

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Saat ini sistem pembelajaran yang diterapkan dalam ranah universitas umumnya terbagi menjadi dua, yaitu *problem-based learning* dan kurikulum konvensional. *Problem-based learning* (PBL) merupakan proses pembelajaran yang membuat mahasiswa secara mandiri belajar dalam menghadapi permasalahan nyata, sistem pembelajaran ini sudah umum diterapkan khususnya pada fakultas kedokteran [1, 2]. Sistem PBL ini umumnya juga diikuti dengan sistem blok yang serupa dengan istilah peminatan, sehingga proses belajar lebih berfokus pada bidang-bidang tertentu saja [1]. Disamping sistem PBL, terdapat sistem kurikulum konvensional yang diterapkan melalui perkuliahan teori dan praktikum yang lebih terorganisir [2, 3]. Sistem konvensional diterapkan dengan menyediakan mata kuliah yang telah dibobotkan untuk diambil oleh mahasiswa pada semester selanjutnya yang dikenal juga dengan istilah Kartu Rencana Studi (KRS) [4]. Dalam menyusun KRS, terdapat beberapa universitas yang menerapkannya secara mandiri, dimana mahasiswa dapat memilih setiap kelas secara fleksibel untuk diikuti pada semester selanjutnya dengan mengikuti aturan-aturan tertentu. Selain itu terdapat juga beberapa universitas yang menerapkannya dalam bentuk paket sehingga mahasiswa hanya perlu menjalankan semua mata kuliah yang telah ditetapkan, namun sistem paket ini akan membatasi fleksibilitas dari mahasiswa dalam memilih kelas yang diminati [5].

Hingga saat ini, sistem KRS yang dilakukan secara mandiri banyak diterapkan pada banyak universitas dikarenakan tingkat fleksibilitas yang tinggi dan mempertahankan materi pembelajaran yang terorganisir, salah satu universitas yang menerapkan sistem ini adalah Universitas Multimedia Nusantara [6–10]. Proses perencanaan kartu rencana studi (KRS) pada UMN terdiri dari beberapa proses. Proses dimulai dengan para mahasiswa akan diminta untuk memilih mata kuliah yang akan diikuti pada semester selanjutnya, dilanjutkan dengan penjadwalan kelas secara keseluruhan oleh pihak universitas, dan pada tahap terakhir para mahasiswa akan menyusun jadwal kelas mingguan mereka. Hingga saat ini sudah terdapat tiga penelitian yang menggunakan teknik heuristik dalam membantu membuat penjadwalan kelas secara keseluruhan [11–13]. Namun proses penyusunan kelas

mingguan dilakukan secara bersamaan oleh setiap mahasiswa secara manual dengan mematuhi beberapa aturan seperti kapasitas kelas dan sebagainya, sehingga proses penyusunan jadwal mingguan menjadi memakan waktu dan rentan tidak memiliki hasil yang optimal, dimana sering kali mahasiswa tidak mendapatkan kelas keinginannya [3,4].

Permasalahan ini juga dikenal sebagai Student Scheduling Problem (SSP) dan dikategorikan menjadi *Constraint Satisfaction Problem* yang memiliki objektif dalam mendapatkan kombinasi dari beberapa variabel yang memenuhi *constraint* tertentu [14]. Maka dari itu pada penelitian ini akan dibuatkan penjadwalan kelas mingguan untuk setiap mahasiswa berdasarkan preferensi mata kuliah mahasiswa dan jadwal kelas yang dibuka oleh pihak universitas, dengan demikian para mahasiswa tidak perlu mencari jadwal mingguan mereka sambil mematuhi aturan aturan dalam pengambilan kelas tanpa perlu kehilangan fleksibilitas mereka dalam memilih matakuliah preferensi-nya. Namun penjadwalan yang akan dibuat ini juga memiliki beberapa batasan seperti mahasiswa tidak dapat memilih secara langsung hari pelaksanaan kelas, dikarenakan *constraint* tersebut dapat membuat beberapa kelas ditutup karena hari yang dibuka tidak diminati oleh banyak mahasiswa. Selain itu pada sistem ini juga memungkinkan jika terdapat mahasiswa yang tidak mendapatkan seluruh mata kuliah keinginannya jika memang sudah tidak tersedia kelas untuk di-*assign* terhadap mahasiswa tersebut, sehingga tetap diperlukan masa dimana para mahasiswa dapat mengubah hasil penjadwalan kelas mingguan yang dibentuk.

Pada beberapa tahun belakangan ini terdapat penelitian serupa yang menggunakan metode eksak yaitu dengan formulasi Integer Linear Programming (ILP) pada universitas di portugal [15]. Pendekatan ILP dilakukan dengan merepresentasikan setiap *constraint* dalam bentuk persamaan atau ketidaksamaan linear, dan merepresentasikan setiap variabel dalam bentuk bilangan bulat, lalu dari permodelan masalah tersebut dapat dicari solusi optimalnya menggunakan beberapa solver yang tersedia. Penelitian tersebut melakukan beberapa percobaan seperti menggunakan objektif dalam memaksimalkan jumlah preferensi matakuliah yang terpenuhi dan meminimalisir jumlah perpindahan gedung antar kelas, namun percobaan itu menghasilkan sebagian *problem instance* gagal mendapatkan solusi dalam batas waktu yang telah ditentukan. Beberapa *problem instance* lainnya berhasil didapatkan solusi terbaik pada waktu yang beragam mulai dari 21 detik hingga 3303.3 detik [15]

Lalu dilakukan juga pengujian lain bermaksud untuk membandingkan

teknik eksak dengan teknik heuristik yang diterapkan sebelumnya. Pengujian ini dilakukan dengan satu objektif dalam memaksimalkan jumlah preferensi matakuliah yang terpenuhi sambil mematuhi aturan lain seperti *timeconflict* dan kapasitas kelas. Pengujian tersebut dilakukan menggunakan 15 *problem instance* dengan rata-rata sebanyak 2449 mahasiswa, model dibuat hanya berfokus pada meminimalisir jumlah preferensi kelas mahasiswa yang tidak terpenuhi dengan memperhatikan aturan kapasitas, telah berhasil mendapatkan *feasible solution* dengan rata-rata waktu 7.54 detik, dan dari penjadwalan yang dihasilkan terdapat rata-rata 1.5 mahasiswa yang tidak mendapatkan mata kuliah preferensi-nya. Dibandingkan dengan teknik heuristik yang digunakan meskipun memiliki waktu komputasi yang lebih cepat dengan rata-rata 2.3 detik untuk ukuran data yang sama, namun menghasilkan solusi yang lebih buruk dengan rata-rata 26.8 mahasiswa yang tidak mendapatkan mata kuliah preferensi-nya [15]. Selain itu, pada penelitian lainnya pendekatan Boolean Satisfiability (SAT) digunakan untuk menyelesaikan permasalahan serupa dimana setiap *constraint* direpresentasikan dalam bentuk logika proporsional [14].

Terkait dengan pendekatan ILP, terdapat pendekatan *mixed integer programming* (MIP) yang merupakan pengembangan dari ILP, dimana MIP memungkinkan dalam merepresentasikan setiap variabel dalam bentuk bilangan riil sehingga memberikan fleksibilitas yang lebih dalam merepresentasikan setiap variabel [16]. Terdapat juga sebuah penelitian yang menerapkan teknik gabungan *greedy algorithm* dan *constraint programming* (CP) dalam meminimalisir jumlah jadwal kelas yang bertentangan berdasarkan preferensi mahasiswa. Teknik *greedy* digunakan dalam mencari *initial solution* dilanjutkan dengan CP untuk optimisasi solusi [17]. Setiap pendekatan pada umumnya menggunakan teknik pencarian solusi yang sama, yaitu dengan menggunakan teknik *branch-and-bound*, namun dengan pemodelan masalah yang berbeda membuat masing-masing pendekatan akan menggunakan cara yang berbeda dalam proses eksplorasi solusi [18].

Disamping pendekatan-pendekatan di atas, terdapat sebuah studi yang mengenalkan teknik kombinasi antara CP, MIP, dan SAT dengan istilah *Constraint Integer Programming* (CIP) dimana pendekatan ini merupakan sebuah generalisasi dari MIP yang akan membawa tingkat fleksibilitas dalam mengekspresikan *constraint* seperti pendekatan CP dengan tetap mempertahankan teknik yang efisien dalam penanganan variabel yang ditawarkan pendekatan MIP [19]. Dalam rangka mengimplementasikan pendekatan CIP, terdapat sebuah *framework Solving Constraint Integer Programs* (SCIP) yang sudah secara langsung

mengkombinasikan CP, MIP, dan SAT, dengan memungkinkan semua algoritma yang terkait bekerja dalam sebuah teknik pencarian solusi [19]. Pada belakangan tahun ini, framework SCIP juga berhasil menyelesaikan permasalahan seperti pengalokasian robot untuk *production system* [20], optimasi resource allocation seperti sumber daya manusia pada sebuah perusahaan industri [21], hingga dalam pengoptimalan penggunaan sumber daya energi [22]. Secara garis besar, berikut merupakan tabel perbandingan antara metode-metode yang telah umum diterapkan pada permasalahan penjadwalan atau *optimization*.

Tabel 1.1. Perbandingan Metode

Teknik	Heuristik	Max Flow	ILP	MIP	CP	SAT	CIP
Optimality	low	high	high	high	high	high	high
Comp. Time	high	low	low	low	low	low	low
Init. Sol	yes	no	no	no	no	no	no
Compl. Search	no	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Presolving	no	no	yes	yes	yes	yes	yes
Branch & Bound	no	no	yes	yes	no	no	yes
Constraint Propagation	no	no	no	no	yes	no	yes
Conflict Analysis	no	no	no	no	no	yes	yes
Boolean Constraint	yes	yes	no	no	yes	yes	yes
Linear Constraint	yes	yes	yes	yes	no	no	yes

Terlihat pada tabel diatas, masing masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Seperti pada teknik heuristik yang memiliki waktu komputasi tercepat namun memiliki tingkat optimalitas yang kecil, sedangkan pada konteks penelitian kali ini tingkat optimalitas lebih diprioritaskan dibanding kecepatan waktu komputasi. Lalu terdapat teknik *maximum flow formulation* yang berbasis sebuah graf memiliki penerapan yang fleksibel namun tidak ada teknik khusus yang bisa meningkatkan efisiensi pencarian solusi. Sedangkan dari keempat pendekatan pemodelan masalah secara ILP, MIP, CP, dan SAT masing masing memiliki teknik-teknik khusus yang dapat diterapkan, namun terdapat batasan pada pemodelan masalah. Diatas keempat pendekatan tersebut terdapat pendekatan CIP yang telah mengintegrasikan beberapa teknik pencarian solusi serta memiliki pemodelan masalah yang fleksibel. Maka dari itu penelitian kali ini akan berfokus pada penerapan pendekatan CIP dengan tujuan menyelesaikan permasalahan penjadwalan kelas mahasiswa.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi fokus dari penelitian ini antara lain.

1. Bagaimana proses penjadwalan kelas mingguan untuk mahasiswa dilakukan menggunakan pendekatan constraint integer programming?
2. Berapa waktu yang diperlukan pendekatan constraint integer Programming dalam mendapatkan *feasible solution* pada penjadwalan kelas mingguan mahasiswa?

1.3 Batasan Permasalahan

Berikut merupakan batasan masalah yang dari penelitian ini

1. Model penjadwalan ini akan diterapkan untuk permasalahan sistem pembelajaran KRS yang dilakukan secara mandiri
2. Data yang akan digunakan didapatkan dari pihak universitas multimedia nusantara secara khusus pada prodi informatika.
3. Penjadwalan dilakukan akan didasarkan beberapa hal berikut.
 - (a) Preferensi Mata Kuliah
 - (b) Jumlah kelas yang dapat diambil oleh mahasiswa
 - (c) Jumlah mahasiswa pada setiap kelas
 - (d) Hari dan jam kelas dilaksanakan
 - (e) Kapasitas kelas yang dibuka
 - (f) Kesesuaian kelas praktikum untuk diambil
4. Interface PySCIPOpt akan digunakan dalam menerapkan framework SCIP

1.4 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah diatas, penelitian memiliki tujuan sebagai berikut.

1. Menerapkan pendekatan constraint integer programming dalam melakukan penjadwalan kelas mingguan untuk setiap mahasiswa.

2. Mengukur waktu komputasi yang dibutuhkan dari pendekatan constraint integer programming untuk mendapatkan *feasible solution* dalam penjadwalan kelas mingguan untuk mahasiswa.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dalam penelitian ini adalah dapat membantu pihak mahasiswa dan universitas dalam efisiensi proses KRS tanpa perlu melakukan proses manual yang tidak optimal dan memakan waktu.

1.6 Sistematika Penulisan

Berikut merupakan struktur dari penulisan laporan penelitian sebagai berikut.

- Bab 1 PENDAHULUAN
Bagian ini mencakup latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan permasalahan, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian.
- Bab 2 LANDASAN TEORI
Bagian ini mencakup kumpulan teori yang mendasari penelitian yang dilakukan, mencakup *Constraint Satisfaction Problem (CSP)*, *Student Scheduling Problem (SSP)*, hingga pendekatan yang digunakan yaitu *Constraint Integer Programming (CIP)* bersamaan dengan framework *Solving Constraint Integer Programs (SCIP)* sebagai alat untuk menerapkan pendekatan CIP.
- Bab 3 METODOLOGI PENELITIAN
Bagian ini menjelaskan metodologi yang diterapkan dalam penelitian, dimulai dari proses akuisisi data, pemodelan masalah, hingga tahap pencarian solusi
- Bab 4 HASIL DAN DISKUSI
Bagian ini membahas terkait hasil dari penerapan pendekatan yang ditentukan terhadap penyelesaian permasalahan yang menjadi subjek penelitian.
- Bab 5 KESIMPULAN DAN SARAN
Bagian ini berisi simpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran untuk pengembangan atau penelitian selanjutnya.