq \text{durasi}(j) \quad (i = 1, \dots, K; j = 1, \dots, T; k = 1, \dots, R), \quad (2b)$$

$$\sum_{k=1}^R \sum_{i=1}^K x_{ijk} \leq R_j \quad (j = 1, \dots, T), \quad (2c)$$

$$x_{pjk} + x_{qit} \leq 2 \cdot x_{pjk} \cdot x_{qit} \quad (p, q \in g_i; i = 1, \dots, G; j = 1, \dots, T; k, l = 1, \dots, R), \quad (2d)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad (i = 1, \dots, K; j = 1, \dots, T; k=1, \dots, R), \quad (2e)$$

di mana  $R_j$  adalah banyaknya ruang yang tersedia pada blok waktu  $j$ , lama( $i$ ) adalah lamanya mata ujian  $i$ , durasi( $j$ ) adalah durasi blok waktu  $j$ ,  $g_i$  adalah kelompok mata ujian ke  $i$  (yakni himpunan semua kelas yang mengambil mata kuliah  $i$ ), dan  $G$  adalah banyaknya mata ujian.

Komponen dari fungsi obyektif (2) terdiri atas nilai-nilai berbobot dan konflik tempat duduk, memiliki dua ujian pada waktu yang sama, dua ujian pada hari yang sama, atau dua ujian selama dua hari berturut-turut. Bobot untuk masing-masing komponen tersebut berturut-turut adalah  $\alpha, \beta, \gamma$ , dan  $\delta$ .

Kendala (2a) menjamin bahwa setiap kelas ujian hanya dijadualkan sekali. Kendala (2b) mensyaratkan pengalokasian suatu mata ujian pada blok waktu yang lamanya memadai. Dengan kendala (2c) kita membatasi banyaknya kelas ujian yang dijadualkan pada setiap blok waktu tidak melebihi banyaknya ruang yang tersedia. Kendala (2d) mensyaratkan agar semua mata ujian dari mata kuliah yang sama dijadualkan pada waktu yang sama. Kendala yang terakhir (2e) membatasi nilai-nilai variabel keputusan harus 0 atau 1.

Rumusan di atas hanyalah salah satu model untuk masalah penjadualan. Beberapa model selain model matematika dalam bentuk pemrograman bulat adalah: (1) model-model yang berkaitan dengan teori graf (misalnya masalah pewarnaan titik/ruas pada suatu graf), (2) model-model alur jaringan (*network flows*), (3) masalah pemenuhan berkendala (*constraint satisfaction problem*). Penjelasan untuk masing-masing model di luar ruang lingkup tulisan ini. Penyebutannya di sini hanya untuk menggambarkan bahwa masalah penjadualan dapat dirumuskan dalam berbagai model dan masing-masing model dapat diselesaikan dengan teknik/metode tertentu.

Sebagai contoh, pada model graf, masalah pengalokasian aktivitas pada blok waktu analog dengan masalah pewarnaan titik suatu graf. Aktivitas sebagai titik, dua aktivitas yang melibatkan orang yang sama dapat dipandang sebagai dua titik yang terhubung oleh sebuah ruas. Dalam model ini blok waktu sebagai warna. Permasalahannya dirumuskan sebagai mengalokasikan suatu blok waktu (analog dengan memberi warna) pada setiap aktivitas (analog dengan titik) sedemikian sehingga semua aktivitas dijadualkan dan tidak ada dua aktivitas yang melibatkan orang yang sama dijadualkan pada blok waktu yang sama (analog dengan tidak ada dua duduk yang terhubung oleh sebuah ruas garis diberi warna yang sama).

Oleh karena beberapa model tertentu sudah memiliki kajian teoritis dan praktis, maka dengan menggunakan model tertentu kajian teoritis

terhadap masalah penjadualan dapat dilakukan. Para peneliti telah membuktikan bahwa masalah penjadualan termasuk kelas masalah NP-lengkap, sehingga tidak ada algoritma polinomial untuk menyelesaikan suatu masalah penjadualan (lihat misalnya Cooper and Kingston (199: 511-522), Even, Itai, and Shamir (1976: 691-703).

### **Beberapa Teknik *Operations Research* untuk Penyusunan Jadwal**

Berbagai metode untuk masalah umum optimisasi kombinatorik telah dan sedang diterapkan untuk menyelesaikan berbagai macam masalah penjadualan. Metode-metode tersebut termasuk metode heuristik untuk pewarnaan graf, *simulated annealing*, *tabu search*, *genetic/evolutionary algorithms*, pemrograman logika kendala (constraint logic programming), dan jaringan neural (*neural network*).

Apabila masalahnya dirumuskan dalam bentuk pemrograman linier (bulat), penyelesaian dapat menggunakan paket-paket program komersial yang tersedia, misalnya XPRESS-MP (Resource Optimization, Inc.), AMPL (Compas Modeling, Inc.), GAMS (GAMS Development Corp.), LINDO (Lindo Systems, Inc.), dll. Oleh karena model pemrograman linier untuk masalah penjadualan biasanya melibatkan sejumlah besar variabel dan fungsi kendala, cara ini biasanya memakan waktu lama untuk proses penyelesaiannya. Sementara itu, paket-paket pemrograman linier biasanya memiliki batas jumlah variabel yang bisa ditangani, padahal harga *software* semacam ini relatif mahal. Dengan demikian pendekatan pemrograman matematika biasanya tidak efektif untuk menyelesaikan masalah penjadualan. Sebagai alternatif telah dikembangkan berbagai metode heuristik. Informasi mengenai paket-paket program untuk pemrograman matematika dapat diperoleh di majalah *Operations Research*, misalnya ORMS Today.

Dalam pendekatan heuristik, biasanya masalah penjadualan dibagi menjadi dua tahap: mengalokasikan waktu untuk setiap aktivitas, kemudian pengalokasian ruang di mana setiap aktivitas dilaksanakan. Masing-masing submasalah diselesaikan secara heuristik. Salah satu metode heuristik yang mendasarkan suatu model adalah metode heuristik untuk pewarnaan graf. Carter, Laporta, and Lee (1996: 373-383) menyebutkan bahwa heuristik pewarnaan graf umum untuk masalah penjadualan terdiri atas tiga langkah: (1) mengurutkan aktivitas berdasarkan derajat "kesulitan" tertentu, (2) mengalokasikan waktu untuk aktivitas-aktivitas yang sudah terurut, dan (3) pengecekan ulang untuk memperbaiki atau mengubah jadwal yang tersusun. Masing-masing tahap dapat ditangani dengan teknik-teknik khusus.

Secara umum, suatu metode heuristik terdiri atas dua tahap: pertama memperoleh solusi awal, kemudian yang kedua adalah

memperbaiki solusi awal tersebut (dalam istilah optimisasi, melakukan optimisasi terhadap fungsi obyektif). Setelah jadwal awal disusun (dengan teknik tertentu), suatu proses perbaikan dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas jadwal. Salah satu prosedur perbaikan tersederhana adalah algoritma pencarian lokal.

Suatu algoritma pencarian lokal dapat dijelaskan sebagai berikut. Didefinisikan ruang solusi  $X$ , suatu fungsi  $f(s)$  yang terdefinisi untuk setiap solusi  $s$  di dalam  $X$ , dan persekitaran  $N(s)$  untuk setiap solusi  $s$ . Diberikan sebuah solusi awal, algoritma pencarian lokal mencoba mencari suatu solusi di dalam persekitaran solusi awal tersebut yang dapat mengoptimalkan fungsi obyektif. Pencarian biasanya berhenti setelah semua solusi di dalam persekitaran tersebut dicek.

Selain algoritma pencarian lokal, terdapat metode heuristik modern, yaitu: *simulated annealing* (SA), *genetic algorithm* (GA) dan *tabu search* (TS). Ketiga metode ini merupakan metode yang relatif baru untuk optimisasi kombinatorik. SA merupakan suatu teknik yang didasarkan pada proses pendinginan dan aneling dari suatu benda panas untuk mencapai keadaan energi minimum yang disebut keseimbangan. Proses termal tersebut analog dengan proses meminimumkan suatu fungsi obyektif di dalam suatu masalah optimisasi kombinatorik. Aplikasi SA untuk masalah penjadualan sudah dilaporkan oleh beberapa peneliti, misalnya Abramson (1991: 98-113), Dige et. al. (1993: 151-174), dan Downsland (1995: 205- 220).

*Genetic algorithms* atau secara umum dikenal *evolutionary algorithms* adalah suatu algoritma yang didasarkan pada ide evolusi dari seleksi alam. GA menirukan suatu proses evolusi dengan membangkitkan suatu populasi solusi yang fisibel dan menerapkan beberapa operator genetis untuk menghasilkan populasi baru berdasarkan aturan-aturan seleksi. Beberapa peneliti telah melaporkan aplikasi GA untuk menyelesaikan masalah penjadualan, misalnya Burke et. al. (1994: 35-40), Colorni et. al. (1990: 235-239), dan Erben (1995: 30-32).

*Tabu search* adalah suatu algoritma yang berdasarkan prinsip persekitaran dari setiap solusi. Mula-mula disusun jadwal awal, kemudian didefinisikan persekitaran dan sampel jadwal. Dari sampel tersebut dipilih jadwal yang terbaik, sebagai jadwal awal yang baru. Dalam menghasilkan sampel, jadwal yang sudah pernah terpilih sebelumnya tidak diikutsertakan (sebagai sesuatu yang tabu). Suatu mekanisme dapat diterapkan untuk membatalkan status tabu suatu jadwal. Proses iterasi berakhir setelah suatu kriteria tertentu terpenuhi. Aplikasi TS untuk masalah-masalah penjadualan juga telah dilaporkan oleh beberapa peneliti.

Dalam penelitian untuk thesis M.Sc., penulis telah melakukan implementasi TS untuk penyusunan jadwal kuliah dan jadwal ujian (Sahid, 1997: 74-121). Hasil eksperimen dengan data nyata yang diambil dari

FPMIPA IKIP Yogyakarta menunjukkan bahwa implementasi tersebut cukup reliabel untuk diterapkan secara nyata. Sebagai gambaran, dengan metode tersebut, untuk menyusun suatu jadwal kuliah sedemikian sehingga tidak ada mahasiswa/dosen yang harus terlibat dalam dua kegiatan kuliah pada waktu yang sama, atau suatu kegiatan dijadualkan pada ruang yang kapasitasnya lebih kecil daripada banyaknya mahasiswa yang mengikuti kuliah, hanya diperlukan waktu tidak lebih dari 1 menit.

Data mentah yang digunakan sebagai masukan berupa daftar mahasiswa, mata kuliah, dan ruang. Setiap item pada daftar mahasiswa memuat nomor (dan nama) mahasiswa serta mata-mata kuliah yang diambil. Setiap item pada daftar mata kuliah memuat kode dan nama mata kuliah, nilai SKS, dan nama dosen yang mengampunya. Data setiap ruang terdiri atas nomor ruang dan kapasitas tempat duduk. Dari daftar mata kuliah dihasilkan daftar aktivitas kuliah yang harus dijadualkan. Banyaknya aktivitas kuliah dan lama masing-masing aktivitas dapat ditentukan berdasarkan nilai SKS-nya. Untuk penyusunan jadwal ujian tidak diperlukan daftar baru tersebut, karena setiap mata kuliah hanya memiliki satu aktivitas ujian. Dari daftar aktivitas kuliah dan daftar mahasiswa dapat disusun matriks konflik yang melibatkan dosen dan mahasiswa. Matriks ini diperlukan selama proses optimisasi (penyusunan jadwal). Proses optimisasi didasarkan pada model (1-1e) dan (2- 2e). Oleh karena sebuah jadwal dapat dipandang sebagai himpunan tripel (waktu, ruang, aktivitas), maka keluaran dari proses optimisasi adalah daftar tripel yang terdiri atas waktu, ruang dan aktivitas (kuliah atau ujian). Oleh karena setiap aktivitas didefinisikan oleh nama mata kuliah, kelas (kelompok mahasiswa yang mengambil mata kuliah tersebut), dosen, dan lamanya kegiatan, maka dari tripel tersebut dengan mudah dapat disusun jadwal yang mudah dibaca dalam bentuk tabulasi. Bahkan dari keluaran daftar tripel tersebut dapat dihasilkan jadwal individual untuk masing-masing dosen atau mahasiswa, apabila diinginkan, dan daftar pemakaian ruang pada setiap saat.

Beberapa metode yang disebutkan di atas hanyalah sebagian dari berbagai teknik OR yang dapat diterapkan untuk komputerisasi/otomatisasi manajemen dan proses penyusunan jadwal di perguruan tinggi. Beberapa metode telah diimplementasikan dalam paket komersial. Sayangnya untuk di Indonesia paket-paket semacam, sepengetahuan penulis, belum ada yang beredar, sedangkan berdasarkan informasi yang dapat diperoleh lewat internet, harga software semacam relatif mahal. Oleh karena itu, pendekatan yang dapat diambil adalah melakukan penelitian guna mengembangkan metode penyusunan jadwal yang efektif dan efisien didasarkan pada metode optimisasi yang sudah ada. Dengan pendekatan ini, kita dapat merumuskan model sesuai dengan kondisi yang dihadapi, termasuk, sasaran yang hendak dicapai melalui fungsi obyektif, dan kendala-kendala yang terlibat serta faktor-faktor lain seperti preferensi.

Secara garis besar *software* yang dikembangkan terdiri atas tiga bagian utama, yakni proses masukan data, proses optimisasi, dan proses keluaran. Pemilihan metode dapat didasarkan pada informasi keandalan suatu metode, pengalaman peneliti mengenai suatu metode, atau mungkin ketersediaan bahasa pemrograman yang sesuai. Setelah metodenya ditentukan, maka hal yang penting adalah menentukan model, yakni fungsi obyektif dan kendala-kendalanya. Kendala-kendala tersebut akan mendefinisikan karakteristik jadwal "fisibel", sedangkan fungsi obyektif mendefinisikan nilai konflik pada suatu jadwal. Hal yang lebih teknis adalah bagaimana menyajikan sebuah jadwal (untuk keperluan proses optimisasi) dan bagaimana perubahan dapat dilakukan untuk menghasilkan jadwal baru dari jadwal lama. Bagaimanapun penyajian jadwal selama proses optimisasi, pada akhir proses ini sebuah jadwal dapat dinyatakan sebagai daftar tripel dengan komponen waktu, ruang, dan aktivitas. Proses yang terakhir sebenarnya di luar proses optimisasi karena hanya memanipulasi tampilan sehingga keluaran yang dihasilkan mudah dibaca.

### Penutup

Masalah penyusunan jadwal di perguruan tinggi sebenarnya merupakan salah satu kasus pada masalah penjadualan secara umum. Baik masalah penyusunan jadwal kuliah maupun jadwal ujian dapat dirumuskan dalam berbagai model. Masing-masing model dapat diselesaikan dengan teknik tertentu. Di samping itu, beberapa metode heuristik modern telah dikembangkan untuk menyelesaikan suatu masalah tertentu.

Hal yang terpenting dalam memilih model dan metode penyelesaian adalah kondisi lembaga di mana masalah penjadualan dihadapi. Hal ini disebabkan karena setiap perguruan tinggi mungkin memiliki kebijakan tersendiri terhadap masalah penyusunan jadwal. Hasil kajian penulis terhadap masalah tersebut menunjukkan bahwa sejauh ini tidak ada rumusan yang bersifat umum yang dapat diterapkan untuk semua lembaga pendidikan. Sekalipun berbagai metode dan aplikasi komputer (perangkat lunak) telah dikembangkan, namun penerapannya tetap harus mempertimbangkan kondisi lokal.

Hal tersebut justru memberikan wawasan bagi peneliti terhadap kekomplekan masalah penyusunan jadwal. Di satu sisi perlu adanya rumusan yang bersifat umum, di sisi lain suatu masalah praktis lebih bersifat khusus. Oleh karena itu diperlukan adanya suatu paket penjadualan yang bersifat fleksibel yang dapat memenuhi kebutuhan setiap lembaga pendidikan. Fleksibilitas di sini dapat meliputi pemilihan kendala, model, dan metode. Sudah tentu untuk mewujudkan suatu paket demikian memerlukan pengkajian yang mendalam, waktu yang tidak singkat, serta dana yang tidak

kecil. Tetapi perlu ditekankan bahwa setiap investasi dalam kajian *Operations Research* biasanya akan memberikan penghematan dan efisiensi yang lebih baik, bagi organisasi yang menyadari pentingnya optimisasi.

#### Daftar Pustaka

- Abramson, D. 1991. Constructing school timetables using simulated annealing: Sequential and parallel algorithms, *Management Science*, 37 : 98-113.
- Bardadym, Victor A. 1995. Computer-aided school and university timetabling: the new wave. In *Proceedings of the First International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (ICPTAT'95)*, pages 253-268.
- Burke, E.K., D.G. Elliman, and R.F. Weare. 1994. A genetic algorithm based university timetabling system. In *Proceedings of the 2nd East-West International Conference on Computer Technologies in Education (Crimea, Ukraine, 19th-23th Sept 1994)*, pages 35-40.
- Carter, Mihael W., Gilbert Laporta, and Sau Yan Lee. 1996. Examination timetabling: Algorithmic strategies and applications. *Journal of the Operational Research Society*, 47(3) : 373-383.
- Colomi, A., M. Dorigo, and V. Maniezzo. 1990. Genetic algorithm - A new approach to the timetable problem. In *Lecture Notes in Computer Science - NATO ASI Series, Vol. F 82, Combinatorial Optimization, (Akgul et al eds), Springer-Verlag*, pages 235-239.
- Cooper, Tim B. and Kingston, Jeffry H. 1995. The Complexity of time-table construction problems. In *Proceeding of the First International Conference on the Praticce and Theory of Automated Timetabling (ICPTAT'95)*, pages 511-522, 1995.
- Dige, P., C. Lund, and H.F. Ravn. 1993. Timetabling by simulated annealing. In *Applied Simulated Annealing, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 396*, pages 151-174, Springer-Verla.
- Downsland, K.A. 1995. Simulated annealing solution for multi-objective scheduling and timetabling. In *Proc. Applied Decision Technologies Conference, Modern Heuristic Search Methodes*, pages 205-220, UNICOM Seminars.
- Erben, W. 1995. Timetabling using genetic algorithms. In *Artificial Neural Nets and genetic Algorithms, Proceeding of the International Conference in Ales (France)*, pages 30-32.

Even, S., Itai, A., and Shamir, A. 1976. *On the complexity of timetable and multicommodity flow problems*. SIAM Journal on Computing, 5 : 691-703.

Informs (The Institute for Operations Research and Management Sciences). October 1996. ORMS Today Volume 23 No. 5.

Sahid, Maret 1997. *A Study on University Timetabling*, Thesis M.Sc. pada Department of Mathematics, The University of Queensland, Australia.