

Sistem Penjadwalan Perkuliahan Universitas Otomatis Menggunakan Algoritma *Sequential Search*

Fatchurrochman, Arif Nur Afandi*, M Zainal Arifin

Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia

*Penulis korespondensi, Surel: an.afandi@um.ac.id

Paper received: 08-04-2022; revised: 13-04-2022; accepted: 27-04-2022

Abstract

University course timetabling is a routine activity that takes a long time to complete. There are many things to consider. This research focuses on solving the problem of lecture scheduling as a system. There are three components in the system that are used to solve lecture scheduling problems in the real world. The first component is used to generate schedules automatically which guarantees that hard constraints will not be violated. The second component is an interactive lecture scheduling component used to improve and enhance the lecture schedule obtained from the first component. This second component is used to ensure that all events can be scheduled. The third component is a supporting component for the first and second components. The algorithm used in the first component is the sequential searching algorithm. Tests were conducted in 8, 12, and 13 rooms. The results show that the system built has been able to schedule all 154 lecture classes in 13 rooms. The test using 8 rooms resulted in 112 scheduled events and 42 unscheduled events. The test for 12 rooms resulted in 148 scheduled events and 6 unscheduled events. The average time needed to schedule the 154 lecture classes is 8.33 seconds.

Keywords: course timetabling system; sequential search

Abstrak

Penjadwalan perkuliahan universitas adalah kegiatan rutin yang membutuhkan waktu cukup lama untuk menyelesaikannya. Ada banyak hal yang perlu dipertimbangkan. Penelitian ini dititikberatkan pada penyelesaian masalah penjadwalan perkuliahan sebagai sebuah sistem. Ada tiga komponen dalam sistem yang digunakan untuk menyelesaikan persoalan penjadwalan perkuliahan di dunia nyata. Komponen pertama digunakan untuk membangkitkan jadwal secara otomatis yang menjamin bahwa hard constraint tidak akan dilanggar. Komponen kedua adalah komponen penjadwalan perkuliahan interaktif yang digunakan untuk memperbaiki dan menyempurnakan jadwal perkuliahan yang telah diperoleh dari komponen pertama. Komponen kedua ini digunakan untuk memastikan bahwa seluruh kelas perkuliahan dapat dijadwalkan. Komponen ketiga adalah komponen pendukung bagi komponen pertama dan kedua. Algoritma yang digunakan dalam komponen pertama adalah algoritma sequential searching. Uji coba dilakukan pada 8, 12, dan 13 ruang kuliah. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem yang dibangun telah dapat menjadwalkan seluruh kelas perkuliahan sebanyak 154 dalam 13 ruang. Uji coba dengan menggunakan 8 ruang kuliah menghasilkan 112 kelas perkuliahan terjadwal dan 42 kelas perkuliahan yang tidak terjadwal. Uji coba untuk 12 ruang menghasilkan 148 kelas perkuliahan terjadwal dan 6 kelas perkuliahan yang tidak terjadwal. Waktu yang diperlukan untuk menjadwalkan 154 kelas perkuliahan tersebut rata-rata 8,33 detik.

Kata kunci: sistem penjadwalan perkuliahan; sequential search

1. Pendahuluan

Penjadwalan perkuliahan universitas adalah bagian dari penjadwalan di bidang pendidikan. Jenis penjadwalan yang lain adalah penjadwalan ujian dan penjadwalan sekolah (Ceschia et al., 2022). Persoalan penjadwalan perkuliahan universitas (*University Course Timetabling Problem, UCTP*) adalah persoalan optimasi dalam kelas *NP-hard* yang terjadi setiap awal semester di universitas dan mencakup pengalokasian event (mata kuliah, dosen, mahasiswa) ke sejumlah slot waktu dan ruang tertentu (Babaei et al., 2015). Kelas *NP-hard*

berarti bahwa persoalan ini tidak dapat diselesaikan dalam kelas waktu polinomial karena pertumbuhannya eksponensial seiring dengan meningkatnya constraint yang digunakan (Chen et al., 2021).

Berbagai pendekatan telah dilakukan peneliti untuk menyelesaikan persoalan ini (Chen et al., 2021) (Bettinelli et al., 2015). Berbagai pendekatan tersebut dapat dikelompokkan dalam 6 kelompok yaitu pendekatan berbasis riset operasi, meta-heuristik berbasis solusi tunggal, meta-heuristik berbasis populasi, hyper-heuristic, multi-kriteria atau multi objektif, dan hybrid. Berbagai pendekatan tersebut bertujuan untuk menghasilkan jadwal perkuliahan yang layak, berkualitas, dan dalam waktu yang logis (Pillay, 2014).

Selain berkaitan dengan algoritma, hal yang perlu mendapatkan perhatian dalam penelitian tentang persoalan penjadwalan perkuliahan universitas adalah adanya kesenjangan antara berbagai riset yang telah dilakukan dan penggunaannya dalam kondisi riil di universitas (Oude Vrielink et al., 2019). Meskipun penelitian tentang tema ini telah dilakukan cukup lama, yaitu hampir selama 30 tahun tetapi banyak universitas yang masih melakukan penjadwalan secara manual (Lindahl, 2017). Ada kebutuhan untuk melakukan investigasi lebih mendalam tentang kebutuhan dunia nyata di universitas sehingga terhubung antara riset dan implementasinya di universitas (McCollum, 2007).

Paper ini berupaya menjawab persoalan kedua yaitu bagaimana menyelesaikan persoalan penjadwalan perkuliahan universitas di dunia nyata. Setiap universitas dapat memiliki constraint yang unik dalam penjadwalannya. Constraint unik ini kadang menjadi sebab sistem penjadwalan perkuliahan sulit untuk diimplementasikan. Akan dibangun sebuah sistem yang memungkinkan universitas dapat menyelesaikan penjadwalan perkuliahan dengan cepat sesuai dengan constraint yang dimilikinya. Sistem akan diuji coba pada skala kecil yaitu penjadwalan perkuliahan pada program studi Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Sebelumnya perlu dijelaskan beberapa istilah yang akan digunakan dalam paper ini sehingga terdapat kesamaan pengertian pada istilah tersebut. Istilah “kelas perkuliahan” mengacu pada plot mengajar yang telah ditetapkan oleh program studi. Secara umum “kelas perkuliahan” ini disebut dengan “event”. Data yang ada dalam kelas perkuliahan ini terdiri dari nama matakuliah, kelas, dan nama dosen pengampu. Slot waktu adalah istilah yang digunakan untuk menunjukkan hari dan jam kapan kelas perkuliahan dijadwalkan.

Ukuran baik tidaknya sebuah jadwal perkuliahan dapat dilihat dari kelayakan dan kualitasnya. Jadwal yang layak berarti jadwal tersebut tidak melanggar *hard constraint*. Jadwal yang berkualitas ditunjukkan dengan kecilnya pelanggaran *soft constraint*. *Hard constraint* adalah *constraint* yang tidak boleh dilanggar, pelanggaran *constraint* ini berakibat jadwal perkuliahan tidak dapat dilaksanakan. *Soft constraint* adalah *constraint* yang masih boleh dilanggar, tetapi jumlahnya harus diminimalkan.

Pada paper ini kapasitas ruang masih belum dipertimbangkan sebagai *constraint*, sehingga diasumsikan bahwa ruang dapat digunakan untuk menampung semua peserta suatu kelas perkuliahan. Dengan asumsi ini, sebelum penjadwalan dilaksanakan, perlu terlebih dulu dipastikan bahwa ruang yang akan dipergunakan dalam penjadwalan mencukupi untuk seluruh peserta kelas perkuliahan.

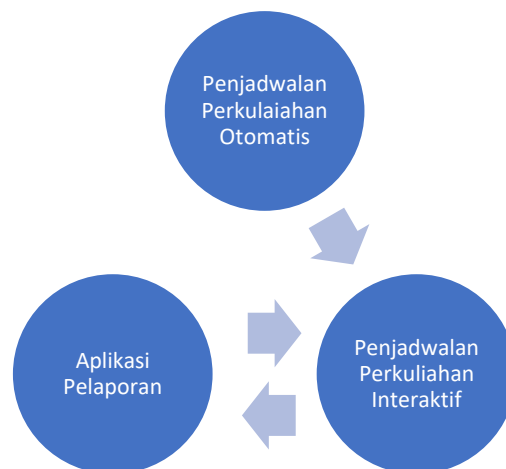
2. Metode

Untuk menyelesaikan masalah di atas, maka dibangun sistem penjadwalan perkuliahan universitas. Sistem berupaya mengakomodasi berbagai aturan atau *constraint* yang telah ditetapkan oleh universitas. *Constraint* yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada tabel 1. *Constraint* ini didasarkan pada aturan yang digunakan di UIN Malang, khususnya di program studi Teknik Informatika fakultas Sains dan Teknologi.

Tabel 1. *Constraint* yang digunakan dalam penelitian

No	Nama <i>Constraint</i>	Keterangan	Jenis <i>Constraint</i>
1	Jam Kuliah	Jam kuliah 06.30 – 14.00	<i>Hard</i>
2	Dosen	Satu orang dosen tidak boleh mengajar di dua tempat yang berbeda pada hari dan jam yang beririsan.	<i>Hard</i>
3	Ruang	Satu ruang tidak dapat digunakan oleh dua kelas perkuliahan pada hari dan jam yang beririsan.	<i>Hard</i>
4	Waktu Shalat Duhur	Ada jeda waktu untuk melaksanakan shalat duhur, istirahat, dan maka siang pada jam 11.30 – 12.20	<i>Soft</i>
5	Waktu Shalat Jum'at	Khusus hari jumat perkuliahan diakhiri pada jam 10.40 untuk melaksanakan shalat jum'at	<i>Hard</i>

Sistem terdiri dari tiga komponen yaitu komponen penjadwalan perkuliahan otomatis, komponen penjadwalan perkuliahan interaktif dan komponen pelaporan. Setiap komponen merupakan aplikasi mandiri yang disatukan menjadi sebuah sistem.



Gambar 1. Komponen Sistem Penjadwalan Perkuliahan Universitas

Komponen penjadwalan perkuliahan otomatis adalah bagian dari sistem yang digunakan untuk melakukan penyusunan jadwal secara otomatis. Ini adalah bagian utama dari sistem yang dibangun karena komponen ini dapat mengurangi waktu penyusunan jadwal dibanding melakukan penyusunan secara manual atau menggunakan *spreadsheet*. Berbagai algoritma telah dikembangkan agar dapat tersusun jadwal perkuliahan yang paling optimal. Algoritma yang digunakan dalam paper ini adalah algoritma *sequential search*.

Cara kerja algoritma *sequential search* dalam penjadwalan perkuliahan dimulai dengan mengambil data kelas perkuliahan yang terdiri dari matakuliah, kelas dan dosen pengampu.

Selanjutnya ditentukan ruang, slot waktu, dan hari secara berurutan untuk setiap kelas perkuliahan tersebut. Langkah ini akan menghasilkan jadwal kuliah sementara untuk kelas perkuliahan tertentu. Jadwal kuliah sementara ini selanjutnya dilakukan pemeriksaan terhadap berbagai *constraint* yang digunakan. Bila terjadi pelanggaran *constraint* maka proses akan dihentikan dan dilanjutkan dengan penentuan ruang, slot waktu, dan hari yang lain. Urutan langkah tersebut diulang untuk semua ruang, slot waktu dan hari, sampai semua kemungkinan kombinasi ruang, slot waktu, dan hari habis, atau semua kelas perkuliahan terjadwalkan.

Komponen kedua adalah penjadwalan perkuliahan interaktif. Komponen ini digunakan untuk menyempurnakan jadwal perkuliahan yang telah disusun oleh komponen penjadwalan perkuliahan otomatis. Penyempurnaan perlu dilakukan karena berbagai *constraint* yang telah ditetapkan bisa saja belum terpenuhi padahal semua kelas perkuliahan yang telah ditentukan dalam plot mengajar harus terjadwal.

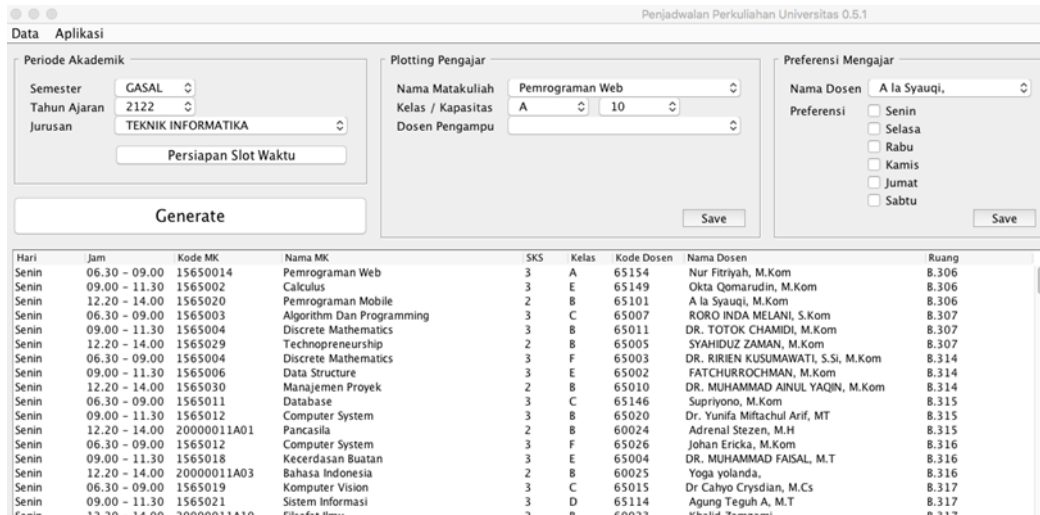
Komponen ketiga adalah aplikasi pelaporan. Aplikasi ini digunakan untuk mengetahui jadwal yang telah tersusun dengan menggunakan komponen penjadwalan perkuliahan otomatis. Aplikasi akan menampilkan jadwal perkuliahan berdasarkan dosen, matakuliah, kelas, atau ruang. Informasi ini dapat digunakan untuk menyempurnakan jadwal menggunakan aplikasi penjadwalan perkuliahan interaktif. Proses penyempurnaan jadwal kuliah pada komponen kedua sangat membutuhkan komponen ini.

3. Hasil dan Pembahasan

Sistem yang telah dibangun akan di uji coba dengan data penjadwalan perkuliahan di dunia nyata. Uji coba dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem secara keseluruhan dalam menjadwalkan perkuliahan berdasar *constraint* yang telah ditetapkan. Dicatat pula waktu proses penjadwalan yang dilakukan untuk mendapatkan gambaran berapa lama proses penjadwalan dilakukan oleh sistem.

3.1. Hasil

Uji coba dilakukan pada data plot matakuliah di program studi Teknik Informatika UIN Malang tahun akademik 2021/2022 semester ganjil. Terdapat 154 kelas perkuliahan yang harus dijadwalkan tanpa matakuliah praktikum. Ruang yang disediakan terdiri dari 8 ruang kelas dan 5 ruang laboratorium. Satu slot waktu sama dengan 1 SKS dengan durasi 50 menit. Uji coba dilakukan dengan menggunakan 8, 12, dan 13 ruang. 8 ruang berarti bahwa seluruh kelas perkuliahan akan ditempatkan di ruang kuliah, sementara 13 ruang berarti bahwa selain di ruang kuliah, kelas perkuliahan juga akan dijadwalkan di laboratorium. Uji coba dengan 12 ruang digunakan sebagai upaya mendapatkan ruang yang minimum.



Gambar 2. Komponen Penjadwalan Perkuliahan Otomatis

Gambar 2 adalah komponen sistem yang digunakan untuk melakukan proses penjadwalan perkuliahan secara otomatis. Agar proses penyusunan jadwal dapat berjalan maka terlebih dulu harus disiapkan berbagai data yang dibutuhkan. Fasilitas untuk persiapan data juga telah ada dalam komponen tersebut. Hasil uji coba ditampilkan pada tabel 2. Untuk 8 ruang, dari 154 kelas perkuliahan yang harus dijadwalkan, 112 kelas perkuliahan dapat dijadwalkan secara langsung oleh sistem penjadwalan perkuliahan universitas yang bekerja berdasar algoritma *sequential searching*. Ada 42 kelas perkuliahan yang belum terjadwal. Untuk 12 ruang, 148 kelas perkuliahan terjadwal dan 6 kelas perkuliahan yang belum terjadwal. Untuk 13 ruang, seluruh kelas perkuliahan terjadwal. Uji coba dilaksanakan pada komputer dengan spesifikasi RAM 8, prosesor intel Core i5 generasi 10, dan sistem operasi Windows 11. Waktu yang diperlukan untuk menjadwalkan 148 kelas perkuliahan rata-rata 8,33 detik.

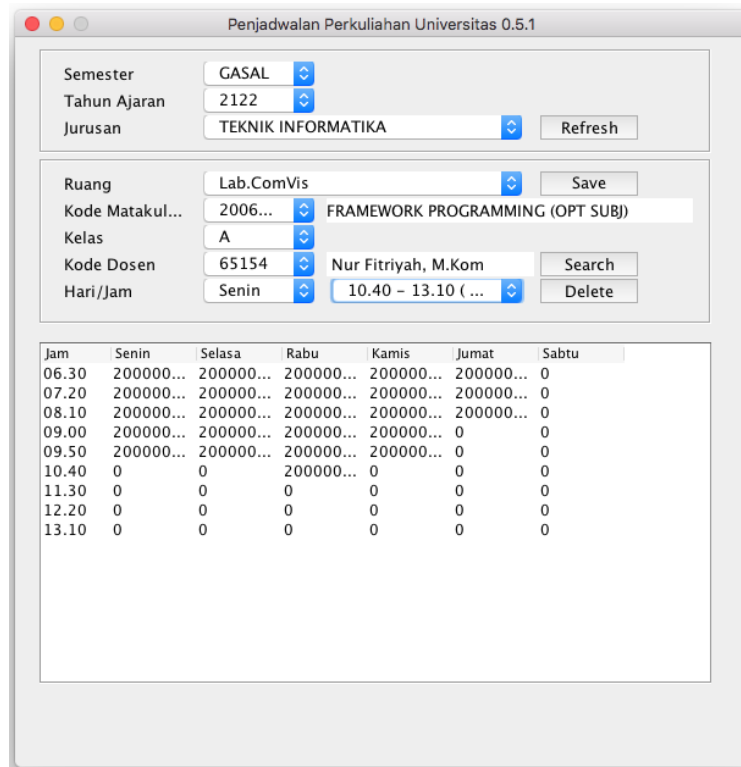
Tabel 2. Hasil Uji coba Sistem Penjadwalan Perkuliahan

No	Jumlah Ruang	Terjadwal	Tidak Terjadwal
1	8	112	42
2	12	148	6
3	13	154	0

Secara sistemik kelas perkuliahan yang belum terjadwal dapat diperbaiki dengan komponen penjadwalan perkuliahan interaktif. Caranya adalah dengan mencari slot waktu yang masih belum di pergunakan pada ruang tertentu, lalu input data kelas perkuliahan yang belum terjadwal (Gambar 3). Misalnya data pertama pada tabel 3 dilakukan penjadwalan perkuliahan secara interaktif. Matakuliah dengan kode 20060512C16 adalah matakuliah Framework Programming dengan kode dosen pengampu 65154. Gambar 3 menunjukkan bahwa di Lab.ComVis masih ada slot yang bisa dipergunakan yaitu pada hari senin jam 10.40 - 14.00, sehingga kelas perkuliahan ini dapat dijadwalkan pada slot waktu tersebut. Sistem akan memeriksa apakah dosen pengampu tidak mengajar pada hari dan jam tersebut. Bila ada jadwal pada jam tersebut maka sistem akan memberikan informasi bahwa jadwal tidak dapat disimpan karena melanggar *constraint* dosen. Hasil perbaikan jadwal dapat dilihat pada gambar 4. Dengan cara yang sama, kelas perkuliahan lain yang belum terjadwal dapat dijadwalkan.

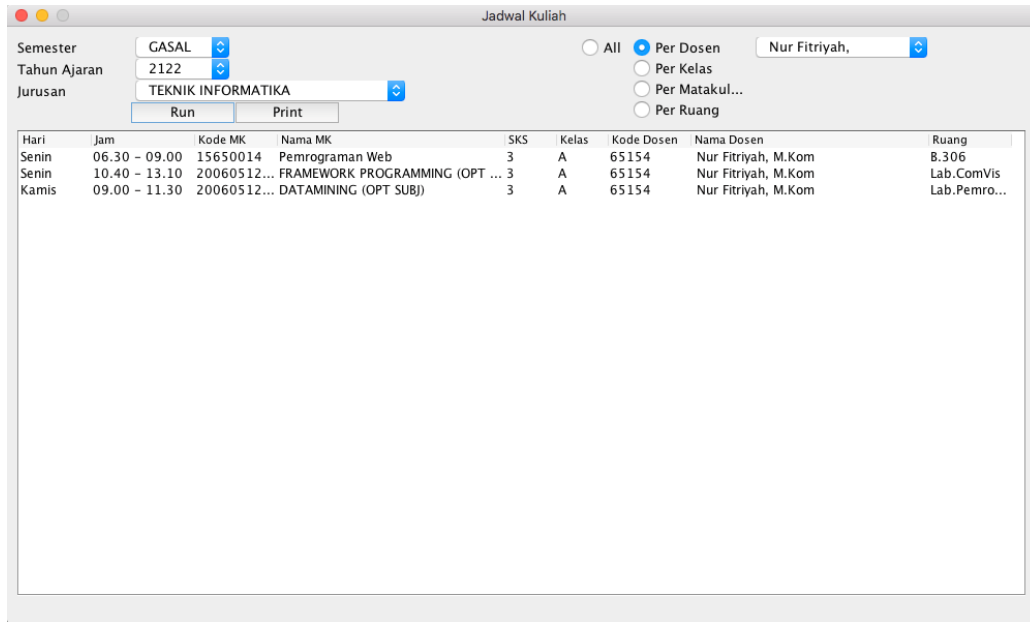
Tabel 3. Kelas Perkuliahan yang Belum Terjadwal

No	Nama Matakuliah	Kelas	Kode Dosen
1	20060512C16	A	65154
2	20060512C17	A	65101
3	20060512C18	A	65002
4	20060512C19	A	65027
5	20060512C24	A	65029
6	20060512C26	A	65029



Gambar 3. Perbaikan Jadwal Menggunakan Komponen Penjadwalan Perkuliahan Interaktif

Gambar 4 merupakan implementasi dari komponen ketiga dari sistem yang dibangun. Komponen ini digunakan untuk menampilkan hasil penjadwalan yang telah dilakukan dari berbagai sudut pandang. Selain menampilkan jadwal secara keseluruhan, juga dapat menampilkan jadwal untuk tiap dosen, tiap matakuliah, tiap kelas, dan tiap ruang. Informasi ini sangat diperlukan ketika dilakukan proses *tuning* atau penyesuaian jadwal kuliah dengan kondisi riil di lapangan.



Gambar 4. Perbaikan Jadwal telah Dilaksanakan

3.2. Pembahasan

Dari hasil uji coba yang telah dilakukan akan dibahas beberapa hal yang terkait dengan sistem penjadwalan perkuliahan univesitas. Pembahasan ini berkaitan dengan algoritma yang digunakan dan proses penjadwalan perkuliahan secara otomatis dan perbaikan jadwal menggunakan komponen penjadwalan perkuliahan interaktif.

3.2.1. Sistem Penjadwalan Perkuliahan

Dari hasil uji coba yang telah dilakukan, sistem yang dibangun dapat digunakan untuk menjadwalkan 154 kelas perkuliahan yang ditentukan oleh program studi. Sistem dapat menjadwalkan seluruh kelas perkuliahan secara otomatis tanpa melanggar *hard constraint* dan *soft constraint* dengan menggunakan 13 ruang. Bagi program studi atau pengelola universitas, diharapkan bahwa penggunaan ruang dapat diminimalisir sehingga ruang yang terbatas dapat dimanfaatkan bagi proses pembelajaran yang lain. Uji coba pada 12 ruang menunjukkan bahwa ada 6 kelas perkuliahan yang belum terjadwal. Kelas perkuliahan yang belum terjadwal dapat disebabkan karena slot waktu untuk SKS tertentu telah habis atau dosen telah mengajar ditempat lain pada hari dan jam yang sama. Pada bagian hasil telah ditunjukkan bahwa komponen kedua dalam sistem yang dibangun dapat digunakan untuk memperbaiki jadwal yang telah tersusun. Perbaikan yang dilakukan terkadang terpaksa harus melanggar *soft constraint*, seperti telah dicontohkan di atas. Pelanggaran terhadap *soft constraint* ini dapat dikurangi dengan proses pertukaran. Pertukaran dilakukan dengan memilih matakuliah yang tidak melanggar *hard constraint* dan *soft constraint* untuk kedua kelas perkuliahan. Langkah ini akan membutuhkan waktu lebih banyak, tetapi masih dapat diterima. Untuk itu proses pertukaran ini tidak disarankan bila kelas perkuliahan masih banyak yang belum terjadwal seperti uji coba pada 8 ruang. Untuk keperluan praktis pertukaran ini hanya perlu dilakukan bila memang sudah tidak ada slot waktu yang mungkin digunakan oleh kelas perkuliahan.

3.2.2. Algoritma Sequential Search

Algoritma *sequential search* yang digunakan dalam sistem ini berfungsi untuk menemukan ruang, slot waktu, dan hari untuk kelas perkuliahan yang akan dijadwalkan. Pencarian dilakukan secara berurutan dari ruang pertama sampai ruang terakhir. Pencarian juga dilakukan terhadap slot waktu dan hari secara berurutan. Ketika sebuah kelas perkuliahan dijadwalkan pada ruang dan slot waktu yang belum dipergunakan oleh kelas perkuliahan lain maka akan ditempati oleh kelas perkuliahan tersebut. Cara kerja algoritma ini sederhana dan telah bekerja dengan baik untuk menjadwalkan kelas perkuliahan dalam satu program studi.

Meskipun dapat menjadwalkan semua kelas perkuliahan, algoritma ini tidak menjamin bahwa jadwal yang tersusun merupakan jadwal yang optimal. Yang dimaksud dengan jadwal yang optimal adalah jadwal yang tidak melanggar *constraint* dan penggunaan ruang yang minimal. Pada algoritma *sequential search*, slot waktu pada ruang tertentu yang telah ditempati oleh sebuah kelas perkuliahan tidak dapat diganti dengan kelas perkuliahan yang lain secara otomatis. Padahal bisa saja slot waktu tersebut akan lebih tepat untuk ditempati oleh kelas perkuliahan lain yang dapat mengurangi penggunaan ruang. Uji coba pada 12 ruang di atas adalah contoh dari persoalan ini. Dapat terjadi dengan susunan jadwal yang berbeda akan berbeda pula ruang yang digunakan dalam penjadwalan. Disinilah kebutuhan untuk melakukan riset berkaitan dengan algoritma menjadi penting. Riset semacam ini dapat digunakan secara mandiri untuk menggantikan algoritma *sequential search* atau digunakan Bersama-sama dalam mendapatkan jadwal yang optimal.

4. Simpulan

Dengan menggunakan sistem yang telah dibangun, seluruh kelas perkuliahan yang harus dijadwalkan telah dapat dijadwalkan pada ruang dan slot waktu yang tersedia. Ketiga komponen yang dibangun dapat digunakan untuk menghemat satu ruang dari 13 menjadi 12 ruang. Komponen kedua yaitu penjadwalan perkuliahan interaktif dapat digunakan untuk menangani constraint yang unik di universitas, sehingga dapat digunakan sebagai solusi dari masalah penjadwalan universitas di dunia nyata. Penyempurnaan dapat dilakukan dengan menambahkan berbagai *constraint* unik ke dalam komponen pertama, sehingga berbagai constraint tersebut dipertimbangkan dalam penyusunan jadwal perkuliahan secara otomatis. Algoritma lain dapat ditambahkan dalam sistem sehingga dapat meningkatkan optimasi penggunaan ruang. Juga dimungkinkan penggunaan algoritma lain menggantikan algoritma *sequential search* agar diperoleh jadwal perkuliahan yang lebih optimal.

Daftar Rujukan

- Babaei, H., Karimpour, J., & Hadidi, A. (2015). A survey of approaches for university course timetabling problem. *Computers & Industrial Engineering*, 86, 43-59. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.11.010>
- Bettinelli, A., Cacchiani, V., Roberti, R., & Toth, P. (2015). An overview of curriculum-based course timetabling. *TOP*, 23(2), 313-349. <https://doi.org/10.1007/s11750-015-0366-z>
- Ceschia, S., Di Gaspero, L., & Schaerf, A. (2022). Educational timetabling: Problems, benchmarks, and state-of-the-art results. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.07.011>
- Chen, M. C., Sze, S. N., 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. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3100613>
- Lindahl, M. (2017). *Strategic, Tactical and Operational University Timetabling*. DTU Management.

- McCollum, B. (2007). A Perspective on Bridging the Gap Between Theory and Practice in University Timetabling. In E. K. Burke & H. Rudová (Eds.), *Practice and Theory of Automated Timetabling VI* (Vol. 3867, pp. 3–23). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-77345-0_1
- Oude Vrielink, R. A., Jansen, E. A., Hans, E. W., & van Hillegersberg, J. (2019). Practices in timetabling in higher education institutions: A systematic review. *Annals of Operations Research*, 275(1), 145–160. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2688-8>
- Pillay, N. (2014). A survey of school timetabling research. *Annals of Operations Research*, 218(1), 261–293. <https://doi.org/10.1007/s10479-013-1321-8>