

Penjadwalan Mata Pelajaran Menggunakan *Integer Nonlinear Programming*

Abdul Rasid Mile^{1*}, Muhammad Rifai Katili², Nurwan³

^{1,3}Jurusan Matematika, Universitas Negeri Gorontalo, Bone Bolango 96119, Indonesia

²Jurusan Teknik Informatika, Universitas Negeri Gorontalo, Bone Bolango 96119, Indonesia

Info Artikel

*Penulis Korespondensi.
Email: rasid.mile@gmail.com

Submit: 27 Januari 2022
Direvisi: 6 Februari 2022
Disetujui: 17 Februari 2022

Copyright ©2022 by Author(s).

Diterbitkan oleh:
Scimadly Publishing

Under the licence CC BY-SA 4.0

Abstrak

Penjadwalan termasuk diantara sekian banyak masalah yang sering dihadapi oleh banyak lembaga termasuk sekolah. Dalam makalah ini, masalah penjadwalan dimodelkan secara matematis menggunakan Integer Nonlinear Programming dengan fungsi tujuan atau fungsi kendala berbentuk nonlinear. Model tersebut kemudian diimplementasikan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan di salah satu Madrasah Tsanawiyah di Kota Gorontalo. Hasil yang di peroleh berupa jadwal mata pelajaran dan pengajarnya yang memenuhi semua kendala yang diinginkan. Dalam penjadwalan yang dihasilkan masih diperlukan guru tambahan untuk beberapa mata pelajaran agar penjadwalan ini bisa lebih baik lagi.

Kata Kunci: Penjadwalan; Integer Nonlinear Programming; Mata Pelajaran

Abstract

Timetabling is one of the problems faced by large numbers of institutions, including schools. In this paper, this timetabling problem is mathematically modeled using Integer Nonlinear Programming to optimize the result with the non-linear objective function or constraint function. The model was implemented to solve the timetabling problem in one of Madrasah Tsanawiyah Islamic junior high school in Gorontalo. The result effective solutions in the form of subject and instructor timetabling that overcome the obstacles are obtained. To better the timetabling, supplementary teachers are still required for some subjects.

Keywords: Scheduling; Integer Nonlinear Programming; Courses

1. Pendahuluan

Sekolah merupakan salah satu bagian penting dalam pendidikan. Salah satu komponen yang tidak dapat dipisahkan dalam sekolah adalah masalah penjadwalan mata pelajaran. Penjadwalan mata pelajaran di sekolah merupakan hal yang sangat penting dalam berlangsungnya kegiatan belajar mengajar di sekolah tersebut [1]. Penjadwalan dapat didefinisikan sebagai proses pengalokasian sumber daya untuk mengerjakan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu [2]. Penjadwalan mata pelajaran yang dilakukan secara manual akan dirasa kurang efektif apabila terbentur dengan keadaan input data yang banyak dan parameter yang kompleks. Selain membutuhkan ketelitian yang sangat tinggi serta estimasi waktu yang relatif tidak sedikit, metode ini juga memungkinkan terjadinya kesalahan [3].

Ada beberapa cara alternatif untuk menyelesaikan masalah penjadwalan tersebut. Penyusunan jadwal dengan cara manual yang biasa dilakukan dianggap tidak efektif, terlebih lagi jika menyangkut banyak data. Salah satu cara alternatif yang dapat dijadikan sebagai alternatif penyusunan jadwal adalah melalui pemodelan matematika. Pada beberapa penelitian terkait pemodelan matematika dalam masalah ini, ada yang menggunakan metode *integer linear programming*, dan ada juga yang

menggunakan pendekatan algoritma genetika [4]. Disamping itu, juga ditemukan referensi yang menggunakan model *Integer Nonlinear Programming* [5].

Pada makalah ini digunakan model *Integer Nonlinear Programming*. *Integer Nonlinear Programming* merupakan pemrograman dengan fungsi tujuannya saja atau bersama dengan fungsi kendala berbentuk *nonlinier* yaitu pangkat dari variabelnya lebih dari satu [6]. Terdapat banyak jenis masalah *Integer Nonlinear Programming* dalam berbagai bentuk. Hal ini tergantung pada karakteristik fungsi tujuan dan kendalanya. Model *Integer Nonlinear Programming* pada makalah ini merujuk pada karya Izzuddin [5] dengan sedikit perubahan pada bagian kendala dan diterapkan pada instansi yang berbeda. *Integer Nonlinear Programming* juga memiliki penyelesaian kompleks berdasarkan kendala-kendala untuk pemrograman persamaan Kuadratis [7].

2. Metode Penelitian

2.1 Variabel Penelitian

Indeks

Terdapat lima (5) indeks dalam model ini, yaitu:

1. (g) adalah guru. Guru = {G1, G2, ..., Gm}
2. (p) adalah mata pelajaran. Mata pelajaran = {MP1, MP2, ..., MPn}
3. (k) adalah kelas. Kelas = {Kelas 7, Kelas 8, dan Kelas 9}.
4. (h) adalah hari. Hari = {Sabtu, Minggu, Senin, Selasa, Rabu, dan Kamis}.
5. (s) adalah sesi/waktu. Sesi = {Sesi 1 (07.00-08.30), Sesi 2 (08.30-10.00), Sesi 3 (10.15-11.45), dan Sesi 4 (13.30-15.00)}.

Parameter

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a_{gp} = guru g yang menguasai mata pelajaran p .
- b_{pk} = jumlah sesi untuk mata pelajaran p di kelas k .
- c_{ps} = bobot mata pelajaran p di sesi s . Jika bobotnya kecil maka mata pelajaran tersebut lebih disukai dijadwalkan pada sesi tersebut.

Variabel Keputusan

Variabel keputusan dalam masalah penjadwalan ini adalah sebagai berikut:

$$x_{gpk} = \begin{cases} 1, & \text{jika guru } g \text{ mengajar mata pelajaran } p \text{ di kelas } k \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

$$y_{pkhs} = \begin{cases} 1, & \text{jika mata pelajaran } p \text{ untuk kelas } k \text{ dijadwalkan di hari } h \text{ pada sesi } s \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$

2.2 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer atau data yang diperoleh secara langsung melalui wawancara, jajak pendapat dari individu atau kelompok (orang) dan hasil observasi langsung.

2.3 Tahapan Penelitian

Adapun langkah-langkah dan prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Melakukan observasi.
2. Membuat deskripsi masalah berdasarkan observasi yang telah dilakukan.
3. Membuat model *Integer Nonlinear Programming*.
4. Melakukan implementasi dari model yang telah dibuat.
5. Membuat kesimpulan dan saran.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Deskripsi Masalah

Dalam penjadwalan ini ada beberapa syarat yang harus dipenuhi, yaitu:

1. Tidak ada guru yang mengajar lebih dari 1 mata pelajaran dalam satu sesi,
2. Guru hanya mengajar mata pelajaran yang dikuasainya,
3. Setiap mata pelajaran memenuhi jumlah sesi yang telah ditentukan dalam seminggu.
4. Dalam makalah ini diasumsikan ruangan yang digunakan dalam kegiatan belajar mengajar memiliki kapasitas yang mencukupi.

Pada salah satu sekolah di Kota Gorontalo memiliki 3 kelas. Setiap kelas terbagi atas 5 ruangan, yaitu kelas 7 dengan indeks $k = \{7A, 7B, 7C, 7D, \text{ dan } 7E\}$, kelas 8 dengan indeks $k = \{8A, 8B, 8C, 8D, \text{ dan } 8E\}$, dan kelas 9 dengan indeks $k = \{9A, 9B, 9C, 9D, \text{ dan } 9E\}$. Jadi indeks $k = 15$. Setiap kelas memiliki 18 mata pelajaran untuk setiap minggu dan bobot di setiap sesi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Mata pelajaran, banyak sesi, dan bobot

Kode MP	Mata Pelajaran	Jumlah Sesi Perminggu			Bobot			
		Kelas 7	Kelas 8	Kelas 9	Sesi 1	Sesi 2	Sesi 3	Sesi 4
MP1	Bahasa Indonesia	2	2	2	1	1	1	2
MP2	Bahasa Inggris	2	2	2	1	1	1	2
MP3	Matematika	3	3	3	1	1	2	3
MP4	IPA	2	2	2	1	1	1	3
MP5	IPS	1	1	1	1	1	1	1
MP6	Al-Qur'an Hadits	1	1	1	1	1	1	1
MP7	Akidah Akhlak	1	1	1	1	1	1	1
MP8	Seni Budaya	1	1	1	1	1	1	1
MP9	Qawaid	2	2	1	1	1	1	1
MP10	Bahasa Arab	2	2	2	1	1	1	1
MP11	Fiqih	1	1	1	1	1	1	1
MP12	Prakarya	1	1	1	1	1	1	1
MP13	Olahraga	1	1	1	1	1	2	3
MP14	Mahfudzat	1	1	1	1	1	1	1
MP15	SKI	1	1	1	1	1	1	1
MP16	PKN	1	1	1	1	1	1	1
MP17	Kealkhairaatan	1	1	1	1	1	1	1
MP18	Sejaran Alkhairaat	0	0	1	1	1	1	1

3.2 Model Matematika

Fungsi Objektif

Fungsi objektif masalah ini ialah meminimumkan total bobot mata pelajaran, yaitu:

min:

$$z = \sum_{p=1}^{18} \sum_{k=1}^{15} \sum_{h=1}^6 \sum_{s=1}^4 y_{pkhs} c_{ps}$$

Fungsi Kendala

1. Setiap mata pelajaran harus memenuhi jumlah sesi yang ditetapkan

$$\sum_{h=1}^6 \sum_{s=1}^4 y_{pkhs} = b_{pk}, \quad \forall p = 1, 2, \dots, 18; k = 1, 2, \dots, 15$$

2. Setiap mata pelajaran maksimal hanya satu sesi per hari di setiap kelas

$$\sum_{s=1}^4 y_{pkhs} \leq 1, \quad \forall p = 1, 2, \dots, 18; k = 1, 2, \dots, 15; h = 1, 2, \dots, 6$$

3. Setiap guru maksimal hanya mengajar di 1 kelas di tiap sesi

$$\sum_{p=1}^{18} \sum_{k=1}^{15} x_{gpk} y_{pkhs} \leq 1, \quad \forall g = 1, 2, \dots, 41; h = 1, 2, \dots, 6; s = 1, 2, 3, 4$$

4. Setiap mata pelajaran untuk setiap kelas tidak saling tumpang tindih

$$\sum_{k=1}^5 y_{pkhs} \leq 1, \quad \forall p = 1, 2, \dots, 18; h = 1, 2, \dots, 6; s = 1, 2, 3, 4$$

$$\sum_{k=6}^{10} y_{pkhs} \leq 1, \quad \forall p = 1, 2, \dots, 18; h = 1, 2, \dots, 6; s = 1, 2, 3, 4$$

$$\sum_{k=11}^{15} y_{pkhs} \leq 1, \quad \forall p = 1, 2, \dots, 18; h = 1, 2, \dots, 6; s = 1, 2, 3, 4$$

5. Olahraga tidak dijadwalkan di hari senin dan minggu

$$\sum_{s=1}^4 y_{13k1s} \leq 1, \quad \forall k = 1, 2, \dots, 15$$

$$\sum_{s=1}^4 y_{13k6s} \leq 1, \quad \forall k = 1, 2, \dots, 15$$

6. Setiap guru maksimal mengajar 2 sesi per hari

$$\sum_{p=1}^{18} \sum_{k=1}^{15} \sum_{s=1}^4 x_{gpk} y_{pkhs} \leq 2, \quad \forall g = 1, 2, \dots, 41; h = 1, 2, \dots, 6$$

7. Semua variabel keputusan ialah integer nol atau satu

$$x_{gpk} \in \{0,1\}, \quad \forall g = 1, 2, \dots, 41; p = 1, 2, \dots, 18; k = 1, 2, \dots, 15$$

$$y_{pkhs} \in \{0,1\}, \quad \forall p = 1, 2, \dots, 18; k = 1, 2, \dots, 15; h = 1, 2, \dots, 6; s = 1, 2, 3, 4$$

Dengan bantuan LINGO 11.0 didapatkanlah jadwal mata pelajaran yang memenuhi semua kendala yang di tunjukkan pada tabel berikut:

Kelas	Sesi	Hari					
		Sabtu	Minggu	Senin	Selasa	Rabu	Kamis
7A	Sesi 1	G23 / MP14	G35 / MP3	G35 / MP3	G20 / MP5	G28 / MP2	G29 / MP1
	Sesi 2	G1 / MP11	G21 / MP9	G4 / MP7	G28 / MP2	G27 / MP15	G33 / MP8
	Sesi 3	G11 / MP10	G35 / MP3	G10 / MP4	G13 / MP13	G10 / MP4	G5 / MP6
	Sesi 4	G21 / MP9	G38 / MP17	G15 / MP12	G11 / MP10	G29 / MP1	G22 / MP16
7B	Sesi 1	G33 / MP8	G35 / MP3	G29 / MP1	G28 / MP2	G27 / MP15	G1 / MP11
	Sesi 2	G23 / MP14	G28 / MP2	G10 / MP4	G11 / MP10	G10 / MP4	G13 / MP13
	Sesi 3	G21 / MP9	G20 / MP5	G35 / MP3	G38 / MP17	G35 / MP3	G22 / MP16
	Sesi 4	G11 / MP10	G15 / MP12	G21 / MP9	G4 / MP7	G5 / MP6	G29 / MP1
7C	Sesi 1	G1 / MP11	G10 / MP4	G20 / MP5	G10 / MP4	G35 / MP3	G4 / MP7
	Sesi 2	G11 / MP10	G35 / MP3	G21 / MP9	G13 / MP13	G29 / MP1	G35 / MP3
	Sesi 3	G33 / MP8	G28 / MP2	G22 / MP16	G15 / MP12	G5 / MP6	G28 / MP2
	Sesi 4	G29 / MP1	G11 / MP10	G38 / MP17	G21 / MP9	G27 / MP15	G23 / MP14
7D	Sesi 1	G20 / MP5	G27 / MP15	G21 / MP9	G23 / MP14	G13 / MP13	G28 / MP2
	Sesi 2	G35 / MP3	G10 / MP4	G35 / MP3	G10 / MP4	G35 / MP3	G5 / MP6
	Sesi 3	G1 / MP11	G11 / MP10	G28 / MP2	G22 / MP16	G33 / MP8	G4 / MP7
	Sesi 4	G15 / MP12	G29 / MP1	G29 / MP1	G21 / MP9	G11 / MP10	G38 / MP17
7E	Sesi 1	G35 / MP3	G28 / MP2	G27 / MP15	G1 / MP11	G10 / MP4	G33 / MP8
	Sesi 2	G5 / MP6	G23 / MP14	G28 / MP2	G35 / MP3	G11 / MP10	G38 / MP17
	Sesi 3	G29 / MP1	G10 / MP4	G15 / MP12	G35 / MP3	G13 / MP13	G21 / MP9
	Sesi 4	G4 / MP7	G21 / MP9	G11 / MP10	G29 / MP1	G22 / MP16	G20 / MP5
8A	Sesi 1	G37 / MP9	G3 / MP3	G18 / MP10	G39 / MP4	G36 / MP13	G32 / MP1
	Sesi 2	G31 / MP2	G39 / MP4	G23 / MP14	G27 / MP15	G4 / MP7	G5 / MP6
	Sesi 3	G33 / MP8	G31 / MP2	G3 / MP3	G3 / MP3	G38 / MP17	G26 / MP11
	Sesi 4	G22 / MP16	G34 / MP5	G32 / MP1	G6 / MP12	G37 / MP9	G18 / MP10

8B	Sesi 1	G31 / MP2	G31 / MP2	G27 / MP15	G3 / MP3	G34 / MP5	G4 / MP7
	Sesi 2	G32 / MP1	G32 / MP1	G3 / MP3	G22 / MP16	G39 / MP4	G37 / MP9
	Sesi 3	G26 / MP11	G3 / MP3	G39 / MP4	G36 / MP13	G5 / MP6	G18 / MP10
	Sesi 4	G38 / MP17	G6 / MP12	G33 / MP8	G37 / MP9	G18 / MP10	G23 / MP14
8C	Sesi 1	G41 / MP6	G3 / MP3	G26 / MP11	G37 / MP9	G3 / MP3	G3 / MP3
	Sesi 2	G27 / MP15	G6 / MP12	G39 / MP4	G31 / MP2	G36 / MP13	G14 / MP16
	Sesi 3	G31 / MP2	G18 / MP10	G4 / MP7	G33 / MP8	G39 / MP4	G34 / MP5
	Sesi 4	G37 / MP9	G32 / MP1	G18 / MP10	G32 / MP1	G23 / MP14	G17 / MP17
8D	Sesi 1	G14 / MP16	G39 / MP4	G32 / MP1	G31 / MP2	G6 / MP12	G39 / MP4
	Sesi 2	G23 / MP14	G3 / MP3	G41 / MP6	G36 / MP13	G3 / MP3	G3 / MP3
	Sesi 3	G17 / MP17	G34 / MP5	G27 / MP15	G31 / MP2	G18 / MP10	G37 / MP9
	Sesi 4	G33 / MP8	G18 / MP10	G4 / MP7	G37 / MP9	G32 / MP1	G26 / MP11
8E	Sesi 1	G32 / MP1	G4 / MP7	G3 / MP3	G3 / MP3	G39 / MP4	G6 / MP12
	Sesi 2	G36 / MP13	G34 / MP5	G31 / MP2	G33 / MP8	G17 / MP17	G27 / MP15
	Sesi 3	G37 / MP9	G39 / MP4	G31 / MP2	G41 / MP6	G3 / MP3	G23 / MP14
	Sesi 4	G26 / MP11	G37 / MP9	G14 / MP16	G18 / MP10	G18 / MP10	G32 / MP1
9A	Sesi 1	G40 / MP11	G19 / MP10	G2 / MP1	G7 / MP3	G12 / MP12	G16 / MP18
	Sesi 2	G8 / MP5	G7 / MP3	G25 / MP2	G9 / MP4	G9 / MP4	G27 / MP15
	Sesi 3	G25 / MP2	G17 / MP17	G14 / MP16	G24 / MP13	G7 / MP3	G33 / MP8
	Sesi 4	G41 / MP6	G23 / MP14	G30 / MP9	G19 / MP10	G2 / MP1	G4 / MP7
9B	Sesi 1	G9 / MP4	G9 / MP4	G14 / MP16	G40 / MP11	G17 / MP17	G27 / MP15
	Sesi 2	G7 / MP3	G25 / MP2	G30 / MP9	G16 / MP18	G24 / MP13	G33 / MP8
	Sesi 3	G8 / MP5	G4 / MP7	G7 / MP3	G7 / MP3	G12 / MP12	G25 / MP2
	Sesi 4	G23 / MP14	G19 / MP10	G41 / MP6	G2 / MP1	G19 / MP10	G2 / MP1
9C	Sesi 1	G7 / MP3	G40 / MP11	G12 / MP12	G33 / MP8	G9 / MP4	G14 / MP16
	Sesi 2	G2 / MP1	G9 / MP4	G7 / MP3	G25 / MP2	G7 / MP3	G4 / MP7
	Sesi 3	G17 / MP17	G30 / MP9	G25 / MP2	G8 / MP5	G19 / MP10	G24 / MP13
	Sesi 4	G19 / MP10	G2 / MP1	G27 / MP15	G23 / MP14	G41 / MP6	G16 / MP18

9D	Sesi 1	G7 / MP3	G7 / MP3	G17 / MP17	G19 / MP10	G7 / MP3	G12 / MP12
	Sesi 2	G25 / MP2	G41 / MP6	G9 / MP4	G24 / MP13	G14 / MP16	G2 / MP1
	Sesi 3	G23 / MP14	G27 / MP15	G33 / MP8	G25 / MP2	G4 / MP7	G9 / MP4
	Sesi 4	G8 / MP5	G40 / MP11	G2 / MP1	G16 / MP18	G30 / MP9	G19 / MP10
9E	Sesi 1	G14 / MP16	G25 / MP2	G7 / MP3	G25 / MP2	G4 / MP7	G9 / MP4
	Sesi 2	G7 / MP3	G7 / MP3	G33 / MP8	G8 / MP5	G30 / MP9	G41 / MP6
	Sesi 3	G16 / MP18	G12 / MP12	G9 / MP4	G19 / MP10	G24 / MP13	G2 / MP1
	Sesi 4	G2 / MP1	G17 / MP17	G19 / MP10	G27 / MP15	G40 / MP11	G23 / MP14

4. Kesimpulan

Dalam penjadwalan yang dihasilkan pada makalah ini masih diperlukan guru tambahan untuk beberapa mata pelajaran. Dikarenakan setiap guru sudah ditentukan pendistribusian jadwal mengajarnya. Penjadwalan ini juga sangat bergantung pada bobot yang akan diberikan terhadap mata pelajaran. Oleh karena itu semakin bagus penentuan bobotnya maka penjadwalan yang dihasilkan juga akan semakin memuaskan.

Referensi

- [1] A. Barabai, *Makalah Kurikulum 2013*, 2013. Retrieved from http://www.academia.edu/12956677/makalah_kurikulum2013
- [2] M. L. Pinedo, *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems* (3rd ed.). Prentice Hall, Inc., 2012.
- [3] A. L. Maharsi, *Sistem Penjadwalan Mata Pelajaran Sekolah Menggunakan Algoritma Genetika*. Universitas Negeri Yogyakarta, 2013.
- [4] A. Amalia, *Peranan Persyaratan Karush-Kuhn-Tucker Dalam Menyelesaikan Pemrograman Kuadratis*. Universitas Sumatera Utara, 2009.
- [5] M. Izzuddin, *Penjadwalan Mata Pelajaran di Sekolah: Studi Kasus di SMPIT Nurul Fajar Bogor*. Institut Pertanian Bogor, 2015.
- [6] H. A. Taha, *Operation Research An Introduction* (8th ed.). United State of America: Pearson Education, Inc., 2007.
- [7] E. Erliyana, *Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Integer Nonlinear Programming*. Institut Pertanian Bogor, 2011.