

OPTIMISASI PENYUSUNAN JADWAL MATA KULIAH DENGAN PROGRAM GOL

Samuel Jun Harli^{1*}, Endang Lily², M. D. H. Gamal²

¹ Mahasiswa Program Studi S1 Matematika

² Dosen Jurusan Matematika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau
Kampus Binawidya Pekanbaru (28293), Indonesia

*samuelharli.sjh@gmail.com

ABSTRACT

This paper discusses a mathematical modeling to establish a course schedule optimally. Goal programming model formed is utilized to maximize the satisfaction of the desired values while still meeting the specified limits: limits on days, the time span, the number of faculties, the number of rooms allocated, the number of students taking the courses, the number and type of courses that will be scheduled.

Keywords: Scheduling, weighted goal programming method, linear programming, binary integer programming.

ABSTRAK

Kertas Kerja ini membahas pemodelan matematika untuk membentuk suatu jadwal mata kuliah dengan program gol. Model program gol yang dibentuk dimanfaatkan untuk mengoptimalkan bobot yang diinginkan dengan tetap memenuhi kendala yang ditentukan, baik batasan hari, rentang waktu, jumlah dosen, jumlah ruangan yang dialokasikan, peserta kuliah, dan jumlah serta jenis mata kuliah yang akan dijadwalkan.

Kata kunci: Penjadwalan, program gol dengan metode pembobotan, program linear, program linear biner integer.

1. PENDAHULUAN

Kasus rumitnya penjadwalan mata kuliah di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam jurusan Matematika Universitas Riau, menjadi topik yang cukup menarik untuk dibahas dan dicari penyelesaiannya dengan metode matematis. Pada kenyataannya, penjadwalan mata kuliah secara manual yang dilakukan dengan cara membuat tabel jadwal mata kuliah dan kemudian mengisi tabel tersebut dengan mata kuliah yang memenuhi kendala-kendala yang ada belum bisa menghasilkan

jadwal mata kuliah yang memenuhi semua kendala yang ada dalam penjadwalan, kendala-kendala tersebut seperti mata kuliah dalam skala besar yang tidak sebanding dengan jumlah ruangan perkuliahan, keinginan beberapa dosen untuk mengajar pada hari dan jam tertentu, banyaknya jenis mata kuliah yang harus dijadwalkan dalam waktu yang berbeda, banyaknya peraturan fakultas dan faktor lainnya yang mempengaruhi penjadwalan mata kuliah. Selain itu penjadwalan mata kuliah secara manual memerlukan waktu yang cukup lama, ketelitian yang tinggi, serta rentan terhadap terjadinya kesalahan penjadwalan seperti bentrokan jadwal mata kuliah, bentrokan dalam pemakaian ruang perkuliahan dan lain sebagainya, sehingga diperlukan metode penjadwalan mata kuliah yang lebih baik dari metode penjadwalan mata kuliah secara manual.

Penjadwalan mata kuliah dengan menggunakan program gol (*goal programming*) merupakan suatu metode matematis untuk penjadwalan mata kuliah secara praktis, mudah dan tetap memenuhi semua kendala yang ada dalam waktu yang cepat, sehingga penjadwalan dengan metode ini sangat membantu dalam penjadwalan mata kuliah karena menghasilkan jadwal yang memenuhi semua kendala dalam waktu yang relatif cepat. Program linear biner integer (*0-1 integer linear programming*) digunakan untuk mendapatkan solusi yang sederhana dan berupa bilangan bulat nol atau satu (bentuk biner) sehingga mempermudah dalam menjadwalkan komponen-komponen yang akan dijadwalkan, selanjutnya daerah layak diselesaikan dengan menggunakan metode pembobotan (*non-preemptive*) dan dengan menggunakan metode minimisasi, yaitu dengan meminimumkan fungsi objektif dengan bobot yang sudah dinegatifkan nilainya [4, h.33] untuk memperoleh solusi optimal yang diharapkan sehingga membentuk suatu jadwal mata kuliah yang memenuhi semua kendala yang ada.

Masalah penjadwalan mata kuliah atau penjadwalan lainnya sebenarnya sudah banyak dibahas antara lain: penjadwalan matakuliah dengan tiga tahap program integer yang di tulis oleh Al-Husain *et al.* [1], penjadwalan mata kuliah dengan program biner yang ditulis oleh Bakir dan Aksop [2], kemudian oleh Khairunnisa [10] pada tesisnya yang membahas tentang penjadwalan mata kuliah dengan metode cabang dan batas. Jika pada tulisan lainnya penjadwalan dilakukan dengan metode pembobotan dengan bobot berupa bilangan bulat positif dan berdasarkan kendala utama (*hard constraint*) dan kendala tambahan (*soft constraint*), maka dalam kertas kerja ini bobot yang diberikan bukan berdasarkan kendala utama ataupun kendala tambahan, tetapi berdasarkan prioritas suatu mata kuliah yang dilaksanakan pada hari dan jam tertentu, sedangkan kendala utama dan kendala tambahan hanya dianggap sebagai kendala yang membatasi permasalahan yang akan dioptimalkan nilainya sehingga penyelesaiannya dapat menggunakan metode simpleks program gol.

2. PEMODELAN MATA KULIAH DENGAN PROGRAM GOL

langkah awal dalam pemodelan jadwal mata kuliah adalah mengumpulkan semua data yang berhubungan dengan jadwal mata kuliah, selanjutnya memodelkan masalah yang ada dengan melakukan pengelompokan komponen-komponen yang akan

dijadwalkan, misalnya mengelompokkan mata kuliah yang ada, kemudian dibentuk himpunan-himpunan berdasarkan kelompok-kelompok tersebut untuk mempermudah mengindeks variabel keputusan yang akan dicari penyelesaiannya dengan metode program gol. Program gol terdiri atas program linear, program nonlinear, program biner, program integer dan program hasil pengembangan program-program gol tersebut seperti program leksikografik yang merupakan hasil pengembangan dari program linear yang ditulis oleh Ignizio [8], program gol meta yang merupakan pengembangan dari program gol yang menghitung nilai deviasi dari setiap tujuan tambahan yang ditulis oleh Jones dan Tamiz [9] dan program lainnya.

Program linear adalah program gol dengan fungsi objektif dan kendalanya berupa fungsi linear [7, h.11]. Program biner adalah program gol dengan variabel keputusannya bernilai 0 atau 1 [7, h.577], penggabungan antara program linear dan program biner akan menghasilkan program program linear dengan variabel keputusannya bernilai 0 atau 1.

Indeks pada variabel keputusan x terdiri dari empat indeks utama yaitu p, q, r dan s atau ditulis $x_{p,q,r,s}$. Indeks p mewakili hari-hari perkuliahan, indeks q mewakili rentang waktu perkuliahan, indeks r mewakili ruang perkuliahan dan indeks s mewakili mata kuliah yang dijadwalkan, dengan demikian variabel keputusan $x_{p,q,r,s}$ adalah matakuliah s yang dilaksanakan pada hari p , rentang waktu q dan di ruang r .

Masing-masing koefisien pada fungsi tujuan program gol dapat diberikan bobot yang berbeda-beda sesuai kepentingan pembuat keputusan. Pembobotan pada variabel keputusan tertentu dilakukan untuk memberikan prioritas pada variabel tersebut, semakin besar nilai bobot pada variabel tertentu maka semakin tinggi prioritas variabel tersebut [14, h.194], misalnya dalam pembahasan ini bobot yang bersesuaian dengan variabel $x_{1,1,r,s} = 20$ lebih besar nilainya dari bobot yang bersesuaian dengan variabel $x_{1,3,r,s} = 10$, kondisi ini berarti bahwa prioritas pengalokasian mata kuliah pada hari Senin jam pertama lebih tinggi dari pada prioritas pengalokasian mata kuliah pada hari Senin jam ke tiga. Misalkan diketahui koefisien pada fungsi tujuan adalah g_i dengan m fungsi tujuan atau dapat ditulis secara matematis:

$$\text{maks } g_i = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}. \quad (1)$$

Adapun bentuk kombinasi antara pembobotan dengan fungsi tujuan yang diketahui, membentuk fungsi tujuan baru [13, h.11] sebagai berikut:

$$\text{maks } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_{ij}x_{ij} ; \text{ kendala } \sum_{j=1}^n a_{ij}x_{ij} \leq b_i; \quad i := 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

variabel x_{ij} bernilai 0 atau 1 untuk $j := 1, 2, \dots, n$.

Jika bentuk negatif nilai dari nilai z pada formula (2) diminimumkan nilainya [4, h.33], maka formula (2) menjadi:

$$\text{min } (-z) = -\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_{ij}x_{ij}\right) ; \text{ kendala } \sum_{j=1}^n a_{ij}x_{ij} \leq b_i; \quad i := 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

variabel x_{ij} bernilai 0 atau 1 untuk $j := 1, 2, \dots, n$.

Bobot w_{ij} bernilai positif dan bersesuaian dengan x_{ij} dan nilainya ditentukan berdasarkan kepentingan pembuat keputusan (dalam beberapa kasus bobot yang diberikan nilainya terdefinisi pada bilangan bulat positif [2, h.50], [10, h.27]), a_{ij} , b_j merupakan konstanta yang nilainya diketahui, dengan demikian, formula (3) membentuk formula program linear biner integer yang dapat diselesaikan dengan metode simpleks.

Contoh pemodelan dalam pembahasan kertas kerja ini menggunakan data mata kuliah, dosen, ruang perkuliahan, semester, hari dan rentang waktu perkuliahan dari Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) jurusan Matematika Universitas Riau pada tahun akademis 2013-2014 sebagai berikut:

$A :=$ Himpunan semua hari perkuliahan yang diberi indeks p . Pemberian indeks pada setiap himpunan yang ada dalam kertas kerja ini digunakan untuk mempermudah memberikan indeks pada variabel keputusan dan untuk mewakili anggota dari himpunan yang diberi indeks tersebut misalnya p mewakili anggota himpunan $A := \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ atau ditulis $\forall p \in A$ dengan data pada himpunan A mewakili hari Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat dan Sabtu.

$B :=$ Himpunan semua rentang waktu perkuliahan yang kemudian diberi indeks q . Dalam pembahasan ini, ada tiga rentang waktu yang tersedia yaitu waktu 1, waktu 2, dan waktu 3 atau dapat dituliskan $B := \{1, 2, 3\}$.

$C :=$ Himpunan semua ruangan yang disediakan untuk perkuliahan yang diberi indeks r . Dalam penjadwalan ini ada enam Ruangan yang tersedia atau $C := \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$.

$D :=$ Himpunan semua mata kuliah yang akan dijadwalkan yang diberi indeks s . Dalam penjadwalan ini ada 78 mata kuliah atau $D := \{1, 2, 3, \dots, 78\}$.

$E :=$ Himpunan semua dosen yang tersedia untuk mengajar mata kuliah di FMIPA jurusan Matematika yang diberi indeks t dengan $E = \{1, 2, 3, \dots, 36\}$. Data pada himpunan E mewakili semua dosen berdasarkan nomor urutnya masing-masing.

$F :=$ Himpunan beban SKS dengan $F := \{2, 3, 4, 6\}$, Himpunan ini mewakili mata kuliah dengan bobot 2 SKS, 3 SKS, 4 SKS dan 6 SKS, himpunan ini diberi indeks u .

$DA_p :=$ Himpunan bagian mata kuliah yang dijadwalkan pada hari ke p untuk setiap $p \in A$ yang diberi indeks sp , misalnya jika mata kuliah dengan indeks 1 dan 3 dijadwalkan pada hari Senin maka $DA_1 = \{1, 3\}$.

$DC_r :=$ Himpunan bagian mata kuliah yang dijadwalkan di ruangan r untuk setiap $r \in C$ yang diberi indeks sr , misalnya jika mata kuliah dengan indeks 11 dan 12 dijadwalkan pada ruang 101 maka $DC_1 = \{11, 12\}$.

$DE_t :=$ Himpunan bagian mata kuliah yang dijadwalkan diajar oleh dosen t yang diberi indeks st , misalnya jika dosen dengan nomor urut satu pada Tabel indeks mata kuliah berdasarkan dosen mengajar mata kuliah dengan indeks 12, 15, 25, 47, 67, dan 71, maka $DE_1 = \{12, 15, 25, 47, 67, 71\}$.

$w_{p,q} :=$ Himpunan nilai bobot suatu mata kuliah yang dijadwalkan pada hari ke p dan dan pada rentang waktu q .

Misalkan $x_{p,q,r,s}$ untuk setiap $p \in A, p = 1, 2, 3, 4, 5, 6, q \in B, q = 1, 2, 3, r \in C, r = 1, 2, 3, 4, 5, 6,$ dan $s \in D, s = 1, 2, 3, \dots, 78$ adalah variabel keputusan dengan persamaan biner berikut:

$$x_{p,q,r,s} := \begin{cases} 1, & \text{bila mata kuliah } s \text{ dijadwalkan pada} \\ & \text{hari ke } p, \text{ waktu } q \text{ dan ruang } r. \\ 0, & \text{untuk kondisi lainnya.} \end{cases} \quad (4)$$

Langkah berikutnya adalah memodelkan variabel-variabel di atas ke dalam bentuk fungsi tujuan sebagai berikut:

$$\text{maks } z = \sum_{p \in A} \sum_{q \in B} \sum_{r \in C} \sum_{s \in D} (x_{p,q,r,s} \cdot w_{p,q}). \quad (5)$$

Fungsi tujuan (5) tersebut diubah dalam bentuk sebagai berikut:

$$\text{min } -z = - \sum_{p \in A} \sum_{q \in B} \sum_{r \in C} \sum_{s \in D} (x_{p,q,r,s} \cdot w_{p,q}). \quad (6)$$

Adapun kendala dalam permasalahan ini dapat dimodelkan secara matematis sebagai berikut:

1. Ada 78 mata kuliah yang harus dilaksanakan selama p hari, q rentang waktu dan r ruangan, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{p \in A} \sum_{q \in B} \sum_{r \in C} \sum_{s \in D} (x_{p,q,r,s}) = 78. \quad (7)$$

2. Setiap mata kuliah dijadwalkan pada satu hari, satu ruangan dan masing-masing pada suatu rentang waktu tertentu tertentu, secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{p \in A} \sum_{q \in B} \sum_{r \in C} (x_{p,q,r,s}) = 1; \quad s \in D. \quad (8)$$

3. Seorang dosen hanya dapat mengajar paling banyak satu mata kuliah dalam satu hari dan satu rentang waktu tertentu, secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{r \in C} \sum_{st \in DE_t} (x_{p,q,r,st}) \leq 1; \quad p \in A, \quad q \in B. \quad (9)$$

4. Mata kuliah yang dijadwalkan pada satu ruangan, rentang waktu dan hari tertentu tidak lebih dari satu, secara matematis ditulis sebagai berikut:

$$\sum_{s \in D} (x_{p,q,r,s}) \leq 1; p \in A, q \in B, r \in C. \quad (10)$$

5. Seorang dosen hanya dapat mengajar satu mata kuliah, pada satu ruang, hari dan waktu yang sama, secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{st \in DE_t} (x_{p,q,r,st}) \leq 1; p \in A, q \in B, r \in C. \quad (11)$$

6. Beberapa mata kuliah yang diajar oleh dosen yang sama dijadwalkan pada hari yang berurutan, secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{r \in C} (x_{p,q,r,i} - x_{p+1,q,r,j}) \leq 0; q \in B, i, j \in D, p = 1, 2, 3, 4, 5. \quad (12)$$

indeks i dan j mewakili dua mata kuliah tertentu yang diajar oleh dosen yang sama misalnya $i=1$ dan $j=3$ yaitu indeks mata kuliah yang diajar oleh dosen dengan indeks 2 pada Tabel indeks mata kuliah berdasarkan dosen.

7. Ada mata kuliah yang dialokasikan pada hari tertentu, misalnya dialokasikan pada hari kedua, secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{q \in B} \sum_{r \in C} (x_{2,q,r,sp}) \leq 1; sp \in DA_2. \quad (13)$$

8. Ada mata kuliah yang dosennya tidak dapat dijadwalkan pada hari dan jam tertentu, misalnya hari kedua jam pertama dan jam kedua, secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$x_{2,q,r,st} \leq 0; st \in DA_t, q = 1, 2. \quad (14)$$

9. Ada mata kuliah yang diajar oleh dosen tertentu yang dialokasikan pada hari dan jam tertentu, misalnya dialokasikan pada hari pertama jam kedua atau secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$x_{1,2,r,st} \leq 1; r \in R, st \in DE_t. \quad (15)$$

10. Ada hari dan jam tertentu yang dialokasikan bahwa tidak ada perkuliahan di setiap ruangan, misalnya pada hari ketiga jam kedua, secara matematis dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{r \in C} \sum_{s \in D} (x_{3,2,r,s}) = 0 \quad (16)$$

Contoh pemodelan tersebut digunakan untuk menjadwalkan mata kuliah dengan aturan pada bagian 3 pada kertas kerja ini.

3. PEMODELAN DAN PENERAPAN

Penjadwalan mata kuliah dengan metode ini harus terlebih dahulu menentukan kendala-kendala yang berlaku untuk membentuk program gol yang dioptimumkan fungsi objektifnya, kendala tersebut terutama dapat diperoleh dari kebijakan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam jurusan Matematika Universitas Riau sebagai berikut:

1. Penjadwalan mata kuliah disusun dengan banyaknya hari enam hari dalam satu minggu yaitu Senin, Selasa, Rabu, Kamis, Jumat, dan Sabtu.
2. Dalam setiap hari ada tiga rentang waktu jadwal mata kuliah. Waktu 1 yaitu jam 7.45-9.25 atau 7.45-10.25, waktu 2 yaitu jam 9.35-12.05 atau 10.25-12.05, dan waktu 3 yaitu jam 13.15-15.45. Waktu 1 dan waktu 2 saling berkaitan satu sama lain, jika pada satu ruangan tertentu jam 1 adalah 7.45-9.25 maka waktu 2 adalah 9.35-12.05, dan jika waktu 1 adalah 7.45-10.25 maka waktu 2 adalah 10.25-12.05, di mana waktu 7.45-10.25 dan waktu 9.25-12.05 dialokasikan untuk mata kuliah dengan bobot 3 SKS sedangkan waktu 7.45-9.25 dan waktu 10.25-12.05 dialokasikan untuk mata kuliah dengan bobot 2 SKS.
3. Ruangan yang dialokasikan untuk jurusan Matematika adalah ruangan 101, 202, 302, 304, 308, dan LAB Komputer.
4. Perkuliahan diikuti oleh mahasiswa semester 2, 4, 6, 8.
5. Lab hanya dialokasikan untuk mata kuliah Pengetahuan Komputer.
6. Setiap mata kuliah dialokasikan ke tepat satu ruang pada periode tertentu ke ruang yang sesuai.
7. Seorang dosen hanya dapat mengajar satu mata kuliah pada satu hari, satu rentang waktu dan satu ruangan.
8. Peserta kuliah yang sama baik semester dan bidangnya hanya dapat mengikuti satu mata kuliah pada satu rentang waktu.
9. Mata kuliah dengan bobot 2 sks per pertemuan dialokasikan pada jam pertama atau jam kedua.
10. Ruangan yang sama tidak bisa digunakan untuk pengalokasian mata kuliah dengan bobot 3 sks pada jam pertama dan ke dua.
11. Pada hari Sabtu jam ke dua dialokasikan hanya untuk mata kuliah Kuliah Kerja Nyata.

12. Pada hari Sabtu jam pertama dialokasikan hanya untuk mata kuliah Tugas Akhir.

13. Tidak ada mata kuliah pada hari Sabtu jam ke tiga.

Aturan-aturan tersebut digunakan sebagai kendala pada pemodelan matematis penjadwalan mata kuliah dengan program gol, adapun cara memodelkan kendala yang ada dapat dilakukan seperti pada contoh pemodelan pada bagian 2 dalam kertas kerja ini.

Dalam penyelesaian masalah ini sebenarnya terdapat 58 rumus beserta penjelasan dan penulisannya dalam bentuk program *Lingo 14.0*, semua rumus tersebut secara lengkap beserta penjelasan dari rumus dan penulisannya dalam bentuk program *Lingo 14.0* dapat dilihat pada skripsi "Optimisasi Jadwal Mata Kuliah dengan Program Gol" [5]. Hasil dari perumusan program gol setelah menjalankan aplikasi *solve* pada *Lingo 14.0* dan fasilitas *filter* pada *Microsoft Excel* dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil ini merupakan penjadwalan mata kuliah untuk hari Senin jam pertama, untuk hasil penjadwalan selengkapnya dapat dilihat pada [5].

Tabel 1: Data Hasil Penjadwalan Mata Kuliah Semester Genap FMIPA Matematika Tahun Akademis 2013-2014 dengan Program Gol untuk Hari Senin Jam Pertama.

No.	Mata Kuliah	H	W	Ru	SKS	S	Dos1	Dos2	Dos3
1	Analisis II (B)	Senin	7.45-9.25	101	2	6	D4	D3	
2	Analisis II (C)	Senin	7.45-9.25	102	2	6	D2	D4	
3	Model Resiko	Senin	7.45-10.15	302	3	6	D5		
4	Teori inventori dan penggantian	Senin	7.45-10.15	304	3	4	D13		
5	Analisis II (A)	Senin	7.45-9.25	308	2	6	D2	D3	
6	Pemog Komputer (C)	Senin	7.45-10.15	LAB	3	2	D14		

Catatan: pada Tabel 1, H=Hari, W=Waktu, R=Ruang, S=Semester, Dosi= Dosen i dengan i:=1,2,3, Dn= indeks nama Dosen dengan n:= 1,2,3,...,36.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan penjadwalan mata kuliah dengan program gol pada kertas kerja ini, dapat disimpulkan bahwa penjadwalan mata kuliah dengan menggunakan program gol lebih baik dalam memenuhi semua kendala yang berlaku, karena menghasilkan jadwal yang kompromis dengan semua pihak yang berkaitan dan memenuhi peraturan yang berlaku. Kemudian waktu penyusunan jadwal mata kuliah dan waktu pembuatan beberapa skenario jadwal mata kuliah yang tetap memenuhi peraturan yang berlaku, lebih efisien dibandingkan penjadwalan mata kuliah secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al-Husain, Mohammed K. H. & Hameed A. Q. 2010. "A Sequential Three-Stage Integer Goal Programming (IGP) Model for Faculty-Course-Time-Classroom Assignments". *Journal of Quantitative Methods and Information Systems College of Business Administration*. 19, (35), 157–164.
- [2] Bakir, M. A. & Cihan A. 2008. "A 0–1 Integer Programming Approach To A University Timetabling Problem". *Journal of Mathematics and Statistics*. 37, (1), 41–55.
- [3] Dimiyati, T.T. & Dimiyati A. 2004. *Model-Model Pengambilan Keputusan*. Operations Research. Sinar Baru Algensindo. Bandung.
- [4] Gamal, M.D.H. 2007. *Buku Ajar Program Linear dan integer*. Pusat Pengembangan Pendidikan Universitas Riau. Riau, Indonesia.
- [5] Harli, S. J. 2014. *Optimisasi Jadwal Mata Kuliah dengan Program Gol*. Universitas Riau. Skripsi, Universitas Riau.
- [6] Havas, J., Alfred O., Jim P. & Mirjam S. S. 2013. "Modeling and Optimization of University Timetabling". *Article of Institutionen for matematiska vetenskaper, Chalmers tekniska hogskola*.
- [7] Hillier F.S. & Lieberman G.J. 1990. *Introduction to Mathematical Programming*. Mc. Graw–Hill, New York.
- [8] Ignizio, J.P. 1976. *Goal Programming and Extension*, Leexington books, Lexington, MA.
- [9] Jones, D. & Tamiz M. 2010. *Practical Goal Programming*, Springer , London.
- [10] Khairunnisa. 2008. *Pemodelan Optimal Konstruksi Jadwal Perkuliahan dan Implementasinya*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Tesis, Bogor.
- [11] Magrib & Novita I. D. 2011. "Penentuan Alokasi Order dengan Pendekatan Goal Programming". *Jurnal Teknik Industri Universitas Darussalam Ambon*. 05, (1), 27–37.
- [12] Rao, S. S. 2009. *Engineering Optimization Theory and Practice Fourth Edition*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- [13] Thomas, P. I. 2013. "Schedulling Algorithm with Optimization of Employee Satisfaction". *Senior Design Project Article of Electrical and System Engineering Washington University*.
- [14] Winston, W. L. 1991. *Operations Research: Applications and Algorithms*. PWS KENT Publishing Company, Belmont, California.