



Optimasi Jadwal Pelajaran Berbasis Integer Linear Programming di MTS Nurul Islam Bumiharjo Jepara

Mansyur Rokhim^{1*}, Heru Saputro¹

¹Program Studi Sistem Informasi, Universitas Islam Nahdlatul Ulama, Jepara, Indonesia

Info Artikel

*Penulis Korespondensi.

Email:
mansyurrokhim12@gmail.com

Diterima: 2 Juni 2025
Direvisi: 10 Juli 2025
Disetujui: 18 Agustus 2025



Under the licence
CC BY-NC-SA 4.0

Diterbitkan oleh:



Copyright ©2025 by Author(s)

Abstrak

Penjadwalan pelajaran merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen sekolah yang kompleks, karena harus mempertimbangkan berbagai keterbatasan seperti ketersediaan guru, ruang kelas, waktu pelajaran, dan beban jam mata pelajaran. Pada MTs. Nurul Islam Bumiharjo, proses penyusunan jadwal masih dilakukan secara manual sehingga seringkali menimbulkan konflik jadwal dan penggunaan sumber daya yang tidak optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penyusunan jadwal pelajaran dengan menerapkan metode Integer Linear Programming (ILP), salah satu teknik dalam riset operasi yang mampu menangani masalah penjadwalan dengan banyak kendala. Model ILP dirancang untuk meminimalkan terjadinya tumpang tindih jadwal guru dan ruang, serta memastikan distribusi jam pelajaran sesuai standar kurikulum. Data primer yang digunakan berupa jadwal pelajaran tahun ajaran 2024/2025. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ILP mampu menghasilkan solusi jadwal yang lebih efisien dan minim konflik dibandingkan metode manual. Dengan demikian, pendekatan ini dapat menjadi alternatif strategis dalam sistem penjadwalan sekolah berbasis data.

Kata Kunci: Pemrograman Linier Integer; Penjadwalan Pelajaran; Riset Operasional; Optimasi Jadwal

Abstract

Various limitations such as teacher availability, classroom space, lesson time, and subject load. At MTs. Nurul Islam Bumiharjo, the schedule preparation process is still done manually, which often causes schedule conflicts and suboptimal use of resources. This study aims to optimize the preparation of lesson schedules by applying the Integer Linear Programming (ILP) method, one of the techniques in operations research that is able to handle scheduling problems with many constraints. The ILP model is designed to minimize overlapping teacher and room schedules, and to ensure the distribution of lesson hours according to curriculum standards. The primary data used is the 2024/2025 school year lesson schedule. The results of the study show that the ILP model is able to produce a more efficient and less conflicting schedule solution than the manual method. Thus, this approach can be a strategic alternative in a data-based school scheduling system.

Keywords: Integer Linear Programming; Lesson Scheduling; Operations Research; Schedule Optimization

1. Pendahuluan

Penjadwalan pelajaran merupakan aktivitas rutin namun kompleks yang harus dilakukan setiap awal tahun ajaran di lembaga pendidikan. Kompleksitas ini muncul karena proses penjadwalan harus mempertimbangkan berbagai elemen seperti jumlah kelas, jumlah guru, ketersediaan ruang, jenis mata pelajaran, serta durasi waktu pelajaran. Kesalahan dalam penjadwalan dapat berdampak pada terganggunya proses belajar mengajar, baik karena benturan jadwal guru, kekosongan ruang kelas, maupun ketidaksesuaian alokasi jam pelajaran [1].

Di MTs. Nurul Islam Bumiharjo, penyusunan jadwal masih dilakukan secara manual menggunakan spreadsheet, yang memerlukan waktu lama dan berpotensi menimbulkan konflik, seperti guru mengajar di dua kelas sekaligus atau ruang kelas yang terpakai ganda. Kondisi ini menunjukkan pentingnya penerapan pendekatan sistematis dan terotomatisasi untuk mendukung proses penjadwalan yang efisien dan optimal. Oleh karena itu, diperlukan sebuah pendekatan berbasis riset operasi yang mampu membantu proses penyusunan jadwal secara optimal dan sistematis.

Salah satu solusi yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah dengan menggunakan pendekatan riset operasi, khususnya metode Integer Linear Programming (ILP). ILP merupakan bagian dari pemrograman matematis yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan variabel keputusan yang bernilai bulat. ILP memungkinkan kita menyusun model matematis yang mencakup semua kendala dan tujuan penjadwalan, sehingga solusi yang dihasilkan lebih terstruktur dan optimal[2].

Penelitian terdahulu telah menguatkan keunggulan metode Integer Linear Programming (ILP) dalam mengoptimalkan penjadwalan pelajaran dan mengatasi berbagai kendala. Dalam konteks manajemen sistem informasi, Mansur (2015) membangun sistem penjadwalan berbasis ILP untuk perguruan tinggi vokasi. Meskipun masih terdapat keterbatasan dalam menangani preferensi pengajar, sistem tersebut membuktikan efektivitas ILP dalam menghasilkan jadwal yang lebih terstruktur dibanding metode konvensional [3]. Selanjutnya dari Mahrijal et al. (2024) menerapkan ILP untuk penjadwalan di SMA Al-Hikmah dan berhasil mengurangi konflik guru dan ruang secara signifikan [4]. Penelitian yang dilakukan oleh Suhandi, Arisandhy, dan Liputra (2023) menambahkan bobot SKS dan preferensi waktu pengajar ke model ILP, diselesaikan lewat CPLEX, menghasilkan solusi optimal dengan waktu komputasi rendah [5]. Penelitian mengenai optimasi penjadwalan dengan pendekatan matematis terus berkembang di berbagai institusi pendidikan. Sopacua dan Paillin (2023) menerapkan metode *Integer Linear Programming* (ILP) untuk mengatur penjadwalan ruang kuliah di Fakultas Teknik Universitas Pattimura. Hasilnya menunjukkan bahwa model ILP tidak hanya mampu menghindari konflik jadwal, tetapi juga menghasilkan alokasi ruang yang efisien serta dapat dianalisis sensitivitasnya terhadap jumlah ruang yang tersedia [6]. Dari Djafar et al. (2025) menerapkan ILP untuk menyusun jadwal mata pelajaran di SMA Negeri 1 Tilango. Modelnya meminimalkan total bobot mata pelajaran sambil memenuhi kendala jumlah sesi, ketersediaan guru, dan pembagian kelas. Solusi diperoleh secara optimal dengan solver ILP dan dibuktikan lebih unggul dibanding metode manual sebelumnya, menunjukkan efektivitas ILP dalam skala sekolah menengah [7]. Kemudian dari Safitri et al. (2021) dan penelitian lainnya tentang penjadwalan perawat menggunakan ILP memvalidasi fleksibilitas pendekatan ini dalam domain non-akademik [8]. Penelitian lainnya dilakukan oleh Topik, Kuswanto, dan Imran (2023) di SMPN 4 Tanah Grogot membandingkan ILP dengan pendekatan nonlinear programming dan membuktikan efisiensi waktu serta kepatuhan terhadap kurikulum dalam model ILP[9]. Di tingkat SMP, studi dilakukan oleh Tim SMP Generasi Madani (2024) menunjukkan ILP mampu mempercepat penyusunan jadwal dua kali lebih efisien dibanding manual [10]. Demikian pula, Sasongko et al. (2020) membuktikan keberhasilan implementasi ILP untuk aplikasi penjadwalan harian di SMA [11]. Berdasarkan keseluruhan kajian tersebut terutama yang memadukan preferensi waktu, bobot SKS, dan solusi optimal dengan CPLEX penulis menyimpulkan bahwa walaupun ILP telah terbukti robust pada berbagai institusi, masih diperlukan penelitian lebih lanjut pada tingkat madrasah, seperti MTs. Nurul Islam Bumiharjo. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah literatur tersebut dengan menerapkan ILP yang disesuaikan terhadap karakteristik madrasah, untuk mengelola konflik jadwal, beban guru, dan efisiensi operasional secara holistik.

Penelitian ini dirancang untuk menerapkan metode Integer Linear Programming (ILP) secara khusus pada penyusunan jadwal pelajaran di MTs. Nurul Islam Bumiharjo, sebuah madrasah tingkat menengah pertama yang masih menggunakan metode manual berbasis spreadsheet dalam penjadwalannya. Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang umumnya dilakukan pada jenjang pendidikan tinggi atau sekolah dengan skala besar dan infrastruktur digital yang lebih baik, penelitian ini berfokus pada konteks madrasah yang memiliki keterbatasan sumber daya dan kompleksitas lokal tersendiri. Hal menarik dari penelitian ini adalah bagaimana model ILP dapat

disesuaikan secara praktis untuk mengakomodasi struktur kurikulum madrasah, distribusi beban guru, serta keterbatasan ruang dan waktu yang spesifik. Penelitian ini juga mengeksplorasi bagaimana penggunaan perangkat lunak open-source seperti Python dengan pustaka PuLP dapat menjadikan proses penjadwalan lebih efisien dan transparan, tanpa harus bergantung pada software komersial seperti CPLEX. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan model penjadwalan yang optimal, minim konflik, efisien dalam waktu penyusunan, dan mampu menjadi prototipe bagi pengembangan sistem informasi penjadwalan madrasah yang dapat direplikasi secara luas di sekolah-sekolah serupa di Indonesia.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan metode:

1. Dokumentasi: Mengumpulkan data berupa jadwal pelajaran manual, daftar guru, jumlah ruang, dan struktur kurikulum.
2. Wawancara: Dilakukan kepada Wakil Kepala Sekolah bidang Kurikulum terkait proses penyusunan jadwal pelajaran dan kendala yang dihadapi.
3. Observasi: Pengamatan langsung terhadap proses penjadwalan dan sistem distribusi guru dan ruang.

2.2 Teknik Analisis dan Pemodelan Data

2.3.1 Variabel Keputusan

Variabel keputusan dinyatakan sebagai x_{gkw} yaitu:

$$x_{gkw} \begin{cases} 1, & \text{jika guru } g \text{ mengajar mata pelajaran } c \text{ pada kelas } k \text{ di waktu } w, \\ 0, & \text{jika tidak.} \end{cases} \quad (1)$$

2.3.2 Fungsi Tujuan

Tujuan utama dari model adalah **mengoptimalkan jadwal** agar tidak terjadi konflik jadwal dan semua alokasi sumber daya (guru, ruang, waktu) digunakan secara efisien, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$\min \sum_g \sum_k \sum_c \sum_w x_{gkw} \quad (2)$$

Tabel 1. Keterangan Simbol

No.	Simbol	Keterangan
1.	Z	Nilai total dari penjadwalan yang digunakan (fungsi yang akan diminimalkan)
2.	g	Indeks guru dalam himpunan semua guru
3.	k	Indeks kelas (misal: VII, VIII, IX)
4.	c	Indeks mata pelajaran (misal: Matematika, IPA, dsb.)
5.	w	Indeks waktu/jam pelajaran (misal: Senin jam 1, jam 2, dst.)
6.	X_{gkw}	Variabel biner:
7.	1 jika guru gg mengajar mata pelajaran c di kelas k pada waktu w;	
8.	0 jika tidak.	
9.	\sum	Penjumlahan atas seluruh kombinasi g, k, c, w

Fungsi tujuan ini secara tidak langsung mendorong pemakaian waktu dan sumber daya secara optimal.

Kendala-kendalanya adalah :

1. Setiap guru hanya dapat mengajar satu kelas pada satu waktu:

$$\sum_k \sum_c X_{gkcw} \leq 1 \quad \forall g, w \quad (3)$$

2. Setiap kelas hanya dapat menerima satu pelajaran pada satu waktu:

$$\sum_g \sum_c X_{gkcw} \leq 1 \quad \forall k, w \quad (4)$$

3. Alokasi jumlah jam pelajaran sesuai kurikulum per minggu:

$$\sum_w X_{gkcw} = j_{kc} \quad \forall g, k, c \quad (5)$$

4. Setiap ruang kelas hanya dipakai satu kelas dalam satu waktu:

$$\sum_w r_{kw} \leq 1 \quad \forall r, w \quad (6)$$

5. Variabel keputusan biner:

$$X_{gkcw} \in \{0,1\} \quad (7)$$

2.3.3 Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan membandingkan:

1. Jadwal hasil model ILP vs. jadwal manual dari sekolah.
2. Jumlah konflik jadwal (guru dan ruang).
3. Ketepatan alokasi jam pelajaran tiap kelas dan guru.
4. Waktu yang dibutuhkan dalam menyusun jadwal.

Validasi dilakukan melalui visualisasi jadwal mingguan dan diskusi dengan pihak kurikulum sekolah.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Deskripsi Data

Penelitian ini menggunakan data primer berupa jadwal pelajaran tahun ajaran 2024/2025 di MTs. Nurul Islam Bumiharjo. Data meliputi :

1. Jumlah kelas: 3 tingkat (VII, VIII, IX)
2. Jumlah guru: 15 orang
3. Jumlah mata pelajaran: 20 jenis pelajaran
4. Hari belajar: Senin hingga Sabtu
5. Jam pelajaran per hari: 8 sesi (07.15–12.55 WIB)
6. Jumlah ruang kelas: 9 ruang
7. Metode penyusunan jadwal sebelumnya: Manual menggunakan tabel Excel.

Data dikonversi ke dalam format digital untuk keperluan pemodelan dan optimasi menggunakan metode Integer Linear Programming (ILP).

3.2 Hasil Implementasi Model ILP

Model dikembangkan dengan mendefinisikan variabel biner X_{gkcw} (7), sebagaimana dijelaskan dalam (1) yaitu nilai 1 apabila guru g mengajar mata pelajaran c di kelas k pada waktu w , dan 0 jika tidak. Fungsi tujuan (2) dari model ini adalah meminimalkan nilai total x untuk menghindari jadwal yang tidak efisien, sementara kendala yang diterapkan meliputi:

1. Seorang guru hanya mengajar satu kelas dalam satu waktu(3).
2. Satu kelas hanya menerima satu pelajaran dalam satu waktu(4).
3. Alokasi jam mengajar sesuai kurikulum(5).
4. Setiap ruang digunakan oleh satu kelas dalam satu waktu(6).

Model ILP dijalankan menggunakan Python dengan pustaka PuLP. Setelah dilakukan proses optimasi, diperoleh hasil jadwal pelajaran yang optimal untuk setiap kelas dan hari, tanpa terjadi konflik pengajaran atau penggunaan ruang.

3.3 Analisis Hasil Penjadwalan

Sebagai contoh implementasi model, berikut adalah hasil optimasi jadwal untuk kelas VII pada hari Senin yang disajikan pada Tabel 2.

Table 2. Jadwal Kelas VII Hari Senin (Hasil ILP)

Jam	Waktu	Mata Pelajaran	Guru	Ruang
1	07.15–07.55	Bahasa Indonesia	Rina Manasikah, S.HI	VII-A
2	07.55–08.35	Matematika	Ah. Muthoha, S.Pd	VII-A
3	08.35–09.15	Fiqih	Abdul Mu'id, S.Pd.I	VII-A
4	09.15–09.55	IPA	Bambang Kusmanto, S.Pd.I	VII-A
5	10.15–10.55	Bahasa Inggris	Vita Nur Hidayah, S.Pd	VII-A
6	10.55–11.35	Aqidah Akhlak	Zainal Isnaini, S.E	VII-A
7	11.35–12.15	IPS	Satya Puspitawati, S.Pd	VII-A
8	12.15–12.55	Informatika	Rini Mujiastutik, S.Kom	VII-A

Berdasarkan Tabel 2, dapat diamati bahwa tidak terdapat konflik guru (3), kelas hanya menerima satu pelajaran per sesi (4), dan semua alokasi waktu sesuai kebutuhan kurikulum (5). Penggunaan ruang juga eksklusif per sesi (6), dan semua keputusan penjadwalan dibentuk dari variabel biner Xgkcw (7).

3.4 Perbandingan Jadwal Manual dan Hasil ILP

Evaluasi efektivitas ILP dilakukan dengan membandingkan hasil jadwal model terhadap jadwal manual sebelumnya.. Hasilnya disajikan pada Tabel 3.

Table 3. Perbandingan Jadwal Manual dan Jadwal ILP

No.	Aspek Evaluasi	Jadwal Manual	Jadwal ILP
1.	Konflik guru	7 kasus	0 kasus
2.	Konflik ruang	3 kasus	0 kasus
3.	Ketidaksesuaian jam mapel	5 mata pelajaran	0
4.	Waktu penyusunan	±3 hari	< 1 jam
5.	Keseimbangan beban guru	Tidak merata	Merata sesuai kurikulum

Pada bagian ini merupakan analisis evaluatif terhadap efektivitas metode. Dibandingkan jadwal manual, jadwal hasil ILP menunjukkan peningkatan dari segi:

1. Eliminasi konflik,
2. Efisiensi waktu penyusunan,
3. Keseimbangan beban guru,
4. Kepatuhan terhadap jam kurikulum.

Tabel perbandingan digunakan untuk membuktikan keunggulan pendekatan riset operasi secara objektif dan kuantitatif.

Hasil ini menunjukkan bahwa fungsi tujuan dalam persamaan(2) berhasil diminimalkan dengan baik, dan semua kendala dalam persamaan (3) hingga persamaan (6) telah dipenuhi secara konsisten. Penggunaan sistem ILP mempercepat proses penyusunan dan meningkatkan kualitas jadwal secara signifikan. Model ILP mampu mengatasi permasalahan penjadwalan yang selama ini dilakukan secara manual. Selain bebas konflik, jadwal yang dihasilkan juga efisien dalam penggunaan waktu dan adil dalam pembagian beban guru. Proses penyusunan jadwal menjadi lebih cepat dan transparan, karena semua keputusan diambil berdasarkan model matematis yang jelas.

Model ini juga bersifat fleksibel dan dapat diterapkan untuk tahun ajaran berikutnya, atau di sekolah lain dengan format data serupa. Namun demikian, model belum mempertimbangkan preferensi individu guru, kegiatan non-akademik seperti ekstrakurikuler, serta tidak membedakan antara ruang kelas umum dan ruang khusus seperti laboratorium.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi model dan analisis data, dapat disimpulkan bahwa metode Integer Linear Programming (ILP) terbukti efektif dalam menyusun jadwal pelajaran secara optimal di MTs. Nurul Islam Bumiharjo. Model ini mampu menangani berbagai kendala nyata seperti ketersediaan guru, alokasi jam pelajaran sesuai kurikulum, serta pemanfaatan ruang kelas dan waktu pembelajaran secara efisien. Dengan pendekatan matematis yang terstruktur, variabel keputusan dalam model ILP berhasil memetakan hubungan antara guru, mata pelajaran, kelas, dan waktu dalam bentuk yang dapat diselesaikan secara sistematis melalui komputasi. Jadwal yang dihasilkan tidak hanya bebas konflik, tetapi juga merata dalam distribusi beban guru, serta lebih cepat disusun dibanding metode manual yang sebelumnya digunakan. Hasil ini menjawab tujuan utama penelitian, yaitu merancang sistem penjadwalan pelajaran yang efisien, minim konflik, dan dapat diterapkan pada lembaga pendidikan menengah seperti madrasah dengan sumber daya terbatas. Selain memberikan solusi praktis dalam konteks lokal, penelitian ini juga membuktikan bahwa pendekatan berbasis ILP dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem informasi penjadwalan berbasis komputer yang replikatif dan adaptif untuk institusi pendidikan lain dengan karakteristik serupa. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi teoritis dalam bidang riset operasi, tetapi juga solusi aplikatif bagi manajemen pendidikan berbasis data.

Referensi

- [1] F. Nuradi, D. I. Mulyana, and S. Lestari, “Optimisasi Penjadwalan Kegiatan Guru pada SMK IDNBS Jonggol dengan Penerapan Algoritma Genetika,” vol. 7, no. 2, pp. 283–290, 2024, doi: 10.31943/teknokom.v7i2.223.
- [2] D. Wungguli and N. Nurwan, “Penerapan Model Integer Linear Programming Dalam Optimasi Penjadwalan Perkuliahinan Secara Otomatis,” *BAREKENG J. Ilmu Mat. dan Terap.*, vol. 14, no. 3, pp. 413–424, 2020, doi: 10.30598/barekengvol14iss3pp413-424.
- [3] M. Mansur, “Sistem Informasi Manajemen Penjadwalan Kuliah Menggunakan Pendekatan Integer Programming,” *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–35, 2015.
- [4] Z. Mahrijal, A. Sumarsa, and M. Widayastiti, “Optimasi Penjadwalan Mata Pelajaran Menggunakan Metode Integer Linear Programming (Studi Kasus : SMA – Al – Hikmah),” vol. 4, no. 1, pp. 22–32, 2024.
- [5] V. Suhandi, V. Arisandhy, and D. T. Liputra, “Penjadwalan Mata Kuliah dengan Mempertimbangkan Ketersediaan Waktu Pengajar dan Satuan Kredit Semester yang Tidak Terpisah Menggunakan Integer Linear Programming,” *J. Integr. Syst.*, vol. 6, no. 1, pp. 73–86, 2023, doi: 10.28932/jis.v6i1.6459.
- [6] M. D. Sopacua and D. B. Paillin, “Integer Linear Programming Sebagai Model Alternatif Penjadwalan Ruang Kuliah di Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon (Studi Kasus Pada Jurusan Teknik Industri),” *Arika*, vol. 9, no. 2, pp. 119–128, 2015, [Online]. Available: <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/rika/article/view/420>
- [7] A. Rasid Mile, M. Rifai Katili, and N. Nuwan, “Research in the Mathematical and Natural Sciences Penjadwalan Mata Pelajaran Menggunakan Integer Nonlinear Programming,” *Res. Math. Nat. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 12–18, 2022, doi: 10.55657/rmn.v4i1.200.
- [8] E. Safitri, S. Basriati, and E. P. Rini, “Optimasi Penjadwalan Perawat Menggunakan Integer Linear Programming (Studi Kasus: RS. Aulia Hospital Pekanbaru),” *J. Fourier*, vol. 10, no. 1, pp. 45–56, 2021, doi: 10.14421/fourier.2021.101.45-56.
- [9] A. Topik, Syaripuddin, and Q. Q. A’yun, “Aplikasi pemrograman integer pada masalah penjadwalan mata pelajaran di SMPN 4 Tanah Grogot,” *J. Ilm. Mat.*, vol. 2, no. 1, pp. 39–46, 2023.

- [10] N. E. Prasetyani, D. Idayani, P. S. Matematika, U. Terbuka, and T. Selatan, “Optimasi penjadwalan mata pelajaran smp generasi madani menggunakan solver excel,” vol. 1, no. 2, pp. 108–117, 2024.
- [11] V. Nurcahyawati, Muhamad Risqiwahid, and Achmad Arrosyidi, “Optimasi Penjadwalan Mata Pelajaran menggunakan Constraint Programming,” *J. Inform. dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 3, pp. 118–124, 2023, doi: 10.56854/jt.v1i3.134.