

# APLIKASI METODE SEQUENTIAL THREE-STAGE INTEGER GOAL PROGRAMMING UNTUK PENJADWALAN KULIAH PENDIDIKAN DOKTER SISTEM BLOK: STUDI KASUS

Nisrina Nafi'atul Huda\*, I Gusti Bagus Budi Dharma\*, Widya Wasityastuti\*\*

\* Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

\*\* Departemen Ilmu Faal, Fakultas Kedokteran, Universitas Gadjah Mada

## ABSTRACT

**Background:** One of scheduling problems in educational sector currently was the course scheduling in college or well known as University Course Timetabling Problem (UCTP). The UCTP was comprehensive because of the policy difference among the university, faculties, and departments. The Faculty of Medicine Universitas Gadjah Mada, which organizes a block system has a different and more complex scheduling type than other faculties with non-block system. The purpose of this research was to build a mathematic model of block system UCTP in Faculty of Medicine Universitas Gadjah Mada to optimize the scheduling process time and results.

**Method:** This research was conducted by dividing the scheduling problem into 4 sub – scheduling problems that are sequential, which are the scheduling of the 5 primary courses (lecture, panel discussion, practical sessions, tutorial, and skills laboratory), scheduling topics for each course, student' group scheduling, and classroom scheduling. The problems are then modeled in the form of integer goal programming.

**Results:** The block system scheduling model in Faculty of Medicine Universitas Gadjah Mada by considering topic and possibility of unavailability room using Sequential Three-Stage Integer Goal Programming has successfully developed and well verified.

**Conclusion:** The model developed in this study is able to produce a schedule that meets all hard constraint in less than 24 hours. The result was more efficient compared to the previous trial-and-error method that consumed 30-45 days.

**Keywords:** scheduling, course, university, course scheduling, sequential, and goal-programming

## ABSTRAK

**Latar belakang:** Salah satu bentuk masalah penjadwalan yang hingga saat ini masih menjadi perhatian di bidang pendidikan adalah penjadwalan mata kuliah (*course scheduling*) di perguruan tinggi atau yang biasa disebut dengan *University Course Timetabling Problem* (UCTP). Adanya perbedaan kebijakan serta aturan, baik antar universitas, fakultas, serta jurusan mengakibatkan permasalahan UCTP menjadi sangat luas dan bervariasi. Program Studi Pendidikan Dokter FK UGM yang menjalankan kuliah sistem blok memiliki tipe penjadwalan kuliah yang berbeda dan lebih rumit daripada penjadwalan di program studi lain dengan sistem kuliah non-blok. Penelitian ini dilakukan untuk memodelkan penjadwalan kuliah sistem blok di Program Studi Pendidikan Dokter FK UGM, sehingga mampu mengoptimalkan waktu proses dan hasil penjadwalan.

**Metode:** Penelitian ini dilakukan dengan membagi masalah penjadwalan menjadi 4 sub-masalah yang bersifat *sequential*, yaitu penjadwalan mata kuliah yang terdiri dari 5 mata kuliah utama (*lecture*, diskusi panel, praktikum, tutorial, dan *skills lab*), penjadwalan topik untuk setiap mata kuliah, penjadwalan kelompok mahasiswa, dan penjadwalan ruang kuliah. Semuanya kemudian dimodelkannya ke dalam bentuk *integer goal programming*.

---

korespondensi: budi.dharma@ugm.ac.id

**Hasil:** Model penjadwalan kuliah sistem blok di Program Studi Pendidikan Dokter FK UGM dengan mempertimbangkan topik pada setiap mata kuliah dan adanya kemungkinan *unavailability* ruangan menggunakan metode *Sequential Three-Stage Integer Goal Programming* telah berhasil dikembangkan dan terverifikasi dengan baik.

**Kesimpulan:** Dengan metode yang digunakan, model yang dikembangkan pada penelitian ini mampu menghasilkan jadwal yang memenuhi seluruh *hard constraint* dalam waktu kurang dari 24 jam. Dari segi waktu, hasil tersebut jauh lebih baik dibandingkan *time consuming* proses penjadwalan manual (*trial and error*) yang selama ini dilakukan yaitu berkisar antara 1 – 1,5 bulan.

**Kata kunci:** penjadwalan, mata kuliah, universitas, *course scheduling*, *goal programming*.

---

## PENDAHULUAN

Pada tahun akademik 2003/2004, Fakultas Kedokteran FK UGM melakukan suatu perubahan kurikulum, yaitu dari Kurikulum Inti Pendidikan Dokter Indonesia (KIPDI) menjadi Kurikulum Terintegrasi dalam 21 blok dengan strategi pembelajaran PBL (*Problem-Based Learning*). Tingginya kompleksitas perkuliahan sistem blok menimbulkan beberapa masalah dalam pelaksanaannya, salah satunya adalah masalah penjadwalan yang secara umum dapat diartikan sebagai masalah pengalokasian sumber daya (mata kuliah, ruangan, dosen/instruktur, dan lain-lain) pada *timeslot* yang spesifik, sehingga batasan atau aturan-aturan yang ada dapat terpenuhi dengan efektif dan efisien. Salah satu perbedaan pada proses penjadwalan kuliah sistem blok di FK UGM dengan proses penjadwalan kuliah sistem non-blok adalah frekuensi penjadwalan. Jika proses penjadwalan pada perkuliahan dengan sistem non-blok hanya dilakukan satu kali dalam satu semester, yaitu dengan membuat suatu *template* jadwal untuk satu minggu perkuliahan yang kemudian digunakan secara berulang di minggu-minggu berikutnya selama satu semester, proses penjadwalan di FK UGM, khususnya Prodi Pendidikan Dokter, harus dilakukan setiap minggu atau setiap blok (6 minggu), dimana kebutuhan jumlah jam atau frekuensi tatap muka untuk setiap jenis mata kuliah di setiap minggunya tidak selalu sama, tergantung pada topik dasar yang sedang dijalani, begitu juga dengan ketersediaan ruang dan dosen yang sewaktu-waktu dapat berubah, sehingga membutuhkan jadwal yang berbeda-beda pula setiap minggunya.

Saat ini proses penjadwalan dilakukan secara manual dengan cara *trial and error*. Banyaknya kombinasi kemungkinan solusi pada proses penjadwalan kuliah di Program Studi Pendidikan Dokter FK UGM ini mengakibatkan penjadwalan yang dilakukan tidak dapat terlepas dari beberapa masalah, antara lain:

1. Proses penjadwalan berlangsung lama, yaitu berkisar antara 1 hingga 1,5 bulan untuk proses penjadwalan 1 blok.
2. Hasil yang dicapai tidak memuaskan dan mengandung pelanggaran *constraint*, baik *hard constraint* maupun *soft constraint*.
3. Jadwal yang dihasilkan sering kali tidak valid, sehingga dibutuhkan rekonstruksi ulang (*rescheduling*).

Berbagai macam permasalahan penjadwalan di lingkup universitas telah banyak dibahas pada penelitian-penelitian terdahulu dan berbeda satu sama lain tergantung pada jenis institusi yang terlibat, entitas yang akan dijadwalkan, serta batasan-batasan yang dimiliki.<sup>1</sup> Daskalaki dkk<sup>2</sup> membangun dan memformulasikan sistem penjadwalan di Universitas Yunani dalam bentuk *Integer Linear Programming* (ILP) dengan 4 parameter yaitu hari kuliah, periode waktu, kelompok mahasiswa, dosen pengajar, mata kuliah dan ruang kuliah. Selain itu, Bakir dan Aksop<sup>3</sup> juga mengembangkan model *Integer Linear Programming* (ILP) dengan dua decision variable yang bersifat biner untuk memodelkan permasalahan penjadwalan mata kuliah di *Department of Statistics Gazi University, Turkey*. Penelitian tersebut, memperkenalkan kriteria untuk mengakomodir *consecutive periods*, dimana mata kuliah dengan *consecutive periods* berlangsung di kelas yang sama sehingga disebut

dengan *classroom consistency*. Selain itu, *objective function* yang digunakan pun juga berbeda, jika pada penelitian Daskalaki dkk<sup>2</sup> hanya fokus pada minimasi biaya, maka penelitian Bakir dan Aksop<sup>3</sup> lebih menitikberatkan *objective function*-nya untuk meminimasi ketidakpuasan mahasiswa dan dosen terhadap jadwal yang dihasilkan. Selanjutnya, Al-Husain dkk<sup>4</sup> mengembangkan suatu model *three-stage (sequential) Integer Goal Programming* (IGP) untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan mata kuliah di *College of Business Administration, Kuwait University*. Dalam penelitian tersebut, permasalahan dibagi ke dalam tiga bagian yaitu *faculty-course assignment*, *course-time assignment*, dan *time-classroom assignment* yang memungkinkan untuk menghasilkan suatu jadwal dengan tepat waktu dan mampu mencapai tingkat kepuasan yang tinggi dari berbagai pihak sekaligus memenuhi seluruh kebutuhan serta batasan yang ada. *Output* dari setiap tahap akan digunakan sebagai *input* pada tahap selanjutnya, dimana input pada setiap tahap akan ditranslasikan menjadi *goal* yang kemudian akan dipenuhi dengan pendekatan skala prioritas yang dibuat berdasarkan regulasi dan kebutuhan pihak jurusan hingga universitas.

Pada tahun 2013, Kurniasih<sup>5</sup> membangun suatu model matematis berupa *Integer Programming* yang menggambarkan sistem penjadwalan kuliah sistem blok di Program Studi Pendidikan Dokter FK UGM. Namun, model yang dibangun tersebut belum mampu merepresentasikan masalah penjadwalan di Program Studi Pendidikan Dokter FK UGM secara keseluruhan karena belum mempertimbangkan topik dan ketersediaan ruang. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan sebagai salah satu bentuk pengembangan atas penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sehingga mampu menghasilkan suatu model yang merepresentasikan sistem penjadwalan kuliah sistem blok di Program Studi Pendidikan Dokter FK UGM dengan mempertimbangkan topik pada setiap mata kuliah dan adanya kemungkinan *unavailability* ruangan.

## METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi 2, yaitu:

### 1. Metode Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

- Alur dan regulasi sistem penjadwalan
- Jumlah kelompok mahasiswa setiap angkatan
- Jumlah ruangan yang dimiliki
- Kapasitas masing-masing ruangan
- Jumlah dan jenis topik pada setiap mata kuliah
- Durasi setiap topik
- Data historis penjadwalan kuliah dengan metode manual

Ketujuh data di atas dikumpulkan melalui observasi di lokasi penelitian, arsip FK UGM, dan wawancara dengan pengelola penjadwalan Program Studi Pendidikan Dokter FK UGM serta studi literatur pada penelitian sebelumnya.

### 2. Metode Analisis Data

Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan salah satu metode analitis berupa *goal programming*, yang menurut Sen dan Nandi<sup>6</sup> merupakan bentuk pengembangan dari *linear programming*. Jika pada permasalahan *linear programming*, suatu model dirancang untuk suatu tujuan tunggal (*single objective*), maka pada *goal programming*, suatu model dirancang untuk beberapa tujuan (*multi-objectives*) yang bersifat linear dan bisa jadi mengandung *conflict of interest* antara suatu tujuan dengan tujuan yang lain.

Jenis *goal programming* yang digunakan pada penelitian ini adalah *prioritized goal programming*, yang menurut Rosenthal<sup>7</sup> merupakan suatu metode gabungan antara *preemptive goal programming* dan *weighted goal programming*. *Preemptive goal programming* ditunjukkan dengan proses penjadwalan yang dibagi menjadi 3 tahap sekuensial, dimana suatu tahap akan dimulai jika *goal* pada tahap sebelumnya telah tercapai, sedangkan *weighted goal programming* ditunjukkan dengan adanya pembobotan pada masing-masing goal dalam setiap tahap. Pada penelitian ini, digunakan 2 jenis batasan yaitu *hard constraint* dan *soft constraint*. *Hard constraint*, yang pada metode *goal programming* lebih dikenal dengan *ordinary linear programming*

*constraint* atau *system constraint* merupakan suatu batasan yang tidak dapat dilanggar,<sup>8</sup> sedangkan *soft constraints*, yang pada metode *goal programming* lebih dikenal dengan *goal equations* atau *goal constraints* merupakan suatu batasan (dalam hal ini adalah *rules* dalam proses penjadwalan) yang dapat dilanggar dengan konsekuensi berupa adanya penalti.<sup>8</sup>

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, masalah penjadwalan kuliah sistem blok di Prodi Pendidikan Dokter FK UGM akan dimodelkan menjadi 4 subproblem yang terbagi ke dalam 3 tahap (stage) yang saling berhubungan dan bersifat sekuensial. Stage 1 yaitu penjadwalan mata kuliah, diikuti dengan stage 2 tentang

penjadwalan topik, dan diakhiri dengan stage 3 yang terdiri dari penjadwalan kelompok mahasiswa serta penjadwalan ruangan.

### Stage I - Model Penjadwalan Mata Kuliah

Pada stage ini, model dibangun guna mengalokasikan mata kuliah untuk setiap angkatan mahasiswa pada slot waktu yang tersedia. Variabel keputusan pada stage ini dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$X_{i,j,k,l,m,n} = \begin{cases} 1, & \text{jika mata kuliah } i \text{ dijadwalkan} \\ & \text{pada blok } j, \text{ minggu ke-}k, \text{ hari} \\ & l, \text{ periode waktu ke-}m \text{ untuk} \\ & \text{angkatan mahasiswa tahun ke-}n \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Batasan yang digunakan pada stage ini terdiri dari 10 set hard constraint dan 3 set soft constraint

#### A. Hard Constraint model penjadwalan mata kuliah:

1. Jumlah slot untuk masing-masing mata kuliah

untuk  $S_{i,j,k,n} > 22$ , maka:

$$0.75 * S_{i,j,k,n} \leq \sum_{l=1}^5 \sum_{m=1}^{10} X_{i,j,k,l,m,n} \leq S_{i,j,k,n} \quad (5.1)$$

untuk  $S_{i,j,k,n} \leq 22$ , maka:

$$\sum_{l=1}^5 \sum_{m=1}^{10} X_{i,j,k,l,m,n} = S_{i,j,k,n} \quad (5.2)$$

dengan

$$S_{i,j,k,n} = \sum_o \left( D_{i,j,k,n,o} * \left[ \frac{TM_{i,j,k,n,o}}{MG_{i,i,k,n,o}} \right] \right) \quad (5.3)$$

$\forall i; \forall j; \forall k; \forall n$

$$MG_{i,j,k,n,o} = \min (K_{q_i} J_{t_o} \times K_{t_o}) \quad (5.4)$$

$$i = 1,2,3,4; \forall j; \forall k; \forall n; \forall o; \forall q_i; \forall t_o$$

$$MG_{i,j,k,n,o} = \min (J_{q_i} J_{t_o} \times K_{t_o}, J_{a_o}) \quad (5.5)$$

$$i = 5; \forall j; \forall k; \forall n; \forall o; \forall t_o; \forall a_o$$

2. Jumlah mata kuliah untuk satu angkatan yang dapat dijadwalkan dalam satu waktu

$$\sum_{i=1}^5 X_{i,j,k,l,m,n} \leq 3 \quad (5.6)$$

dengan  $\forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

3. Kombinasi mata kuliah untuk satu angkatan mahasiswa yang dapat dijadwalkan bersama dalam satu waktu

a. Lecture, diskusi panel, praktikum

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 3 \quad (5.7)$$

untuk  $\sum_i \min MG_{i,i,k,n} > TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 3 \quad (5.7)$$

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.8)$$

dengan  $i=1,2,3; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

b. Lecture, diskusi panel, tutorial

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 3 \quad (5.9)$$

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.10)$$

dengan  $i=1,2,4; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

c. Lecture, diskusi panel, skills lab

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 3 \quad (5.11)$$

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.12)$$

dengan  $i=1,2,5; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

d. Lecture, praktikum, tutorial

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 3 \quad (5.13)$$

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.14)$$

dengan  $i=1,3,4; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

e. Lecture, praktikum, skills lab

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 3 \quad (5.15)$$

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.16)$$

dengan  $i=1,3,5; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

f. Lecture, tutorial, skills lab

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 3 \quad (5.17)$$

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.18)$$

dengan  $i=1,4,5; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

g. Diskusi panel, praktikum, tutorial

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 3 \quad (5.19)$$

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.20)$$

dengan  $i=2,3,4; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

h. Diskusi panel, praktikum, *skills lab*

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 3 \quad (5.21)$$

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.22)$$

dengan  $i=2,3,5; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

i. Diskusi panel, tutorial, *skills lab*

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 3 \quad (5.23)$$

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.24)$$

dengan  $i=2,4,5; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

j. Praktikum, tutorial, *skills lab*

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 3 \quad (5.25)$$

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.26)$$

dengan  $i=3,4,5; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

k. *Lecture* dan diskusi panel

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.27)$$

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 1 \quad (5.28)$$

dengan  $i=1,2; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

l. *Lecture* dan praktikum

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.29)$$

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 1 \quad (5.30)$$

dengan  $i=1,3; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

m. *Lecture* dan tutorial

$$\text{untuk } \sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n, \text{ maka:} \\ \sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.31)$$

$$\text{untuk } \sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n, \text{ maka:} \\ \sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 1 \quad (5.32)$$

dengan  $i=1,4; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

n. *Lecture* dan *skills lab*

$$\text{untuk } \sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n, \text{ maka:} \\ \sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.33)$$

$$\text{untuk } \sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n, \text{ maka:} \\ \sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 1 \quad (5.34)$$

dengan  $i=1,5; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

o. Diskusi panel dan praktikum

$$\text{untuk } \sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n, \text{ maka:} \\ \sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.35)$$

$$\text{untuk } \sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n, \text{ maka:} \\ \sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 1 \quad (5.36)$$

dengan  $i=2,3; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

p. Diskusi panel dan tutorial

$$\text{untuk } \sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n, \text{ maka:} \\ \sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.37)$$

$$\text{untuk } \sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n, \text{ maka:} \\ \sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 1 \quad (5.38)$$

dengan  $i = 2,4; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

q. Diskusi panel dan *skills lab*

$$\text{untuk } \sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n, \text{ maka:} \\ \sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.39)$$

$$\text{untuk } \sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n, \text{ maka:} \\ \sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 1 \quad (5.40)$$

dengan  $i = 2,5; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

r. Praktikum dan tutorial

$$\text{untuk } \sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n, \text{ maka:} \\ \sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.41)$$

$$\text{untuk } \sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n, \text{ maka:} \\ \sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 1 \quad (5.42)$$

dengan  $i = 3,4; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$



s. Praktikum dan *skills lab*

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.43)$$

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 1 \quad (5.44)$$

dengan  $i = 3,5; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

t. Tutorial dan *skills lab*

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} \leq TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 2 \quad (5.45)$$

untuk  $\sum_i \min MG_{i,j,k,n} > TM_n$ , maka:

$$\sum_i X_{i,j,k,l,m,n} \leq 1 \quad (5.46)$$

dengan  $i = 4,5; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

4. Slot waktu untuk mata kuliah tutorial angkatan mahasiswa tahun ke-1

$$\sum_{k=1}^5 (X_{4,j,k,1,4,1} + X_{4,j,k,1,5,1} + X_{4,j,k,4,4,1} + X_{4,j,k,4,5,1}) = S_{i,j,n} \quad (5.47)$$

dengan  $i = 4; \forall j; n = 1$

5. Slot waktu untuk mata kuliah tutorial angkatan mahasiswa tahun ke-2

$$\sum_{k=1}^5 (X_{4,j,k,2,2,2} + X_{4,j,k,2,3,2} + X_{4,j,k,5,3,2} + X_{4,j,k,5,4,2}) = S_{i,j,n} \quad (5.48)$$

dengan  $i = 4; \forall j; n = 2$

6. Slot waktu untuk mata kuliah tutorial angkatan mahasiswa tahun ke-3

$$\begin{aligned} &\sum_{k=1}^5 (X_{4,j,k,1,2,3} + X_{4,j,k,1,3,3} + X_{4,j,k,1,7,3} + X_{4,j,k,1,8,3} + X_{4,j,k,4,2,3} + X_{4,j,k,4,3,3} + X_{4,j,k,4,7,3} + \\ &X_{4,j,k,4,8,3}) \\ &= S_{i,j,n} \end{aligned} \quad (5.49)$$

dengan  $i = 4; \forall j; n = 3$

7. Slot waktu untuk mata kuliah tutorial angkatan mahasiswa tahun ke-4

$$\begin{aligned} &\sum_{k=1}^5 (X_{4,j,k,2,4,4} + X_{4,j,k,2,5,4} + X_{4,j,k,2,7,4} + X_{4,j,k,2,8,4} + X_{4,j,k,5,1,4} + X_{4,j,k,5,2,4} + X_{4,j,k,5,7,4} + \\ &X_{4,j,k,5,8,4}) \\ &= S_{i,j,n} \end{aligned} \quad (5.50)$$

dengan  $i = 4; \forall j; n = 4$

8. Praktikum dan *skills lab* dijadwalkan di jam pertama

$$\sum_{k=1}^5 \sum_{l=1}^5 \sum_{n=1}^4 X_{i,j,k,l,1,n} = 0 \quad (5.51)$$

dengan  $i = 3,5; \forall j$

9. Praktikum dan *skills lab* hanya dapat dimulai di jam ke-2,4,7,9 dan berdurasi consecutive 2 jam

$$X_{i,j,k,l,m,n} = X_{i,j,k,l,m+1,n} \quad (5.52)$$

dengan  $i = 3,5; \forall j; \forall k; \forall l; m = 2,4,7,9; \forall n$



10. Jumlah mata kuliah yang dijadwalkan pada suatu periode waktu tidak melebihi jumlah ruangan yang tersedia

$$\sum_{n=1}^4 X_{i,j,k,l,m,n} \leq J_{q_{i,j,k,l,m}} \quad (5.53)$$

dengan  $i = 1,2,3,4; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m$

$$\sum_{n=1}^4 X_{i,j,k,l,m,n} \leq \left\lfloor \frac{J_{q_{i,j,k,l,m}}}{5} \right\rfloor \quad (5.54)$$

dengan  $i = 5; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m$

#### B. Soft Constraint

1. Tidak ada kuliah di jam ke-6

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{k=1}^5 \sum_{l=1}^5 \sum_{n=1}^4 X_{i,j,k,l,6,n} = 0 \quad (5.55)$$

dengan  $\forall j$

2. Tidak ada kuliah di jam ke-5 hari Jum'at

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{k=1}^5 \sum_{n=1}^4 X_{i,j,k,5,5,n} = 0 \quad (5.56)$$

dengan  $\forall j$

3. Lecture hanya dijadwalkan di jam ke-1 sampai 5

$$\sum_{k=1}^5 \sum_{l=1}^5 \sum_{m=7}^{10} \sum_{n=1}^4 X_{1,j,k,l,m,n} = 0 \quad (5.57)$$

dengan  $\forall j$

#### C. Goal

1. Tidak ada kuliah di jam ke-6

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{k=1}^5 \sum_{l=1}^5 \sum_{n=1}^4 X_{i,j,k,l,6,n} + d1^- - d1^+ = 0 \quad (5.58)$$

dengan  $\forall j$

2. Tidak ada kuliah di jam ke-5 hari Jum'at

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{k=1}^5 \sum_{n=1}^4 X_{i,j,k,5,5,n} + d2^- - d2^+ = 0 \quad (5.59)$$

dengan  $\forall j$

3. Lecture hanya dijadwalkan di jam ke-1 sampai 5

$$\sum_{k=1}^5 \sum_{l=1}^5 \sum_{m=7}^{10} \sum_{n=1}^4 X_{1,j,k,l,m,n} + d3^- - d3^+ = 0 \quad (5.60)$$

dengan  $\forall j$

#### D. Fungsi Objektif

$$\text{Minimize } 2(d1^+ + d1^-) + 1,5(d2^+ + d2^-) + d3^+ + d3^- \quad (5.61)$$

#### E. Goal Programming

$$\text{Minimize } 2(d1^+ + d1^-) + 1,5(d2^+ + d2^-) + d3^+ + d3^- \quad (5.62)$$

Subject to: persamaan (5.1) – (5.54)

$$d1^+, d1^-, d2^+, d2^-, d3^+, d3^- \geq 0 \quad (5.63)$$

### Stage II – Model Penjadwalan Topik

Variabel keputusan pada model penjadwalan topik merupakan variabel keputusan pada model penjadwalan mata kuliah yang bernilai satu. Hal tersebut ditunjukkan dengan indeks  $o$  yang mengandung indeks  $i, j, k, l, m, n$  pada formulasi variabel keputusan model penjadwalan topik berikut ini.

$X_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}} = 1$ , jika mata kuliah  $i$  dijadwalkan pada blok  $j$ , minggu ke- $k$ , hari  $l$ , periode waktu ke- $m$  untuk angkatan mahasiswa tahun ke- $n$  mengenai topik  $O_{i,j,k,l,m,n}$   
 $= 0$ , otherwise

A. *Hard Constraint*

1. Topik yang terjadwalkan untuk suatu angkatan mahasiswa di suatu periode waktu tidak memuat mahasiswa lebih dari total mahasiswa di angkatan tersebut

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{o_{i,j,k,l,m,n}} \left( MG_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}} \times X_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}} \right) \leq TM_n \quad (5.64)$$

dengan  $\forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n$

2. Topik yang terjadwal dalam suatu waktu tidak memuat mahasiswa lebih dari kapasitas ruang yang tersedia

$$\begin{aligned} & \sum_{n=1}^4 \sum_{o_{1,j,k,l,m,n}} \left( MG_{1,j,k,l,m,n,o_{1,j,k,l,m,n}} \times X_{1,j,k,l,m,n,o_{1,j,k,l,m,n}} \right) + \\ & \sum_{n=1}^4 \sum_{o_{2,j,k,l,m,n}} \left( MG_{2,j,k,l,m,n,o_{2,j,k,l,m,n}} \times X_{2,j,k,l,m,n,o_{2,j,k,l,m,n}} \right) \\ & \leq \\ & \sum_{q_{lect}} \left( K_{q_{lect}} \times J_{q_{lect}} \right) + \sum_{q_{dp}} \left( K_{q_{dp}} \times J_{q_{dp}} \right) \end{aligned} \quad (5.65)$$

dengan  $\forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall q_{lect}; \forall q_{dp}$

$$\begin{aligned} & \sum_{n=1}^4 \sum_{o_{3,j,k,l,m,n}} \left( MG_{3,j,k,l,m,n,o_{3,j,k,l,m,n}} \times X_{3,j,k,l,m,n,o_{3,j,k,l,m,n}} \right) \\ & \leq \sum_{q_{prakt}} \left( K_{q_{prakt}} \times J_{q_{prakt}} \right) \end{aligned} \quad (5.66)$$

dengan  $\forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall q_{prakt}$

$$\begin{aligned} & \sum_{n=1}^4 \sum_{o_{4,j,k,l,m,n}} \left( MG_{4,j,k,l,m,n,o_{4,j,k,l,m,n}} \times X_{4,j,k,l,m,n,o_{4,j,k,l,m,n}} \right) \\ & \leq \sum_{q_{tut}} \left( K_{q_{tut}} \times J_{q_{tut}} \right) \end{aligned} \quad (5.67)$$

dengan  $\forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall q_{tut}$

$$\begin{aligned} & \sum_{n=1}^4 \sum_{o_{5,j,k,l,m,n}} \left( MG_{5,j,k,l,m,n,o_{5,j,k,l,m,n}} \times X_{5,j,k,l,m,n,o_{5,j,k,l,m,n}} \right) \\ & \leq \sum_{q_{sl}} \left( K_{q_{sl}} \times J_{q_{sl}} \right) \end{aligned} \quad (5.68)$$

dengan  $\forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall q_{sl}$

3. Penjadwalan setiap topik untuk mata kuliah praktikum dan skills lab bersifat consecutive

$$X_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}} = X_{i,j,k,l,m+1,n,o_{i,j,k,l,m,n}} \quad (5.69)$$

dengan  $i = 3,5; \forall j; \forall k; \forall l; m = 2,4,7,9; \forall n; \forall o_{i,j,k,l,m,n}$

4. Penjadwalan setiap topik untuk mata kuliah tutorial bersifat *consecutive*

a. Penjadwalan topik untuk mata kuliah tutorial mahasiswa angkatan pertama

$$X_{4,j,k,1,4,1,o_{4,j,k,1,4,1}} = X_{4,j,k,1,5,1,o_{4,j,k,1,5,1}} \quad (5.70)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

$$X_{4,j,k,4,4,1,o_{4,j,k,4,4,1}} = X_{4,j,k,4,5,1,o_{4,j,k,4,5,1}} \quad (5.71)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

b. Penjadwalan topik untuk mata kuliah tutorial mahasiswa angkatan ke-2

$$X_{4,j,k,2,2,2,o_{4,j,k,2,2,2}} = X_{4,j,k,2,3,2,o_{4,j,k,2,3,2}} \quad (5.72)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

$$X_{4,j,k,5,3,2,o_{4,j,k,5,3,2}} = X_{4,j,k,5,4,2,o_{4,j,k,5,4,2}} \quad (5.73)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

c. Penjadwalan topik untuk mata kuliah tutorial mahasiswa angkatan ke-3

$$X_{4,j,k,1,2,3,0_{4,j,k,1,2,3}} = X_{4,j,k,1,3,3,0_{4,j,k,1,3,3}} \quad (5.74)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

$$X_{4,j,k,1,7,3,0_{4,j,k,1,7,3}} = X_{4,j,k,1,8,3,0_{4,j,k,1,8,3}} \quad (5.75)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

$$X_{4,j,k,4,2,3,0_{4,j,k,4,2,3}} = X_{4,j,k,4,3,3,0_{4,j,k,4,3,3}} \quad (5.76)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

$$X_{4,j,k,4,7,3,0_{4,j,k,4,7,3}} = X_{4,j,k,4,8,3,0_{4,j,k,4,8,3}} \quad (5.77)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

d. Penjadwalan topik untuk mata kuliah tutorial mahasiswa angkatan ke-4

$$X_{4,j,k,2,4,4,0_{4,j,k,2,4,4}} = X_{4,j,k,2,5,4,0_{4,j,k,2,5,4}} \quad (5.78)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

$$X_{4,j,k,2,7,4,0_{4,j,k,2,7,4}} = X_{4,j,k,2,8,4,0_{4,j,k,2,8,4}} \quad (5.79)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

$$X_{4,j,k,5,1,4,0_{4,j,k,5,1,4}} = X_{4,j,k,5,2,4,0_{4,j,k,5,2,4}} \quad (5.80)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

$$X_{4,j,k,5,7,4,0_{4,j,k,5,7,4}} = X_{4,j,k,5,8,4,0_{4,j,k,5,8,4}} \quad (5.81)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

#### B. Soft Constraint

1. Suatu topik akan terjadwalkan sebanyak jumlah kelompok bagian dikali dengan durasi masing-masing topik

$$\sum_{l=1}^5 \sum_{m=1}^{10} X_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}} = \left[ \frac{TM_{i,j,k,n,o_{i,j,k,l,m,n}}}{MG_{i,j,k,n,o_{i,j,k,l,m,n}}} \right] \times D_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}} \quad (5.82)$$

dengan  $\forall j; \forall k; \forall n; \forall o_{i,j,k,l,m,n}$

#### C. Goal

$$\sum_{l=1}^5 \sum_{m=1}^{10} X_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}} + d4^- - d4^+ = \left[ \frac{TM_{i,j,k,n,o_{i,j,k,l,m,n}}}{MG_{i,j,k,n,o_{i,j,k,l,m,n}}} \right] \times D_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}} \quad (5.83)$$

dengan  $\forall j; \forall k; \forall n; \forall o_{i,j,k,l,m,n}$

#### D. Fungsi Objektif

$$\text{Minimize } d4^+ + d4^- \quad (5.84)$$

#### E. Goal Programming

$$\text{Minimize } d4^+ + d4^- \quad (5.85)$$

Subject to

$$\begin{aligned} &\text{persamaan (5.64) - (5.81)} \\ &d4^+, d4^- \geq 0 \end{aligned} \quad (5.86)$$

### Stage III – Model Penjadwalan Kelompok Mahasiswa

Variabel keputusan pada model penjadwalan kelompok mahasiswa ini merupakan variabel keputusan pada model penjadwalan topik yang bernilai satu. Hal tersebut ditunjukkan dengan indeks  $p$  yang mengandung indeks  $i, j, k, l, m, n, o_{i,j,k,l,m,n,o}$  pada formulasi variabel keputusan model penjadwalan topik berikut ini.

$$X_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n,o} p_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}}} = 1, \text{ jika mata kuliah } i \text{ dijadwalkan pada blok } j, \text{ minggu ke-} k, \text{ hari } l, \text{ periode waktu ke-} m \text{ untuk angkatan mahasiswa tahun ke-} n, \text{ kelompok mahasiswa } p_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}} \text{ mengenai topik } O_{i,j,k,l,m,n} \\ = 0, \text{ otherwise}$$

#### A. Hard Constraint

1. Satu kelompok hanya bisa menjalani maksimal satu mata kuliah dan satu topik dalam satu waktu

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{o_{i,j,k,l,m,n}} X_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n,o} p_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}}} \leq 1 \quad (5.87)$$

dengan  $\forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n; \forall p_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}}$

2. Jumlah kelompok mahasiswa yang menjalani suatu topik tidak melebihi jumlah maksimal kelompok yang telah ditentukan

$$\sum_{p_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}}} X_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n,o} p_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}}} \leq MG_{i,j,k,n,o_{i,j,k,l,m,n}} \quad (5.88)$$

dengan  $\forall i; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n; \forall o_{i,j,k,l,m,n}$

3. Jumlah kelompok mahasiswa yang terjadwalkan pada suatu waktu tidak melebihi kapasitas total ruangan yang tersedia

a. Jumlah mahasiswa yang terjadwalkan mengikuti kuliah lecture dan diskusi panel

$$\sum_{n=1}^4 \sum_{o_{1,j,k,l,m,n}} \sum_{p_{1,j,k,l,m,n,o_{1,j,k,l,m,n}}} X_{1,j,k,l,m,n,o_{1,j,k,l,m,n,o} p_{1,j,k,l,m,n,o_{1,j,k,l,m,n}}} + \sum_{n=1}^4 \sum_{o_{2,j,k,l,m,n}} \sum_{p_{2,j,k,l,m,n,o_{2,j,k,l,m,n}}} X_{2,j,k,l,m,n,o_{2,j,k,l,m,n,o} p_{2,j,k,l,m,n,o_{2,j,k,l,m,n}}} \leq \sum_{q_{lect}} (K_{q_{lect}} \times JR_{q_{lect}}) + \sum_{q_{dp}} (K_{q_{dp}} \times JR_{q_{dp}}) \quad (5.89)$$

dengan  $\forall j; \forall k; \forall l; \forall m$

b. Jumlah kelompok mahasiswa yang terjadwalkan mengikuti kuliah praktikum

$$\sum_{n=1}^4 \sum_{o_{3,j,k,l,m,n}} \sum_{p_{3,j,k,l,m,n,o_{3,j,k,l,m,n}}} X_{3,j,k,l,m,n,o_{3,j,k,l,m,n,o} p_{3,j,k,l,m,n,o_{3,j,k,l,m,n}}} \leq \sum_{q_{prakt}} (K_{q_{prakt}} \times JR_{q_{prakt}}) \quad (5.90)$$

dengan  $\forall j; \forall k; \forall l; \forall m$

c. Jumlah kelompok mahasiswa yang terjadwalkan mengikuti kuliah tutorial

$$\sum_{n=1}^4 \sum_{o_{4,j,k,l,m,n}} \sum_{p_{4,j,k,l,m,n,o_{4,j,k,l,m,n}}} X_{4,j,k,l,m,n,o_{4,j,k,l,m,n,o} p_{4,j,k,l,m,n,o_{4,j,k,l,m,n}}} \leq \sum_{q_{tut}} (K_{q_{tut}} \times JR_{q_{tut}}) \quad (5.91)$$

dengan  $\forall j; \forall k; \forall l; \forall m$

d. Jumlah kelompok mahasiswa yang terjadwalkan mengikuti kuliah skills lab

$$\begin{aligned} & \sum_{n=1}^4 \sum_{o_{5,j,k,l,m,n}} \sum_{p_{5,j,k,l,m,n,o_{5,j,k,l,m,n}}} X_{5,j,k,l,m,n,o_{5,j,k,l,m,n},p_{5,j,k,l,m,n,o_{5,j,k,l,m,n}}} \\ & \leq \sum_{q_{sl}} (K_{q_{sl}} \times JR_{q_{sl}}) \end{aligned} \quad (5.92)$$

dengan  $\forall j; \forall k; \forall l; \forall m$

4. Penjadwalan kelompok mahasiswa untuk mengikuti suatu topic dalam mata kuliah praktikum dan skills lab bersifat consecutive

$$\begin{aligned} & X_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n},p_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}}} = \\ & X_{i,j,k,l,m+1,n,o_{i,j,k,l,m+1,n},p_{i,j,k,l,m+1,n,o_{i,j,k,l,m+1,n}}} \end{aligned} \quad (5.93)$$

dengan  $i = 3,5; \forall j; \forall k; \forall l; m = 2,4,7,9; \forall n; \forall o_{i,j,k,l,m,n}; \forall p_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}}$

5. Penjadwalan kelompok mahasiswa untuk mengikuti suatu topik dalam mata kuliah tutorial bersifat consecutive

a. Penjadwalan kelompok mahasiswa angkatan pertama untuk mengikuti suatu topic dalam mata kuliah tutorial

$$\begin{aligned} & X_{4,j,k,1,4,1,o_{4,j,k,1,4,1},p_{4,j,k,1,4,1,o_{4,j,k,1,4,1}}} = X_{4,j,k,1,5,1,o_{4,j,k,1,5,1},p_{4,j,k,1,5,1,o_{4,j,k,1,5,1}}} \\ & \text{dengan } \forall j; \forall k \end{aligned} \quad (5.94)$$

$$\begin{aligned} & X_{4,j,k,4,4,1,o_{4,j,k,4,4,1},p_{4,j,k,4,4,1,o_{4,j,k,4,4,1}}} = X_{4,j,k,4,5,1,o_{4,j,k,4,5,1},p_{4,j,k,4,5,1,o_{4,j,k,4,5,1}}} \\ & \text{dengan } \forall j; \forall k \end{aligned} \quad (5.95)$$

b. Penjadwalan kelompok mahasiswa angkatan ke-2 untuk mengikuti suatu topic dalam mata kuliah tutorial

$$\begin{aligned} & X_{4,j,k,2,2,2,o_{4,j,k,2,2,2},p_{4,j,k,2,2,2,o_{4,j,k,2,2,2}}} = X_{4,j,k,2,3,2,o_{4,j,k,2,3,2},p_{4,j,k,2,3,2,o_{4,j,k,2,3,2}}} \\ & \text{dengan } \forall j; \forall k \end{aligned} \quad (5.96)$$

$$\begin{aligned} & X_{4,j,k,5,3,2,o_{4,j,k,5,3,2},p_{4,j,k,5,3,2,o_{4,j,k,5,3,2}}} = X_{4,j,k,5,4,2,o_{4,j,k,5,4,2},p_{4,j,k,5,4,2,o_{4,j,k,5,4,2}}} \\ & \text{dengan } \forall j; \forall k \end{aligned} \quad (5.97)$$

c. Penjadwalan kelompok mahasiswa angkatan ke-3 untuk mengikuti suatu topic dalam mata kuliah tutorial

$$\begin{aligned} & X_{4,j,k,1,2,3,o_{4,j,k,1,2,3},p_{4,j,k,1,2,3,o_{4,j,k,1,2,3}}} = X_{4,j,k,1,3,3,o_{4,j,k,1,3,3},p_{4,j,k,1,3,3,o_{4,j,k,1,3,3}}} \\ & \text{dengan } \forall j; \forall k \end{aligned} \quad (5.98)$$

$$\begin{aligned} & X_{4,j,k,1,7,3,o_{4,j,k,1,7,3},p_{4,j,k,1,7,3,o_{4,j,k,1,7,3}}} = X_{4,j,k,1,8,3,o_{4,j,k,1,8,3},p_{4,j,k,1,8,3,o_{4,j,k,1,8,3}}} \\ & \text{dengan } \forall j; \forall k \end{aligned} \quad (5.99)$$

$$\begin{aligned} & X_{4,j,k,4,2,3,o_{4,j,k,4,2,3},p_{4,j,k,4,2,3,o_{4,j,k,4,2,3}}} = X_{4,j,k,4,3,3,o_{4,j,k,4,3,3},p_{4,j,k,4,3,3,o_{4,j,k,4,3,3}}} \\ & \text{dengan } \forall j; \forall k \end{aligned} \quad (5.100)$$

$$\begin{aligned} & X_{4,j,k,4,7,3,o_{4,j,k,4,7,3},p_{4,j,k,4,7,3,o_{4,j,k,4,7,3}}} = X_{4,j,k,4,8,3,o_{4,j,k,4,8,3},p_{4,j,k,4,8,3,o_{4,j,k,4,8,3}}} \\ & \text{dengan } \forall j; \forall k \end{aligned} \quad (5.101)$$

d. Penjadwalan kelompok mahasiswa angkatan ke-4 untuk mengikuti suatu topik dalam mata kuliah tutorial

$$X_{4,j,k,2,4,4,0} p_{4,j,k,2,4,4,0} = X_{4,j,k,2,5,4,0} p_{4,j,k,2,5,4,0} \quad (5.102)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

$$X_{4,j,k,2,7,4,0} p_{4,j,k,2,7,4,0} = X_{4,j,k,2,8,4,0} p_{4,j,k,2,8,4,0} \quad (5.103)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

$$X_{4,j,k,5,1,4,0} p_{4,j,k,5,1,4,0} = X_{4,j,k,5,2,4,0} p_{4,j,k,5,2,4,0} \quad (5.104)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

$$X_{4,j,k,5,7,4,0} p_{4,j,k,5,7,4,0} = X_{4,j,k,5,8,4,0} p_{4,j,k,5,8,4,0} \quad (5.105)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

B. Soft Constraint

$$\sum_{l=1}^5 \sum_{m=1}^{10} X_{i,j,k,l,m,n} p_{i,j,k,l,m,n} = D_{i,j,k,n} \quad (5.106)$$

dengan  $\forall i; \forall j; \forall k; \forall n; \forall o_{i,j,k,l,m,n}; \forall p_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}}$

C. Goal

$$\sum_{l=1}^5 \sum_{m=1}^{10} X_{i,j,k,l,m,n} p_{i,j,k,l,m,n} + d5^- - d5^+ = D_{i,j,k,n} \quad (5.107)$$

dengan  $\forall i; \forall j; \forall k; \forall n; \forall o_{i,j,k,l,m,n}; \forall p_{i,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}}$

D. Fungsi Objektif

$$\text{Minimize } d5^- + d5^+ \quad (5.108)$$

E. Goal Programming

$$\text{Minimize } d5^- + d5^+ \quad (5.109)$$

Subject to

$$\begin{aligned} & \text{persamaan (5.86) - (5.104)} \\ & d5^+, d5^- \leq 0 \end{aligned} \quad (5.110)$$

### Stage III – Model Penjadwalan Ruang Kuliah

Variabel keputusan pada model penjadwalan ruang kuliah ini merupakan variabel keputusan pada model penjadwalan topik yang bernilai satu. Hal tersebut ditunjukkan dengan indeks  $q$  yang mengandung indeks  $i, j, k, l, m, n, o_{i,j,k,l,m,n,o}$  pada formulasi variabel keputusan model penjadwalan topik berikut ini.

$$X_{1,j,k,l,m,n,o} q_{1,j,k,l,m,n,o} = 1, \text{ jika mata kuliah } \textit{lecture} \text{ dijadwalkan pada blok } j, \text{ minggu ke-} k, \text{ hari } l,$$

$$\begin{aligned} & \text{periode waktu ke-} m \text{ untuk angkatan mahasiswa tahun ke-} n, \text{ di} \\ & \text{ruang } q_{1,j,k,l,m,n,o} \text{ mengenai topik } o_{i,j,k,l,m,n} \\ & = 0, \text{ otherwise} \end{aligned}$$

A. Hard Constraint

1. Suatu topik yang menjadi bagian dari mata kuliah lecture maksimal terjadwal di satu ruang

$$\sum_{q_{1,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}}} X_{1,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}} q_{1,j,k,l,m,n,o_{i,j,k,l,m,n}} \leq 1$$

$$\text{dengan } i = 1; \forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall n; \forall o_{1,j,k,l,m,n} \quad (5.111)$$

2. Jumlah mahasiswa yang dijadwalkan di suatu ruang tidak melebihi kapasitas ruang tersebut

$$\sum_{l=1}^5 \sum_{m=1}^{10} \left( MG_{1,j,k,l,m,n,o_{1,j,k,l,m,n}} \times X_{1,j,k,l,m,n,o_{1,j,k,l,m,n}} \right) \leq K_{q_{1,j,k,l,m,n,o_{1,j,k,l,m,n}}} \quad (5.112)$$

dengan  $i = 1; \forall j; \forall k; \forall n; \forall o_{1,j,k,l,m,n}; \forall q_{1,j,k,l,m,n,o_{1,j,k,l,m,n}}$

3. Dalam satu waktu, satu ruang hanya dapat digunakan untuk menjalankan satu topik

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{n=1}^4 \sum_{o_{i,j,k,l,m,n}} X_{1,j,k,l,m,n,o_{1,j,k,l,m,n}} \leq 1 \quad (5.113)$$

dengan  $\forall j; \forall k; \forall l; \forall m; \forall q_{1,j,k,l,m,n,o_{1,j,k,l,m,n}}$

B. *Soft Constraint*

$$\sum_{l=1}^5 \sum_{m=1}^{10} \sum_{n=1}^4 \sum_{o_{1,j,k,l,m,n}} X_{1,j,k,l,m,n,o_{1,j,k,l,m,n}} = 0 \quad (5.114)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

C. *Goal*

$$\sum_{l=1}^5 \sum_{m=1}^{10} \sum_{n=1}^4 \sum_{o_{1,j,k,l,m,n}} X_{1,j,k,l,m,n,o_{1,j,k,l,m,n}} - d6^+ + d6^- = 0 \quad (5.115)$$

dengan  $\forall j; \forall k$

D. Fungsi Objektif

$$\text{Minimize } d6^+ + d6^- \quad (5.116)$$

E. *Goal Programming*

$$\text{Minimize } d6^+ + d6^- \quad (5.117)$$

*Subject to*

$$\text{persamaan (5.86) - (5.127)} \quad (5.118)$$

$$d6^+, d6^- \geq 0$$

### Verifikasi dan Validasi Model

Proses verifikasi dan validasi model dengan cara melakukan *running* model dengan beberapa skenario menggunakan *software What's Best!* menunjukkan hasil bahwa model yang dibangun pada penelitian ini mampu menghasilkan *feasible solution* berupa jadwal kuliah yang valid ketika jumlah kelompok mahasiswa  $\leq 23$ . Tabel 1 di bawah ini menunjukkan skenario yang digunakan dalam proses *running* model.

Tabel 1. Skenario *running* model penjadwalan kuliah sistem blok FK UGM

Skenario ke-	Jumlah kelompok mahasiswa	Waktu <i>running</i> (jam)	Solusi
1	24	16	<i>Infeasible</i>
2	23	0.5	<i>Feasible</i>
3	22	1	<i>Feasible</i>

### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa model penjadwalan kuliah sistem blok di Program Studi Pendidikan Dokter FK UGM dengan mempertimbangkan topik pada setiap



mata kuliah dan adanya kemungkinan *unavailability* ruangan menggunakan metode *Sequential Three-Stage Integer Goal Programming* telah berhasil dikembangkan dan terverifikasi dengan baik. Proses validasi menunjukkan bahwa model menghasilkan *feasible solution* ketika jumlah kelompok mahasiswa dalam satu angkatan adalah  $\leq 23$  kelompok. Model penjadwalan kuliah Program Studi Pendidikan Dokter FK UGM dengan menggunakan metode *Sequential Three-Stage Integer Goal Programming* diaplikasikan dan mampu menghasilkan *feasible solution* dalam waktu  $< 24$  jam, jauh lebih cepat daripada proses penjadwalan menggunakan metode manual (*trial and error*) yang berkisar antara 1-1,5 bulan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Matijas VD, Molnar G, Cupic M, Jakobovic D, Basic BD. *University Course Timetabling Using ACO: A Case Study on Laboratory Exercises*. University of Zagreb; 1986.
2. Daskalaki S, Birbas T, Houses E. *An Integer Programming Formulation for Case Study in University Timetabling*. *European Journal of Operational Research*. 2004; 153:117-35.
3. Bakir M A, Aksop C. *Integer Programming Approach to A University Timetabling Problem*. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*. 2008; 37: 41-55.
4. Al-Husain R, Hasan MK, Al-Qaheri H. *A Sequential Three-Stage Integer Goal Programming (IGP) Model for Faculty-Course-Time-Classroom Assignment*. *Informatica*. 2011; 35:157-64.
5. Kurniasih A. *Pemodelan Matematis Untuk Penjadwalan Kuliah Sistem Blok*. Universitas Gadjah Mada; 2013.
6. Sen N, Nandi M. *Goal Programming, its Application in Management Sectors-Special Attention into Plantation Management: A Review*. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 2012; 2(9):1.
7. Rosenthal, RE. *Goal Programming - A Critique*. *NZOR*. 1983; 11(1):2.
8. Anderson DR, Sweeney DJ, Williams TA, Camm JD, Martin RK. *An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making, Revised 13th Edition*. 2012. pp 667-8.