

**OPTIMASI PENJADWALAN MATA PELAJARAN
MENGUNAKAN METODE *INTEGER LINEAR*
PROGRAMMING
(Studi Kasus: SMA Al-Hikmah)**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika pada
Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Pakuan

Oleh:
Zulvan Mahrijal
064119007



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PAKUAN
BOGOR
2024**

Bismillahirrahmaanirrahim

Alhamdulillahirabbilaalamiin... saya panjatkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Berkat rahmat dan karunia-Nya serta atas kemudahan dan kelancaran yang diberikan oleh-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Terima kasih saya ucapkan kepada keluarga tercinta, terkhusus kedua orang tua saya Ibu Eva Nulaela S.pd dan Bapak Cecep Muntako M.Pd, adik saya Rafi Raditya Bahij, serta keluarga besar dari ayah dan ibu yang telah memberikan dukungan, kasih sayang, motivasi, semangat, dan do'a yang telah diberikan kepada saya. Semua yang telah diberikan, membuat saya tetap semangat dan dapat melewati semua kendala yang ada, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Terima kasih untuk Bapak Drs. Amar Sumarsa, M.Pd dan Ibu Maya Widayastiti, M.Si yang telah membimbing dan memberikan motivasi dalam pembuatan skripsi ini. Tak lupa kepada seluruh dosen dan staf Program Studi Matematika Fakultas MIPA Universitas Pakuan yang telah memberikan wawasan dan ilmu yang sangat bermanfaat selama masa kuliah sehingga dapat dijadikan bekal menuju kesuksesan. Semoga apa yang sudah diberikan, dibalas dengan berlipat kebaikan oleh Allah SWT.

Terima kasih kepada teman seperjuangan saya (Andy Aslan, Muhammad Alfu Salam, Pahmi Hannah Utari, Nita Oktaviani, Intan Prisyanti, Dinda Haryati, Siti Aisah, Ulva Fitri, Miftahul Nur Khasanah, Alfi Nabila, Sani Lestari, Reni Fauziah, Galih Febriani, Sakia Yety, Mufty Ridne, Silvi Aldirain, Tari Shakira, Kartika Yusuf, Aini Annisa, Sri Kundiayati, Nabila dan Mei Restu), Rekan skripsi saya (Arva Nurkhoiriyah, Annisa Septiyani dan Nurul Faizah) atas do'a dan dukungan yang telah diberikan. Semoga Allah senantiasa memberikan jalan menuju kesuksesan kita.

Tidak lupa saya ucapkan terima kasih kepada kakak tingkat, teman-teman Program Studi Matematika Angkatan 2019 dan adik-adik tingkat serta Himpunan Mahasiswa Matematika yang telah memberikan dukungan dan pertemanan selama saya berkuliah.

Terima kasih juga kepada pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya...Aamin Ya Rabbal Alamin.

HALAMAN PENGESAHAN

JUDUL : OPTIMASI PENJADWALAN MATA PELAJARAN
MENGUNAKAN METODE *INTEGER LINEAR*
PROGRAMMING
NAMA : ZULVAN MAHRIJAL
NPM : 064119007

Bogor, Februari 2024

Menyetujui,

Pembimbing Pendamping



Maya Widyastiti, M. Si

Pembimbing Utama



Drs. Amar Sumarsa, M.Pd

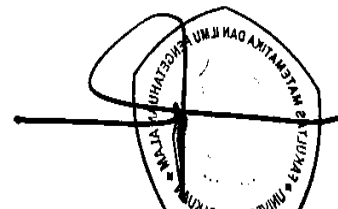
Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Ir. Fitria Virgantari, M. Si

Dekan FMIPA



Asep Denih, S.Kom., M.Sc., Ph.D.

**SURAT PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER
INFORMASI SERTA PERLIMPAHAN KEKAYAAN
INTELEKTUAL DI UNIVERSITAS PAKUAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zulvan Mahrijal

NPM : 064119007

Judul Skripsi : Optimasi Penjadwalan Mata Pelajaran Menggunakan Metode
Integer Linear Programming (Studi Kasus: SMA Al-Hikmah)

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi di atas adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun.

Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya 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 Universitas Pakuan.

Bogor, Februari 2024



Zulvan Mahrijal

NPM. 064119007

RIWAYAT HIDUP



Zulvan Mahrijal lahir di Bogor pada tanggal 1 Juli 2000. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis memiliki kedua orang tua yang bernama Cecep Muntako dan Eva Nurlaela. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar pada tahun 2013 di SDN Tapos 01 Kemudian melanjutkan jenjang pendidikan Madrasah Tsanawiyah di Mts Sa Ar-Rahman dan lulus pada tahun 2016. Penulis melanjutkan ke jenjang Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Leuwiliang dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis melanjutkan pendidikan Strata Satu di Universitas Pakuan Bogor pada Program Studi Matematika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Matematika (HIMATIKA) Universitas Pakuan. Pada periode 2020-2021 sebagai anggota Departemen Seni dan Olahraga dan pada periode 2021-2022 sebagai anggota Departemen Akademik dan Non Akademik.

RINGKASAN

ZULVAN MAHRIJAL, Optimasi Penjadwalan Mata Pelajaran Menggunakan Metode *Integer Linear Programming* (Studi Kasus: SMA Al-Hikmah). Dibimbing oleh AMAR SUMARSA dan MAYA WIDYASTITI.

Penjadwalan mata pelajaran harus dilakukan optimal karena merupakan hal yang sangat penting dalam melaksanakan kegiatan belajar dan mengajar. Penjadwalan mata pelajaran di SMA Al-Hikmah saat ini dibuat secara manual oleh kurikulum, cara ini akan kurang optimal, dikarenakan membutuhkan waktu yang cukup lama, akibatnya terjadi jadwal mata pelajaran yang bentrok antara satu sama lain. Penjadwalan secara manual sulit dilakukan karena harus memenuhi semua kendala terkait peraturan SMA Al-Hikmah. Oleh karena itu, dibutuhkan penjadwalan mata Pelajaran yang baik agar semua kendala dapat terpenuhi, dalam hal ini metode *Integer Linear Programming* (ILP) dapat dijadikan solusi atas masalah penjadwalan mata pelajaran. Metode *Integer Linear Programming* digunakan dalam masalah optimasi dengan banyak tujuan. Tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu menyusun dan memperoleh penjadwalan mata pelajaran yang optimal dengan meminimumkan total bobot mata pelajaran dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming*. Permasalahan penjadwalan mata pelajaran di SMA Al-Hikmah ini berkaitan dengan guru, mata pelajaran, hari, kelas, dan sesi waktu. Penjadwalan mata pelajaran ini diselesaikan dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming* dan dibantu *software* Lingo 11.0. Hasil penjadwalan mata pelajaran yang diperoleh dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming* lebih optimal dibandingkan penjadwalan yang dibuat secara manual karena telah memenuhi semua kendala atau aturan yang ada di SMA Al-Hikmah dengan meminimumkan total bobot mata pelajaran, sehingga didapatkan penjadwalan mata pelajaran yang lebih baik.

Kata kunci: penjadwalan mata pelajaran, bobot, *integer linear programming*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **“Optimasi Penjadwalan Mata Pelajaran Menggunakan Metode *Integer Linear Programming*”**.

Penelitian ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika pada Program Studi Matematika Fakultas MIPA Universitas Pakuan. Penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dorongan, bimbingan, dan arahan kepada penulis. Ucapan terima kasih atas penghargaan tersebut penulis sampaikan kepada yang terhormat:

1. Drs. Amar Sumarsa, M.Pd selaku pembimbing utama.
2. Maya Widyastiti, M.Si selaku pembimbing pendamping.
3. Dr. Ir. Fitria Virgantari, M.Si selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pakuan.
4. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Matematika atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Pakuan.
5. Orang Tua dan keluarga yang selalu mendoakan dan mendukung penulis dalam pengerjaan laporan ini.
6. Keluarga besar Program Studi Matematika, terutama angkatan 2019 atas kebersamaan dalam melewati masa-masa perkuliahan.
7. Kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Diharapkan laporan ini bermanfaat bagi pembaca dan khususnya bagi mahasiswa Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pakuan. Oleh karena itu, diharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca.

Bogor, Februari 2024



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
SURAT PERNYATAAN	ii
RIWAYAT HIDUP.....	iii
RINGKASAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Ruang Lingkup.....	3
1.4 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penjadwalan.....	4
2.2 Optimasi.....	4
2.3 Riset Operasi.....	5
2.4 <i>Linear Programming</i>	6
2.4.1 Pengertian dan Konsep <i>Linear Programming</i>	6
2.4.2 Bentuk Umum <i>Linear Programming</i>	6
2.4.3 Metode Penyelesaian <i>Linear Programming</i>	7
2.5 <i>Integer Linear Programming</i>	9
2.5.1 Pengertian dan Konsep <i>Integer Linear Programming</i>	9
2.5.2 Bentuk Umum <i>Integer Linear Programming</i>	10
2.5.3 Komponen Model <i>Integer linear programming</i>	11
2.5.4 Perumusan Masalah <i>Integer Linear Programming</i>	12
2.5.5 Metode Penyelesaian <i>Integer Linear Programming</i>	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Data.....	15
3.2 Tahapan Analisis.....	20

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAAN.....	22
4.1 Formulasi Model Matematika Penjadwalan Mata Pelajaran.....	22
4.2 Implementasi Model Penjadwalan Mata Pelajaran.....	25
4.3 Penerapan Model <i>Integer Linear Programming</i> pada penjadwalan mata Pelajaran.....	28
4.4 Hasil Penjadwalan Mata Pelajaran.....	31
BAB V PENUTUP	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN	50

DAFTAR GAMBAR

1. Diagram Alir Tahapan Analisis.....20
2. Hasil Optimasi Penjadwalan Mata Pelajaran di SMA Al-Hikmah.....31

DAFTAR TABEL

1. Hari Belajar dan Mengajar	15
2. Periode Waktu Pembelajaran	15
3. Mata Pelajaran	16
4. Guru	17
5. Kelas	18
6. Mata Pelajaran dan Jumlah sesi perminggu.....	25
7. Mata Pelajaran dan Bobot	26
8. Mata Pelajaran yang dikuasai guru.....	27
9. Hasil Penjadwalan KBM Kelas 10 SMA Al- Hikmah.....	32
10. Hasil Penjadwalan KBM Kelas 11 SMA Al- Hikmah.....	33
11. Hasil Penjadwalan KBM Kelas 12 SMA Al- Hikmah.....	34
12. Penjadwalan KBM Kelas 10 Dengan Secara Manual.....	36
13. Penjadwalan KBM Kelas 11 Dengan Secara Manual.....	37
14. Penjadwalan KBM Kelas 12 Dengan Secara Manual.....	38
15. Jadwal Mengajar Guru SMA Al- Hikmah.....	40
16. Total Bobot Mata Pelajaran Setiap pekannya menggunakan cara manual	44

DAFTAR LAMPIRAN

1. Model Penjadwalan Mata Pelajaran SMA Al Hikmah..... 51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sekolah adalah lembaga untuk belajar dan mengajar serta tempat menerima dan memberi ilmu, sekolah sebagai salah satu instansi penting dalam pendidikan. Penjadwalan mata pelajaran di sekolah merupakan hal yang sangat penting dalam berlangsungnya kegiatan belajar dan mengajar di sekolah.

Penjadwalan mata pelajaran didefinisikan sebagai pekerjaan rutin dalam kegiatan akademik di sekolah yang bertujuan untuk aktivitas akademik dalam meningkatkan kualitas mengajar dan kedisiplinan baik guru maupun siswa. Dalam menyusun jadwal mata pelajaran ada berbagai jenis bagian-bagian yang dibutuhkan, diantaranya mata pelajaran, guru yang mengajar, hari, kelas serta waktu. Dengan adanya jadwal mata pelajaran kegiatan belajar dan mengajar akan berjalan secara lancar dan baik sehingga bisa dilaksanakan secara optimal.

SMA Al-Hikmah sebagai sekolah menengah atas yang memiliki penjadwalan mata pelajaran yang dibuat secara manual, cara ini akan kurang optimal, dikarenakan membutuhkan waktu yang cukup lama, akibatnya terjadi jadwal mata pelajaran yang bentrok antara satu sama lain, kelas yang tidak terjadwal, jadwal guru yang bertabrakan dan waktu pembelajaran yang tidak sempurna, jika keadaan ini tidak diperbaiki akan menimbulkan banyak permasalahan yang akan merugikan guru dan siswa dalam proses belajar dan mengajar karena menghasilkan jadwal mata pelajaran yang tidak optimal.

Pembuatan jadwal mata pelajaran membutuhkan ketelitian dan mencocokkan satu persatu mata pelajaran kemudian dialokasikan ke kelas dan waktu di SMA Al-Hikmah. Pada pelaksanaannya seringkali jadwal yang telah dibuat tak sinkron dengan yang dibutuhkan karena adanya tumpang tindih antara kegiatan satu dengan kegiatan yang lainnya yang bisa mempengaruhi proses penjadwalan mata pelajaran. Intinya dalam menentukan jadwal mata pelajaran perlu diatur sedemikian rupa sehingga seluruh siswa dan guru di SMA Al-Hikmah dapat mengikuti jadwal mata pelajaran yang optimal serta bisa dialokasikan ke kelas dan waktu yang tersedia, maka untuk itu, diperlukan suatu solusi atau metode yang optimal untuk membuat

dan mengatur penjadwalan mata pelajaran yang baik. Dalam hal ini, salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatur penjadwalan mata pelajaran yang baik adalah dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming* (ILP).

Integer Linear Programming adalah metode yang berkaitan dengan program linear dimana beberapa atau semua variabel memiliki nilai-nilai bilangan bulat atau diskret, agar masalah penjadwalan mata pelajaran ini dapat terpenuhi. Menurut Chen *et al.*, (2021) peranan ILP dalam penjadwalan mata pelajaran sangat baik, dimana metode ini dikategorikan ke dalam metode berbasis penelitian operasional. Metode ini dapat memodelkan persoalan penjadwalan dengan berbagai kendala yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan sekolah, sehingga dapat menjadi solusi untuk mengatasi masalah penjadwalan mata pelajaran di SMA Al-Hikmah.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Mohungo *et al.*, (2021) dalam penelitiannya mengembangkan model optimasi penjadwalan petugas keamanan di Universitas Negeri Gorontalo dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming* pengembangan model penjadwalan sesuai dengan keadaan diunit satuan pengamanan Universitas Negeri Gorontalo dengan menggunakan 2 kali *shift* kerja dengan banyaknya regu yang ada yaitu 3 regu petugas. Hutomo *et al.*, (2011) mengembangkan algoritma *Integer Linear Programming* pada masalah penjadwalan ruangan di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia hasilnya memberikan efisiensi sebesar 97% bila dibandingkan dengan sistem penjadwalan yang dibuat secara manual. Widyastiti dan Sumarsa (2021) dalam penelitiannya mengembangkan penjadwalan perawat dengan mempertimbangkan keahlian menggunakan *Integer Linear Programming* di rumah sakit kota Bogor. Penelitian Chang dan Kahar (2018) menerapkan model *Integer Linear Programming* dalam pembuatan jadwal ujian universitas. Izzudin (2015) dalam penelitiannya menggunakan metode *Integer Nonlinear Programming* pada penjadwalan mata pelajaran di sekolah. Saefurrohman (2021) dalam penelitiannya menggunakan metode *Integer Linear Programming* pada masalah penjadwalan mata pelajaran. Irsyad *et al.*, (2020) dalam penelitiannya menggunakan model *Integer Linear Programming* untuk menyelesaikan kasus penjadwalan karyawan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka judul yang akan diambil dalam penelitian ini adalah “**Optimasi Penjadwalan Mata Pelajaran Menggunakan Metode *Integer Linear Programming***”.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian yaitu menyusun dan memperoleh penjadwalan mata pelajaran yang optimal di SMA Al-Hikmah dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming*.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah:

1. Penyusunan jadwal mata pelajaran disesuaikan dengan kebijakan akademik yang berlaku di SMA Al-Hikmah.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu data penjadwalan kegiatan belajar dan mengajar di SMA Al-Hikmah pada tahun ajaran 2023-2024.
3. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Integer Linear programming*.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

- a. Dengan adanya sistem penjadwalan mata pelajaran ini di harapkan dapat memberikan kemudahan dan mendapatkan gambaran jadwal mata pelajaran yang optimal.
- b. Dengan adanya penelitian tugas akhir ini maka dapat dijadikan sebagai tambahan pengetahuan tentang metode *Integer Linear programming* yang diaplikasikan dalam penyusunan penjadwalan mata pelajaran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penjadwalan

Menurut Irsyad *et al.*, (2020) Penjadwalan merupakan pengalokasian sumber daya manusia pada suatu tempat kerja tertentu dengan waktu dan tempat yang telah ditentukan dalam melaksanakan pekerjaan-pekerjaan yang telah direncanakan untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Menurut Firdaus (2017) Penjadwalan didefinisikan sebagai suatu permasalahan dalam penentuan jadwal yang tepat atas suatu pekerjaan terhadap sumber daya yang tersedia sesuai dengan batasan yang harus dipenuhi.

2.2 Optimasi

Optimasi adalah aktivitas untuk mendapatkan hasil terbaik di bawah keadaan yang diberikan. Tujuan akhir dari semua aktivitas tersebut adalah meminimumkan usaha atau memaksimumkan manfaat yang diinginkan. Optimasi yaitu proses mencari solusi yang terbaik atau nilai optimal dari permasalahan optimasi (Hidayat *et al.*, 2019). Menurut Rao (2020) optimasi harus mengambil banyak keputusan dan manajerial pada beberapa tahap. Tujuan akhir dari semua keputusan tersebut adalah untuk meminimalkan upaya yang diperlukan atau untuk memaksimalkan keuntungan yang diinginkan, karena usaha yang dibutuhkan atau manfaat yang diinginkan dalam situasi praktis apapun yang dapat dinyatakan sebagai fungsi dari variabel keputusan tertentu.

Optimasi secara Pemrograman Linier adalah sebuah metode untuk mencapai hasil terbaik yaitu memaksimumkan atau meminimumkan fungsi tujuan yang bergantung pada sejumlah variabel input dalam sebuah model matematika yang seluruh kebutuhan dasarnya disajikan dalam hubungan linear (Munirah, 2017). Dengan optimasi pada sebuah sistem kita akan bisa berhemat dalam segala hal antara lain energi, keuangan, sumber daya alam, pekerjaan dan lain-lain, tanpa mengurangi fungsi sistem tersebut. Menurut Rao (2020) berikut ini menjelaskan langkah-langkah untuk memecahkan masalah optimasi :

- a) Memahami persoalan nyata yang akan dioptimalkan, dalam hal ini disebut permasalahan optimasi.
- b) Membuat model matematika yang merepresentasikan karakteristik dinamik permasalahan optimasi tersebut.
- c) Menyelesaikan model matematika dengan menggunakan metode tertentu, yaitu menentukan nilai variabel – variabel dalam permasalahan optimasi yang mengoptimalkan fungsi tujuan.
- d) Melakukan interpretasi penyelesaian berdasarkan hasil penyelesaian model.
- e) Melakukan analisa sensitivitas, yaitu mempertimbangkan parameter - parameter apa saja yang berpengaruh terhadap hasil penyelesaian model.

Teknik optimasi secara umum dapat dibagi menjadi dua bagian, yang pertama adalah *Mathematical Programming*, dan yang kedua adalah *Combinatorial Optimization*. Dalam bidang *mathematical programming* dapat dibagi menjadi dua kembali, yaitu *support vector machines* dan *gradient descen*, pada bidang *Combinatorial Optimization* kembali difokuskan lagi ke dalam dua bidang, yaitu *Graph Theory* dan *Genetic Algorithma*. Pemfokusan bidang tersebut dikarenakan ada beberapa parameter, diantaranya, *Restoration*, *Feature selection*, *Classification*, *Clustering*, *RF assignment*, *Compression*, dan sebagainya. Optimasi banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, seperti di bidang matematika, bidang rekayasa, arsitektur, jaringan komputer, *signal and image processing*, telekomunikasi, *engineering*, teknik, sosial, ekonomi, pertanian, perkebunan, perikanan, perhutanan, transportasi, farmasi dan lain-lain.

2.3 Riset Operasi

Menurut Nur *et al.*, (2018). Riset Operasi adalah cabang matematika yang berkaitan dengan penerapan metode dan teknik ilmiah dengan pengambilan keputusan untuk menetapkan solusi yang optimal menggunakan berbagai macam kendala dan memakai pendekatan ilmiah atau pendekatan sistematis. Riset operasi merupakan aplikasi metode-metode, teknik-teknik dan peralatan ilmiah dalam menghadapi masalah-masalah yang timbul dalam operasi perusahaan dengan tujuan menemukan pemecahan yang optimal (Aminuddin, 2005).

2.4 *Linear Programming*

2.4.1 Pengertian dan Konsep *Linear Programming*

Menurut Irsyad *et al.*, (2020) *Linear Programming* merupakan suatu metode yang tujuannya menyelesaikan persoalan dengan beberapa fungsi kendala untuk mencapai tujuan seperti memaksimalkan (keuntungan yang akan dicapai) atau meminimumkan (biaya). *Linear Programming* (LP) adalah suatu alat yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi model linear dengan keterbatasan-keterbatasan sumber daya yang tersedia (Kurniawati, 2015). Menurut Sharma *et al.*, (2021), *linear programming* dapat digunakan untuk menetapkan sarana langka atau minimal untuk berbagai sumber daya yang terbatas, seperti tenaga kerja dan energi. *Linear Programming* disebut juga metode optimisasi yang berlaku untuk solusi masalah di mana fungsi tujuan dan kendala muncul sebagai fungsi linier dari variabel keputusan. Persamaan kendala dalam masalah program linier dapat berupa persamaan atau pertidaksamaan (Rao, 2020).

2.4.2 Bentuk Umum *Linear Programming*

Menurut Sari *et al.*, (2022) bentuk umum dari model *Linear Programming* dengan variabel x_1, x_2, \dots, x_n dapat dirumuskan sebagai berikut:

Memaksimalkan atau Meminimumkan

$$Z = C_1x_1 + C_2x_2 + \dots + C_nx_n \quad (1)$$

dengan kendala

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n (\leq, =, \geq) b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n (\leq, =, \geq) b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + \dots + a_{3n}x_n (\leq, =, \geq) b_3 \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n (\leq, =, \geq) b_m \end{aligned} \quad (2)$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

Keterangan :

Z = nilai fungsi tujuan yang di cari nilai optimalnya

c_n = kenaikan nilai Z apabila ada penambahan tingkat kegiatan

x_n = variabel keputusan ke- n

a_{mn} = banyaknya sumber daya m yang digunakan setiap x_n

- b_m = nilai maksimal sumber daya m yang tersedia
 m = banyaknya sumber daya yang digunakan dengan urutan $1, 2, \dots, m$
 n = banyaknya variabel keputusan yang digunakan dengan urutan $1, 2, \dots, n$

2.4.3 Metode Penyelesaian *Linear Programming*

Metode penyelesaian masalah dari *linear programming* diantaranya sebagai berikut:

1. Metode Grafik

Menurut Abidah *et al.*, (2022) Metode grafik adalah metode yang digunakan untuk memecahkan masalah *linear programming* yang didalamnya terdapat dua variabel keputusan. Untuk memecahkan masalah optimalisasi dalam program linear, metode grafik merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Metode Grafik disusun dari persamaan yang telah diformulasikan sedemikian sehingga akan didapatkan titik-titik sebagai solusi, yang merupakan hasil dari perpotongan garis (Asmara *et al.*, 2018). Langkah-langkah penyelesaian dengan menggunakan metode grafik sebagai berikut:

- a. Gambarkan garis-garis kendala pada sumbu koordinat. Anggap kendalanya sebagai suatu persamaan.
- b. Tentukan daerah dalam bidang koordinat yang memenuhi semua kendala (daerah feasible), kemudian tentukan semua titik daerah feasible tersebut.
- c. Membuat grafik untuk kendala-kendala yang ada dalam suatu bagian. Untuk membuat fungsi grafik fungsi kendala yang berbentuk pertidaksamaan (\leq dan \geq) diubah terlebih dahulu kedalam bentuk persamaan (=)
- d. Menentukan area kelayakan solusi pada grafik tersebut. Area layak dapat dilihat dari pertidaksamaan pada kendala. Apabila kendala dalam bentuk \leq , maka daerah arsiran/layak terjadi pada bagian kiri/bawah/kiri bawah, tetapi apabila bentuk pertidaksamaan \geq , maka pengarsiran dilakukan ke kanan/atas/kanan atas. Apabila bentuk

persamaan ($=$), maka daerah layak terjadi pada garis tersebut (berimpit).

- e. Hitung nilai fungsi tujuan untuk semua titik sudut daerah layak. Untuk keputusannya, pilih koordinat titik yang memberikan nilai terbesar untuk fungsi tujuan maksimasi, dan nilai fungsi terkecil untuk tujuan minimasi.

2. Metode Simpleks

Metode Simpleks adalah salah satu teknik penyelesaian dalam pemrograman linier yang digunakan sebagai teknik pengambilan keputusan dalam permasalahan yang berhubungan dengan pengalokasian sumber daya secara optimal yang meliputi banyak pertidaksamaan dan banyak variabel (Asmara *et al.*, 2018). Menurut Pangestu *et al.*, (2022) Metode Simpleks merupakan teknik perencanaan analitis yang menggunakan model matematika untuk mengidentifikasi beberapa alternatif kombinasi solusi masalah yang optimal. Berikut langkah-langkah penyelesaian *linear programming* menggunakan metode simpleks (Taha, 2017).

- 1) Penentuan solusi awal yang layak dari variabel basis. Variabel basis merupakan variabel yang bernilai positif sedangkan variabel non basis yaitu variabel yang bernilai nol.
- 2) Pilih *entering variable* menggunakan kondisi optimalitas. Cara untuk memilih *entering variable* yaitu dengan memilih variabel non basis yang mempunyai nilai negatif terbesar untuk kasus maksimisasi dan memilih variabel non basis yang mempunyai nilai positif terbesar untuk kasus minimisasi. Kondisi optimalitas terjadi ketika semua koefisien dari baris z bertanda positif untuk kasus maksimisasi sedangkan untuk kasus minimisasi semua koefisien dari baris z bernilai negatif. Proses dihentikan jika tidak ada *entering variable* dan solusi telah optimal. Jika ada, proses dilanjutkan ke tahap berikutnya.

- 3) Pilih *leaving variable* menggunakan kondisi kelayakan. Cara untuk memilih *leaving variable* yaitu dengan memilih variabel basis yang memiliki rasio positif terkecil. Rumus untuk menentukan rasio yaitu solusi RHS dibagi dengan *entering variable*.
- 4) Tentukan solusi dasar baru dengan menggunakan perhitungan Gauss Jordan, yaitu baris kunci baru ditentukan dengan cara baris kunci sebelum dibagi dengan elemen kunci, sedangkan baris yang lain termasuk baris z ditentukan dengan rumus baris baru = baris sebelum - koefisien kolom kunci X baris kunci baru.

2.5 Integer Linear Programming

2.5.1 Pengertian dan Konsep Integer Linear Programming

Integer Linear Programming adalah sebuah metode matematis yang hasil penyelesaian kasus *linear programming* berupa bilangan pecahan lalu diubah menjadi bilangan bulat yang melibatkan variabel-variabel yang bertipe *integer* yang direpresentasikan dalam suatu bentuk hubungan yang bersifat *linear* (Safitri *et al.*, 2020). *Integer Linear Programming* disebut juga dengan *pure integer programming*, jika semua variabel yang digunakan adalah berupa bilangan bulat. *Integer Linear Programming* disebut juga dengan *mixed integer programming*, jika hanya beberapa variabel yang digunakan atau tidak semua variabel yang digunakan berupa bilangan bulat. Sedangkan *integer programming* disebut juga dengan *zero-one integer programming* jika semua variabel yang digunakan berupa variabel bernilai 0 atau 1 (Lalang *et al.*, 2018).

Perhitungan *Integer Linear Programming* dimulai dengan menentukan asumsi, *decision variable*, *problem constraint*, dan fungsi objektif sebelum akhirnya ditemukan solusi optimalnya. (Ribić dan Konjicija, 2010). *Integer linear programming* terdiri dari tiga jenis, di antaranya :

- a. *Pure Integer Programming* (PIP), jika suatu IP menggunakan semua variabel keputusannya yang berupa *integer* (bulat positif atau nol). pada jenis permasalahan ini semua variabel keputusan memiliki nilai *integer*.

- b. *Mixed Integer Programming* (MIP), pada model ini tidak semua variabel keputusan harus bernilai integer, tapi bernilai real, jika suatu IP menggunakan sebagian saja variabel yang *integer*. tidak semua variabel keputusan memiliki nilai *integer*.
- c. *Zero-one IP*, jika suatu IP menggunakan variabel 0 atau 1. *Zero-one ILP* : jenis ILP ini adalah jenis permasalahan LP dimana variabel keputusan harus memiliki nilai *integer* nol atau satu. Bentuk ini dijumpai pada permasalahan penugasan (*assignment*) dimana ada paling banyak satu pekerjaan yang biasa ditugaskan kepada seseorang.

2.5.2 Bentuk Umum *Integer Linear Programming*

Menurut Vanderbei (2020), bentuk umum dari *Integer Linear Programming* sama seperti model *linear programming*, dengan tambahan syarat batas bilangan bulat dari variabel keputusan. Untuk mencari variabel keputusan nonnegatif (x_i) yang memenuhi fungsi tujuan maksimum, akan dibutuhkan model sebagai berikut:

1. Tentukan variabel keputusan :

$$x_1, x_2, \dots, x_n$$

2. Tentukan fungsi tujuan maksimum :

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Dengan pembatasan – pembatasan :

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

... ..

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

Dimana

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

Simbol Z menunjukkan fungsi objektif. Simbol x_1, x_2, \dots, x_n (x_i) menunjukkan variabel keputusan. Jumlah variabel keputusan (x_i) oleh karenanya tergantung dari jumlah kegiatan atau aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan. Simbol c_1, c_2, \dots, c_n merupakan kontribusi masing-masing variabel keputusan terhadap tujuan, disebut juga koefisien fungsi tujuan pada model pemrograman matematikanya.

Simbol $a_{11}, a_{1n}, \dots, a_{mn}$ merupakan penggunaan per unit variabel keputusan akan sumber daya yang membatasi, atau disebut juga sebagai koefisien fungsi kendala pada model pemrograman matematikanya. Simbol b_1, b_2, \dots, b_m menunjukkan jumlah masing-masing sumber daya yang ada. Jumlah fungsi kendala akan tergantung dari banyaknya sumber daya yang terbatas.

Menurut (Irsyad *et al.*, 2020) model umum dari *Integer Linear Programming* dapat dirumuskan sebagai berikut.

Maksimumkan atau minimumkan :

$$z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (3)$$

Kendala :

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j (\leq = \geq) b_i \quad (4)$$

$$x_j \geq 0, \text{ integer untuk } i = 1, 2, \dots, m$$

Keterangan:

c_j = koefisien harga variabel pengambilan keputusan dalam fungsi tujuan.

x_j = variabel pengambilan keputusan.

a_{ij} = konstanta variabel aktivitas ke- j dalam pembatasan (kendala) ke- i .

b_i = jumlah sumber daya i yang tersedia

z = nilai fungsi tujuan yang dioptimalkan (maksimum atau minimum).

m = jumlah sumber daya yang tersedia.

n = jumlah kegiatan yang menggunakan sumber daya yang tersedia.

Dengan syarat $x_j \geq 0, \text{ integer}$ untuk $i = 1, 2, \dots, m$ karena persoalan pemrograman linear merupakan masalah alokasi sumber daya, maka perumusan di atas dapat diinterpretasikan bahwa jika $(b_1 b_2 \dots b_m)$ adalah jumlah sumber daya ke- i yang harus dialokasikan pada setiap kegiatan/aktivitas ke- j dinyatakan oleh konstanta $c_j = 1, 2, \dots, n$.

2.5.3 Komponen Model *Integer linear programming*

Menurut Lesmana *et al.*, (2018), terdapat beberapa komponen dalam model *integer linear programming*, diantaranya sebagai berikut:

1. Variabel keputusan (*decision variables*): x_1, x_2, \dots, x_n adalah variabel yang nilai-nilainya dipilih untuk membuat keputusan agar bisa memecahkan solusi dari permasalahan. Variabel keputusan merupakan suatu komponen dalam sistem yang harus ditentukan untuk memutuskan berapa jumlah atau nilai setiap variabel yang harus diambil dalam suatu masalah
2. Fungsi tujuan (*objective function*): $z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ adalah fungsi linear dari variabel yang akan mengoptimalkan (memaksimumkan atau meminimumkan). Fungsi objektif merupakan fungsi linear yang merepresentasikan biaya, keuntungan, atau tujuan lain menjadi maksimum atau minimum. Koefisien biaya menunjukkan peningkatan f yang akan dihasilkan dari setiap kenaikan dalam variabel keputusan.
3. Pembatasan (*constraints*): $g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_i$ adalah pembatasan-pembatasan yang harus dipenuhi untuk membatasi tujuan. Fungsi kendala merupakan persamaan atau pertidaksamaan dimana $a_{ij} = 1, 2, \dots, n$ disebut koefisien teknologi adalah jumlah sumber daya i yang dikonsumsi oleh masing-masing unit aktifitas j dan $b_i = 1, 2, \dots, m$ adalah jumlah sumber daya i yang tersedia untuk dialokasikan pada kegiatan dengan variabel keputusan $x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, m$ disebut kendala nonnegatif.

2.5.4 Perumusan Masalah *Integer Linear Programming*

Menurut Basriati (2018). Secara umum, langkah-langkah dalam penyelesaian masalah *integer linear programming* dapat dituliskan sebagai berikut :

- a. Selesaikan terlebih dahulu persoalan program linier dengan metode simpleks tanpa batasan *integer*.
- b. Solusi optimal yang diperoleh kemudian diperiksa. Jika variabel keputusannya sudah bilangan bulat, maka sudah tercapai solusi optimal. Namun jika variabel keputusannya tidak bulat maka lanjut langkah 3.
- c. Variabel dengan pecahan terbesar akan dipilih untuk menjadi pencabangan ke dalam sub masalah. Kemudian buat dua batasan baru untuk variabel ini, dengan batasan dan batasan .
- d. Solusi pada penyelesaian langkah 1 dijadikan sebagai batas atas dan solusi yang variabel keputusannya telah dibulatkan ke bawah dijadikan batas bawah.
- e. Selesaikan model program linier dengan batasan baru yang ditambahkan pada setiap sub masalah.

- f. Suatu solusi yang sama baik atau lebih baik dari batas atas untuk setiap sub masalah yang dicari disebut solusi *integer* fisibel (layak). Jika solusi yang demikian terjadi, suatu sub masalah dengan batas atas terbaik dipilih untuk dicabangkan. Kembali ke langkah 4

2.5.5 Metode Penyelesaian *Integer Linear Programming*

Metode penyelesaian masalah dari *Integer Linear Programming* diantaranya sebagai berikut:

1. Metode *Branch and Bound*

Menurut Azzahrha *et al.*, (2021), metode *branch and bound* adalah metode yang membagi masalah kedalam sub masalah (*branching*) dengan menambahkan batasan baru (*bound*). Metode *Branch and Bound* merupakan suatu prosedur sistematis untuk memperoleh solusi *integer* optimum terhadap *pure integer programming* (Motozawa, 2009). Menurut Hikmah dan Amin (2017). Metode *Branch and Bound* memiliki 2 komponen utama, yaitu:

- a. *Bounding* (pembatasan) adalah suatu proses untuk mencari atau menghitung batas atas (dalam masalah minimisasi) dan batas bawah (dalam masalah maksimisasi) untuk solusi optimum pada subproblem yang mengarah ke solusi. *Bounding* memilih satu sub masalah yang akan diselesaikan. Sub masalah tersebut diselesaikan dan diukur dengan kondisi yang sesuai. Suatu sub masalah dikatakan terukur (*fathomed*) jika terdapat situasi ketika nilai optimal yang dihasilkan lebih besar dari batas atas sebelumnya, menghasilkan solusi bilangan bulat layak yang lebih baik dari kondisi sebelumnya, atau tidak memiliki solusi yang layak. Jika sub masalah tidak terukur, proses dilanjutkan ke langkah b untuk dilakukan pencabangan (*branching*). Algoritma dilanjutkan sampai semua sub masalah terukur dan ditemukan solusi bilangan bulat yang optimal.
- b. *Branching* (pencabangan) adalah proses membagi-bagi permasalahan menjadi subproblem-subproblem yang mungkin mengarah ke solusi. *Branching*. jika pendekatan pertama variabelnya bukan sebuah bilangan bulat sebut x_j saja maka $i_1 < x_j < i_2$ dimana i_1 dan i_2 adalah bilangan bulat tak negatif. Dua program bilangan bulat yang

baru menambah ILP yang lama dengan kendala $x_j \leq i_1$ atau dengan kendala $x_j \geq i_2$. *Branching* Pilih salah satu variabel *integer* x_j yang nilai optimumnya yaitu x_j yang bukan *integer* dalam solusi LP_i. Tetapkan dua sub masalah LP yang sesuai dengan

$$x_j \leq [x_j] \text{ and } x_j \geq [x_j] + 1$$

2. Metode *Cutting Plane*

Menurut Handayani *et al.*, (2022) metode *cutting plane* adalah metode yang dimanfaatkan dalam penyelesaian program linier dengan *integer* sebagai *integer* murni ataupun campuran dengan menambahkan kendala baru yang dikenal dengan *gomory*. Batas *gomory* difungsikan apabila nilai variabel keputusan bukan bulat (masih pecahan) sehingga diperoleh daerah fisibel baru yang penyelesaiannya merupakan bilangan bulat. Metode ini pada hakikatnya juga bekerja berdasarkan solusi optimal yang *noninteger*. Perbedaannya dengan metode *Branch and Bound* adalah metode ini memodifikasi daerah fisibel dengan menambahkan satu *constraints* baru pada permasalahan program linear. (Maspaitella dan Tupan, 2016). Seperti pada algoritma *Branch and Bound*, algoritma *cutting plane* juga dimulai pada solusi *linear programming* optimum yang kontinu. Kendala khusus (disebut pemotongan) ditambahkan ke daerah solusi dengan membuat titik ekstrim optimal bilangan bulat. Selanjutnya, *integer linear programming* diselesaikan dengan menggunakan metode simpleks.

3. Metode *Round off*

Menurut Al Muzakki dan Astuti (2021) Metode *Round Off* adalah metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dengan cara melakukan pembulatan terhadap solusi optimal dan menghasilkan semua kemungkinan solusi optimal yang berada di daerah hasil.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari SMA Al-Hikmah pada tahun ajaran 2023-2024. Data yang digunakan adalah data mata pelajaran, data guru pengampu mata pelajaran, hari belajar dan mengajar, ruangan kelas dan periode waktu pembelajaran. Data yang diperlukan untuk memodelkan penjadwalan mata pelajaran di SMA Al-Hikmah, antara lain. Hari pembelajaran disajikan pada Tabel 1, Periode Waktu Pembelajaran disajikan pada Tabel 2, Mata Pelajaran disajikan pada Tabel 3, Guru disajikan pada Tabel 4, dan Kelas disajikan pada Tabel 5.

Tabel 1. Hari Belajar dan Mengajar

Indeks (<i>i</i>)	Hari
1	Senin
2	Selasa
3	Rabu
4	Kamis
5	Jumat
6	Sabtu

Tabel 2. Periode Waktu Pembelajaran

Indeks (<i>j</i>)	Periode Waktu
1	07.00 – 08.30
2	08.30 – 10.00
3	10.30 – 12.00
4	12.30 – 14.00

Tabel 3. Mata Pelajaran

Indeks (<i>k</i>)	Mata Pelajaran
1	Pendidikan Agama Islam
2	Bahasa Indonesia
3	Bahasa Inggris
4	Bahasa Sunda
5	Bahasa Arab
6	Sosiologi
7	Teknologi dan Informatika
8	Pendidikan Kewarganegaraan
9	Sejarah
10	Sejarah Peminataan
11	Geografi
12	Matematika Peminataan
13	Matematika Wajib
14	Fisika
15	Kimia
16	Biologi
17	Prakarya
18	Ekonomi
19	PenjaskesOrkes
20	Seni Budaya

Tabel 4. Guru

Indeks(m)	Guru
1	Cecep Muntako, S.Pd
2	Ahmad Dalili, S.S
3	Supandi, S.E
4	Dewi Fithrotun Nisa, S.S
5	Jali Gojali, S.Pd
6	Iis Solihah, S.Pd.I
7	Erwin, S.Pd
8	Wahyu Rahmat, S.Pd
9	Mohammad Wahyudin, S.pd.I
10	Muhammad Ridwan Firdaus, S.Pd
11	Ery Arfian, S.H
12	Siti Sunarsih, S.Pd
13	Yusup Hambali, S.Pd.I
14	Evi Magfiroh, S.Pd
15	Wida, S.Pd.I
16	Surya Wardana, S.Kom
17	Edwin, S.Pd
18	Zulvan Mahrijal
19	Elis Fadliyah, S.Pd
20	Nurlia Amanisifa, S.Pd
21	Syahdan, S.Pd
22	Ilham, S.Pd.

Tabel 5. Kelas

Indeks (<i>n</i>)	Kelas
1	X 1
2	X 2
3	X 3
4	X 4
5	XI MIPA 1
6	XI MIPA 2
7	XI IPS 1
8	XI IPS 2
9	XII MIPA 1
10	XII MIPA 2
11	XII IPS 1
12	XII IPS 2

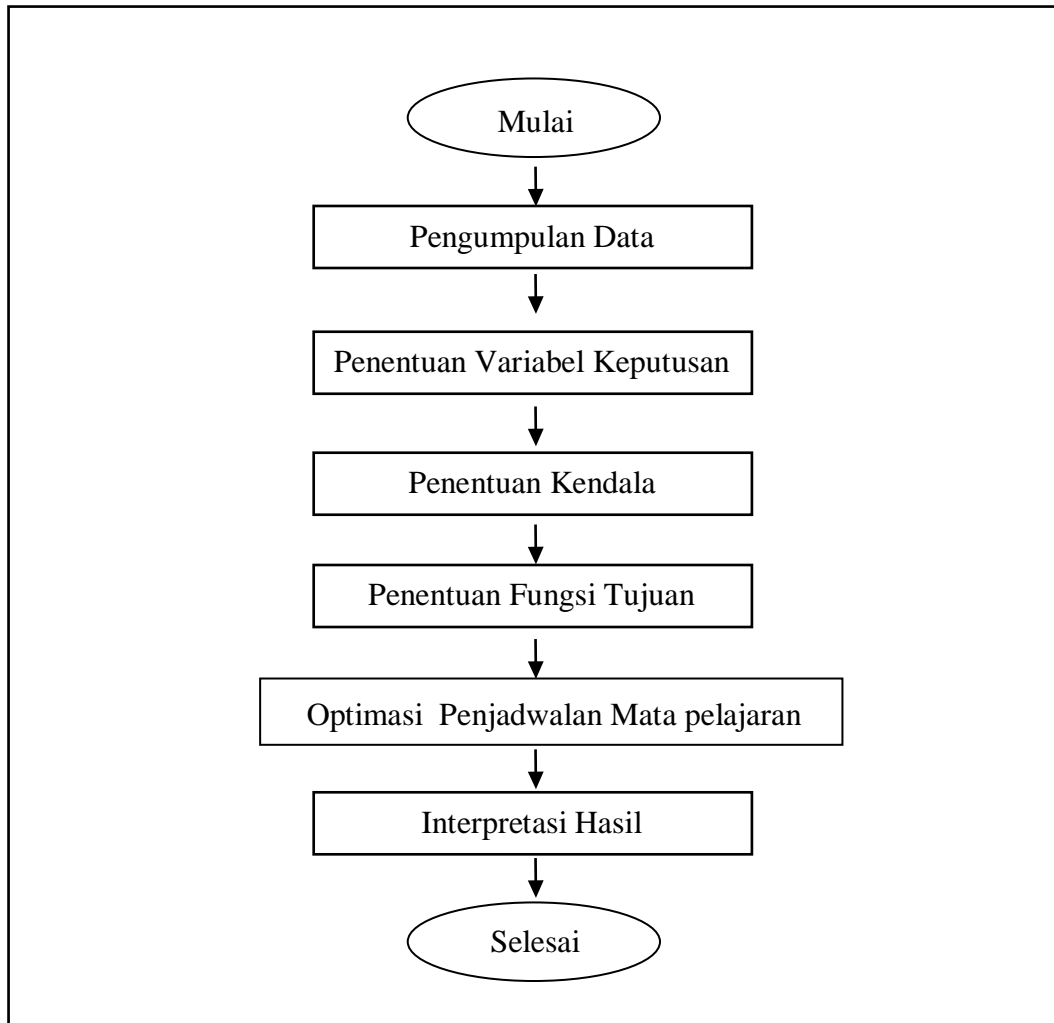
Berdasarkan Tabel 1 sampai Tabel 5 dapat dilihat bahwa banyaknya hari yang digunakan untuk melakukan penjadwalan mata pelajaran adalah 6 hari, yaitu dari hari senin hingga hari sabtu, dengan periode waktu pembelajaran sebanyak 4 sesi untuk kegiatan belajar dan mengajar, mata pelajaran yang dijadwalkan sebanyak 20 mata pelajaran dengan jumlah guru sebanyak 22 orang yang ditempatkan di 12 kelas yang tersedia untuk menyelenggarakan kegiatan belajar dan mengajar.

Masalah penjadwalan mata pelajaran di sekolah berkaitan dengan kendala yang ada di SMA Al-Hikmah, pada umumnya, penjadwalan di sekolah dibuat untuk periode 6 hari kerja dalam seminggu. Dalam pembuatan penjadwalan sekolah ini menggunakan beberapa kendala yang harus dipenuhi. Berikut ini kendala yang digunakan dalam pembuatan penjadwalan mata Pelajaran di SMA Al-Hikmah dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming* :

1. Guru tidak boleh mengajar lebih dari satu kali di setiap satu sesi.
2. Guru hanya mengajar mata pelajaran yang dikuasainya dan memenuhi jumlah sesi yang ditentukan.
3. Setiap kegiatan pembelajaran diajarkan secara serentak di setiap kelasnya.
4. Setiap mata pelajaran diajarkan secara serentak di setiap kelasnya.
5. Dalam seminggu setiap mata pelajaran diajarkan secara merata.
6. Pada hari Sabtu sesi 4 tidak dilaksanakan kegiatan belajar dan mengajar.
7. Dalam 1 sesi hanya ada 1 guru dan 1 mata Pelajaran di setiap kelas.
8. Tidak boleh ada guru mata pelajaran yang mengajar di dua kelas atau lebih pada sesi yang sama.
9. Mata Pelajaran PenjaskesOrkes tidak dilaksanakan pada hari Jumat.
10. Guru yang dijadwalkan pada beberapa hari dalam seminggu maka untuk hari di mana guru tersebut tidak dijadwalkan.
11. Setiap mata pelajaran yang pengajarnya sama harus dijadwalkan pada periode waktu yang berbeda.
12. Setiap mata pelajaran hanya boleh disajikan maksimal satu jam Pelajaran dalam sehari.

3.2 Tahapan Analisis

Rencana tahapan dalam analisis penjadwalan mata pelajaran menggunakan metode *Integer Linear Programming* dapat dilihat pada diagram alir seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Analisis

Keterangan diagram alir tahapan analisis pada Gambar 1 sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Pada tahap ini yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah mengumpulkan data. Data yang diambil yaitu data penjadwalan mata pelajaran pada tahun ajaran 2023-2024 yang dibuat secara manual oleh kurikulum SMA Al-Hikmah.

2. Penentuan Variabel Keputusan

Penentuan variabel keputusan yang digunakan dalam penjadwalan mata pelajaran di SMA Al-Hikmah adalah guru yang mendapat *shift* kerja, mata pelajaran, hari belajar dan mengajar, periode waktu serta kelas yang akan digunakan dalam tahun ajaran 2023-2024.

3. Penentuan Kendala

Penentuan kendala merupakan yang harus dipenuhi dengan batasan peraturan yang ada di SMA Al-Hikmah dalam penjadwalan mata pelajaran. Dalam hal ini, aturan SMA Al-Hikmah pada nomor 1-12 dijadikan sebagai kendala.

4. Penentuan Fungsi Tujuan

Pada tahap ini ditentukan fungsi tujuan untuk menyusun jadwal mata pelajaran menggunakan metode *Integer Linear Programming* dengan meminimumkan jumlah bobot mata pelajaran setelah itu mengimplementasikan pada masalah penjadwalan mata pelajaran di SMA Al-Hikmah.

5. Optimasi Penjadwalan Mata Pelajaran

Pada tahap ini, dilakukan optimasi penjadwalan mata pelajaran dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming* dan divalidasi dengan dibantu *software* Lingo.

6. Interpretasi Hasil

Pada tahap ini, hasil yang diperoleh akan diinterpretasikan, kemudian ditarik kesimpulan, lalu disajikan dalam bentuk penjadwalan mata pelajaran.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAAN

4.1 Formulasi Model Matematika Penjadwalan

Dalam penelitian ini dibangun model matematika dengan kendala sesuai dengan aturan SMA Al-Hikmah. Aturan tersebut dapat dibentuk formulasi masalah penjadwalan mata pelajaran dalam model *Integer Linear Programming*. Adapun indeks, parameter, dan variabel keputusan didefinisikan sebagai berikut.

Indeks :

- i = indeks hari dengan $i = 1, 2, \dots, 6$
- j = indeks waktu, dengan $j = 1, 2, \dots, 4$
- k = indeks mata pelajaran, dengan $k = 1, 2, \dots, 20$
- m = indeks guru, dengan $m = 1, 2, \dots, 22$
- n = indeks kelas, dengan $n = 1, 2, \dots, 12$

Parameter :

- a = jumlah maksimal sesi waktu mengajar guru m setiap harinya
- b_{kj} = bobot mata pelajaran k di waktu j . Jika bobotnya kecil maka mata pelajaran diselenggarakan di waktu tersebut.
- c_{kn} = jumlah waktu untuk mata pelajaran k dikelas n

Variabel Keputusan :

$$x_{mknij} \begin{cases} 1, & \text{jika guru } m \text{ mengajar mata pelajaran } k \text{ dikelas } n \text{ pada hari } i \text{ di waktu } j \\ 0, & \text{lainnya,} \end{cases}$$

Fungsi Objektif

Fungsi Objektif adalah fungsi yang nilainya akan dioptimalkan, bisa bernilai maksimum atau bisa juga bernilai minimum (Rao, 2020). Fungsi Objektif dalam masalah ini adalah meminimumkan total bobot mata pelajaran, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sum_m \sum_k \sum_n \sum_i \sum_j x_{mknij} b_{kj}$$

Keterangan :

x_{mknij} = variabel keputusan/ kegiatan yang akan dilaksanakan ke- $mknij$

b_{kj} = bobot mata pelajaran k di waktu j . Jika bobotnya kecil maka mata pelajaran diselenggarakan di waktu tersebut.

m = jumlah Guru

k = jumlah Mata pelajaran

n = jumlah Ruangan

i = jumlah Hari

j = jumlah Sesi

Dengan $m = 1,2,\dots,m; k = 1,2,\dots,k; n = 1,2,\dots,n; i = 1,2,\dots,i; j = 1,2,\dots,j$.

Fungsi pada persamaan diperoleh fungsi objektif untuk meminimumkan total bobot mata pelajaran yang variable keputusannya, jika guru m mengajar mata pelajaran k dikelas n pada hari i di waktu j pada fungsi tujuan.

Dengan Kendala :

1. Guru tidak boleh mengajar lebih dari satu kali di setiap satu sesi,

$$\sum_m \sum_k x_{mknij} \leq 1, \quad \forall n, i, j$$

2. Guru yang mengajar sesuai dengan bidang keahliannya dan memenuhi jumlah sesi yang ditetapkan

$$\sum_h \sum_s x_{mknij} = c_{kn}, \quad \forall m, k, n$$

3. Setiap kegiatan pembelajaran diajarkan secara serentak di setiap kelas,

$$\sum_k \sum_n \sum_i \sum_j x_{mknij} = 1, \quad \forall m$$

4. Setiap mata pelajaran hanya boleh disajikan maksimal satu jam Pelajaran dalam sehari,

$$\sum_k x_{mknij} \leq 1, \quad \forall m, n, j, i$$

5. Setiap Mata Pelajaran tidak boleh diajarkan lebih dari satu sesi pada sesi yang sama,

$$\sum_m \sum_k x_{mknij} \geq 1, \quad \forall n, i, j$$

6. Dalam seminggu setiap mata pelajaran akan diajarkan secara merata,

$$\sum_j x_{mknij} \leq 1, \quad \forall m, n, k, i$$

7. Pada hari sabtu sesi 4 tidak dilaksanakan kegiatan belajar dan mengajar,

$$\sum_i \sum_j x_{mknij} = 0, \quad \forall m, k, n$$

8. Dalam 1 sesi hanya ada 1 guru dan 1 mata pelajaran untuk 1 kelas,

$$\sum_m \sum_k x_{mknij} = 1, \quad \forall n, i, j$$

9. Tidak boleh ada guru mata pelajaran yang mengajar di dua kelas atau lebih pada sesi yang sama,

$$\sum_k \sum_n x_{mknij} \leq 1, \quad \forall m, i, j$$

10. Setiap mata pelajaran yang pengajarnya sama harus diajarkan pada sesi waktu yang berbeda,

$$\sum_m \sum_n \sum_j x_{mknij} \leq 1, \quad \forall k, i$$

11. Mata pelajaran PenjaskesOrkes tidak dilaksanakan pada hari Jumat,

$$\sum_k \sum_i x_{mknij} = 0, \quad \forall m, n, j$$

12. Guru yang dijadwalkan pada beberapa hari saja dalam seminggu, maka untuk hari di mana guru tersebut tidak dijadwalkan mengajar,

$$\sum_k \sum_n \sum_i \sum_j x_{mknij} = 0$$

4.2 Implementasi Model Penjadwalan Mata Pelajaran

SMA Al-Hikmah memiliki 12 kelas untuk kegiatan belajar dan mengajar, setiap kelas memiliki 20 mata pelajaran dan banyak sesi untuk setiap minggu disajikan pada Tabel 6, bobot disetiap sesi disajikan pada Tabel 7, serta memiliki 22 guru yang mengajar sesuai dengan bidang keahliannya disajikan pada Tabel 8.

Tabel 6. Mata pelajaran dan jumlah sesi perminggu

Indeks (k)	Mata Pelajaran	Jumlah Sesi Perminggu											
		X 1	X 2	X 3	X 4	XI MIPA 1	XI MIPA 2	XI IPS 1	XI IPS 2	XII MIPA 1	XII MIPA 2	XII IPS 1	XII IPS 2
1	Pendidikan Agama Islam	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Bahasa Indonesia	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	Bahasa Inggris	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	Bahasa Sunda	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Bahasa Arab	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Sosiologi	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	Teknologi dan Informatika	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Pendidikan Kewarganegaraan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Sejarah	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Sejarah Peminataan	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
11	Geografi	1	1	1	1	0	0	2	2	0	0	2	2
12	Matematika Peminataan	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
13	Matematika Wajib	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14	Fisika	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1
15	Kimia	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
16	Biologi	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
17	Prakarya	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	Ekonomi	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2
19	PenjaskesOrkes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	Seni Budaya	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabel 7. Mata pelajaran dan Bobot

Indeks (<i>k</i>)	Mata Pelajaran	Singkatan	Bobot			
			Sesi 1	Sesi 2	Sesi 3	Sesi 4
1	Pendidikan Agama Islam	PAI	1	1	1	2
2	Bahasa Indonesia	IND	1	1	2	2
3	Bahasa Inggris	ING	1	1	2	2
4	Bahasa Sunda	SND	1	1	1	1
5	Bahasa Arab	ARB	1	1	1	1
6	Sosiologi	SOS	1	1	2	2
7	Teknologi dan Informatika	TIK	1	1	1	1
8	Pendidikan Kewarganegaraan	PKN	1	1	1	1
9	Sejarah	SEJ	1	1	1	2
10	Sejarah Peminatan	SP	1	1	1	1
11	Geografi	GEO	1	1	2	2
12	Matematika Peminataan	MP	1	1	1	1
13	Matematika Wajib	MTK	1	2	2	3
14	Fisika	FIS	1	1	2	2
15	Kimia	KIM	1	1	2	2
16	Biologi	BIO	1	1	2	2
17	Prakarya	PKR	1	1	1	1
18	Ekonomi	EKO	1	1	2	2
19	PenjaskesOrkes	PJOK	1	1	2	3
20	Seni Budaya	SBK	1	1	1	1

Tabel 8. Mata pelajaran yang dikuasai guru

Indeks guru (<i>m</i>)	Mata pelajaran yang dikuasai
1	Biologi, Kimia, Geografi
2	Bahasa Arab
3	Ekonomi
4	Matematika Wajib, Matematika Peminatan
5	Bahasa Sunda, Pendidikan Kewarganegaraan
6	Prakarya, Sosiologi
7	Fisika
8	Bahasa Inggris, PenjaskesOrkes
9	Pendidikan Agama Islam
10	Bahasa Indonesia
11	Sejarah, Sejarah Peminatan
12	Bahasa Inggris, Bahasa Indonesia
13	Bahasa Arab
14	Pendidikan Kewarganegaraan
15	Biologi, Geografi
16	Teknologi dan Informatika, Sosiologi
17	Fisika, Kimia
18	Matematika Wajib
19	Ekonomi
20	Seni Budaya, Ekonomi
21	PenjaskesOrkes
22	Pendidikan Agama Islam, Geografi

Berdasarkan Tabel 6 sampai Tabel 8 dapat dilihat bahwa SMA Al-Hikmah memiliki 12 kelas untuk kegiatan belajar dan mengajar, setiap kelas memiliki 20 mata pelajaran yang sesuai sesi dan bobot untuk setiap minggu, mata pelajaran yang memiliki bobot kecil di suatu sesi maka mata pelajaran tersebut diharapkan dapat dijadwalkan di sesi yang sesuai. SMA Al-Hikmah memiliki 22 guru yang mengajar sesuai dengan bidang keahliannya.

4.3 Penerapan Model *Integer Linear Programming* Pada Penjadwalan Mata Pelajaran

Berdasarkan aturan terkait penjadwalan mata pelajaran di SMA Al-Hikmah, maka model matematika yang telah dibangun dapat diterapkan sesuai kebutuhan di SMA Al-Hikmah. Setelah itu, model tersebut dapat diselesaikan menggunakan metode *Integer Linear Programming* dan divalidasi oleh *software Lingo*. Variabel-variabel yang bernilai 1 merupakan variabel yang mewakili penjadwalan mata pelajaran yang akan dijadwalkan, sedangkan variabel 0 merupakan variabel yang tidak akan dijadwalkan. Berikut merupakan penerapan model *Integer Linear Programming* pada masalah penjadwalan mata pelajaran.

Fungsi objektif dari kasus ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\min \sum_{m=1}^{22} \sum_{k=1}^{20} \sum_{n=1}^{12} \sum_{i=1}^{6} \sum_{j=1}^{4} x_{mknij} b_{kj}$$

Keterangan :

x_{mknij} = variabel keputusan / kegiatan yang akan dilaksanakan ke- $mknij$

b_{kj} = bobot mata pelajaran k di waktu j . Jika bobotnya kecil maka mata pelajaran diselenggarakan di waktu tersebut.

m = jumlah Guru, dimana $m = 1, 2, \dots, 22$

k = jumlah Mata pelajaran, dimana $k = 1, 2, \dots, 20$

n = jumlah Ruangan, dimana $n = 1, 2, \dots, 12$

i = jumlah Hari, dimana $i = 1, 2, \dots, 6$

j = jumlah Sesi, dimana $j = 1, 2, \dots, 4$

Fungsi pada persamaan diperoleh fungsi objektif untuk meminimumkan total bobot mata pelajaran yang variabel keputusannya, jika guru ($m = 1, 2, \dots, 22$) mengajar mata pelajaran ($k = 1, 2, \dots, 20$) dikelas ($n = 1, 2, \dots, 12$) pada hari ($i = 1, 2, \dots, 6$) di waktu ($j = 1, 2, \dots, 4$) pada fungsi tujuan.

Kendala-kendalanya adalah

1. Setiap Guru tidak boleh mengajar lebih dari satu kali di setiap satu sesi,

$$\sum_{k=1}^{22} \sum_{j=1}^6 x_{mknij} \leq 1, \quad \forall m = 1, 2, \dots, 12; n = 1, 2, \dots, 6; i = 1, 2, \dots, 6$$

2. Guru mengajar sesuai dengan bidang keahliannya dan memenuhi jumlah sesi yang ditetapkan,

$$\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^4 x_{mknij} = c_{kn}, \quad \forall m = 1, 2, \dots, 22; k = 1, 2, \dots, 20; n = 1, 2, \dots, 12$$

3. Setiap kegiatan pembelajaran diajarkan secara serentak di setiap kelasnya,

$$\sum_{k=1}^{20} \sum_{n=1}^{12} \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^4 x_{mknij} = 1, \quad \forall m = 1, 2, \dots, 22;$$

4. Setiap Mata Pelajaran tidak boleh diajarkan lebih dari satu sesi pada sesi yang sama,

$$\sum_{k=1}^{22} \sum_{j=1}^6 x_{mknij} \leq 1, \quad \forall m = 1, 2, \dots, 12; n = 1, 2, \dots, 6; i = 1, 2, \dots, 6$$

5. Dalam seminggu setiap mata pelajaran akan diajarkan secara merata,

$$\sum_{j=1}^4 x_{mknij} \leq 1, \quad \forall m = 1, \dots, 22; k = 1, \dots, 20; n = 1, \dots, 12; i = 1, \dots, 6$$

6. Setiap mata pelajaran hanya boleh disajikan maksimal satu jam pelajaran dalam sehari

$$\sum_{k=1}^{20} x_{mknij} \leq 1, \quad \forall m = 1, \dots, 22; k = 1, \dots, 20; n = 1, \dots, 12; i = 1, \dots, 6$$

7. Pada hari sabtu sesi 4 tidak dilaksanakan kegiatan belajar dan mengajar,

$$\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^4 x_{mkn54} = 0, \quad \forall m = 1, 2, \dots, 22; k = 1, 2, \dots, 20; n = 1, 2, \dots, 12$$

8. Dalam 1 sesi hanya ada 1 guru dan 1 mata pelajaran untuk 1 kelas,

$$\sum_{m=1}^{22} \sum_{k=1}^{20} x_{mknij} \leq 1, \quad \forall n = 1, 2, \dots, 12; i = 1, 2, \dots, 6; j = 1, 2, \dots, 4$$

9. Tidak boleh ada guru mata pelajaran yang mengajar di dua kelas atau lebih pada sesi yang sama,

$$\sum_{k=1}^{20} \sum_{n=1}^{12} x_{mknij} \leq 1, \forall m = 1,2, \dots, 22; i = 1,2, \dots, 6; j = 1,2, \dots, 4$$

10. Setiap mata pelajaran dengan pengajar yang sama harus dijadwalkan pada periode waktu yang berbeda,

$$\sum_{m=1}^{20} \sum_{n=1}^{12} \sum_{i=1}^6 x_{mknij} \leq 1, \forall k = 1,2, \dots, 20; j = 1,2, \dots, 4$$

11. Mata Pelajaran PenjaskesOrkes tidak dilaksanakan pada hari Jumat,

$$\sum_{k=1}^{22} \sum_{i=1}^{20} x_{mknij} = 1, \forall m = 1,2, \dots, 12; n = 1,2, \dots, 6; j = 1,2, \dots, 4$$

12. Guru yang dijadwalkan pada beberapa hari saja dalam seminggu, maka untuk hari di mana guru tersebut tidak dijadwalkan mengajar,

Guru 6 tidak bisa mengajar di hari Sabtu

$$\sum_{k=1}^{20} \sum_{n=1}^{12} \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^4 x_{6kn6j} = 0, \forall m = 1,2, \dots, 22;$$

Guru 8 tidak bisa mengajar di hari Sabtu

$$\sum_{k=1}^{20} \sum_{n=1}^{12} \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^4 x_{8kn6j} = 0, \forall m = 1,2, \dots, 22;$$

Guru 9 tidak bisa mengajar di hari Sabtu

$$\sum_{k=1}^{20} \sum_{n=1}^{12} \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^4 x_{9kn6j} = 0, \forall m = 1,2, \dots, 22;$$

Guru 14 tidak bisa mengajar di hari Selasa

$$\sum_{k=1}^{20} \sum_{n=1}^{12} \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^4 x_{14kn2j} = 0, \forall m = 1,2, \dots, 22;$$

Guru 17 tidak bisa mengajar di hari Rabu

$$\sum_{k=1}^{20} \sum_{n=1}^{12} \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^4 x_{17kn3j} = 0, \forall m = 1,2, \dots, 22;$$

Guru 18 tidak bisa mengajar di hari Jumat

$$\sum_{k=1}^{20} \sum_{n=1}^{12} \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^4 x_{18kn5j} = 0, \forall m = 1,2, \dots, 22;$$

Guru 22 tidak bisa mengajar di hari Jumat

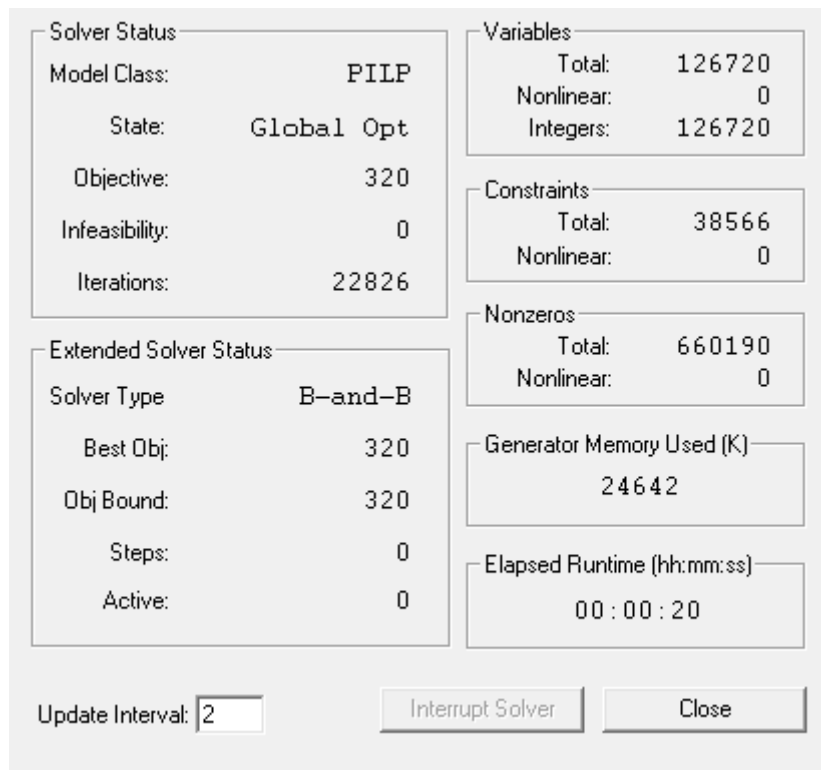
$$\sum_{k=1}^{20} \sum_{n=1}^{12} \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^4 x_{22kn5j} = 0, \forall m = 1, 2, \dots, 22;$$

13. Semua variabel keputusan bernilai nol atau satu.

$$x_{mknij} \in \{0,1\}, \forall m \in m, k \in k, n \in n, i \in i, j \in j.$$

4.4 Hasil Penjadwalan Mata Pelajaran

Hasil yang diperoleh pada model *Integer Linear Programming* dengan bantuan *software* LINGO 11.0 menghasilkan output berupa solusi dari tujuan penelitian berdasarkan fungsi tujuan dan kendala - kendala yang telah ditentukan. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai optimal sebesar 320. Sintaks model ini dapat dilihat pada Lampiran 1. Hasil penjadwalan mata Pelajaran di SMA Al-Hikmah dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming* dan divalidasi oleh *software Lingo* diberikan pada Tabel 9 – Tabel 11.



Gambar 2. Hasil Optimasi Penjadwalan Mata Pelajaran di SMA Al-Hikmah

Berdasarkan hasil optimasi solusi optimal dari model diperoleh setelah melalui 22826 iterasi dengan waktu selama 20 detik. Jumlah variabel yang digunakan sebanyak 126720 dan fungsi kendala sebanyak 38566.

Tabel 9. Hasil Penjadwalan KBM Kelas 10 SMA Al- Hikmah

Kelas	Sesi	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
X1	1	G16 TIK	G10 IND	G20 EKO	G18 MTK	G11 SEJ	G12 ING
	2	G12 ING	G1 KIM	G1 BIO	G7 FIS	G13 ARB	G18 MTK
	3	G20 EKO	G22 PAI	G21 PJOK	G6 PKR	G5 SND	G10 IND
	4	G14 MP8	G20 SBK	G6 SOS	G22 GEO	G1 BIO	
X2	1	G20 EKO	G18 MTK	G1 BIO	G13 ARB	G12 ING	G18 MTK
	2	G11 SEJ	G1 KIM	G21 PJOK	G20 EKO	G6 PKR	G14 PKN
	3	G22 GEO	G10 IND	G12 ING	G16 TIK	G20 SBK	G22 PAI
	4	G16 SOS	G5 SND	G10 IND	G1 BIO	G7 FIS	
X3	1	G19 EKO	G22 GEO	G18 MTK	G21 PJOK	G14 PKN	G1 BIO
	2	G5 SND	G18 MTK	G12 ING	G1 KIM	G12 IND	G13 ARB
	3	G1 BIO	G16 SOS	G19 EKO	G12 ING	G11 SEJ	G12 IND
	4	G22 PAI	G6 PKR	G7 FIS	G16 TIK	G20 SBK	
X4	1	G12 IND	G21 PJOK	G12 IND	G1 BIO	G7 FIS	G13 ARB
	2	G1 KIM	G12 ING	G18 MTK	G16 TIK	G1 BIO	G16 SOS
	3	G19 EKO	G5 SND	G20 SBK	G6 PKR	G14 PKN	G18 MTK
	4	G11 SEJ	G22 GEO	G22 PAI	G12 ING	G19 EKO	

Tabel 10. Hasil Penjadwalan KBM Kelas 11 SMA Al- Hikmah

Kelas	Sesi	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
XI MIPA 1	1	G11 SEJ	G3 EKO	G21 PJOK	G2 ARB	G1 KIM	G5 SND
	2	G17 FIS	G4 MTK	G4 MTK	G14 PKN	G10 IND	G20 SBK
	3	G8 ING	G9 PAI	G6 PKR	G15 BIO	G16 SOS	G15 BIO
	4	G10 IND	G16 TIK	G8 ING	G17 FIS	G4 MP	
XI MIPA 2	1	G6 PKR	G1 KIM	G4 MTK	G20 EKO	G16 TIK	G14 PKN
	2	G8 ING	G16 SOS	G8 ING	G15 BIO	G17 FIS	G17 FIS
	3	G10 IND	G4 MP	G15 BIO	G20 SBK	G2 ARB	G21 PJOK
	4	G5 SND	G9 PAI	G11 SEJ	G4 MTK	G10 IND	
XI IPS 1	1	G4 MTK	G20 SBK	G19 EKO	G4 MTK	G8 ING	G10 IND
	2	G13 ARB	G21 PJOK	G6 PKR	G19 EKO	G11 SP	G1 GEO
	3	G16 TIK	G8 ING	G16 SOS	G17 FIS	G9 PAI	G14 PKN
	4	G1 GEO	G11 SEJ	G5 SND	G10 IND	G15 BIO	
XI IPS 2	1	G1 GEO	G9 PAI	G10 IND	G8 ING	G10 IND	G11 SP
	2	G19 EKO	G15 BIO	G16 TIK	G4 MTK	G4 MTK	G21 PJOK
	3	G17 FIS	G11 SEJ	G14 PKN	G5 SND	G1 GEO	G16 SOS
	4	G8 ING	G19 EKO	G6 PKR	G20 SBK	G13 ARB	

Tabel 11. Hasil Penjadwalan KBM Kelas 12 SMA Al- Hikmah

Kelas	Sesi	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
XII MIPA 1	1	G5 SND	G8 PJOK	G8 ING	G16 TIK	G6 PKR	G4 MTK
	2	G15 BIO	G6 SOS	G9 PAI	G17 FIS	G20 SBK	G5 PKN
	3	G3 EKO	G17 FIS	G10 IND	G8 ING	G10 IND	G11 SEJ
	4	G4 MTK	G15 BIO	G4 MP	G2 ARB	G17 KIM	
XII MIPA 2	1	G17 FIS	G4 MTK	G5 SND	G10 IND	G17 KIM	G15 BIO
	2	G6 SOS	G10 IND	G11 SEJ	G6 PKR	G8 ING	G4 MTK
	3	G9 PAI	G20 SBK	G8 PJOK	G3 EKO	G4 MP	G17 FIS
	4	G2 ARB	G8 ING	G15 BIO	G5 PKN	G16 TIK	
XII IPS 1	1	G15 GEO	G16 TIK	G11 SP	G6 SOS	G4 MTK	G2 ARB
	2	G4 MTK	G8 PJOK	G10 IND	G8 ING	G9 PAI	G3 EKO
	3	G5 PKN	G15 BIO	G11 SEJ	G10 IND	G15 GEO	G5 SND
	4	G6 PKR	G17 FIS	G20 SBK	G3 EKO	G8 ING	
XII IPS 2	1	G8 PJOK	G15 BIO	G6 PKR	G11 SP	G5 PKN	G17 FIS
	2	G16 TIK	G11 SEJ	G3 EKO	G10 IND	G15 GEO	G15 GEO
	3	G4 MTK	G6 SOS	G5 SND	G4 MTK	G8 ING	G3 EKO
	4	G20 SBK	G10 IND	G2 ARB	G8 ING	G9 PAI	

Berdasarkan data pada Tabel 9 – 11, hasil penjadwalan mata Pelajaran dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming* telah memenuhi semua aturan yang ada di SMA Al- Hikmah, model ini bertujuan untuk meminimumkan total bobot mata pelajaran pada kendala fungsi tujuan. Hasilnya setiap mata pelajaran dan jadwal guru terjadwal pada setiap kelas, serta tidak ada jadwal yang saling bentrok satu sama lain, sehingga jadwal mata pelajaran ini lebih optimal dibandingkan dengan penjadwalan yang dibuat secara manual. Penjadwalan mata pelajaran dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming* terlihat juga bahwa mata pelajaran inti dijadwalkan lebih awal dibandingkan dengan jadwal mata pelajaran lainnya, tidak ada pembelajaran pada hari Sabtu di sesi ke 4, serta pada kendala 11 Guru 8 dan 9 yang tidak bisa mengajar dihari Sabtu, yang berarti dengan menggunakan metode ini telah sesuai dengan fungsi objektifnya dan memenuhi kendala-kendala atau aturan yang ada di SMA Al- Hikmah.

Tabel 12. Penjadwalan KBM Kelas 10 Dengan Secara Manual.

Kelas	Sesi	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
X1	1	G10 IND	G22 PAI	G14 PKN	G18 MTK	G1 BIO	G21 PJOK
	2	G5 SND	G11 SEJ	G12 ING	G20 EKO	G10 IND	G13 ARB
	3	G12 ING	G16 TIK	G1 BIO	G16 SOS	G20 EKO	G22 GEO
	4	G1 KIM	G18 MTK	G7 FIS	G6 PKR	G20 SBK	
X2	1	G22 PAI	G18 MTK	G12 ING	G6 PKR	G20 SBK	G7 FIS
	2	G14 PKN	G12 ING	G10 IND	G21 PJOK	G20 EKO	G18 MTK
	3	G20 EKO	G1 KIM	G16 TIK	G13 ARB	G5 SND	G1 BIO
	4	G10 IND	G22 GEO	G11 SEJ	G16 SOS	G1 BIO	
X3	1	G12 IND	G12 ING	G16 SOS	G1 BIO	G5 SND	G18 MTK
	2	G20 SBK	G18 MTK	G19 EKO	G13 ARB	G19 EKO	G22 PAI
	3	G21 PJOK	G6 PKR	G12 IND	G1 KIM	G16 TIK	G7 FIS
	4	G12 ING	G1 BIO	G14 PKN	G11 SEJ	G22 GEO	
X4	1	G11 SEJ	G1 KIM	G1 BIO	G13 ARB	G22 GEO	G22 PAI
	2	G12 ING	G16 TIK	G14 PKN	G19 EKO	G5 SND	G7 FIS
	3	G16 SOS	G12 IND	G6 PKR	G21 PJOK	G1 BIO	G18 MTK
	4	G20 SBK	G12 ING	G12 IND	G18 MTK	G19 EKO	

Tabel 13. Penjadwalan KBM Kelas 11 Dengan Secara Manual.

Kelas	Sesi	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
XI MIPA 1	1	G15 BIO	G10 IND	G4 MTK	G8 ING	G4 MP	G11 SEJ
	2	G6 PKR	G20 SBK	G16 SOS	G16 TIK	G4 MTK	G21 PJOK
	3	G10 IND	G15 BIO	G8 ING	G9 PAI	G17 FIS	G3 EKO
	4	G14 PKN	G5 SND	G17 FIS	G1 KIM	G2 ARB	
XI MIPA 2	1	G1 KIM	G20 EKO	G10 IND	G17 FIS	G16 TIK	G4 MP
	2	G8 ING	G15 BIO	G4 MTK	G11 SEJ	G17 FIS	G4 MTK
	3	G14 PKN	G9 PAI	G5 SND	G8 ING	G2 ARB	G15 BIO
	4	G6 PKR	G20 SBK	G16 SOS	G21 PJOK	G10 IND	
XI IPS 1	1	G14 PKN	G4 MTK	G11 SP	G16 TIK	G17 FIS	G16 SOS
	2	G11 SEJ	G5 SND	G9 PAI	G1 GEO	G1 GEO	G15 BIO
	3	G6 PKR	G20 SBK	G10 IND	G19 EKO	G10 IND	G21 PJOK
	4	G4 MTK	G8 ING	G19 EKO	G13 ARB	G8 ING	
XI IPS 2	1	G6 PKR	G17 FIS	G19 EKO	G21 PJOK	G19 EKO	G1 GEO
	2	G1 GEO	G4 MTK	G8 ING	G9 PAI	G16 SOS	G20 SBK
	3	G15 BIO	G11 SP	G14 PKN	G10 IND	G8 ING	G13 ARB
	4	G11 SEJ	G10 IND	G5 SND	G4 MTK	G16 TIK	

Tabel 14. Penjadwalan KBM Kelas 12 Dengan Secara Manual.

Kelas	Sesi	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
XII MIPA 1	1	G4 MP	G8 ING	G17 FIS	G20 SBK	G8 ING	G3 EKO
	2	G16 TIK	G10 IND	G17 KIM	G10 IND	G2 ARB	G5 SND
	3	G11 SEJ	G4 MTK	G15 BIO	G15 BIO	G9 PAI	G4 MTK
	4	G5 PKN	G6 PKR	G6 SOS	G8 PJOK	G17 FIS	
XII MIPA 2	1	G8 PJOK	G6 SOS	G9 PAI	G15 BIO	G10 IND	G20 SBK
	2	G4 MTK	G17 FIS	G15 BIO	G17 FIS	G8 ING	G3 EKO
	3	G2 ARB	G8 ING	G11 SEJ	G6 PKR	G4 MTK	G5 SND
	4	G16 TIK	G17 KIM	G4 MP	G10 IND	G5 PKN	
XII IPS 1	1	G5 PKN	G5 SND	G6 PKR	G3 EKO	G15 GEO	G15 GEO
	2	G10 IND	G8 ING	G6 SOS	G8 PJOK	G15 BIO	G16 TIK
	3	G4 MTK	G10 IND	G4 MTK	G11 SEJ	G3 EKO	G20 SBK
	4	G2 ARB	G11 SP	G8 ING	G17 FIS	G9 PAI	
XII IPS 2	1	G20 SBK	G15 GEO	G8 ING	G10 IND	G2 ARB	G5 PKN
	2	G15 GEO	G6 SOS	G11 SEJ	G6 PKR	G9 PAI	G11 SP
	3	G8 PJOK	G5 SND	G3 EKO	G17 FIS	G15 BIO	G16 TIK
	4	G8 ING	G4 MTK	G10 IND	G3 EKO	G4 MTK	

Berdasarkan data Tabel 12-14 menunjukkan bahwa penjadwalan yang dibuat dengan cara manual, dalam pembuatan penjadwalan mata pelajaran dengan cara manual tidak optimal dikarenakan masih terdapat aturan yang belum terpenuhi, yakni pada kendala mata pelajaran yang gurunya sama harus dijadwalkan sesi yang berbeda. Sebagai contoh, G4 yang mengajar penuh pada hari Jumat, lalu ada pada mata pelajaran PenjaskesOrkes pada hari Kamis di kelas XI Mipa 2 dilaksanakan di sesi ke 4.

Tabel 15. Jadwal Mengajar Guru SMA Al-Hikmah

Guru	Sesi	Hari					
		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
G1	1	MP11,K8	MP15,K6	MP16,K2	MP16,K4	MP15,K5	MP16,K3
	2	MP15,K4	MP15,K1	MP16,K1	MP15,K3	MP16,K4	MP11,K7
	3	MP16,K3		MP15,K2		MP11,K8	
	4	MP11,K7			MP16,K2	MP16,K1	
G2	1				MP5,K5		MP5,K11
	2						
	3					MP5,K6	
	4	MP5,K10		MP5,K12	MP5,K9		
G3	1		MP18,K5				
	2			MP18,K12			MP18,K11
	3	MP18,K9			MP18,K10		MP18,K12
	4				MP18,K11		
G4	1	MP13,K7	MP13,K10	MP13,K6	MP13,K7	MP13,K11	MP13,K9
	2	MP13,K11	MP13,K5	MP13,K5	MP13,K8	MP13,K8	MP13,K10
	3	MP13,K12	MP12,K6		MP13,K12	MP12,K10	
	4	MP13,K9		MP12,K9	MP13,K6	MP12,K5	
G5	1	MP4,K9	MP8,K10			MP8,K12	MP4,K5
	2	MP4,K3					MP8,K9
	3	MP8,K11	MP4,K4	MP4,K12	MP4,K8	MP4,K1	MP4,K11
	4	MP4,K6	MP4,K2	MP4,K7	MP4,K10		
G6	1	MP17,K6		MP17,K12	MP6,K11	MP17,K9	
	2	MP6,K10	MP6,K9	MP17,K7	MP17,K10	MP17,K2	
	3		MP6,K12	MP17,K5	MP17,K1		
	4	MP17,K11	MP17,K3	MP17,K8	MP17,K4		

Tabel 15. (Lanjutan)

Guru	Sesi	Hari					
		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
G7	1					MP14,K4	
	2				MP14,K1	MP14,K3	
	3						
	4					MP14,K2	
G8	1	MP19,K12	MP19,K9	MP3,K9	MP3,K8	MP3,K7	
	2	MP3,K6	MP19,K11	MP3,K6	MP3,K11	MP3,K10	
	3	MP3,K5	MP3,K7	MP19,K10	MP3,K9	MP3,K12	
	4	MP3,K8	MP3,K10	MP3,K5	MP3,K12	MP3,K11	
G9	1		MP1,K8				
	2			MP1,K9		MP1,K11	
	3	MP1,K10	MP1,K5			MP1,K7	
	4		MP1,K6			MP1,K12	
G10	1		MP2,K1	MP2,K8	MP2,K10	MP2,K8	MP2,K7
	2		MP2,K10	MP2,K11	MP2,K12	MP2,K5	
	3	MP2,K6	MP2,K2	MP2,K9	MP2,K11	MP2,K9	MP2,K1
	4	MP2,K5	MP2,K12	MP2,K2	MP2,K7	MP2,K6	
G11	1	MP9,K5		MP10,K11	MP10,K12	MP9,K1	MP10,K8
	2	MP9,K2	MP9,K12	MP9,K10		MP10,K7	
	3		MP9,K8	MP9,K11		MP9,K3	MP9,K9
	4	MP9,K4	MP9,K7	MP9,K6			
G12	1	MP2,K4		MP2,K4		MP3,K2	MP3,K1
	2	MP3,K1	MP3,K4	MP3,K3		MP2,K3	
	3			MP3,K2	MP3,K3		MP2,K3
	4				MP3,K4		

Tabel 15. (Lanjutan)

Guru	Sesi	Hari					
		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
G13	1				MP5,K2		MP5,K4
	2	MP5,K7				MP5,K1	MP5,K3
	3						
	4					MP5,K8	
G14	1					MP8,K3	MP8,K6
	2				MP8,K5		MP8,K2
	3			MP8,K8		MP8,K4	MP8,K7
	4	MP8,K1					
G15	1	MP11,K11	MP16,K12				MP16,K10
	2	MP16,K9	MP16,K8		MP16,K6	MP11,K12	MP11,K12
	3		MP16,K11	MP16,K6	MP16,K5	MP11,K11	MP16,K5
	4		MP16,K9	MP16,K10		MP16,K7	
G16	1	MP7,K1			MP7,K9	MP7,K6	
	2	MP7,K12	MP6,K6	MP7,K8	MP7,K4	MP7,K11	MP6,K4
	3	MP7,K7	MP6,K3	MP6,K7	MP7,K2	MP6,K5	MP6,K8
	4	MP6,K2	MP7,K5	MP6,K1	MP7,K3	MP7,K10	
G17	1	MP14,K10				MP15,K10	MP14,K12
	2	MP14,K5			MP14,K9	MP14,K6	MP14,K6
	3	MP14,K8	MP14,K9		MP14,K7		MP14,K10
	4		MP14,K11		MP14,K5	MP15,K9	
G18	1		MP13,K2	MP13,K3	MP13,K1		MP13,K2
	2		MP13,K3	MP13,K4			MP13,K1
	3						MP13,K4
	4						

Tabel 15. (Lanjutan)

Guru	Sesi	Hari					
		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
G19	1	MP18,K3	MP18,K8	MP18,K7			
	2	MP18,K8			MP18,K7		
	3	MP18,K4		MP18,K3			
	4					MP18,K4	
G20	1	MP18,K2	MP20,K7	MP18,K1	MP18,K6		
	2				MP18,K2	MP20,K9	MP20,K5
	3	MP18,K1	MP20,K10	MP20,K4	MP20,K6	MP20,K2	
	4	MP20,K12	MP20,K1	MP20,K11	MP20,K8	MP20,K3	
G21	1		MP19,K4	MP19,K5	MP19,K3		
	2		MP19,K7	MP19,K2			MP19,K8
	3			MP19,K1			MP19,K6
	4						
G22	1		MP11,K3				
	2						
	3	MP11,K2	MP1,K1				MP1,K2
	4	MP1,K3	MP11,K4	MP1,K4	MP11,K1		

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tabel 12 terlihat bahwa jadwal mengajar guru dijadwalkan sesuai dengan fungsi kendala yang disesuaikan dengan aturan yang ada di SMA Al-Hikmah untuk setiap sesi, sehingga sesuai dengan fungsi objektifnya dan memenuhi kendala-kendala yang ada. Dapat dilihat bahwa pada hari senin, guru 1 mengajar mata pelajaran 11 disesi 1 dan 4, guru 7 mengajar mata pelajaran 14 dihari jumat dan seterusnya untuk hari berikutnya.

Tabel 16. Total bobot jadwal mata pelajaran setiap pekannya menggunakan cara manual

Indeks (k)	Mata Pelajaran	Jumlah bobot per pekan				Total Bobot
		Bobot 1	Bobot 2	Bobot 3	Bobot 4	
1	Pendidikan Agama Islam	1	2	5	8	16
2	Bahasa Indonesia	5	5	12	10	32
3	Bahasa Inggris	5	6	12	12	35
4	Bahasa Sunda	2	1	5	4	12
5	Bahasa Arab	4	3	1	4	12
6	Sosiologi	1	4	10	4	19
7	Teknologi dan Informatika	3	4	2	3	12
8	Pendidikan Kewarganegaraan	4	3	4	1	12
9	Sejarah	2	3	4	6	15
10	Sejarah Peminataan	3	1	0	0	4
11	Geografi	3	2	6	6	17
12	Matematika Peminataan	0	0	2	2	4
13	Matematika Wajib	8	14	4	6	32
14	Fisika	3	5	8	6	22
15	Kimia	3	3	2	2	10
16	Biologi	5	5	8	10	28
17	Prakarya	3	3	2	4	12
18	Ekonomi	7	5	18	2	32
19	PenjaskesOrkes	5	4	6	0	15
20	Seni Budaya	1	2	4	5	12
Total						353

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada pada Tabel 16 diberikan jumlah sesi per mata pelajaran setiap pekannya dan total bobot mata pelajaran yang dibuat secara manual didapatkan total bobot sebesar 353, persentase perbaikan penjadwalan mata Pelajaran menggunakan metode *Integer Linear Programming* diperhitungkan = $(33/353) \times 100\% = 9.34\%$ perbaikannya. Hasil yang didapat cukup baik karena hanya ada 2 sesi mata pelajaran Matematika wajib yang dijadwalkan pada sesi empat dengan bobot tiga. Mata pelajaran inti lebih banyak dijadwalkan pada sesi satu dan dua, mata pelajaran inti yaitu Bahasa Indonesia, Bahasa Inggris dan Matematika wajib.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini telah diperlihatkan penyelesaian masalah penjadwalan mata pelajaran menggunakan metode *Integer Linear Programming* dengan bantuan *software Lingo 11.0*, menggunakan beberapa kendala atau aturan terkait penjadwalan mata pelajaran yang ada di SMA Al-Hikmah. Penjadwalan mata pelajaran yang dihasilkan dengan menggunakan metode ini lebih optimal dibandingkan dengan penjadwalan yang dibuat secara manual. Dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming* didapatkan solusi optimal berupa penjadwalan mata pelajaran dengan fungsi kendala yang disesuaikan dan memenuhi semua kendala atau aturan yang ada di SMA Al-Hikmah dengan meminimumkan total bobot mata pelajaran, sehingga didapatkan penjadwalan mata pelajaran yang lebih baik.

5.2 Saran

Hasil penelitian ini dapat di manfaatkan sebagai informasi dan refrensi bagi SMA Al-Hikmah dalam pembuatan penjadwalan mata pelajaran yang optimal menggunakan metode *Integer Linear Programming* dengan bantuan *software Lingo 11.0*. Penelitian ini juga menyarankan kepada pihak SMA Al-Hikmah untuk menambah beberapa guru lagi untuk mengajar mata pelajaran.

Penelitian selanjutnya bisa untuk melanjutkan apa yang sudah peneliti lakukan antara lain meminimumkan total bobot mata pelajaran dengan menggunakan metode lain misalnya metode *goal programming* atau jenis metode yang bisa di gunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan mata pelajaran tersebut, ataupun menggunakan aplikasi lain seperti aplikasi *python* atau sebagainya, agar tidak terjadi tabrakan jadwal guru yang mengajar. Dengan mempertimbangkan beberapa kendala yang sesuai dengan kebutuhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidah, A. N., Kustiawati, D., Oktaviani, A. N., Syauqiyah, P. S., & Usman, S. M. N. (2022). Penerapan Program Linear dalam Memaksimalkan Keuntungan Produksi Penjualan Menggunakan Metode Grafik. *Jurnal Pendidikan dan Konseling (JPDK)*, 4(6), 4880-4887.
- Al Muzakki, N. F., & Astuti, Y. P. (2021). Optimasi Produksi Gerabah dengan Metode *Round Off* dan *Branch and Bound* Terhadap UKM Dewi Sri Teracotta. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 9(2), 251-259.
- Aminuddin. (2005). *Prinsip-Prinsip Riset Operasi*. Jakarta: Erlangga.
- Asmara, T., Rahmawati, M., Aprilla, M., Harahap, E., & Darmawan, D. (2018). Strategi Pembelajaran Pemrograman Linier Menggunakan Metode Grafik Dan Simpleks. *Teknologi Pembelajaran*, 3(1).
- Azzahrha, F. K., Sari, R. P., & Fauzi, M. D. R. (2021). Optimalisasi Produksi Tahu Menggunakan Metode *Branch and Bound* dan *Cutting Plane*. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, 6(2), 175-184
- Basriati, S. (2018). *Integer Linear Programming* dengan Pendekatan Metode *Cutting Plane* dan *Branch and Bound* untuk Optimasi Produksi Tahu. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 4(2), 95-104.
- Chang, L. S., & Kahar, MN, M. (2018). *Modelling The Universiti Malaysia Pahang Examination Timetabling Problem*. *International Journal of Software Engineering and Computer Systems*, 4(1), 106-119.
- Chen, M.C., Goh, S.L., Sabar, N.R., & Kendall, G. (2021) 'A survey of university course timetabling problem: Perspectives, trends and opportunities', IEEE Access, 9, 106515-106529.
- Firdaus, F. (2017). Implementasi Penjadwalan Kuliah Job Shop Dengan Perancangan Jadwal Kuliah Menggunakan *Constraints Programming*. *Sinkron: jurnal dan penelitian teknik informatika*, 1(2).
- Handayani, S., Rinaldi, A., & Andriani, S. (2022). Optimalisasi Keuntungan Digital Printing Menggunakan *Branch and Bound* serta *Cutting Plane* Berbasis *R Software*. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains dan Teknologi*, 10(2), 303-313.
- Hidayat, F., Hartama, D., Windarto, A. P., Wanto, A., & Poningsih, P. (2019). Model Optimasi Penentuan Jumlah Dosen dan Ruangan Pada Proses Belajar Mengajar dengan Model *Integer Linear Programming*. In *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)* (Vol. 1, pp. 265-273).
- Hikmah, H., & Amin, N. (2017). Aplikasi *Integer Linear Programming* (Ilp) untuk Meminimumkan Biaya Produksi pada Siaputo Aluminium. *Saintifik*, 3(2), 128-135.

- Hutomo, A. R., Fitrananda, A., Marshadiany, A., Prikarti, G. P., & Imah, E. M. (2011). Implementasi Algoritma *Integer Linear Programming* untuk Sistem Informasi Penjadwalan Ruangan di Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia. *Jurnal Sistem Informasi*, 7(1), 25-33.
- Irsyad, I., Katili, M. R., & Achmad, N. (2020). Penerapan Metode *Integer Linear Programming* Pada Penjadwalan Karyawan. *Jurnal Riset dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, 4(1), 63-73.
- Izzudin, M. (2015). Penjadwalan Mata Pelajaran di Sekolah: Studi Kasus di SMPIT Nurul Fajar Bogor.
- Kurniawati, A. T. (2015). Sistem Aplikasi Penjadwalan Ruang Kuliah dengan Metode *Integer Linier Programming* pada Fakultas Teknologi Informasi ITATS. *Jurnal IPTEK*, 19(2), 59-66.
- Lalang, D., Silalahi, B. P., & Bukhari, F. (2018). Vehicle Routing Problem Time Windows Dengan Pengemudi Sesekali. *MILANG Journal of Mathematics and Its Applications*, 17(2), 87-99.
- Lesmana, E., Badrulfalah, B., & Bahtiar, B. (2018). Aplikasi Model *Mixed Integer Linear Programming* Untuk Pengolahan Dan Pendistribusian Ikan Pada Industri Perikanan (Studi Kasus: Pt. Multi Mina Rejeki). *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 3(2), 195-206.
- Maspaitella, B. J., & Tupan, J. M. (2016). Model *Integer Programming* (Studi Kasus Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon). *Arika*, 10(1), 31-40.
- Mohungo, S. M., Yahya, L., Resmawan, R., & Wungguli, D. (2021). Penerapan Model *Integer Linear Programming* pada Penjadwalan Petugas Satuan Pengamanan. *Euclid*, 8(1), 6-15.
- Motozawa, Y. (2009). *Analysis of Linear, Integer, and Binary Programming and their Applications*. University of Houston-Downtown Senior Project Fall.
- Munirah, M. (2017). Kajian terhadap beberapa metode optimasi (*Survey of optimization methods*). *JUITA: Jurnal Informatika*, 5(1), 45-50.
- Nur, D. P. A., Adawiyah, R., & Ningsih, K. E. (2018). Optimalisasi Keuntungan Atas Produk-Produk Pada Usaha Sanggar Ukir Kayu di Tenggaraong (Penerapan *Linear Programming* Dengan Metode Simpleks). *Jurnal Ekonomi & Manajemen Indonesia*, 18(1).
- Pangestu, M. A., Ulfiyati, Y., & Erwanto, Z. (2022). Penerapan Metode Simpleks Dalam Optimasi Biaya Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan *Cut and Fill* Proyek Workshop Pt. Inka Persero. *Jurnal Riset Teknik Sipil Dan Sains*, 1(1), 35-40.
- Rao, S.S. 2020. *Engineering Optimization Theory and Practice*. 5th edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.

- Ribić, S., & Konjicija, S. (2010). A two phase *integer linear programming* approach to solving the school timetable problem. In *Proceedings of the ITI 2010, 32nd International Conference on Information Technology Interfaces* (pp. 651-656). IEEE.
- Saefurrohman, G. (2021) Masalah Penjadwalan Mata Pelajaran Studi Kasus di SMA Plus Liwaul Furqan Bogor.
- Safitri, E., Basriati, S., & Ramadhania, C. (2020). Penyelesaian *Integer Linear Programming* menggunakan Metode Reduksi Variabel (Studi Kasus: Zee Studio Photography). *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 6(2), 1-11.
- Sari, R. F., Aprilia, R., & Rollingka, H. P. (2022). Optimisasi Keuntungan Penjualan Kopi di Warung Bandar Kopi Deli Serdang dengan Metode *Cutting Plane*. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 6(2), 316-323.
- Sharma, V., Jain, V.K., Kumar, A. 2021. *An Introductin to Optimization Techniques*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Taha, H.A. 2017. *Operation Research an Introduction*. 10th edition. Edinburgh: Pearson.
- Vanderbei, R.J. 2020. *Linear Programming Foundations and Extentions*. 5 th edition. Cham, Switzerland: Springer.
- Widyastiti, M., & Sumarsa, A. (2021). Pemrograman Linier Bilangan Bulat Dalam Menentukan Banyaknya Perawat Yang Bekerja Di Rumah Sakit. *Sainstek*, 5(1), 170-179.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Model Penjadwalan Mata Pelajaran SMA Al-Hikmah

```
Model:
Title Jadwal Kegiatan Belajar Mengajar SMA Al Hikmah;
Sets:
GURU/G1..G22/;
MAPEL/MP1..MP20/;
!
1. Pendidikan Agama Islam
2. Bahasa Indonesia
3. Bahasa Inggris
4. Bahasa Sunda
5. Bahasa Arab
6. Sosiologi
7. Teknologi dan Informatika
8. Pendidikan Kewarganegaraan
9. Sejarah
10. Sejarah Peminatan
11. Geografi
12. Matematika Peminatan
13. Matematika Wajib
14. Fisika
15. Kimia
16. Biologi
17. Prakarya
18. Ekonomi
19. Penjaskes
20. Seni Budaya
;
KELAS/K1..K12/;
HARI/H1..H6/;
SESI/S1..S4/;
LINKS(guru,mapel,kelas,hari,sesi):X;
LINKS1(guru,mapel):A;
LINKS2(mapel,sesi):B;
LINKS3(guru,mapel,kelas):C;
Endsets
Data:
!Keahlian guru;
A=
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0
0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0
```

```
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;
```

!Bobot mata pelajaran per sesi;

```
B=
1 1 1 1
1 1 2 2
1 1 2 2
1 1 1 1
1 1 2 2
1 1 1 1
1 1 1 1
1 1 1 2
1 1 1 1
1 1 1 1
1 1 2 2
1 1 1 1
1 1 2 3
1 1 2 2
1 1 2 2
1 1 2 2
1 1 1 1
1 1 2 2
1 1 2 3
1 1 1 1;
```

!Jumlah jam mengajar guru dalam seminggu;

```
C=
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 2 2 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0
2 2 2 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```


!PADA HARI SABTU SESI 4 TIDAK DILAKSANAKAN KEGIATAN BELAJAR DAN MENGAJAR;
@FOR (KELAS (N) : @FOR (HARI (I) | I#EQ#6 : @FOR (SESI (J) | J#EQ#4 : @SUM (GURU (M) : @SUM (MAPEL (K) : X (M, K, N, I, J))) = 0))) ;

!DALAM 1 SESI HANYA ADA 1 GURU DAN 1 MATA PELAJARAN;
@FOR (KELAS (N) : @FOR (HARI (I) : @FOR (SESI (J) | J#NE#7 : @SUM (GURU (M) | M#NE#1 : @SUM (MAPEL (K) | K#LE#14 : X (M, K, N, I, J))) <= 1))) ;

!TIDAK BOLEH ADA GURU MATA PELAJARAN YANG MENGAJAR DI DUA KELAS ATAU LEBIH PADA SESI YANG SAMA;
@FOR (GURU (M) | M#LE#20 : @FOR (HARI (I) : @FOR (SESI (J) : @SUM (KELAS (N) : @SUM (MAPEL (K) | K#LE#20 : X (M, K, N, I, J))) <= 1))) ;

!SETIAP MATA PELAJARAN YANG PENGAJARNYA SAMA HARUS DIJADWALKAN PADA SESI WAKTU BERBEDA;
@FOR (GURU (M) | M#LE#1 : @FOR (MAPEL (K) : @FOR (HARI (I) : @SUM (SESI (J) | J#EQ#4 : @SUM (KELAS (N) | N#LE#11 : X (M, K, N, I, J))) <= 1))) ;

!SETIAP MATA PELAJARAN TIDAK DIBOLEHKAN DIAJARKAN LEBIH DARI SATU SESI PADA SESI YANG SAMA;
@FOR (KELAS (N) : @FOR (HARI (I) : @FOR (SESI (J) | J#EQ#1 : @SUM (GURU (M) : @SUM (MAPEL (K) | K#LE#21 : X (M, K, N, I, J))) >= 1))) ;

!TIDAK ADA PELAJARAN PENJASKESORKES PADA HARI JUMAT;
@FOR (KELAS (N) : @FOR (HARI (I) | I#EQ#5 : @FOR (SESI (J) : @SUM (GURU (M) : @SUM (MAPEL (K) | K#EQ#19 : X (M, K, N, I, J))) = 0))) ;

!GURU YANG DIJADWALKAN PADA BEBERAPA HARI SAJA DALAM SEMINGGU MAKA UNTUK HARI DI MANA GURU TERSEBUT TIDAK DIJADWALKAN MENGAJAR;
@FOR (KELAS (N) : @FOR (HARI (I) | I#EQ#6 : @FOR (GURU (M) | M#EQ#6 : @SUM (MAPEL (K) : @SUM (SESI (J) : X (M, K, N, I, J))) = 0))) ;
@FOR (KELAS (N) : @FOR (HARI (I) | I#EQ#6 : @FOR (GURU (M) | M#EQ#8 : @SUM (MAPEL (K) : @SUM (SESI (J) : X (M, K, N, I, J))) = 0))) ;
@FOR (KELAS (N) : @FOR (HARI (I) | I#EQ#6 : @FOR (GURU (M) | M#EQ#9 : @SUM (MAPEL (K) : @SUM (SESI (J) : X (M, K, N, I, J))) = 0))) ;
@FOR (KELAS (N) : @FOR (HARI (I) | I#EQ#2 : @FOR (GURU (M) | M#EQ#14 : @SUM (MAPEL (K) : @SUM (SESI (J) : X (M, K, N, I, J))) = 0))) ;
@FOR (KELAS (N) : @FOR (HARI (I) | I#EQ#3 : @FOR (GURU (M) | M#EQ#17 : @SUM (MAPEL (K) : @SUM (SESI (J) : X (M, K, N, I, J))) = 0))) ;
@FOR (KELAS (N) : @FOR (HARI (I) | I#EQ#5 : @FOR (GURU (M) | M#EQ#18 : @SUM (MAPEL (K) : @SUM (SESI (J) : X (M, K, N, I, J))) = 0))) ;
@FOR (KELAS (N) : @FOR (HARI (I) | I#EQ#5 : @FOR (GURU (M) | M#EQ#22 : @SUM (MAPEL (K) : @SUM (SESI (J) : X (M, K, N, I, J))) = 0))) ;

!KENDALA BINER;
@FOR (LINKS (M, K, N, I, J) : @BIN (X (M, K, N, I, J))) ;

Global optimal solution found.

Objective value:	320.0000
Objective bound:	320.0000
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	22826

Model Title: Jadwal Kegiatan Belajar Mengajar SMA Al Hikmah

Variable	Value	Reduced Cost
X(G1, MP11, K7, H1, S4)	1.000000	2.000000
X(G1, MP11, K7, H6, S2)	1.000000	1.000000
X(G1, MP11, K8, H1, S1)	1.000000	1.000000
X(G1, MP11, K8, H5, S3)	1.000000	2.000000
X(G1, MP15, K1, H2, S2)	1.000000	1.000000
X(G1, MP15, K2, H3, S3)	1.000000	2.000000
X(G1, MP15, K3, H4, S2)	1.000000	1.000000
X(G1, MP15, K4, H1, S2)	1.000000	1.000000
X(G1, MP15, K5, H5, S1)	1.000000	1.000000
X(G1, MP15, K6, H2, S1)	1.000000	1.000000
X(G1, MP16, K1, H3, S2)	1.000000	1.000000
X(G1, MP16, K1, H5, S4)	1.000000	2.000000
X(G1, MP16, K2, H3, S1)	1.000000	1.000000
X(G1, MP16, K2, H4, S4)	1.000000	2.000000
X(G1, MP16, K3, H1, S3)	1.000000	2.000000
X(G1, MP16, K3, H6, S1)	1.000000	1.000000
X(G1, MP16, K4, H4, S1)	1.000000	1.000000
X(G1, MP16, K4, H5, S2)	1.000000	1.000000
X(G2, MP5, K5, H4, S1)	1.000000	2.000000
X(G2, MP5, K6, H5, S3)	1.000000	1.000000
X(G2, MP5, K9, H4, S4)	1.000000	1.000000
X(G2, MP5, K10, H1, S4)	1.000000	1.000000
X(G2, MP5, K11, H6, S1)	1.000000	1.000000
X(G2, MP5, K12, H3, S4)	1.000000	2.000000
X(G3, MP18, K5, H2, S1)	1.000000	1.000000
X(G3, MP18, K9, H1, S3)	1.000000	1.000000
X(G3, MP18, K10, H4, S3)	1.000000	1.000000
X(G3, MP18, K11, H4, S4)	1.000000	2.000000
X(G3, MP18, K11, H6, S2)	1.000000	1.000000
X(G3, MP18, K12, H3, S2)	1.000000	1.000000
X(G3, MP18, K12, H6, S3)	1.000000	2.000000
X(G4, MP12, K5, H5, S4)	1.000000	1.000000
X(G4, MP12, K6, H2, S3)	1.000000	1.000000
X(G4, MP12, K9, H3, S4)	1.000000	1.000000
X(G4, MP12, K10, H5, S3)	1.000000	1.000000
X(G4, MP13, K5, H2, S2)	1.000000	1.000000
X(G4, MP13, K5, H3, S2)	1.000000	1.000000
X(G4, MP13, K6, H3, S1)	1.000000	1.000000
X(G4, MP13, K6, H4, S4)	1.000000	1.000000
X(G4, MP13, K7, H1, S1)	1.000000	1.000000
X(G4, MP13, K7, H4, S1)	1.000000	1.000000
X(G4, MP13, K8, H4, S2)	1.000000	1.000000
X(G4, MP13, K8, H5, S2)	1.000000	2.000000
X(G4, MP13, K9, H1, S4)	1.000000	1.000000
X(G4, MP13, K9, H6, S1)	1.000000	1.000000
X(G4, MP13, K10, H2, S1)	1.000000	2.000000
X(G4, MP13, K10, H6, S2)	1.000000	1.000000
X(G4, MP13, K11, H1, S2)	1.000000	1.000000
X(G4, MP13, K11, H5, S1)	1.000000	1.000000

X(G4, MP13, K12, H1, S3)	1.000000	2.000000
X(G4, MP13, K12, H4, S3)	1.000000	2.000000
X(G5, MP4, K1, H5, S3)	1.000000	1.000000
X(G5, MP4, K2, H2, S4)	1.000000	1.000000
X(G5, MP4, K3, H1, S2)	1.000000	1.000000
X(G5, MP4, K4, H2, S3)	1.000000	1.000000
X(G5, MP4, K5, H6, S1)	1.000000	1.000000
X(G5, MP4, K6, H1, S4)	1.000000	1.000000
X(G5, MP4, K7, H3, S4)	1.000000	1.000000
X(G5, MP4, K8, H4, S3)	1.000000	1.000000
X(G5, MP4, K9, H1, S1)	1.000000	1.000000
X(G5, MP4, K10, H4, S4)	1.000000	1.000000
X(G5, MP4, K11, H6, S3)	1.000000	1.000000
X(G5, MP4, K12, H3, S3)	1.000000	1.000000
X(G5, MP8, K9, H6, S2)	1.000000	1.000000
X(G5, MP8, K10, H2, S1)	1.000000	1.000000
X(G5, MP8, K11, H1, S3)	1.000000	1.000000
X(G5, MP8, K12, H5, S1)	1.000000	1.000000
X(G6, MP6, K9, H2, S2)	1.000000	1.000000
X(G6, MP6, K10, H1, S2)	1.000000	1.000000
X(G6, MP6, K11, H4, S1)	1.000000	1.000000
X(G6, MP6, K12, H2, S3)	1.000000	1.000000
X(G6, MP17, K1, H4, S3)	1.000000	1.000000
X(G6, MP17, K2, H5, S2)	1.000000	1.000000
X(G6, MP17, K3, H2, S4)	1.000000	1.000000
X(G6, MP17, K4, H4, S4)	1.000000	1.000000
X(G6, MP17, K5, H3, S3)	1.000000	1.000000
X(G6, MP17, K6, H1, S1)	1.000000	1.000000
X(G6, MP17, K7, H3, S2)	1.000000	1.000000
X(G6, MP17, K8, H3, S4)	1.000000	1.000000
X(G6, MP17, K9, H5, S1)	1.000000	1.000000
X(G6, MP17, K10, H1, S2)	1.000000	1.000000
X(G6, MP17, K11, H4, S1)	1.000000	1.000000
X(G6, MP17, K12, H2, S3)	1.000000	1.000000
X(G7, MP14, K1, H4, S2)	1.000000	1.000000
X(G7, MP14, K2, H5, S4)	1.000000	1.000000
X(G7, MP14, K3, H5, S2)	1.000000	1.000000
X(G7, MP14, K4, H5, S1)	1.000000	1.000000
X(G8, MP3, K5, H1, S3)	1.000000	2.000000
X(G8, MP3, K5, H3, S4)	1.000000	2.000000
X(G8, MP3, K6, H1, S2)	1.000000	1.000000
X(G8, MP3, K6, H3, S2)	1.000000	1.000000
X(G8, MP3, K7, H2, S3)	1.000000	2.000000
X(G8, MP3, K7, H5, S1)	1.000000	1.000000
X(G8, MP3, K8, H1, S4)	1.000000	2.000000
X(G8, MP3, K8, H4, S1)	1.000000	1.000000
X(G8, MP3, K9, H3, S1)	1.000000	1.000000
X(G8, MP3, K9, H4, S3)	1.000000	2.000000
X(G8, MP3, K10, H2, S4)	1.000000	2.000000
X(G8, MP3, K10, H5, S2)	1.000000	1.000000
X(G8, MP3, K11, H4, S2)	1.000000	1.000000
X(G8, MP3, K11, H5, S4)	1.000000	2.000000
X(G8, MP3, K12, H4, S4)	1.000000	2.000000
X(G8, MP3, K12, H5, S3)	1.000000	2.000000
X(G8, MP19, K9, H2, S1)	1.000000	1.000000
X(G8, MP19, K10, H3, S3)	1.000000	2.000000
X(G8, MP18, K11, H2, S2)	1.000000	1.000000
X(G8, MP19, K12, H1, S1)	1.000000	1.000000
X(G9, MP1, K5, H2, S3)	1.000000	1.000000

X(G9, MP1, K6, H2, S4)	1.000000	1.000000
X(G9, MP1, K7, H5, S3)	1.000000	1.000000
X(G9, MP1, K8, H2, S1)	1.000000	1.000000
X(G9, MP1, K9, H3, S2)	1.000000	1.000000
X(G9, MP1, K10, H1, S3)	1.000000	1.000000
X(G9, MP1, K11, H5, S2)	1.000000	1.000000
X(G9, MP1, K12, H5, S4)	1.000000	1.000000
X(G10, MP2, K1, H2, S1)	1.000000	1.000000
X(G10, MP2, K1, H6, S3)	1.000000	2.000000
X(G10, MP2, K2, H2, S3)	1.000000	2.000000
X(G10, MP2, K2, H3, S4)	1.000000	2.000000
X(G10, MP2, K5, H1, S4)	1.000000	2.000000
X(G10, MP2, K5, H5, S2)	1.000000	1.000000
X(G10, MP2, K6, H1, S3)	1.000000	1.000000
X(G10, MP2, K6, H5, S4)	1.000000	2.000000
X(G10, MP2, K7, H4, S4)	1.000000	2.000000
X(G10, MP2, K7, H6, S1)	1.000000	1.000000
X(G10, MP2, K8, H3, S1)	1.000000	1.000000
X(G10, MP2, K8, H5, S1)	1.000000	1.000000
X(G10, MP2, K9, H3, S3)	1.000000	1.000000
X(G10, MP2, K9, H5, S3)	1.000000	2.000000
X(G10, MP2, K10, H2, S2)	1.000000	1.000000
X(G10, MP2, K10, H4, S1)	1.000000	1.000000
X(G10, MP2, K11, H3, S2)	1.000000	1.000000
X(G10, MP2, K11, H4, S3)	1.000000	2.000000
X(G10, MP2, K12, H2, S4)	1.000000	1.000000
X(G10, MP2, K12, H4, S2)	1.000000	1.000000
X(G11, MP9, K1, H5, S1)	1.000000	1.000000
X(G11, MP9, K2, H1, S2)	1.000000	1.000000
X(G11, MP9, K3, H5, S3)	1.000000	1.000000
X(G11, MP9, K4, H1, S4)	1.000000	1.000000
X(G11, MP9, K5, H1, S1)	1.000000	1.000000
X(G11, MP9, K6, H3, S4)	1.000000	1.000000
X(G11, MP9, K7, H2, S4)	1.000000	1.000000
X(G11, MP9, K8, H2, S3)	1.000000	1.000000
X(G11, MP9, K9, H6, S3)	1.000000	1.000000
X(G11, MP9, K10, H3, S2)	1.000000	1.000000
X(G11, MP9, K11, H3, S3)	1.000000	1.000000
X(G11, MP9, K12, H2, S2)	1.000000	1.000000
X(G11, MP10, K7, H5, S2)	1.000000	1.000000
X(G11, MP10, K8, H6, S1)	1.000000	1.000000
X(G11, MP10, K11, H3, S1)	1.000000	1.000000
X(G11, MP10, K12, H4, S1)	1.000000	1.000000
X(G12, MP2, K3, H5, S3)	1.000000	1.000000
X(G12, MP2, K3, H6, S4)	1.000000	1.000000
X(G12, MP2, K4, H1, S1)	1.000000	1.000000
X(G12, MP2, K4, H3, S1)	1.000000	1.000000
X(G12, MP3, K1, H1, S2)	1.000000	1.000000
X(G12, MP3, K1, H6, S1)	1.000000	1.000000
X(G12, MP3, K2, H3, S3)	1.000000	1.000000
X(G12, MP3, K2, H5, S1)	1.000000	1.000000
X(G12, MP3, K3, H3, S2)	1.000000	1.000000
X(G12, MP3, K3, H4, S4)	1.000000	1.000000
X(G12, MP3, K4, H2, S2)	1.000000	1.000000
X(G12, MP3, K4, H4, S4)	1.000000	1.000000
X(G13, MP5, K1, H5, S2)	1.000000	1.000000
X(G13, MP5, K2, H4, S1)	1.000000	1.000000
X(G13, MP5, K3, H6, S2)	1.000000	1.000000
X(G13, MP5, K4, H6, S1)	1.000000	1.000000

X(G13, MP5, K7, H1, S2)	1.000000	1.000000
X(G13, MP5, K8, H5, S4)	1.000000	1.000000
X(G14, MP8, K1, H1, S4)	1.000000	1.000000
X(G14, MP8, K2, H6, S2)	1.000000	1.000000
X(G14, MP8, K3, H5, S1)	1.000000	1.000000
X(G14, MP8, K4, H5, S3)	1.000000	1.000000
X(G14, MP8, K5, H4, S2)	1.000000	1.000000
X(G14, MP8, K6, H6, S1)	1.000000	1.000000
X(G14, MP8, K7, H6, S3)	1.000000	1.000000
X(G14, MP8, K8, H3, S3)	1.000000	1.000000
X(G15, MP11, K11, H1, S1)	1.000000	1.000000
X(G15, MP11, K11, H5, S3)	1.000000	1.000000
X(G15, MP11, K12, H5, S2)	1.000000	1.000000
X(G15, MP11, K12, H6, S2)	1.000000	1.000000
X(G15, MP16, K5, H4, S3)	1.000000	1.000000
X(G15, MP16, K5, H6, S3)	1.000000	1.000000
X(G15, MP16, K6, H3, S3)	1.000000	1.000000
X(G15, MP16, K6, H4, S2)	1.000000	1.000000
X(G15, MP16, K7, H5, S4)	1.000000	2.000000
X(G15, MP16, K8, H2, S2)	1.000000	1.000000
X(G15, MP16, K9, H1, S2)	1.000000	2.000000
X(G15, MP16, K9, H2, S4)	1.000000	1.000000
X(G15, MP16, K10, H3, S4)	1.000000	2.000000
X(G15, MP16, K10, H6, S1)	1.000000	1.000000
X(G15, MP16, K11, H2, S3)	1.000000	2.000000
X(G15, MP16, K12, H2, S1)	1.000000	1.000000
X(G16, MP6, K1, H3, S4)	1.000000	1.000000
X(G16, MP6, K2, H1, S4)	1.000000	1.000000
X(G16, MP6, K3, H2, S3)	1.000000	1.000000
X(G16, MP6, K4, H6, S2)	1.000000	1.000000
X(G16, MP6, K5, H5, S3)	1.000000	1.000000
X(G16, MP6, K6, H2, S2)	1.000000	1.000000
X(G16, MP6, K7, H3, S3)	1.000000	1.000000
X(G16, MP6, K8, H6, S3)	1.000000	1.000000
X(G16, MP7, K1, H1, S1)	1.000000	1.000000
X(G16, MP7, K2, H4, S3)	1.000000	1.000000
X(G16, MP7, K3, H4, S4)	1.000000	1.000000
X(G16, MP7, K4, H4, S2)	1.000000	1.000000
X(G16, MP7, K5, H2, S4)	1.000000	1.000000
X(G16, MP7, K6, H5, S1)	1.000000	1.000000
X(G16, MP7, K7, H1, S3)	1.000000	1.000000
X(G16, MP7, K8, H3, S2)	1.000000	1.000000
X(G16, MP7, K9, H4, S1)	1.000000	1.000000
X(G16, MP7, K10, H5, S4)	1.000000	1.000000
X(G16, MP7, K11, H5, S2)	1.000000	1.000000
X(G16, MP7, K12, H1, S2)	1.000000	1.000000
X(G17, MP14, K5, H1, S2)	1.000000	1.000000
X(G17, MP14, K5, H4, S4)	1.000000	2.000000
X(G17, MP14, K6, H5, S2)	1.000000	1.000000
X(G17, MP14, K6, H6, S2)	1.000000	1.000000
X(G17, MP14, K7, H4, S3)	1.000000	2.000000
X(G17, MP14, K8, H1, S3)	1.000000	2.000000
X(G17, MP14, K9, H2, S3)	1.000000	2.000000
X(G17, MP14, K9, H4, S2)	1.000000	1.000000
X(G17, MP14, K10, H1, S1)	1.000000	1.000000
X(G17, MP14, K10, H6, S3)	1.000000	2.000000
X(G17, MP14, K11, H2, S4)	1.000000	1.000000
X(G17, MP14, K12, H6, S1)	1.000000	1.000000
X(G17, MP15, K9, H5, S4)	1.000000	2.000000

X(G17, MP15, K10, H5, S1)	1.000000	1.000000
X(G18, MP13, K1, H4, S1)	1.000000	1.000000
X(G18, MP13, K1, H6, S2)	1.000000	1.000000
X(G18, MP13, K2, H2, S1)	1.000000	1.000000
X(G18, MP13, K2, H6, S1)	1.000000	1.000000
X(G18, MP13, K3, H3, S1)	1.000000	1.000000
X(G18, MP13, K3, H2, S2)	1.000000	1.000000
X(G18, MP13, K4, H3, S2)	1.000000	1.000000
X(G18, MP13, K4, H6, S3)	1.000000	1.000000
X(G19, MP18, K3, H1, S1)	1.000000	1.000000
X(G19, MP18, K3, H3, S3)	1.000000	1.000000
X(G19, MP18, K4, H1, S3)	1.000000	1.000000
X(G19, MP18, K4, H5, S4)	1.000000	1.000000
X(G19, MP18, K7, H3, S1)	1.000000	1.000000
X(G19, MP18, K7, H4, S2)	1.000000	1.000000
X(G19, MP18, K8, H1, S2)	1.000000	1.000000
X(G19, MP18, K8, H2, S1)	1.000000	1.000000
X(G20, MP18, K1, H1, S3)	1.000000	1.000000
X(G20, MP18, K1, H3, S1)	1.000000	1.000000
X(G20, MP18, K2, H1, S1)	1.000000	1.000000
X(G20, MP18, K2, H4, S2)	1.000000	1.000000
X(G20, MP18, K6, H4, S1)	1.000000	1.000000
X(G20, MP20, K1, H2, S4)	1.000000	1.000000
X(G20, MP20, K2, H5, S3)	1.000000	1.000000
X(G20, MP20, K3, H5, S4)	1.000000	1.000000
X(G20, MP20, K4, H3, S3)	1.000000	1.000000
X(G20, MP20, K5, H6, S2)	1.000000	1.000000
X(G20, MP20, K6, H4, S3)	1.000000	1.000000
X(G20, MP20, K7, H2, S1)	1.000000	1.000000
X(G20, MP20, K8, H4, S4)	1.000000	1.000000
X(G20, MP20, K9, H5, S2)	1.000000	1.000000
X(G20, MP20, K10, H2, S3)	1.000000	1.000000
X(G20, MP20, K11, H3, S4)	1.000000	1.000000
X(G20, MP20, K12, H1, S4)	1.000000	1.000000
X(G21, MP19, K1, H3, S3)	1.000000	1.000000
X(G21, MP19, K2, H3, S2)	1.000000	1.000000
X(G21, MP19, K3, H4, S1)	1.000000	1.000000
X(G21, MP19, K4, H2, S1)	1.000000	1.000000
X(G21, MP19, K5, H3, S1)	1.000000	1.000000
X(G21, MP19, K6, H6, S3)	1.000000	1.000000
X(G21, MP19, K7, H2, S2)	1.000000	1.000000
X(G21, MP19, K8, H6, S2)	1.000000	1.000000
X(G22, MP1, K1, H2, S3)	1.000000	1.000000
X(G22, MP1, K2, H6, S3)	1.000000	1.000000
X(G22, MP1, K3, H1, S4)	1.000000	1.000000
X(G22, MP1, K4, H3, S4)	1.000000	1.000000
X(G22, MP11, K1, H4, S4)	1.000000	1.000000
X(G22, MP11, K2, H1, S3)	1.000000	1.000000
X(G22, MP11, K3, H2, S1)	1.000000	1.000000
X(G22, MP11, K4, H2, S4)	1.000000	1.000000