

**PENJADWALAN MATA PELAJARAN BERBASIS KURIKULUM
MERDEKA MENGGUNAKAN *INTEGER LINEAR*
PROGRAMMING: STUDI KASUS SMAN 58 JAKARTA**

RENDY CANDRA PERMANA



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



- 

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Penjadwalan Mata Pelajaran Berbasis Kurikulum Merdeka Menggunakan *Integer Linear Programming*: Studi Kasus SMAN 58 Jakarta” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, April 2025

Rendy Candra Permana
G5401211058

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



- 

ABSTRAK

RENDY CANDRA PERMANA. Penjadwalan Mata Pelajaran Berbasis Kurikulum Merdeka Menggunakan *Integer Linear Programming*: Studi Kasus SMAN 58 Jakarta. Dibimbing oleh FARIDA HANUM dan TONI BAKHTIAR.

Penjadwalan mata pelajaran di SMAN 58 Jakarta merupakan tantangan dalam penerapan kurikulum merdeka. Proses manual yang melibatkan alokasi guru, mata pelajaran, dan ruang kelas sering kali tidak efisien. Penelitian ini mengembangkan model penjadwalan menggunakan *Integer Linear Programming* (ILP) dengan perangkat lunak LINGO 19.0. Studi kasus dilakukan pada kelas XI dengan 32 guru, 9 kelas, dan 18 mata pelajaran (9 wajib dan 9 pilihan). Batasan yang diperhitungkan meliputi jam mengajar maksimal per hari, pembagian hari, dan ketersediaan guru. Hasilnya menunjukkan ILP lebih efisien daripada metode manual, mengurangi bentrok dan mengoptimalkan beban mengajar guru. Namun, tambahan guru diperlukan untuk mata pelajaran PJOK dan Bahasa Inggris. ILP dengan LINGO 19.0 terbukti menjadi solusi cepat dan fleksibel untuk penjadwalan kurikulum merdeka.

Kata kunci: *integer linear programming*, kurikulum merdeka, penjadwalan, SMAN 58 Jakarta

ABSTRACT

RENDY CANDRA PERMANA. Course Scheduling Based on Kurikulum Merdeka Using Integer Linear Programming: A Case Study of SMAN 58 Jakarta. Supervised by FARIDA HANUM and TONI BAKHTIAR.

Course scheduling at SMAN 58 Jakarta is a challenge in implementing kurikulum merdeka. The manual process involving teacher allocation, subjects, and classrooms is often inefficient. This study develops a scheduling model using Integer Linear Programming (ILP) with LINGO 19.0 software. The case study focuses on grade XI with 32 teachers, 9 classes, and 18 subjects (9 mandatory, 9 elective). Constraints include maximum teaching hours, day allocation, and teacher availability. Results show ILP is more efficient than the manual method, reducing conflicts and optimizing teacher workload. However, additional teachers are needed for Physical Education and English. ILP with LINGO 19.0 proves to be a fast and flexible solution for kurikulum merdeka scheduling.

Keywords: *integer linear programming*, kurikulum merdeka, scheduling, SMAN 58 Jakarta



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

**PENJADWALAN MATA PELAJARAN BERBASIS KURIKULUM
MERDEKA MENGGUNAKAN *INTEGER LINEAR*
PROGRAMMING: STUDI KASUS SMAN 58 JAKARTA**

RENDY CANDRA PERMANA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika pada
Program Studi Matematika

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Skripsi : Penjadwalan Mata Pelajaran Berbasis Kurikulum Merdeka
Menggunakan *Integer Linear Programming*: Studi Kasus SMAN
58 Jakarta

Nama : Rendy Candra Permana
NIM : G5401211058

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dra. Farida Hanum, M.Si.



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Toni Bakhtiar, M.Sc.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Donny Citra Lesmana, S.Si., M.Fin.Math.
NIP 197902272005011001



Tanggal Ujian: 03 Maret 2025

Tanggal Lulus:



- 

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2024 sampai bulan Januari 2025 ini ialah riset operasi, dengan judul “Penjadwalan Mata Pelajaran Berbasis Kurikulum Merdeka Menggunakan *Integer Linear Programming*: Studi Kasus SMAN 58 Jakarta”.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Apip Saepudin dan Ibu Herlinah selaku orang tua penulis beserta Nabil Hadrian selaku adik kandung penulis atas dukungan, doa, motivasi, kasih sayang dan nasihat kepada penulis. Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dra. Farida Hanum, M.Si. selaku dosen pembimbing 1 dan Prof. Dr. Toni Bakhtiar, M.Sc. selaku dosen pembimbing 2 yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik Drs. Siswandi, M.Si., moderator seminar dan dosen penguji Drs. Prapto Tri Supriyo, M.Kom., dan seluruh civitas program studi matematika yang terlibat dalam administrasi tugas akhir serta penunjang kelancaran dalam penulisan karya ilmiah ini. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada SMAN 58 Jakarta yang telah memberi izin penelitian. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada sahabat dan seluruh teman penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu khususnya seluruh keluarga besar matematika angkatan 58 yang telah menjadi teman seperjuangan penulis selama di IPB University.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, April 2025

Rendy Candra Permana



- 

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Penjadwalan	3
2.2 Pemrograman Linear	4
2.3 <i>Integer Linear Programming</i>	5
III METODE	6
IV DESKRIPSI DAN FORMULASI MASALAH	7
4.1 Deskripsi Masalah	7
4.2 Formulasi Masalah	9
4.3 Implementasi Model	12
V HASIL DAN PEMBAHASAN	18
5.1 Skenario 1: Sesuai dengan data aktual	18
5.2 Skenario 2: Penambahan guru PJOK dan Bahasa Inggris	27
VI SIMPULAN DAN SARAN	31
6.1 Simpulan	31
6.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	34
RIWAYAT HIDUP	78



DAFTAR TABEL

1	Mata pelajaran dan jumlah jam pelajaran	12
2	Bobot mata pelajaran	13
3	Daftar Jam Pelajaran di SMAN 58 Jakarta	13
4	Mata pelajaran yang dapat diajarkan guru dan banyaknya jam pelajaran setiap kelas	14
5	Jadwal mata pelajaran hasil model matematika skenario 1 di SMAN 58 Jakarta	18
6	Jadwal mengajar guru setiap harinya di SMAN 58 Jakarta	21
7	Jadwal mata pelajaran aktual di SMAN 58 Jakarta	23
8	Perbandingan persentase jadwal hasil model matematika dan jadwal aktual	25
9	Perbandingan jadwal hasil model matematika dan jadwal aktual	26
10	Mata pelajaran yang dapat diajarkan guru dengan skenario 2 dan banyaknya jam pelajaran setiap kelas	27
11	Jadwal mata pelajaran hasil model matematika skenario 2 di SMAN 58 Jakarta	28
12	Perbandingan persentase jadwal hasil model matematika skenario 1, jadwal aktual di SMAN 58 Jakarta, dan jadwal hasil model matematika skenario 2	30

DAFTAR LAMPIRAN

1	Syntax model skenario 1	35
2	Hasil komputasi model skenario 1	46
3	Jadwal mengajar guru pada skenario 1 di SMAN 58 Jakarta	52
4	Syntax model skenario 2	60
5	Hasil komputasi model skenario 2	72

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan merupakan salah satu pilar utama dalam pembangunan sumber daya manusia yang berkualitas. Di Indonesia, perubahan dalam sistem pendidikan terus dilakukan untuk menghadapi tantangan zaman dan memenuhi kebutuhan masyarakat yang dinamis. Salah satu perubahan signifikan adalah penerapan kurikulum merdeka. Kurikulum merdeka adalah pendekatan pendidikan yang diterapkan di Indonesia dengan tujuan memberikan kebebasan lebih dalam menentukan materi ajar dan metode pembelajaran untuk memenuhi kebutuhan peserta didik. Menurut Kemendikbud (2021), kurikulum merdeka bertujuan memfasilitasi pembelajaran yang lebih fleksibel dan kontekstual dengan memberikan otonomi kepada sekolah dalam pengembangan kurikulum.

Penerapan kurikulum merdeka juga menimbulkan tantangan baru, khususnya dalam hal penjadwalan mata pelajaran. Kurikulum ini memberikan kebebasan bagi siswa untuk memilih mata pelajaran sesuai minat dan bakat, sehingga setiap siswa dapat mengikuti jalur pendidikan yang paling sesuai dengan potensinya. Fleksibilitas ini, meskipun bermanfaat bagi perkembangan siswa, juga membuat proses penjadwalan menjadi lebih kompleks. Sebelumnya, jadwal pelajaran dapat disusun secara seragam untuk seluruh siswa dalam satu tingkat kelas, tetapi dengan kurikulum merdeka, jadwal harus disesuaikan dengan pilihan masing-masing siswa yang dapat berbeda satu sama lain. Selain itu, tidak boleh ada jadwal yang bentrok satu dengan lainnya.

Di SMAN 58 Jakarta, penerapan kurikulum merdeka telah dimulai sebagai bagian dari upaya untuk meningkatkan kualitas pendidikan. Sebagai sekolah yang mengadopsi kurikulum ini, SMAN 58 Jakarta menghadapi tantangan dalam menyusun jadwal mata pelajaran yang optimal. Masalah penjadwalan melibatkan beberapa sumber tertentu seperti orang atau ruangan yang dialokasikan ke sekumpulan objek tertentu seperti pekerjaan, periode waktu, rute, dan sebagainya sedemikian sehingga akan memenuhi beberapa tujuan yang disesuaikan pada beberapa kendala (Perera dan Lanel 2016). Penjadwalan ini harus memperhatikan berbagai faktor, seperti ketersediaan guru, alokasi ruang kelas, serta kebutuhan dan pilihan siswa. Keterbatasan sumber daya, seperti jumlah guru yang terbatas dan ruang kelas yang harus digunakan secara bergantian, menambah kompleksitas proses penjadwalan. Ketersediaan waktu pengajar menjadi faktor penting untuk dapat disesuaikan dengan jadwal yang dihasilkan (Suhandi *et al.* 2023). Selain itu, peraturan dan kebijakan yang mengatur jumlah jam belajar untuk setiap mata pelajaran juga harus dipatuhi, sehingga semakin mempersempit ruang gerak dalam penyusunan jadwal mata pelajaran.

Metode penjadwalan tradisional yang seringkali menggunakan pendekatan manual atau berbasis *trial-and-error* tidak lagi memadai untuk mengatasi kompleksitas yang dihadapi dalam penjadwalan mata pelajaran berbasis kurikulum merdeka. Pendekatan ini cenderung memakan waktu yang lama dan tidak selalu menghasilkan solusi yang optimal. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih sistematis dan efisien untuk menyusun jadwal yang memenuhi semua kriteria yang ditetapkan. Masalah yang belum terpecahkan tersebut diharapkan memiliki

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

metode penyelesaian sehingga solusi yang didapatkan memiliki kualitas yang tinggi (Birbas *et al.* 2008).

Salah satu model matematika yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan adalah *Integer Linear Programming* (ILP). Dalam konteks penjadwalan mata pelajaran, ILP dapat digunakan untuk menyusun jadwal yang optimal dengan mempertimbangkan berbagai kendala yang ada secara bersamaan. Dengan menggunakan ILP, diharapkan penjadwalan dapat dilakukan dengan lebih efisien dan efektif, sehingga semua pihak yang terlibat, baik siswa, guru, maupun manajemen sekolah, dapat memperoleh manfaat yang maksimal.

Belum banyak penelitian yang secara spesifik membahas tentang penjadwalan mata pelajaran dalam kurikulum merdeka menggunakan pendekatan matematis dan perangkat lunak khusus. Kebanyakan studi hanya mengulas implementasi umum kurikulum merdeka tanpa mengeksplorasi aspek teknis dari penjadwalannya, seperti dalam penelitian Mujab *et al.* (2023) yang lebih berfokus pada bagaimana kurikulum tersebut diimplementasikan di lapangan, dampak yang dirasakan oleh para guru dan siswa, serta tantangan yang dihadapi dalam penerapannya. Penelitian tersebut tidak menyentuh aspek penjadwalan berbasis perangkat lunak atau model matematis yang spesifik untuk memenuhi kebutuhan individual siswa dalam konteks kurikulum merdeka, sehingga masih terdapat ruang besar untuk penelitian yang mengembangkan metode penjadwalan dengan menggunakan perangkat lunak berbasis matematis.

Penelitian ini bertujuan mengkaji penerapan ILP dalam menyusun jadwal mata pelajaran berbasis kurikulum merdeka di SMAN 58 Jakarta. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan model penjadwalan yang lebih optimal dan adaptif, yang tidak hanya sesuai dengan tuntutan kurikulum merdeka, tetapi juga mampu mengatasi keterbatasan sumber daya yang ada. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam pengembangan manajemen pendidikan di Indonesia, khususnya dalam konteks penjadwalan mata pelajaran yang lebih kompleks dan dinamis. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi sekolah-sekolah lain yang menerapkan kurikulum merdeka, sehingga dapat memanfaatkan metode ILP untuk menyusun jadwal yang lebih efektif dan efisien.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan dan mencari penyelesaian permasalahan mengenai penjadwalan mata pelajaran berbasis kurikulum merdeka menggunakan *Integer Linear Programming*, kemudian mengimplementasikan model tersebut pada masalah penjadwalan mata pelajaran di SMAN 58 Jakarta.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penjadwalan

Penjadwalan merupakan proses mengalokasikan aktivitas yang harus ditempatkan pada waktu atau ruang tertentu dengan mempertimbangkan berbagai batasan dan sumber daya yang tersedia (Pongcharoen *et al.* 2008). Penjadwalan mata pelajaran dapat diartikan sebagai suatu proses penting dalam manajemen pendidikan yang melibatkan penataan jadwal pelajaran agar sesuai dengan kebutuhan kurikulum, sumber daya, dan waktu yang tersedia. Masalah penjadwalan merupakan masalah kombinatorial yang kompleks karena terdapat banyak alternatif solusi dan banyak ditemukan optimasi lokal (Yu *et al.* 2006). Jadwal harus memenuhi beberapa persyaratan dan memenuhi keinginan semua orang yang terlibat. Penjadwalan mata pelajaran yang baik harus mempertimbangkan berbagai aspek seperti jumlah jam pelajaran, ketersediaan ruang kelas, serta waktu dan tenaga pengajar. Penjadwalan adalah sesuatu yang harus dimiliki setiap orang agar dapat membantu aktivitas sehari-hari.

Dalam beberapa tahun terakhir, pemrograman integer telah mendapatkan popularitas yang meningkat. Chen *et al.* (2021) telah melakukan survei terbaru terkait masalah penjadwalan mata pelajaran, yang mencakup berbagai pendekatan menggunakan pemrograman integer serta metode heuristik yang paling umum digunakan. Untuk mengatasi masalah penjadwalan mata pelajaran, disarankan pendekatan berbasis pemrograman integer, karena metode ini dapat menghasilkan solusi yang optimal. Berbagai model matematika telah diterapkan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan, seperti algoritma *column generation* yang digunakan untuk penjadwalan di sekolah menengah atas di Yunani (Papoutsis *et al.* 2003), pemrograman campuran bilangan bulat (*mixed-integer programming*) yang diterapkan pada penjadwalan di Universitas Kuwait oleh Al-Yakoob dan Sheraki (2007), algoritma *cutting plane* yang diterapkan pada penjadwalan mata kuliah (Avella dan Vasil'Ev 2005), metode *auto generate timetable* dengan *array* yang diterapkan pada penjadwalan mata kuliah (Ariessanti *et al.* 2018).

Penelitian dengan masalah penjadwalan menggunakan *integer programming* telah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu, di antaranya adalah Daskalaki *et al.* (2004) memodelkan jadwal perkuliahan setiap kelompok mahasiswa dan dosen pada slot waktu tertentu selama lima hari; Apriandini *et al.* (2013) memodelkan masalah penjadwalan mata kuliah mayor minor di perguruan tinggi dengan tujuan meminimumkan penolakan dosen terhadap hari dan periode waktu dengan mata kuliah; Saefurrohman (2021) memodelkan masalah penjadwalan di SMA Plus Liwaul Furqan Bogor yang merupakan SMA Islami sehingga terdapat mata pelajaran *diniyyah* dan mata pelajaran umum; Satrio (2014) menjadwalkan kegiatan belajar mengajar di lembaga bimbingan belajar memperhatikan kesediaan pengajar menggunakan *integer linear programming* yang digabungkan dengan *weighted sum method* untuk memaksimalkan pencapaian siswa dan meminimumkan biaya transportasi; Kusuma dan Adiputra (2021) memodelkan masalah penugasan dosen mata kuliah di program Merdeka Belajar Kampus Merdeka dengan tujuan memaksimalkan kualitas pendidikan, memaksimalkan preferensi waktu dosen, dan meminimalkan jumlah kelas yang tidak terlayani menggunakan *integer linear programming* dan dioptimasi dengan

cloud theory based simulated annealing; Michellen (2023) menjadwalkan perkuliahan pada Program Pendidikan Kompetensi Umum IPB; Wungguli dan Nurwan (2020) memodelkan optimasi penjadwalan perkuliahan secara otomatis.

Dari semua penelitian yang ada, di sini penelitian yang dilakukan penulis memiliki perbedaan yaitu pada penelitian ini penulis akan menjadwalkan mata pelajaran di SMAN 58 Jakarta yang berbasis kurikulum merdeka, berdasarkan minat siswa, dan terdapat 2 jenis mata pelajaran yaitu mata pelajaran wajib dan mata pelajaran minat.

2.2 Pemrograman Linear

Pemrograman linear merupakan metode untuk menyelesaikan masalah dengan menggunakan persamaan atau pertidaksamaan linear dan bertujuan untuk mencapai hasil maksimum atau minimum (solusi optimal) dalam konteks yang memiliki banyak kemungkinan solusi. Sebelum mendalami pemrograman linear, penting untuk memahami konsep dasar seperti fungsi linear, persamaan linear, dan pertidaksamaan linear.

Fungsi linear

Suatu fungsi f dalam variabel-variabel $x_1, x_2, \dots, x_n$ adalah fungsi linear jika dan hanya jika terdapat suatu himpunan konstanta $c_1, c_2, \dots, c_n$ sehingga fungsi tersebut dapat ditulis sebagai $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$ (Winston 2004).

Pertidaksamaan dan persamaan linear

Untuk sembarang fungsi linear $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ dan sembarang bilangan c , pertidaksamaan $f(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq c$ dan $f(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq c$ adalah pertidaksamaan linear, sedangkan persamaan $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = c$ merupakan persamaan linear (Winston 2004).

Menurut Winston (2004), pemrograman linear adalah suatu masalah optimasi yang memenuhi beberapa kriteria berikut:

1. Tujuan dari masalah ini adalah untuk memaksimumkan atau meminimumkan nilai dari fungsi linear dengan melibatkan sejumlah variabel keputusan. Fungsi yang ingin dimaksimumkan atau diminimumkan ini disebut sebagai fungsi objektif.
2. Nilai dari variabel keputusan harus mematuhi beberapa batasan yang berbentuk persamaan linear atau pertidaksamaan linear.
3. Dalam konteks masalah ini, setiap variabel memiliki batasan terkait tanda. Misalnya, variabel x_i dapat memiliki batasan bahwa x_i harus tidak negatif ($x_i \geq 0$) atau tidak dibatasi tanda (*unrestricted in sign*).

2.3 Integer Linear Programming

Integer Linear Programming (ILP) adalah jenis pemrograman linear yang menggunakan variabel dengan nilai bilangan bulat. Dalam ILP, model matematika pemrograman linear dilengkapi dengan batasan bahwa variabel harus berupa bilangan bulat. Terdapat tiga jenis ILP:

1. *Pure Integer Linear Programming* (PILP) adalah *Linear Programming* di mana semua variabel adalah bilangan bulat.
2. *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) adalah *Linear Programming* yang melibatkan beberapa variabel bilangan bulat bersama dengan variabel bilangan real.
3. *Binary Integer Linear Programming* (BILP) adalah *Linear Programming* di mana variabelnya bersifat biner, hanya dapat bernilai 0 atau 1.

BILP sering digunakan untuk masalah keputusan yang memiliki dua kemungkinan hasil, seperti ya atau tidak (Taha 2017).

III METODE

Metode penelitian yang digunakan penulis dalam penyusunan karya ilmiah ini adalah studi kasus dan pendekatan matematis sebagai berikut:

1. Studi Kasus dan Studi Literatur:

Pada tahap ini penulis mendefinisikan atau menyusun model permasalahan. Model ini mencakup seluruh proses yang akan dilakukan dalam menyelesaikan masalah penjadwalan yang ada.

2. Pengumpulan Data:

Pada tahap ini, penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber referensi, terutama wawancara dengan pihak sekolah, buku, artikel, dan jurnal. Selain itu juga dilakukan pencarian mengenai solusi penjadwalan yang telah ada sebelumnya untuk digunakan sebagai referensi dalam proses yang sedang berlangsung.

3. Pengolahan Data:

Data yang mencakup jadwal mata pelajaran dan jumlah mata pelajaran, jumlah guru dan jam mengajarnya di kelas, bobot mata pelajaran, serta jumlah jam pelajaran per pekan digunakan sebagai fungsi tujuan, kendala, dan variabel keputusan dalam bentuk *Integer Linear Programming*. Masalah optimasi ini akan diselesaikan menggunakan perangkat lunak LINGO 19.0.

Untuk menganalisis permasalahan ini diperlukan data sebagai berikut:

- a) Data jadwal mata pelajaran dan jumlah mata pelajaran.
- b) Data banyak guru dan jam mengajarnya di kelas.
- c) Data bobot mata pelajaran.
- d) Data jumlah jam pelajaran per pekan.
- e) Data nilai rapor kelas X untuk mata pelajaran minat.

IV DESKRIPSI DAN FORMULASI MASALAH

4.1 Deskripsi Masalah

Implementasi kurikulum merdeka di SMAN 58 Jakarta telah membawa perubahan signifikan dalam manajemen pembelajaran, terutama terkait penjadwalan mata pelajaran. Kurikulum ini memberikan fleksibilitas bagi siswa untuk memilih mata pelajaran sesuai dengan minat dan bakat, dengan tujuan untuk mengoptimalkan pengembangan potensi individu. Fleksibilitas tersebut juga menambah kompleksitas dalam penyusunan jadwal pelajaran. Saat ini SMAN 58 Jakarta masih menggunakan metode penjadwalan tradisional atau manual, proses ini bisa memakan waktu hingga 2 sampai 3 minggu. Guru harus menyusun jadwal secara manual, sering kali menghadapi tantangan seperti tumpang tindih waktu mengajar, penggunaan ruang kelas yang tidak efisien, alokasi waktu yang tidak seimbang dan sering kali mata pelajaran sulit dilaksanakan secara berurutan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih sistematis dan efisien dalam menyusun jadwal mata pelajaran. *Integer Linear Programming* (ILP) muncul sebagai solusi potensial untuk mengatasi masalah ini. ILP memungkinkan penyusunan jadwal dengan mempertimbangkan berbagai kendala secara simultan dan menemukan solusi optimal di antara berbagai alternatif yang ada.

Masalah penjadwalan mata pelajaran di SMAN 58 Jakarta berkaitan dengan guru, mata pelajaran, kelas, hari, dan jam pelajaran. Mata pelajaran di SMAN 58 Jakarta dibagi menjadi mata pelajaran wajib dan mata pelajaran minat. Mata pelajaran wajib dijadwalkan pada Senin dan Kamis dari jam pertama hingga jam kesembilan, serta Jumat dari jam pertama hingga jam ketiga. Mata pelajaran minat dijadwalkan pada Selasa dan Rabu dari jam pertama hingga jam kesepuluh. Selain itu, di SMAN 58 Jakarta terdapat proyek P5 (Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila) untuk kelas XI bertema "kearifan lokal" yang berlangsung selama 3 bulan dan dijadwalkan pada hari Jumat jam keempat dan seterusnya. Proyek ini bertujuan mengenalkan serta melestarikan budaya lokal. Hasilnya dipresentasikan melalui pameran atau lokakarya yang melibatkan komunitas sekolah, dengan harapan meningkatkan kebanggaan terhadap budaya bangsa serta melatih keterampilan kolaborasi dan pemikiran kritis siswa. Oleh karena itu, pada hari Jumat jam keempat dan seterusnya tidak dilakukan penjadwalan.

Dalam karya ilmiah ini, semua mata pelajaran akan diberikan bobot yang bertujuan memprioritaskan penyusunan jadwal mata pelajaran sesuai dengan tingkat kesulitannya, jika mata pelajaran memiliki bobot relatif kecil di suatu jam pelajaran maka mata pelajaran tersebut diharapkan dapat dijadwalkan di jam tersebut. Bobot mata pelajaran pada masalah penjadwalan di SMAN 58 Jakarta diberikan dengan pertimbangan antara lain sebagai berikut:

- a) Mata pelajaran wajib yang relatif sulit dan memiliki jumlah 3 jam pelajaran seperti Matematika, Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris dapat mudah dipahami oleh siswa jika diajarkan di pagi hari pada jam pertama hingga ketiga dibandingkan jika diajarkan pada siang hari, sehingga diberikan bobot kecil pada jam pelajaran di pagi hari.
- b) Selain itu mata pelajaran PJOK (Pendidikan Jasmani Olahraga dan Kesehatan) pun dijadwalkan pada pagi hari dengan tujuan agar siswa masih dalam kondisi fisik yang segar dan bugar, sehingga diharapkan dapat

mendukung performa optimal dalam aktivitas fisik dibandingkan jika dijadwalkan pada siang hari.

- c) Mata pelajaran wajib lainnya yang relatif mudah akan diprioritaskan untuk dijadwalkan siang hari pada jam ketujuh hingga kesembilan.
- d) Mata pelajaran minat dipilih berdasarkan rata-rata nilai rapor siswa di kelas X; mata pelajaran dengan nilai yang lebih rendah diprioritaskan dijadwalkan pada pagi hari. Hal ini bertujuan meningkatkan fokus dan pemahaman siswa saat kondisi masih segar, dibandingkan jika mata pelajaran tersebut dijadwalkan pada siang hari.

Penjadwalan mata pelajaran sekolah ini disusun dengan dua ketentuan, yaitu ketentuan umum dan ketentuan tambahan. Ketentuan umum adalah ketentuan yang seharusnya terpenuhi oleh setiap sekolah menengah atas dan dibuat oleh suatu lembaga/kementerian, yaitu Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud), sedangkan ketentuan tambahan adalah ketentuan yang diharapkan dapat terpenuhi oleh suatu sekolah dan dibuat oleh pihak sekolah yaitu pihak kurikulum pada suatu sekolah tersebut dikarenakan menyesuaikan suatu kondisi tertentu. Tujuan dari model ini adalah menyusun jadwal mata pelajaran yang optimal dengan cara meminimumkan total bobot mata pelajaran terhadap jam pelajaran.

Beberapa kendala yang dapat muncul dalam masalah penjadwalan mata pelajaran di SMAN 58 Jakarta ini adalah sebagai berikut:

1. Kegiatan Belajar Mengajar (KBM) dilaksanakan di setiap jam pelajaran.
2. Tidak ada mata pelajaran wajib yang dijadwalkan pada hari Selasa dan Rabu.
3. Tidak ada mata pelajaran minat yang dijadwalkan pada hari Senin, Kamis, dan Jumat.
4. Tidak boleh ada guru mata pelajaran yang mengajar di dua kelas atau lebih pada jam pelajaran yang sama.
5. Guru mengajar sesuai dengan bidang yang dikuasai dan sesuai dengan jumlah jam pelajaran setiap pekannya.
6. Terpenuhinya jumlah jam pelajaran waktu KBM setiap kelas dalam setiap pekannya.
7. Setiap guru mata pelajaran tidak boleh mengajar lebih dari tiga jam pelajaran setiap harinya di setiap kelas.
8. Setiap ruang kelas hanya dapat digunakan untuk satu mata pelajaran di setiap jam pelajaran.
9. Khusus hari Jumat KBM hanya dilaksanakan pada jam ke 1 sampai 3, karena jam ke 4 dan seterusnya akan digunakan untuk proyek bersama wali kelas.
10. Setiap hari Senin dan Kamis KBM hanya sampai jam ke 9.
11. Setiap mata pelajaran berurutan minimal 2 jam pelajaran.
12. Setiap harinya terdapat maksimal 10 jam pelajaran.
13. Total jam pelajaran dalam satu pekan untuk setiap kelas adalah 41 jam.

Beberapa asumsi yang digunakan dalam penulisan karya ilmiah ini ialah mata pelajaran, kelas, dan jam mengajar setiap guru telah ditetapkan sebelumnya; setiap guru dapat mengajar di setiap jam di setiap harinya.

4.2 Formulasi Masalah

Masalah penjadwalan mata pelajaran dapat diformulasikan sebagai suatu *Integer Linear Programming*. Model pada kasus ini menggunakan indeks, himpunan, parameter, dan variabel keputusan sebagai berikut:

Indeks

t	= indeks untuk guru,
c	= indeks untuk kelas,
s	= indeks untuk mata pelajaran,
d	= indeks untuk hari,
e	= indeks untuk jam pelajaran.

Himpunan

T	= himpunan guru
T_w	= himpunan guru mata pelajaran wajib
T_m	= himpunan guru mata pelajaran minat
C	= himpunan kelas
D	= himpunan hari KBM = {1,2,3,4,5} dengan 1 = Senin, 2 = Selasa, 3 = Rabu, 4 = Kamis, dan 5 = Jumat
E	= himpunan jam pelajaran = {1,2,3, ...,10}
S	= himpunan mata pelajaran
S_w	= himpunan mata pelajaran wajib
S_m	= himpunan mata pelajaran minat.

Parameter

b_{se}	= bobot mata pelajaran s pada jam pelajaran e
f_c	= banyaknya jam pelajaran waktu KBM di kelas c
r_{tcs}	= banyaknya jam mengajar guru t di kelas c untuk mata pelajaran s

Variabel keputusan

$$X_{tcsde} = \begin{cases} 1, & \text{jika guru } t \text{ di kelas } c \text{ mengajar mata pelajaran } s \text{ pada hari } d \text{ jam } e \\ 0, & \text{jika selainnya} \end{cases}$$

Fungsi Objektif

Fungsi objektif masalah penjadwalan ini ialah meminimumkan total bobot mata pelajaran terhadap jam pelajaran yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\min \sum_{t \in T} \sum_{c \in C} \sum_{s \in S} \sum_{d \in D} \sum_{e \in E} b_{se} X_{tcsde} .$$

Kendala

1. KBM dilaksanakan di setiap jam pelajaran

- a. Mata pelajaran wajib dijadwalkan di hari Senin dan Kamis di setiap jam pelajaran

$$\sum_{t \in T_w} \sum_{s \in S_w} X_{tcsde} = 1, \forall c \in C, d \in \{1, 4\}, e \in E.$$

- b. Mata pelajaran minat hanya dijadwalkan di hari Selasa dan Rabu di setiap jam pelajaran

$$\sum_{t \in T_m} \sum_{s \in S_m} X_{tcsde} = 1, \forall c \in C, d \in \{2, 3\}, e \in E.$$

- c. Di hari Jumat mata pelajaran wajib hanya dijadwalkan pada jam ke 1-3

$$\sum_{t \in T_w} \sum_{s \in S_w} X_{tcsde} = 1, \forall c \in C, d \in \{5\}, e \in \{1, 2, 3\}.$$

2. Tidak ada mata pelajaran wajib yang dijadwalkan pada hari Selasa dan Rabu

$$\sum_{e \in E} X_{tcsde} = 0, \forall t \in T, d \in \{2, 3\}, s \in S_w, c \in C.$$

3. Tidak ada mata pelajaran minat yang dijadwalkan pada hari Senin, Kamis, dan Jumat

$$\sum_{e \in E} X_{tcsde} = 0, \forall t \in T, d \in \{1, 4, 5\}, s \in S_m, c \in C.$$

4. Tidak boleh ada guru mata pelajaran yang mengajar di dua kelas atau lebih pada jam pelajaran yang sama

$$\sum_{c \in C} \sum_{s \in S} X_{tcsde} \leq 1, \forall t \in T, d \in D, e \in E.$$

5. Guru mengajar sesuai dengan bidang yang dikuasai dan sesuai dengan jumlah jam pelajaran setiap pekannya

$$\sum_{d \in D} \sum_{e \in E} X_{tcsde} = r_{tcs}, \forall t \in T, c \in C, s \in S.$$

6. Terpenuhi jumlah jam pelajaran waktu KBM di kelas c dalam setiap pekannya

$$\sum_{t \in T} \sum_{s \in S} \sum_{d \in D} \sum_{e \in E} X_{tcsde} = f_c, \forall c \in C.$$

7. Setiap guru mata pelajaran tidak boleh mengajar lebih dari tiga jam pelajaran setiap harinya di setiap kelas

$$\sum_{e \in E} X_{tcsde} \leq 3, \forall t \in T, d \in D, s \in S, c \in C.$$

8. Setiap ruang kelas hanya dapat digunakan untuk satu mata pelajaran di setiap jam pelajaran

$$\sum_{s \in S} X_{tcsde} \leq 1, \forall t \in T, d \in D, c \in C, e \in E.$$

9. Khusus hari Jumat KBM hanya jam ke 1-3, karena jam ke 4 dan seterusnya akan digunakan untuk proyek bersama wali kelas

$$\sum_{e=4}^{10} X_{tcsde} = 0, \forall t \in T, d \in \{5\}, s \in S, c \in C.$$

10. Setiap hari Senin dan Kamis tidak ada KBM jam ke 10

$$X_{tcsde} = 0, \forall t \in T, d \in \{1, 4\}, s \in S, c \in C, \text{ untuk suatu } e.$$

11. Setiap mata pelajaran berurutan minimal 2 jam pelajaran

$$X_{tcsde} = X_{tcsd(e+1)}, \forall t \in T, d \in \{1, 4\}, s \in S, c \in C, e \in \{1, 3, 5\}$$

$$X_{tcsde} = X_{tcsd(e+1)}, \forall t \in T, d \in \{2, 3\}, s \in S, c \in C, e \in \{1, 2, 4, 5, 7, 9\}$$

$$X_{tcsde} = X_{tcsd(e+1)}, \forall t \in T, d \in \{5\}, s \in S, c \in C, e \in \{1\}.$$

12. Kendala biner

$$X_{tcsde} \in \{0, 1\}, \forall t \in T, d \in D, s \in S, c \in C, e \in E.$$



4.3 Implementasi Model

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan penjadwalan yang optimal di SMAN 58 Jakarta. Sekolah ini mengimplementasikan kurikulum merdeka dengan memberikan kebebasan kepada siswa untuk memilih mata pelajaran sesuai minat dan bakat, sekaligus menekankan pembelajaran berbasis proyek yang mendorong kreativitas dan kemandirian. Kurikulum ini juga memungkinkan pendalaman mata pelajaran tertentu dengan jadwal fleksibel yang disesuaikan dengan kebutuhan siswa dan ketersediaan tenaga pengajar.

SMAN 58 Jakarta memiliki guru keseluruhan sebanyak 53 orang guru untuk semua tingkatan (kelas X, XI, dan XII). Namun di sini penulis hanya akan berfokus pada penjadwalan kelas XI. Sekolah ini memiliki 32 guru yang mengajar kelas XI dengan indeks guru $t = \{1, 2, 3, \dots, 32\}$, yang terdiri dari 9 kelas (XI-1, XI-2, ..., XI-9) dengan indeks kelas $c = \{1, 2, 3, \dots, 9\}$, dan memiliki 18 mata pelajaran dengan indeks mata pelajaran $s = \{1, 2, 3, \dots, 18\}$.

Mata pelajaran (mapel) pada sekolah ini dikategorikan menjadi dua bagian yaitu mata pelajaran wajib dan mata pelajaran minat serta banyak jam pelajaran yang dibutuhkan untuk setiap kelas per pekan yang disajikan pada Tabel 1. Selain itu ada pula pembobotan pada mata pelajaran yang disajikan pada Tabel 2. Jika mata pelajaran memiliki bobot kecil di suatu jam pelajaran maka mata pelajaran tersebut diharapkan dapat dijadwalkan di jam tersebut.

Tabel 1 Mata pelajaran dan jumlah jam pelajaran

Indeks mapel	Mapel	Klasifikasi	Jumlah jam per pekan di setiap kelas XI								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Agama	W	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	B. Indonesia	W	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	Matematika	W	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	Seni Budaya	W	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5	B. Inggris	W	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	Sejarah	W	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	PKWU	W	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	PJOK	W	2	2	2	2	2	2	2	2	2
9	PKN	W	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	Sosiologi	M	5	0	5	5	5	5	5	0	5
11	Ekonomi	M	5	5	0	5	5	0	0	0	5
12	Fisika	M	5	5	5	0	0	0	0	5	0
13	Geografi	M	5	5	5	0	0	0	0	0	0
14	Biologi	M	0	0	0	5	5	5	5	5	0
15	Kimia	M	0	0	0	0	5	5	5	5	5
16	Matematika-minat	M	0	0	0	0	0	5	5	0	0
17	Informatika	M	0	5	5	5	0	0	0	0	5
18	Sejarah-minat	M	0	0	0	0	0	0	0	5	0

Keterangan : W: Mata pelajaran wajib, M: Mata pelajaran minat.

Tabel 2 Bobot mata pelajaran

Indeks mapel	Mapel	Klasi- fikasi	Bobot mata pelajaran di jam pelajaran									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Agama	W	5	5	5	3	3	3	3	1	1	10
2	B. Indonesia	W	1	1	1	3	3	3	5	5	5	10
3	Matematika	W	1	1	1	3	3	3	5	5	5	10
4	Seni Budaya	W	5	5	5	3	3	3	3	1	1	10
5	B. Inggris	W	3	3	3	1	1	1	5	5	5	10
6	Sejarah	W	5	5	5	3	3	3	3	1	1	10
7	PKWU	W	5	5	5	3	3	3	3	1	1	10
8	PJOK	W	1	1	1	3	3	3	5	5	5	10
9	PKN	W	5	5	5	3	3	3	3	1	1	10
10	Sosiologi	M	3	3	3	1	1	1	5	5	5	5
11	Ekonomi	M	1	1	1	3	3	3	5	5	5	5
12	Fisika	M	3	3	3	1	1	1	5	5	5	5
13	Geografi	M	1	1	1	3	3	3	5	5	5	5
14	Biologi	M	5	5	5	3	3	3	3	1	1	1
15	Kimia	M	1	1	1	3	3	3	5	5	5	5
16	Matematika-minat	M	1	1	1	3	3	3	5	5	5	5
17	Informatika	M	1	1	1	3	3	3	5	5	5	5
18	Sejarah-minat	M	5	5	5	3	3	3	3	1	1	1

KBM di SMAN 58 Jakarta dilaksanakan dari hari Senin sampai Jumat dengan maksimal 10 jam pelajaran setiap harinya. Pada hari Senin dan Kamis hanya terdapat 9 jam pelajaran yang akan dijadwalkan dan diisi oleh mata pelajaran wajib, untuk hari Selasa dan Rabu terdapat 10 jam pelajaran yang akan diisi oleh mata pelajaran minat. Khusus di hari Jumat terdapat 3 jam mata pelajaran yang akan diisi oleh mata pelajaran wajib dan sisanya yaitu 4 jam pelajaran akan diisi oleh proyek bersama wali kelas dan tidak masuk dalam penjadwalan. Banyaknya jam pelajaran tiap kelas dalam satu pekan adalah 41 jam pelajaran. Daftar jam pelajaran dapat dilihat pada Tabel 3. Selain itu ada pula mata pelajaran yang dapat diajarkan guru dan banyaknya jam pelajaran setiap kelas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3 Daftar jam pelajaran di SMAN 58 Jakarta

Jam pelajaran	Waktu
1	07.00-07.45
2	07.45-08.30
3	08.30-09.15
4	09.15-10.00
ISTIRAHAT	10.00-10.20
5	10.20-11.05
6	11.05-11.50
ISTIRAHAT	11.50-12.20
7	12.20-13.00
8	13.00-13.40
9	13.40-14.20
10	14.20-15.00

Tabel 4 Mata pelajaran yang dapat diajarkan guru dan banyaknya jam pelajaran setiap kelas

Indeks guru	Kode guru	Mata pelajaran	Banyaknya jam pelajaran di setiap kelas XI								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	A4	Agama	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	B2	B. Indonesia	0	0	0	0	0	3	3	3	3
3	B3	B. Indonesia	3	3	3	3	3	0	0	0	0
4	M1	Matematika	3	3	0	0	0	0	0	0	0
5	M2	Matematika	0	0	3	3	3	3	0	0	0
6	M5	Matematika	0	0	0	0	0	0	3	3	3
7	N1	Seni Budaya	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	L1	B. Inggris	3	3	3	3	3	3	0	0	0
9	L2	B. Inggris	0	0	0	0	0	0	3	3	3
10	S1	Sejarah	0	0	0	0	0	0	2	2	2
11	S2	Sejarah	2	2	2	2	2	2	0	0	0
12	W1	PKWU	0	0	0	0	2	2	2	2	2
13	W3	PKWU	2	2	2	2	0	0	0	0	0
14	J2	PJOK	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15	P2	PKN	2	2	2	2	2	2	2	2	2
16	D1	Sosiologi	5	0	5	0	0	0	0	0	0
17	D2	Sosiologi	0	0	0	5	5	5	0	0	0
18	D3	Sosiologi	0	0	0	0	0	0	5	0	0
19	D4	Sosiologi	0	0	0	0	0	0	0	0	5
20	E1	Ekonomi	5	5	0	5	0	0	0	0	0
21	E3	Ekonomi	0	0	0	0	5	0	0	0	5
22	F2	Fisika	5	5	0	0	0	0	0	0	0
23	F4	Fisika	0	0	5	0	0	0	0	5	0
24	G3	Geografi	5	5	5	0	0	0	0	0	0
25	H1	Biologi	0	0	0	5	5	0	0	0	0
26	H2	Biologi	0	0	0	0	0	5	5	5	0
27	K1	Kimia	0	0	0	0	5	5	0	0	0
28	K3	Kimia	0	0	0	0	0	0	5	5	5
29	M3	Matematika-minat	0	0	0	0	0	5	5	0	0
30	T1	Informatika	0	5	5	0	0	0	0	0	0
31	T2	Informatika	0	0	0	5	0	0	0	0	5
32	S3	Sejarah-minat	0	0	0	0	0	0	0	5	0

Tabel 4 menunjukkan distribusi mata pelajaran yang diajarkan oleh guru kelas XI di SMAN 58 Jakarta beserta alokasi jam pelajaran untuk setiap kelas. Setiap guru memiliki kode masing-masing dan bertanggung jawab mengajar mata pelajaran tertentu dengan jumlah jam yang telah ditetapkan di setiap kelas. Mata pelajaran wajib akan diajarkan di semua kelas dengan alokasi jam yang merata. Mata pelajaran wajib seperti Matematika, Bahasa Indonesia, dan Bahasa Inggris memiliki durasi jam pelajaran yang lebih panjang dari mata pelajaran wajib lainnya yaitu selama 3 jam pelajaran.

Selain itu, mata pelajaran minat akan diajarkan selama 5 jam pelajaran dengan dua kali pertemuan di setiap pekannya. Pengaturan ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan kurikulum dengan mempertimbangkan ketersediaan guru dan kebutuhan masing-masing kelas.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Himpunan

- T = himpunan guru, yaitu $T = \{1, 2, 3, \dots, 32\}$
 T_w = himpunan guru mata pelajaran wajib, yaitu $T_w \subseteq T$
 T_m = himpunan guru mata pelajaran minat, yaitu $T_m \subseteq T$
 C = himpunan kelas, yaitu $C = \{1, 2, 3, \dots, 9\}$
 D = himpunan hari KBM, yaitu $D = \{1, 2, 3, 4, 5\}$
 E = himpunan jam pelajaran, yaitu $E = \{1, 2, 3, \dots, 10\}$
 S = himpunan mata pelajaran, yaitu $S = \{1, 2, 3, \dots, 18\}$
 S_w = himpunan mata pelajaran wajib, yaitu $S_w \subseteq S$
 S_m = himpunan mata pelajaran minat, yaitu $S_m \subseteq S$.

Parameter

- b_{se} = bobot mata pelajaran s pada jam pelajaran e
 f_c = banyaknya jam pelajaran waktu KBM di kelas c
 r_{tcs} = banyaknya jam mengajar guru t di kelas c untuk mata pelajaran s

Variabel keputusan

$$X_{tcsde} = \begin{cases} 1, & \text{jika guru } t \text{ di kelas } c \text{ mengajar mata pelajaran } s \text{ pada hari } d \text{ jam } e \\ 0, & \text{jika selainnya} \end{cases}$$

Fungsi Objektif

Fungsi objektif masalah penjadwalan ini ialah meminimumkan total bobot mata pelajaran terhadap jam pelajaran yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\min \sum_{t=1}^{32} \sum_{c=1}^9 \sum_{s=1}^{18} \sum_{d=1}^5 \sum_{e=1}^{10} b_{se} X_{tcsde}.$$

Kendala

1. KBM dilaksanakan di setiap jam pelajaran
 - a. Mata pelajaran wajib dijadwalkan di hari Senin dan Kamis di setiap jam pelajaran

$$\sum_{t=1}^{15} \sum_{s=1}^9 X_{tcsde} = 1, \forall c \in C, d \in \{1, 4\}, e \in \{1, 2, 3, \dots, 9\}.$$
 - b. Mata pelajaran minat hanya dijadwalkan di hari Selasa dan Rabu di setiap jam pelajaran

$$\sum_{t=16}^{32} \sum_{s=10}^{18} X_{tcsde} = 1, \forall c \in C, d \in \{2, 3\}, e \in E.$$
 - c. Di hari Jumat mata pelajaran wajib hanya dijadwalkan pada jam ke 1-3

$$\sum_{t=1}^{15} \sum_{s=1}^9 X_{tcsde} = 1, \forall c \in C, d \in \{5\}, e \in \{1, 2, 3\}.$$

2. Tidak ada mata pelajaran wajib yang dijadwalkan pada hari Selasa dan Rabu

$$\sum_{e=1}^{10} X_{tcsde} = 0, \forall t \in T, d \in \{2, 3\}, s \in \{1, 2, 3, \dots, 9\}, c \in C.$$

3. Tidak ada mata pelajaran minat yang dijadwalkan pada hari Senin, Kamis, dan Jumat

$$\sum_{e=1}^{10} X_{tcsde} = 0, \forall t \in T, d \in \{1, 4, 5\}, s \in \{10, 11, 12, \dots, 18\}, c \in C.$$

4. Tidak boleh ada guru mata pelajaran yang mengajar di dua kelas atau lebih pada jam pelajaran yang sama

$$\sum_{c=1}^9 \sum_{s=1}^{18} X_{tcsde} \leq 1, \forall t \in T, d \in D, e \in E.$$

5. Guru mengajar sesuai dengan bidang yang dikuasai dan sesuai dengan jumlah jam pelajaran setiap pekannya

$$\sum_{d=1}^5 \sum_{e=1}^{10} X_{tcsde} = r_{tcs}, \forall t \in T, c \in C, s \in S.$$

6. Terpenuhi jumlah jam pelajaran waktu KBM di kelas c dalam setiap pekannya

$$\sum_{t=1}^{32} \sum_{s=1}^{18} \sum_{d=1}^5 \sum_{e=1}^{10} X_{tcsde} = f_c, \forall c \in C.$$

7. Setiap guru mata pelajaran tidak boleh mengajar lebih dari tiga jam pelajaran setiap harinya di setiap kelas

$$\sum_{e=1}^{10} X_{tcsde} \leq 3, \forall t \in T, d \in D, s \in S, c \in C.$$

8. Setiap ruang kelas hanya dapat digunakan untuk satu mata pelajaran di setiap jam pelajaran

$$\sum_{s=1}^{18} X_{tcsde} \leq 1, \forall t \in T, d \in D, c \in C, e \in E.$$

9. Khusus hari Jumat KBM hanya jam ke 1-3, karena jam ke 4 dan seterusnya akan digunakan untuk proyek bersama wali kelas

$$\sum_{e=4}^{10} X_{tcsde} = 0, \forall t \in T, d \in \{5\}, s \in S, c \in C.$$

10. Setiap hari Senin dan Kamis tidak ada KBM jam ke 10

$$X_{tcsd10} = 0, \forall t \in T, d \in \{1, 4\}, s \in S, c \in C.$$

11. Setiap mata pelajaran berurutan minimal 2 jam pelajaran

$$X_{tcsde} = X_{tcsd(e+1)}, \forall t \in T, d \in \{1, 4\}, s \in S, c \in C, e \in \{1, 3, 5\}$$

$$X_{tcsde} = X_{tcsd(e+1)}, \forall t \in T, d \in \{2, 3\}, s \in S, c \in C, e \in \{1, 2, 4, 5, 7, 9\}$$

$$X_{tcsde} = X_{tcsd(e+1)}, \forall t \in T, d \in \{5\}, s \in S, c \in C, e \in \{1\}.$$

12. Kendala biner

$$X_{tcsde} \in \{0, 1\}, \forall t \in T, c \in C, s \in S, d \in D, e \in E.$$





V HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, akan diterapkan dua skenario penjadwalan mata pelajaran, yaitu skenario 1 dan skenario 2. Skenario 1 menggunakan data aktual yang ada di SMAN 58 Jakarta, dengan jumlah guru mata pelajaran yang sesuai dengan kondisi saat ini, sedangkan skenario 2 menambahkan guru PJOK dan Bahasa Inggris dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan mengoptimalkan penjadwalan berdasarkan bobot mata pelajaran atau tingkat kesulitan mata pelajaran, yang disesuaikan dengan kebutuhan belajar siswa. Penambahan guru pada skenario 2 diharapkan dapat memaksimalkan distribusi jadwal dan mengurangi bentrok antar kelasnya atau beban berlebih pada waktu-waktu tertentu, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan seimbang.

5.1 Skenario 1: Sesuai dengan data aktual

Masalah penjadwalan mata pelajaran ini diselesaikan dengan bantuan perangkat lunak LINGO 19.0 dan didapatkan nilai optimal 1007. Penjadwalan mata pelajaran yang diperoleh dengan hasil model matematika skenario 1 disajikan pada Tabel 5. *Syntax* model ini dapat dilihat pada Lampiran 1 dan hasil komputasi dicantumkan pada Lampiran 2.

Tabel 5 Jadwal mata pelajaran hasil model matematika skenario 1 di SMAN 58 Jakarta

Hari	Jam pelajaran	Kelas XI								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Senin	1	M1	L1	M2	A4	B3	N1	B2	J2	M5
	2	M1	L1	M2	A4	B3	N1	B2	J2	M5
	3	B3	N1	J2	S2	P2	M2	W1	A4	B2
	4	B3	N1	J2	S2	P2	M2	W1	A4	B2
	ISTIRAHAT									
	5	S2	W3	A4	J2	N1	L1	L2	P2	W1
	6	S2	W3	A4	J2	N1	L1	L2	P2	W1
	ISTIRAHAT									
	7	J2	L1	P2	N1	B3	M2	B2	M5	L2
Selasa	8	J2	A4	W3	N1	S2	W1	P2	S1	B2
	9	L1	A4	W3	B3	S2	P2	N1	W1	S1
	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	F2	G3	F4	E1	K1	M3	H2	K3	E3
	2	F2	G3	F4	E1	K1	M3	H2	K3	E3
	3	F2	G3	F4	E1	K1	M3	H2	K3	E3
	4	D1	T1	G3	H1	D2	H2	K3	S3	T2
	ISTIRAHAT									
	5	D1	T1	G3	H1	D2	H2	K3	S3	T2
	6	D1	T1	G3	H1	D2	H2	K3	S3	T2
	ISTIRAHAT									
	7	G3	E1	D1	D2	E3	K1	M3	F4	K3
	8	G3	E1	D1	D2	E3	K1	M3	F4	K3
	9	E1	F2	T1	T2	H1	D2	D3	H2	D4
	10	E1	F2	T1	T2	H1	D2	D3	H2	D4

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tabel 5 Jadwal mata pelajaran hasil model matematika skenario 1 di SMAN 58 Jakarta (lanjutan)

Hari	Jam pelajaran	Kelas XI								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	G3	E1	T1	D2	E3	K1	M3	H2	K3
	2	G3	E1	T1	D2	E3	K1	M3	H2	K3
	3	G3	E1	T1	D2	E3	K1	M3	H2	K3
	4	E1	F2	D1	T2	H1	D2	D3	F4	D4
	ISTIRAHAT									
Rabu	5	E1	F2	D1	T2	H1	D2	D3	F4	D4
	6	E1	F2	D1	T2	H1	D2	D3	F4	D4
	ISTIRAHAT									
	7	D1	G3	F4	E1	D2	M3	H2	K3	E3
	8	D1	G3	F4	E1	D2	M3	H2	K3	E3
	9	F2	T1	G3	H1	K1	H2	K3	S3	T2
	10	F2	T1	G3	H1	K1	H2	K3	S3	T2
	1	N1	P2	L1	B3	M2	A4	M5	B2	J2
	2	N1	P2	L1	B3	M2	A4	M5	B2	J2
	3	P2	B3	S2	L1	W1	J2	A4	N1	L2
	4	P2	B3	S2	L1	W1	J2	A4	N1	L2
	ISTIRAHAT									
Kamis	5	W3	J2	N1	P2	L1	S2	S1	L2	A4
	6	W3	J2	N1	P2	L1	S2	S1	L2	A4
	ISTIRAHAT									
	7	B3	M1	P2	S2	J2	L1	L2	B2	M5
	8	A4	S2	B3	W3	L1	P2	N1	W1	S1
	9	A4	S2	L1	W3	M2	W1	P2	S1	N1
	1	L1	M1	B3	M2	A4	B2	J2	M5	P2
	2	L1	M1	B3	M2	A4	B2	J2	M5	P2
	3	M1	B3	M2	L1	J2	B2	M5	L2	N1
	ISTIRAHAT									
Jumat	4					PROJEK				
	5					PROJEK				
	ISTIRAHAT									
	6					PROJEK				
	7					PROJEK				

Berdasarkan Tabel 5 setiap guru memiliki kodenya masing-masing, seperti M1, B3, F2, ataupun lainnya yang merepresentasikan seorang guru yang mengajar mata pelajaran tertentu di kelas tertentu pada jam pelajaran tertentu. Untuk mengetahui jadwal mengajar seorang guru, langkah pertama adalah mengidentifikasi kode guru dalam tabel. Kemudian tabel tersebut dianalisis dengan memindai setiap baris untuk mencatat di mana kode guru tersebut muncul, yang meliputi hari, jam pelajaran, dan kelas yang diajarkan. Sebagai contoh, untuk mengetahui jadwal guru matematika dengan kode M1, dilakukan pencarian kode tersebut dalam tabel. Berdasarkan hasil pencarian, M1 mengajar di kelas XI-1 pada

hari Senin jam ke 1-2 dan hari Jumat jam ke 3, di kelas XI-2 pada hari Kamis jam ke 7 dan hari Jumat jam ke 1-2, langkah ini diterapkan pula pada guru lainnya.

Pada hari Senin, Kamis, dan Jumat terdapat mata pelajaran wajib terdiri dari sembilan subjek utama yang harus diambil oleh seluruh siswa, sementara mata pelajaran minat memberikan kesempatan kepada siswa untuk memilih empat dari sembilan subjek minat sesuai dengan ketertarikan dan potensinya. Hal ini disebabkan karena setiap mata pelajaran minat akan diajarkan selama 5 jam setiap pekannya dengan dua pertemuan di hari Selasa dan hari Rabu, sehingga setiap siswa hanya dapat memilih empat mata pelajaran minat. Penjadwalan ini dirancang agar sesuai dengan aturan kurikulum merdeka, yang menekankan pada fleksibilitas pembelajaran. Sistem penjadwalan juga mempertimbangkan alokasi waktu, kebutuhan setiap kelas, ketersediaan guru, serta distribusi mata pelajaran yang seimbang di setiap hari sekolah. Mata pelajaran tersebut diberikan bobot supaya lebih tepat dalam menjadwalkan mata pelajaran yang sesuai dengan tingkat kesulitannya.

Mata pelajaran wajib yang relatif sulit seperti Matematika, Bahasa Indonesia, Bahasa Inggris, dan PJOK (Pendidikan Jasmani, Olahraga, dan Kesehatan) menurut jadwal hasil model matematika skenario 1 lebih banyak dijadwalkan pada jam pelajaran pagi hari dibandingkan dengan jam pelajaran siang hari. Hal ini menunjukkan bahwa jadwal tersebut sesuai dengan fungsi objektif yang diinginkan, yaitu mendahulukan mata pelajaran sulit di pagi hari untuk mendukung pemahaman siswa secara optimal. Sebaliknya, mata pelajaran wajib yang relatif mudah seperti Agama, Seni Budaya, Sejarah, PKWU, dan PKN, lebih banyak dijadwalkan pada jam pelajaran siang hari dibandingkan dengan jam pelajaran pagi hari. Jadwal ini mencerminkan pemenuhan fungsi objektif yang mengutamakan alokasi mata pelajaran ringan pada waktu siang hari, sekaligus mematuhi seluruh aturan yang berlaku. Selain itu, jadwal ini juga telah memenuhi semua kendala yang ada sebagai berikut:

- Kendala 1 telah terpenuhi karena KBM telah dijadwalkan di setiap jam pelajaran sesuai dengan jenis mata pelajarannya, mata pelajaran wajib dijadwalkan di hari Senin, Kamis dan Jumat, sedangkan mata pelajaran minat dijadwalkan di hari Selasa dan Rabu.
- Kendala 2 telah terpenuhi karena tidak ada mata pelajaran wajib yang dijadwalkan pada hari Selasa dan Rabu.
- Kendala 3 telah terpenuhi karena tidak ada mata pelajaran minat yang dijadwalkan pada hari Senin, Kamis, dan Jumat.
- Kendala 4 telah terpenuhi karena guru hanya mengajar di satu kelas pada jam pelajaran yang sama.
- Kendala 5 telah terpenuhi karena guru mengajar sesuai bidang keahliannya dan sesuai dengan jumlah jam mengajar di setiap pekannya.
- Kendala 6 telah terpenuhi karena jumlah jam pelajaran hari Senin dan Kamis sebanyak 9 jam pelajaran, hari Selasa dan Rabu sebanyak 10 jam pelajaran, dan hari Jumat sebanyak 3 jam pelajaran, sehingga total jam pelajaran dalam sepekan adalah 41 jam pelajaran.

- Kendala 7 telah terpenuhi karena guru mata pelajaran maksimal mengajar selama 3 jam pelajaran setiap harinya di setiap kelas.
- Kendala 8 telah terpenuhi karena ruang kelas hanya digunakan untuk satu mata pelajaran di setiap jam pelajaran.
- Kendala 9 telah terpenuhi karena hari Jumat hanya dijadwalkan jam ke 1-3, selainnya akan digunakan untuk proyek bersama wali kelas.
- Kendala 10 telah terpenuhi karena hari Senin dan Kamis KBM hanya sampai jam ke 9.
- Kendala 11 telah terpenuhi karena sebagian besar mata pelajaran telah dijadwalkan secara berurutan minimal 2 jam pelajaran.

Mata pelajaran minat pun terjadwalkan dengan baik. Setiap mata pelajaran minat dijadwalkan secara serentak dan berurutan. Pada hari Selasa dan Rabu, dua mata pelajaran dijadwalkan pada jam pertama hingga keenam, masing-masing selama 3 jam berturut-turut, karena siswa lebih fokus memahami materi di pagi hari dibandingkan siang hari. Jam ketujuh hingga kesepuluh akan diisi mata pelajaran dengan durasi 2 jam berturut-turut. Hal ini bertujuan agar siswa bisa lebih mudah berpindah kelas sesuai dengan bidang minatnya, karena jadwal tersebut telah tersusun rapih secara berurutan. Berikut ini merupakan contoh jadwal mengajar guru yang dirancang untuk memastikan efisiensi waktu dan pemenuhan kebutuhan pembelajaran sesuai dengan kurikulum merdeka yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Jadwal mengajar guru setiap harinya di SMAN 58 Jakarta

Guru	Jam pelajaran	Hari				
		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat
A4	1	XI-4			XI-6	XI-5
	2	XI-4			XI-6	XI-5
	3	XI-8			XI-7	
	4	XI-8			XI-7	
	5	XI-3			XI-9	
	6	XI-3			XI-9	
	7					
	8	XI-2			XI-1	
	9	XI-2			XI-1	
	10					
B2	1	XI-7			XI-8	XI-6
	2	XI-7			XI-8	XI-6
	3	XI-9				XI-6
	4	XI-9				
	5					
	6					
	7	XI-7			XI-8	
	8	XI-9				
	9					
	10					

Tabel 6 Jadwal mengajar guru setiap harinya di SMAN 58 Jakarta (lanjutan)

Guru	Jam pelajaran	Hari				
		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat
B3	1	XI-5			XI-4	XI-3
	2	XI-5			XI-4	XI-3
	3	XI-1			XI-2	XI-2
	4	XI-1			XI-2	
	5					
	6					
	7	XI-5			XI-1	
	8				XI-3	
	9	XI-4				
	10					
M1	1	XI-1				XI-2
	2	XI-1				XI-2
	3					XI-1
	4					
	5					
	6					
	7				XI-2	
	8					
	9					
	10					
M2	1	XI-3			XI-5	XI-4
	2	XI-3			XI-5	XI-4
	3	XI-6				XI-3
	4	XI-6				
	5					
	6					
	7	XI-6			XI-4	
	8					
	9				XI-5	
	10					
M5	1	XI-9			XI-7	XI-8
	2	XI-9			XI-7	XI-8
	3					XI-7
	4					
	5					
	6					
	7	XI-8			XI-9	
	8					
	9					
	10					

@Hak cipta milik IPB University

Tabel 6 Jadwal mengajar guru setiap harinya di SMAN 58 Jakarta (lanjutan)

Guru	Jam pelajaran	Hari				
		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat
N1	1	XI-6			XI-1	
	2	XI-6			XI-1	
	3	XI-2			XI-8	XI-9
	4	XI-2			XI-8	
	5	XI-5			XI-3	
	6	XI-5			XI-3	
	7	XI-4				
	8	XI-4			XI-7	
	9	XI-7			XI-9	
	10					
L1	1	XI-2			XI-3	XI-1
	2	XI-2			XI-3	XI-1
	3				XI-4	XI-4
	4				XI-4	
	5	XI-6			XI-5	
	6	XI-6			XI-5	
	7	XI-2			XI-7	
	8				XI-5	
	9	XI-1			XI-3	
	10					

Tabel 6 menunjukkan penyusunan jadwal mengajar untuk setiap guru sesuai dengan mata pelajaran dan kelas yang diajarkan. Penjadwalan ini menghindari konflik waktu antara kelas yang berbeda, sehingga setiap guru dapat menjalankan tugasnya secara optimal. Detail jadwal mengajar guru selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3. Adapun penjadwalan mata pelajaran aktual dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Jadwal mata pelajaran aktual di SMAN 58 Jakarta

Hari	Jam pelajaran	Kelas XI								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Senin	1	M1	B3	N1	M2	S2	W1	P2	S1	J2
	2	M1	B3	N1	M2	S2	W1	P2	S1	J2
	3	A4	N1	M2	L1	P2	B2	W1	L2	M5
	4	A4	N1	M2	L1	P2	B2	W1	L2	M5
	ISTIRAHAT									
	5	B3	A4	W3	L1	W1	M2	A4	L2	N1
	6	B3	A4	W3	J2	W1	M2	A4	B2	N1
	ISTIRAHAT									
	7	B3	W3	S2	J2	M2	L1	B2	M5	P2
	8	N1	W3	S2	A4	M2	L1	J2	W1	P2
	9	N1	M1	B3	A4	M2	L1	J2	W1	B2

Tabel 7 Jadwal mata pelajaran aktual di SMAN 58 Jakarta (lanjutan)

Hari	Jam pelajaran	Kelas XI								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Selasa	1	D1	K1	H1	F4	H2	E3	T1	S3	G3
	2	D1	K1	H1	F4	H2	E3	T1	S3	G3
	3	H1	K3	F4	E1	D1	T1	E3	G3	D2
	4	H1	K3	F4	E1	D1	T1	E3	G3	D2
	ISTIRAHAT									
	5	H1	K3	F4	E1	D1	T1	E3	G3	D2
	6	K1	F2	M3	H2	T2	D2	G3	E1	D2
	ISTIRAHAT									
	7	K1	F2	M3	H2	T2	D2	G3	E1	D2
	8	K1	F2	M3	H2	T2	D2	G3	E1	D2
Rabu	9	F2	M3	K3	T2	H2	K3	D3	D4	E1
	10	F2	M3	K3	T2	H2	K3	D3	D4	E1
	1	D1	K1	H1	F4	H2	E3	T1	S3	G3
	2	D1	K1	H1	F4	H2	E3	T1	S3	G3
	3	D1	K1	H1	F4	H2	E3	T1	S3	G3
	4	F2	M3	K3	T2	H2	K3	D3	D4	E1
	ISTIRAHAT									
	5	F2	M3	K3	T2	H2	K3	D3	D4	E1
	6	F2	M3	K3	T2	H2	K3	D3	D4	E1
	ISTIRAHAT									
Kamis	7	H1	K3	F4	E1	D1	T1	E3	G3	D2
	8	H1	K3	F4	E1	D1	T1	E3	G3	D2
	9	K1	F2	M3	H2	T2	D2	G3	E1	D2
	10	K1	F2	M3	H2	T2	D2	G3	E1	D2
	1	L1	P2	B3	N1	J2	S2	L2	M5	A4
	2	L1	P2	B3	N1	J2	S2	L2	M5	A4
	3	S2	J2	P2	W3	L1	A4	N1	B2	L2
	4	S2	J2	P2	W3	L1	A4	N1	B2	L2
	ISTIRAHAT									
	5	W3	B3	L1	P2	A4	N1	M5	J2	W1
Jumat	6	W3	M1	L1	P2	A4	N1	M5	J2	W1
	ISTIRAHAT									
	7	J2	M1	L1	S2	B3	P2	M5	N1	S1
	8	J2	L1	A4	S2	B3	P2	B2	N1	S1
	9	M1	L1	A4	B3	N1	M2	B2	P2	M5
	1	P2	L1	J2	M2	B3	J2	L2	A4	B2
	2	P2	S2	J2	B3	L1	J2	S1	A4	B2
	3	L1	S2	M2	B3	N1	B2	S1	P2	L2
	ISTIRAHAT									
	4				PROJEK					
Sabtu	5				PROJEK					
	ISTIRAHAT									
	6				PROJEK					
	7				PROJEK					

Tabel 7 menunjukkan bahwa jadwal aktual tidak memenuhi kendala yang ada yaitu kendala 2 karena terdapat satu guru yang mengajar lebih dari satu kelas dalam jam yang sama. Oleh karena itu, banyak mata pelajaran yang bentrok antar kelasnya seperti berikut:

- Mata pelajaran PJOK yang terjadwalkan pada hari Jumat jam pertama sampai kedua mengalami bentrok di kelas XI-3 dan XI-6.
- Mata pelajaran Agama terjadwalkan di hari Senin jam kelima sampai keenam mengalami bentrok di kelas XI-2 dan XI-7.
- Mata pelajaran Kimia mengalami bentrok pada hari Selasa jam kesembilan sampai kesepuluh dan hari Rabu jam keempat sampai keenam.
- Mata pelajaran Sosiologi mengalami bentrok pada hari Selasa jam keenam sampai kedelapan dan hari Rabu jam kesembilan sampai kesepuluh.

Mata pelajaran wajib yang relatif sulit seperti Matematika, Bahasa Indonesia, Bahasa Inggris, dan PJOK, seharusnya dijadwalkan pada pagi hari untuk mengoptimalkan pemahaman siswa. Namun, pada jadwal aktual di SMAN 58 Jakarta, mata pelajaran ini masih sering ditempatkan pada siang hari, sehingga menunjukkan bahwa penjadwalan manual belum efektif. Sebaliknya, mata pelajaran wajib yang relatif mudah seperti Agama, Seni Budaya, Sejarah, PKWU, dan PKN, lebih banyak dijadwalkan pada pagi hari, meskipun seharusnya diprioritaskan pada siang hari. Ketidaksesuaian ini mempertegas perlunya perbaikan dalam sistem penjadwalan agar lebih sesuai dengan kebutuhan belajar siswa.

Jadwal mata pelajaran minat juga belum optimal, karena masih terjadi bentrok antar kelas yang menyebabkan beberapa guru mengajar lebih dari satu kelas pada waktu yang sama. Hal ini menurunkan efisiensi dan kualitas pembelajaran. Oleh karena itu, diperlukan sistem penjadwalan yang lebih terstruktur untuk memastikan setiap guru hanya mengajar satu kelas pada setiap jam pelajaran, sehingga pembelajaran dapat berjalan lebih efektif. Penjadwalan hasil model matematika skenario 1 menghasilkan persentase lebih baik dibandingkan jadwal aktual yang ada di SMAN 58 Jakarta. Berikut ini beberapa perbandingan persentase jadwal hasil model matematika dan jadwal aktual di SMAN 58 Jakarta dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Perbandingan persentase jadwal hasil model matematika dan jadwal aktual

Tingkat kesulitan mata pelajaran wajib	Terjadwalkan	Persentase (%)	
		Hasil model matematika	Aktual
Relatif sulit	Pagi hari	69,14	54,32
Relatif sulit	Siang hari	40,74	55,56
Relatif mudah	Pagi hari	30,86	45,68
Relatif mudah	Siang hari	77,78	47,22

Berdasarkan Tabel 8, terlihat bahwa persentase jadwal hasil model matematika menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan dengan jadwal aktual. Pada jadwal yang dihasilkan dari model matematika, mata pelajaran wajib

yang relatif sulit dijadwalkan lebih banyak pada pagi hari untuk mendukung konsentrasi siswa dalam memahami materi yang kompleks. Pengaturan ini bertujuan agar siswa dapat memaksimalkan pemahaman saat kondisi fisik dan mental masih optimal di awal hari. Sebaliknya, pada jadwal aktual, mata pelajaran wajib yang relatif sulit sebagian besar ditempatkan pada siang hari, yang dapat mengurangi efektivitas pembelajaran karena siswa cenderung mengalami penurunan fokus dan energi pada jam-jam tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa penjadwalan aktual kurang mendukung kebutuhan belajar siswa dan tidak sesuai dengan tujuan pengoptimalan proses pembelajaran di SMAN 58 Jakarta. Adapun perbandingan lainnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Perbandingan jadwal hasil model matematika dan jadwal aktual

	Jadwal hasil model matematika	Jadwal aktual
Guru mengajar sesuai keahlian	ya	ya
Memenuhi kendala guru mengajar hanya satu kelas tiap jam pelajarannya	ya	tidak
Penjadwalan sesuai dengan bobot mata pelajaran	ya	tidak
Penjadwalan memprioritaskan mata pelajaran yang relatif sulit di jam awal	ya	tidak

Berdasarkan Tabel 9, terlihat bahwa jadwal aktual yang saat ini diterapkan masih belum memenuhi sejumlah kendala yang telah ditetapkan, seperti kurang optimalnya alokasi waktu untuk beberapa mata pelajaran serta adanya bentrok antar jam pelajaran di kelas tertentu. Kekurangan dalam jadwal aktual ini menunjukkan adanya hambatan dalam menciptakan proses pembelajaran yang efisien dan terstruktur sesuai kebutuhan. Untuk mengatasi kendala tersebut, penerapan jadwal hasil model matematika yang dirancang dalam penelitian ini menawarkan solusi yang lebih optimal. Hasil dari jadwal pemodelan menunjukkan kemampuan dalam memenuhi seluruh kendala yang diinginkan, termasuk alokasi waktu yang lebih efisien, distribusi mata pelajaran yang lebih sesuai dengan aturan kurikulum, dan pemenuhan kebutuhan pembelajaran baik bagi guru maupun siswa. Implementasi jadwal hasil model ini terbukti lebih efektif dalam mengatasi masalah yang ada pada jadwal aktual serta berpotensi meningkatkan efisiensi dan kualitas proses pembelajaran di SMAN 58 Jakarta.

5.2 Skenario 2: Penambahan guru PJOK dan Bahasa Inggris

Pada skenario ini, dilakukan penambahan 1 guru PJOK dan 1 guru Bahasa Inggris dengan tujuan mengoptimalkan efisiensi penyusunan jadwal mata pelajaran. Dengan adanya penambahan guru, diharapkan alokasi waktu pengajaran dapat lebih sesuai dengan bobot masing-masing mata pelajaran dan kebutuhan siswa, tanpa mengurangi kualitas pembelajaran. Langkah ini juga bertujuan menciptakan distribusi jadwal yang lebih merata dan mengurangi potensi bentrok antar kelasnya yang dapat menghambat kelancaran proses belajar mengajar. Adapun mata pelajaran yang dapat diajarkan guru dengan skenario 2 dan banyaknya jam pelajaran setiap kelas dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Mata pelajaran yang dapat diajarkan guru dengan skenario 2 dan banyaknya jam pelajaran setiap kelas

Indeks guru	Kode guru	Mata pelajaran	Banyaknya jam pelajaran di setiap kelas XI								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	A4	Agama	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	B2	B. Indonesia	0	0	0	0	0	3	3	3	3
3	B3	B. Indonesia	3	3	3	3	3	0	0	0	0
4	M1	Matematika	3	3	0	0	0	0	0	0	0
5	M2	Matematika	0	0	3	3	3	3	0	0	0
6	M5	Matematika	0	0	0	0	0	0	3	3	3
7	N1	Seni Budaya	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	L1	B. Inggris	3	3	3	0	0	0	0	0	0
9	L2	B. Inggris	0	0	0	3	3	3	0	0	0
10	L3	B. Inggris	0	0	0	0	0	0	3	3	3
11	S1	Sejarah	0	0	0	0	0	0	2	2	2
12	S2	Sejarah	2	2	2	2	2	2	0	0	0
13	W1	PKWU	0	0	0	0	2	2	2	2	2
14	W3	PKWU	2	2	2	2	0	0	0	0	0
15	J1	PJOK	2	2	2	2	0	0	0	0	0
16	J2	PJOK	0	0	0	0	2	2	2	2	2
17	P2	PKN	2	2	2	2	2	2	2	2	2
18	D1	Sosiologi	5	0	5	0	0	0	0	0	0
19	D2	Sosiologi	0	0	0	5	5	5	0	0	0
20	D3	Sosiologi	0	0	0	0	0	0	5	0	0
21	D4	Sosiologi	0	0	0	0	0	0	0	0	5
22	E1	Ekonomi	5	5	0	5	0	0	0	0	0
23	E3	Ekonomi	0	0	0	0	5	0	0	0	5
24	F2	Fisika	5	5	0	0	0	0	0	0	0
25	F4	Fisika	0	0	5	0	0	0	0	5	0
26	G3	Geografi	5	5	5	0	0	0	0	0	0
27	H1	Biologi	0	0	0	5	5	0	0	0	0
28	H2	Biologi	0	0	0	0	0	5	5	5	0
29	K1	Kimia	0	0	0	0	5	5	0	0	0
30	K3	Kimia	0	0	0	0	0	0	5	5	5
31	M3	Matematika-minat	0	0	0	0	0	5	5	0	0
32	T1	Informatika	0	5	5	0	0	0	0	0	0
33	T2	Informatika	0	0	0	5	0	0	0	0	5
34	S3	Sejarah-minat	0	0	0	0	0	0	0	5	0

Dengan menggunakan model matematika yang sama dan juga perangkat lunak LINGO 19.0 diperoleh nilai optimal 973. Penjadwalan mata pelajaran yang diperoleh dengan hasil model matematika dengan skenario 2 disajikan pada Tabel 11. *Syntax* model ini dapat dilihat pada Lampiran 4 dan hasil komputasi dicantumkan pada Lampiran 5.

Tabel 11 Jadwal mata pelajaran hasil model matematika skenario 2 di SMAN 58 Jakarta

Hari	Jam pelajaran	Kelas XI								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Senin	1	M1	N1	M2	J1	B3	P2	J2	B2	M5
	2	M1	N1	M2	J1	B3	P2	J2	B2	M5
	3	L1	B3	N1	P2	J1	S2	A4	S1	B2
	4	L1	B3	N1	P2	J1	S2	A4	S1	B2
	ISTIRAHAT									
	5	N1	P2	L1	W3	S2	L2	L3	A4	W1
	6	N1	P2	L1	W3	S2	L2	L3	A4	W1
	ISTIRAHAT									
	7	A4	S2	P2	M2	B3	L2	B2	N1	L3
Selasa	8	M1	W3	M2	S2	P2	N1	S1	W1	A4
	9	S2	B3	W3	N1	P2	W1	S1	M5	A4
	1	D1	F2	G3	E1	E3	K1	M3	K3	D4
	2	D1	F2	G3	E1	E3	K1	M3	K3	D4
	3	D1	F2	G3	E1	E3	K1	M3	K3	D4
	4	F2	G3	T1	H1	D2	H2	D3	S3	T2
	ISTIRAHAT									
	5	F2	G3	T1	H1	D2	H2	D3	S3	T2
	6	F2	G3	T1	H1	D2	H2	D3	S3	T2
	ISTIRAHAT									
Rabu	7	E1	T1	F4	D2	K1	M3	K3	H2	E3
	8	E1	T1	F4	D2	K1	M3	K3	H2	E3
	9	G3	E1	D1	T2	H1	D2	H2	F4	K3
	10	G3	E1	D1	T2	H1	D2	H2	F4	K3
	1	G3	E1	F4	D2	K1	M3	K3	H2	E3
	2	G3	E1	F4	D2	K1	M3	K3	H2	E3
	3	G3	E1	F4	D2	K1	M3	K3	H2	E3
	4	E1	T1	D1	T2	H1	D2	H2	F4	K3
	ISTIRAHAT									
	5	E1	T1	D1	T2	H1	D2	H2	F4	K3
Rabu	6	E1	T1	D1	T2	H1	D2	H2	F4	K3
	ISTIRAHAT									
	7	D1	F2	G3	E1	D2	K1	M3	K3	D4
	8	D1	F2	G3	E1	D2	K1	M3	K3	D4
	9	F2	G3	T1	H1	E3	H2	D3	S3	T2
	10	F2	G3	T1	H1	E3	H2	D3	S3	T2

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tabel 11 Jadwal mata pelajaran hasil model matematika skenario 2 di SMAN 58 Jakarta (lanjutan)

Hari	Jam pelajaran	Kelas XI								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	B3	J1	A4	M2	L2	B2	M5	J2	P2
	2	B3	J1	A4	M2	L2	B2	M5	J2	P2
	3	P2	A4	J1	B3	W1	M2	N1	L3	J2
	4	P2	A4	J1	B3	W1	M2	N1	L3	J2
	ISTIRAHAT									
Kamis	5	W3	L1	S2	L2	N1	A4	W1	P2	L3
	6	W3	L1	S2	L2	N1	A4	W1	P2	L3
	ISTIRAHAT									
	7	A4	L1	P2	B3	M2	N1	M5	L3	B2
	8	B3	S2	W3	L2	A4	W1	P2	N1	S1
	9	S2	W3	L1	N1	A4	B2	P2	W1	S1
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	J1	M1	B3	A4	M2	J2	B2	M5	N1
	2	J1	M1	B3	A4	M2	J2	B2	M5	N1
	3	L1	M1	B3	S2	L2	M2	L3	B2	M5
	ISTIRAHAT									
Jumat	4				PROJEK					
	5				PROJEK					
	ISTIRAHAT									
	6				PROJEK					
	7				PROJEK					

Tabel 11 menampilkan jadwal mata pelajaran untuk skenario 2, yang mengintegrasikan penambahan guru PJOK dan Bahasa Inggris guna meningkatkan efisiensi waktu pembelajaran. Pada tabel ini, distribusi mata pelajaran disesuaikan dengan bobot setiap mata pelajaran, di mana setiap pelajaran dijadwalkan secara optimal untuk menghindari bentrok dan memaksimalkan penggunaan waktu belajar. Jadwal ini juga mempertimbangkan keseimbangan alokasi mata pelajaran wajib dan minat, sehingga setiap hari memiliki jumlah jam pelajaran yang proporsional dan mendukung proses belajar siswa dengan lebih efektif.

Mata pelajaran wajib yang relatif sulit seperti Matematika, Bahasa Indonesia, Bahasa Inggris, dan PJOK (Pendidikan Jasmani, Olahraga, dan Kesehatan) menurut jadwal hasil model matematika skenario 2 lebih banyak dijadwalkan pada jam pelajaran pagi hari dibandingkan dengan jam pelajaran siang hari. Hal ini menunjukkan bahwa jadwal tersebut sesuai dengan fungsi objektif yang diinginkan, yaitu mendahulukan mata pelajaran sulit di pagi hari untuk mendukung pemahaman siswa secara optimal. Sebaliknya, mata pelajaran wajib yang relatif mudah seperti Agama, Seni Budaya, Sejarah, PKWU, dan PKN, lebih banyak dijadwalkan pada jam pelajaran siang hari. Jadwal ini sesuai dengan fungsi objektif yang berfokus pada bobot mata pelajaran, sekaligus mematuhi seluruh kendala yang berlaku.

Mata pelajaran minat pun terjadwalkan dengan baik. Setiap mata pelajaran minat dijadwalkan secara serentak dan berurutan, sehingga menghasilkan penjadwalan yang efisien serta menciptakan penjadwalan yang merata di setiap kelasnya. Penjadwalan hasil model matematika skenario 2 menghasilkan persentase

yang lebih baik dibandingkan hasil model matematika skenario 1 dan juga jadwal aktual yang ada di SMAN 58 Jakarta. Berikut ini beberapa perbandingan persentase jadwal hasil model matematika, jadwal aktual di SMAN 58 Jakarta, dan jadwal hasil model matematika skenario 2 dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12 Perbandingan persentase jadwal hasil model matematika skenario 1, jadwal aktual di SMAN 58 Jakarta, dan jadwal hasil model matematika skenario 2

Tingkat kesulitan mata pelajaran wajib	Terjadwalkan	Persentase (%)		
		Hasil model matematika skenario 1	Aktual	Hasil model matematika skenario 2
Relatif sulit	Pagi hari	69,14	54,32	72,84
Relatif sulit	Siang hari	40,74	55,56	35,19
Relatif mudah	Pagi hari	30,86	45,68	27,16
Relatif mudah	Siang hari	77,78	47,22	77,78

Tabel 12 menunjukkan bahwa jadwal hasil pemodelan matematika pada skenario 2 memiliki performa lebih baik dibandingkan dengan skenario 1 dan jadwal aktual yang digunakan saat ini. Keunggulan skenario 2 terletak pada kesesuaiannya dengan pembobotan yang ditetapkan, sehingga efisiensi waktu, alokasi jam mengajar, dan pemanfaatan sumber daya menjadi lebih optimal, meskipun untuk mencapai hasil optimal ini diperlukan penambahan guru, terutama pada mata pelajaran PJOK dan Bahasa Inggris.

Jadwal hasil pemodelan matematika pada skenario 1 juga sudah menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan dibandingkan dengan jadwal aktual. Peningkatan tersebut dapat dilihat dari pengurangan bentrok antar jadwal dan lebih meratanya alokasi jam mengajar di antara para guru, sehingga memberikan dampak positif pada efisiensi dan kualitas pembelajaran. Dengan demikian, meskipun skenario 2 memerlukan beberapa penyesuaian tambahan, hasil pemodelan matematika secara keseluruhan telah membawa perbaikan yang lebih baik dibandingkan dengan sistem penjadwalan aktual yang ada saat ini di SMAN 58 Jakarta.

VI SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode *Integer Linear Programming* (ILP) dalam penjadwalan mata pelajaran berbasis kurikulum merdeka di SMAN 58 Jakarta mampu menghasilkan jadwal yang lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan siswa serta ketersediaan guru dibandingkan dengan metode penjadwalan manual. Model ILP yang diterapkan berhasil mengatasi permasalahan jadwal yang bentrok, alokasi waktu menjadi lebih optimal, serta mempertimbangkan aturan-aturan khusus seperti pemisahan hari untuk mata pelajaran wajib dan minat, alokasi jam maksimal per hari, dan pengelompokan mata pelajaran yang lebih kompleks.

Hasil dari model ini menunjukkan peningkatan efisiensi dalam penggunaan sumber daya, terutama dalam distribusi jam mengajar guru dan pemanfaatan ruang kelas. Jadwal yang dihasilkan meminimalkan bentrok antar kelas serta memastikan setiap guru hanya mengajar satu kelas pada setiap jam pelajaran, sehingga dapat menjaga kualitas pembelajaran dan fokus siswa. Namun, penelitian ini juga menemukan bahwa pada skenario tertentu, diperlukan penambahan guru untuk mata pelajaran tertentu seperti PJOK dan Bahasa Inggris, guna mencapai hasil yang lebih optimal sesuai dengan model ILP. Meskipun demikian, secara keseluruhan, jadwal yang dihasilkan oleh model ILP menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan dengan jadwal aktual yang ada.

Dapat disimpulkan bahwa metode ILP merupakan pendekatan yang efektif dan dapat diandalkan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan mata pelajaran di SMAN 58 Jakarta dalam konteks kurikulum merdeka. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk pengembangan sistem penjadwalan otomatis yang lebih efisien di masa depan serta menjadi referensi bagi sekolah-sekolah lain yang menghadapi tantangan serupa dalam penerapan kurikulum yang dinamis.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, ada beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut dalam penjadwalan mata pelajaran berbasis kurikulum merdeka di SMAN 58 Jakarta menggunakan metode *Integer Linear Programming* (ILP). Pertama, sekolah disarankan untuk menambah jumlah guru pada mata pelajaran yang mengalami kekurangan sumber daya, seperti PJOK dan Bahasa Inggris, agar hasil penjadwalan dapat lebih optimal dan menghindari jadwal yang bentrok. Kedua, pengembangan sistem penjadwalan otomatis berbasis ILP perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi penjadwalan. Sistem ini bisa diintegrasikan dengan data *real-time* terkait kehadiran guru, preferensi siswa, dan penggunaan ruangan agar lebih fleksibel dan akurat.

Pengembangan penelitian ini juga dapat dilakukan dengan menerapkan model penjadwalan ILP pada semua tingkat kelas yaitu kelas X dan XII, untuk mengakomodasi kendala bahwa ada guru yang juga mengajar mata pelajaran di tingkat lain. Implementasi saran-saran ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas penjadwalan dan mendukung proses pembelajaran yang lebih efektif di SMAN 58 Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Yakoob SM, Sherali HD. 2007. A mixed-integer programming approach to a class timetabling problem: A case study with gender policies and traffic considerations. *Journal of the Operational Research Society*. 180: 1028-1044. doi:10.1016/j.ejor.2006.04.035.
- Apriandini N, Hanum F, Aman A, Bakhtiar T. 2013. Penjadwalan mata kuliah mayor-minor di perguruan tinggi. Di dalam: Fatmawati, Jaelani A, Werdiningsih I, Yusuf M, Saifudin T, Sari NS, editor. *Peran Matematika dan Sistem Informasi sebagai Basis Pengembangan IPTEK di Indonesia. Seminar Nasional Matematika dan Aplikasinya*. Surabaya: Universitas Airlangga. hlm 157-162.
- Ariessanti HD, Suharti DS, Warsito AB. 2018. Optimasi penjadwalan perkuliahan menggunakan metode *auto generate timetable* dengan array. *Creative Communication and Innovative Technology Journal*. 11(2): 257-266. doi: 10.33050/ccit.v11i2.593.
- Avella P, Vasil'Ev I. 2005. A computational study of a cutting plane algorithm for university course timetabling. *Journal of Scheduling*. 8(6): 497-514. doi:10.1007/s10951-005-4780-1.
- Birbas T, Daskalaki S, Housos E. 2008. School timetabling for quality student and teacher schedules. *Journal of Scheduling*. 12: 177-197. doi:10.1007/s10951-008-0088-2.
- Chen MC, Sze SN, Goh SL, Sabar NR, Kendall G. 2021. A survey of university course timetabling problem: perspectives, trends and opportunities. *IEEE Access*. 9: 106515–106528. doi: 10.1109/access.2021.3100613.
- Daskalaki S, Birbas T, Housos E. 2004. An integer programming formulation for a case study in university timetabling. *European Journal of Operational Research*. 153(1):117-135. doi: 10.1016/s0377-2217(03)00103-6.
- [Kemendikbud] Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2021. *Panduan Implementasi Kurikulum Merdeka*. Jakarta: Kemendikbud.
- Kusuma PD, Adiputra D. 2021. Lecturer-course assignment model in national joint course program to improve education quality and lecturers time preference. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*. 15(1): 361-369. doi: 10.22266/ijies2022.0228.33.
- Michellen. 2023. Penjadwalan perkuliahan pada Program Pendidikan Kompetensi Umum IPB [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Mujab S, Rosa ATR, Gumelar WS. 2023. Analisis Implementasi Kurikulum Merdeka (Studi Kasus SMK Al Huda Kedungwungu Indramayu). *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (JPDK)*. 5(1): 1538-1545. doi:10.31004/jpdk.v5i1.11166.
- Papoutsis K, Valouxis C, Housos E. 2003. A column generation approach for the timetabling problem of Greek high schools. *Journal of Operational Research Society*. (54):230-238. doi:10.1057/paggrave.jors.2601495.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

- Perera, MTM, Lanel GHJ. 2016. A model to optimize university course timetable using graph coloring and integer linear programming. *IOSR Journal of Mathematics (IOSR-JN)*. 12(5): 13-18. doi:10.9790/5728-1205031318.
- Pongcharoen P, Promtet W, Yenradee P, Hicks C. 2008. Stochastic optimization timetabling tool for university course scheduling. *International Journal Production Economics*. 112(2): 903-918. doi: 10.1016/j.ijpe.2007.07.009.
- Saefurrohman G. 2021. Masalah penjadwalan mata pelajaran studi kasus di SMA Plus Liwaul Furqan Bogor [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Satrio RW. 2014. Penjadwalan kegiatan belajar mengajar di lembaga bimbingan belajar dengan menggunakan *integer linear programming* dan *weighted sum method* [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Suhandi V, Arisandhy V, Liputra DT. 2023. Penjadwalan mata kuliah dengan mempertimbangkan ketersediaan waktu pengajar dan satuan kredit semester yang tidak terpisah menggunakan *integer linear programming*. *Journal of Integrated System*. 6(1): 73-86. <https://doi.org/10.28932/jis.v6i1.6459>.
- Taha HA. 2017. *Operations Research An Introduction*. 10th Edition. Harlow: Pearson Education.
- Winston WL. 2004. *Operations Research Applications and Algorithms*. 4th Edition. Belmont: Brooks/Cole-Thomson.
- Wungguli D, Nurwan. 2020. Penerapan model *integer linear programming* dalam optimasi penjadwalan perkuliahan secara otomatis. *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*. 14(3): 411-422. doi: 10.30598/barekengvol14iss3pp413-424.
- Yu J, Yin Y, Chen Z. 2006. Scheduling of an assembly line with a multi-objective genetic algorithm. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 28(56):551-555. doi:10.1007/s00170-004-2387-x.

