

Penerapan Metode *Constraint Programming* Pada Penjadwalan Mata Pelajaran di MTs Khaulafaur Rasyidin

Maulana Basuki Ilham*¹, Ikhwan Ruslianto², Rahmi Hidayati³

^{1,2,3}Jl. Prof. Dr. Hadari Nawawi, Bansir Laut, Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat

^{1,2,3}Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Universitas Tanjungpura, Pontianak

e-mail: *¹maulana_i@student.untan.ac.id, ²ikhwanruslianto@siskom.untan.ac.id,

³rahmihidayati@siskom.untan.ac.id

Abstrak

Penjadwalan mata pelajaran merupakan bagian yang terdapat pada institusi-institusi pendidikan. Dalam pembuatan penjadwalan mata pelajaran sekolah, tidak hanya mata pelajaran sekolah yang harus dipertimbangkan, ketersediaan guru, kelas-kelas yang terlibat dan slot waktu yang tepat, semua harus dipertimbangkan agar jadwal tersusun rapi dan tidak tabrakan. Untuk menyelesaikan masalah penjadwalan, diperlukan ketelitian yang tinggi, apalagi jika jadwal dibuat secara manual. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan sistem yang dapat menyelesaikan permasalahan dengan akurat sehingga tidak ada jadwal yang saling tabrakan. Sistem penjadwalan mata pelajaran ini dibangun di MTs Khaulafaur Rasyidin dengan tujuan agar memudahkan proses penjadwalan yang masih dilakukan secara manual. Sistem yang dibangun berupa aplikasi penjadwalan berbasis web menggunakan metode constraint programming. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali untuk menguji keakuratan sistem. Kelima pengujian dilakukan dengan cara membuat sistem mengolah penjadwalan di dalam 5 jenis soft constraint yang berbeda. Hasil dari 5 kali pengujian yang telah dilakukan, sistem mampu menyelesaikan permasalahan penjadwalan dengan 164 slot tanpa menghasilkan jadwal yang saling bentrok dengan akurasi rata-rata sistem terhadap semua constraint sebesar 85.81%.

Kata kunci— *Penjadwalan, Constraint programming, Hard constraint, Soft constraint.*

Abstract

Scheduling of subjects is a part of educational institutions. In the creation of school subject schedules, it is not only the school subjects that need to be considered; the availability of teachers, the involved classes, and the appropriate time slots must all be taken into account to avoid conflicting schedules. To solve scheduling issues, high precision is required, especially when schedules are created manually. Based on these problems, a system is needed to accurately solve these issues and prevent conflicting schedules. The subject scheduling system is built at MTs Khaulafaur Rasyidin with the aim of facilitating the scheduling process, which is still done manually. The system built is a web-based scheduling application using constraint programming methods. Testing is conducted five times to assess the system's accuracy. The five tests involve making the system process scheduling in five different types of soft constraints. The results of the five tests show that the system can solve scheduling problems with 164 slots without generating conflicting schedules, with an average system accuracy against all constraints of 85.81%.

Keywords— *Scheduling, Constraint Programming, Hard constraint, Soft constraint*

1. PENDAHULUAN

Jadwal merupakan pembagian waktu berdasarkan rencana pengurutan kerja, atau rencana kegiatan dengan pembagian waktu pelaksanaan yang terperinci. Penjadwalan merupakan cara, proses, perbuatan menjadwalkan. [1]. Penjadwalan digunakan sebagai tolak ukur dalam proses kegiatan atau aktivitas tertentu [2]. Tujuan dari penjadwalan adalah untuk memutuskan proses mana yang harus berjalan lebih dahulu, kapan harus dikerjakan dan seberapa lama waktu yang diperlukan untuk proses tersebut berlangsung [3]. Setiap jadwal, baik itu jadwal mata pelajaran, *shift* pekerjaan ataupun jadwal lainnya, memiliki aturan dan batasan yang berbeda-beda. Pada proses pembuatan jadwal, aturan dan batasan tersebut harus diperhatikan agar jadwal yang terbuat tidak tabrakan. Dalam kasus penjadwalan mata pelajaran, hal yang perlu dilakukan adalah membagi waktu antara guru dengan alokasi waktu dan ruang kelas yang berbeda. Penyusunan jadwal yang dilakukan secara manual adalah pekerjaan yang memakan waktu lama dan butuh ketelitian agar menghasilkan jadwal yang optimal tanpa adanya masalah [4].

Pada penjadwalan mata pelajaran di Pondok Pesantren Madrasah Tsanawiyah (MTs.) Khulafaur Rasyidin, proses penjadwalan pada sekolah terhitung rumit dikarenakan sekolah terpisah menjadi dua asrama, yaitu asrama putra dan putri. Kedua asrama tersebut terletak di bangunan yang berbeda dan masing-masing asrama terbagi lagi menjadi beberapa kelas yang berbeda. Selain itu, walaupun proses pembelajaran antara kedua asrama bersifat terpisah, beberapa guru madrasah biasanya dijadwalkan untuk mengajar di kedua asrama tersebut. Jumlah mata pelajaran yang perlu dipelajari santri lumayan banyak, karena selain pelajaran umum, santri juga harus mempelajari pelajaran agama. Dikarenakan ketiga hal tersebut, proses penjadwalan mata pelajaran di sekolah tersebut terhitung rumit, batasan yang harus dipenuhi lumayan banyak jumlahnya sehingga proses pengalokasian variabel akan memakan waktu yang lama jika proses tersebut dilakukan secara manual. Pengalokasian variabel tersebut merupakan elemen yang penting dalam penjadwalan, dan setiap permasalahan yang terjadi pada proses tersebut akan membuat penjadwalan berjalan secara tidak optimal [5].

Terdapat beberapa penelitian yang membahas tentang penjadwalan dengan menggunakan berbagai macam metode perhitungan, termasuk penelitian yang berfokus pada pembuatan program otomasi untuk mengimplementasikan metode perhitungan dan kecerdasan buatan dalam menyelesaikan masalah penjadwalan. Diantara metode-metode tersebut adalah *constraint programming*. *Constraint programming* merupakan metode pemrograman dengan menggunakan batasan-batasan yang terdapat dalam variabel komputasi dan bertujuan untuk mencari solusi yang memenuhi batasan-batasan tersebut [6]. *Constraint programming* adalah pembelajaran sistem komputasi berdasarkan *constraint* atau batasan. Inti dari *constraint programming* adalah penyelesaian masalah dengan mendeklarasikan *constraint* yang harus dipenuhi oleh solusi. Bisa dikatakan *constraint programming* adalah pendekatan terhadap pemrograman yang memodelkan suatu masalah menjadi himpunan kebutuhan yang berurutan diselesaikan metode umum atau spesifik untuk domain yang digunakan [7]. *Constraint Satisfaction Problem* (CSP) adalah pendekatan matematis untuk menemukan obyek yang memenuhi *constraint* yang sudah diterapkan. *Constraint* yang dimaksud adalah nilai-nilai yang diperbolehkan untuk objek [8]. Adapun komponen dari CSP yaitu variabel, domain, *constraint*, *assignment* dan solusi [9].

Salah satu penelitian yang menggunakan metode *constraint programming* adalah menggunakan algoritma program pembatas pada penjadwalan job-shop [10]. Penelitian ini mengimplementasikan metode *constraint programming* dalam menyelesaikan masalah pada penjadwalan Job-Shop, terutama untuk meminimalisir *makespan* dalam penjadwalan. Penelitian lain tentang penjadwalan dengan menggunakan pendekatan yang sama, yaitu untuk penjadwalan tempat khutbah Jum'at [11]. Pada penelitian ini juga menggunakan *constraint programming*

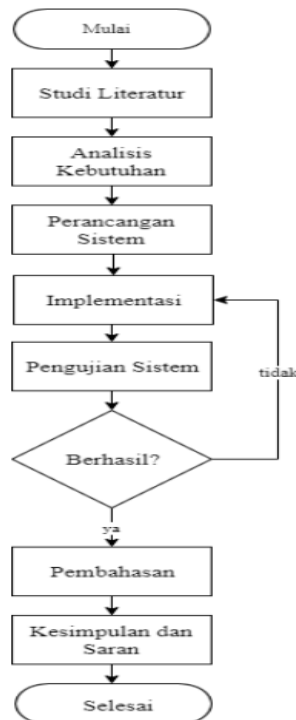
untuk menyelesaikan masalah penjadwalan tempat khutbah. Kedua batasan tersebut diberikan prioritas yang berbeda, *hard constraint* menjadi prioritas utama dan *soft constraint* diberikan prioritas yang lebih rendah. Setelah itu dilakukan empat jenis pengujian untuk melihat performa dari metode. Hasil performa dari pengujian tersebut adalah diterima dengan baik oleh 92% *user*, akurasi penyusunan jadwal berdasarkan *hard constraint* sebesar 95.59% dan kecepatan penyusunan 34.50 detik. Penelitian selanjutnya yang membahas tentang penjadwalan adalah menerapkan metode algoritma genetika jadwal pelajaran di SMK [12]. Penelitian ini memiliki kasus yang mirip, namun masalah yang akan diselesaikan berbeda, dimana penelitian ini berfokus untuk meminimalisir *human error* pada proses penjadwalan.

Berdasarkan masalah yang telah dijelaskan dan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian ini membangun sistem penjadwalan mata Pelajaran sekolah dengan penerapan metode *Constraint Programming*. Metode *constraint programming* merupakan metode yang digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan di dalam lingkup batasan yang telah ditentukan. Solusi yang didapatkan metode bergantung dengan batasan yang ditetapkan. Dikarenakan pada kasus penjadwalan mata pelajaran sekolah dibutuhkan suatu sistem yang dapat beradaptasi terhadap kebijakan-kebijakan yang telah ditetapkan oleh sekolah maupun pemerintah terkait penjadwalan, metode *constraint programming* dapat diterapkan dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan pada MTs. Khulafaur Rasyidin.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Proses penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian sistem dan penarikan kesimpulan. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.1.1. Studi Literatur

Dilakukan studi pustaka dan dokumentasi untuk memperoleh informasi yang berhubungan dengan penelitian. Literatur yang akan digunakan adalah buku, jurnal ilmiah, artikel, serta data yang berkaitan dengan metode *constraint programming* dan penjadwalan. Hasil dari proses ini digunakan sebagai dasar pengetahuan dari penelitian ini.

2.1.2. Analisis Kebutuhan

Dilakukan analisis terhadap data yang telah didapatkan. Hasil Analisa yang didapatkan berupa batasan-batasan (*constraint*) atau aturan pembuatan mata pelajaran di MTs. Khulafaur Rasyidin. *Constraint* dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu *hard constraint* dan *soft constraint*. *Hard constraint* adalah syarat yang harus dipenuhi dalam penyelesaian persoalan, sedangkan *soft constraint* adalah syarat yang jika tidak dipenuhi maka tidak akan menyebabkan kesalahan fatal [13].

2.1.3. Perancangan Sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem dengan membangun rancangan yang terhadap perangkat lunak dan keras yang digunakan dalam penelitian.

2.1.4. Implementasi

Tahap ini merupakan tahap pembangunan dan implementasi dari sistem yang telah dirancang sebelumnya.

2.1.5. Pengujian

Setelah sistem berhasil diimplementasikan, dilakukan pengujian sistem dengan tujuan untuk memastikan apakah sistem yang dibangun bekerja sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Pengujian dilakukan dengan cara melakukan proses penjadwalan yang dilakukan oleh sistem berdasarkan data dan batasan yang telah dimasukkan. Dilakukan lima kali pengujian dengan menggunakan lima batasan *soft constraint* yang berbeda.

Setelah pengujian sistem selesai, dilakukan pengujian akurasi. Pengujian akurasi jadwal dilakukan dengan membandingkan jumlah jadwal yang memenuhi *hard constraint* dan *soft constraint* yang ditetapkan dengan jumlah slot penjadwalan yang tersedia. Jumlah slot penjadwalan yang tersedia di setiap harinya dari hari Senin sampai Sabtu sebanyak 7 slot, khusus hari Jum'at hanya tersedia 6 slot saja. Satu kelas dijadwalkan untuk mengikuti kegiatan belajar mengajar selama 6 hari per-minggu dari Senin hingga Sabtu, dengan kata lain, setiap kelas memiliki slot penjadwalan per-minggu sebanyak 41 slot. Karena pengujian dilakukan terhadap 4 kelas, didapatkan jumlah slot penjadwalan sebesar 164 slot. Jumlah slot tersebut dimasukkan dalam Persamaan 1 [14].

$$\frac{\text{Slot yang terisi}}{\text{Slot Keseluruhan}} * 100\% = \text{Akurasi Program} \quad (1)$$

Setelah pengujian dilakukan beberapa kali, dicari akurasi program rata-rata. Pencarian akurasi rata-rata berfungsi sebagai nilai perwakilan dari sekian banyak percobaan yang dilakukan. Pencarian rata-rata dicari dengan menggunakan Persamaan 2 [15].

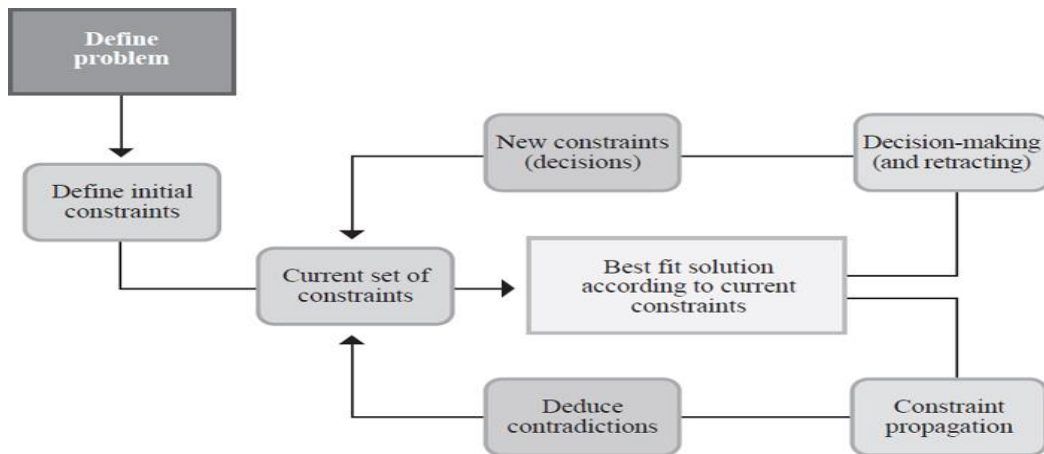
$$\frac{\text{akurasi } 1 + \text{akurasi } 2 + \dots + \text{akurasi } n}{n} = \text{nilai rata - rata} \quad (2)$$

Keterangan:

n = jumlah percobaan yang dilakukan

2.2 Constraint Programming

Constraint programming adalah pembelajaran sistem komputasi berdasarkan *constraint*. Ide utama dari *constraint programming* adalah menyelesaikan masalah dengan menyatakan *constraint* (kondisi, sifat, kebutuhan) yang harus dipenuhi oleh solusi. Dengan kata lain, *constraint programming* adalah pendekatan alternatif terhadap pemrograman yang berisikan permodelan suatu masalah sebagai himpunan kebutuhan (*constraint*) yang berurutan diselesaikan metode umum ataupun spesifik untuk domain [9]. Cara kerja metode *constraint programming* dapat dilihat di Gambar 2.



Gambar 2. Cara Kerja Metode *Constraint Programming*

Batasan yang telah didefinisikan tadi akan dijadikan sebagai patokan pertama dalam penyelesaian masalah. Setelah itu, program akan mencoba untuk menghasilkan suatu solusi yang dapat memenuhi batasan yang telah ditetapkan tersebut. Setelah solusi ditemukan, dilakukan pengecekan, apakah solusi tersebut dapat menyelesaikan masalah atau perlu dilakukan modifikasi batasan, baik itu pengurangan atau penambahan batasan sampai masalah terselesaikan. Jika batasan perlu dimodifikasi, batasan yang baru akan dijadikan patokan baru dalam penyelesaian masalah dan proses pencarian solusi akan diulangi kembali sampai ditemukan solusi yang dapat menyelesaikan masalah [9].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, untuk melakukan penjadwalan mata pelajaran di MTs. Khulafaur Rasyidin terlebih dahulu menentukan batasan-batasan yang akan digunakan dalam menentukan penjadwalan. *Constraint* yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu *hard constraint* dan *soft constraint*. *Hard constraint* adalah syarat yang harus dipenuhi dalam penyelesaian persoalan, sedangkan *soft constraint* adalah syarat yang walaupun tidak dipenuhi tidak akan menyebabkan kesalahan fatal. Adapun batasan *hard constraint* dan *soft constraint* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Hard constraint* dan *soft constraint* yang digunakan

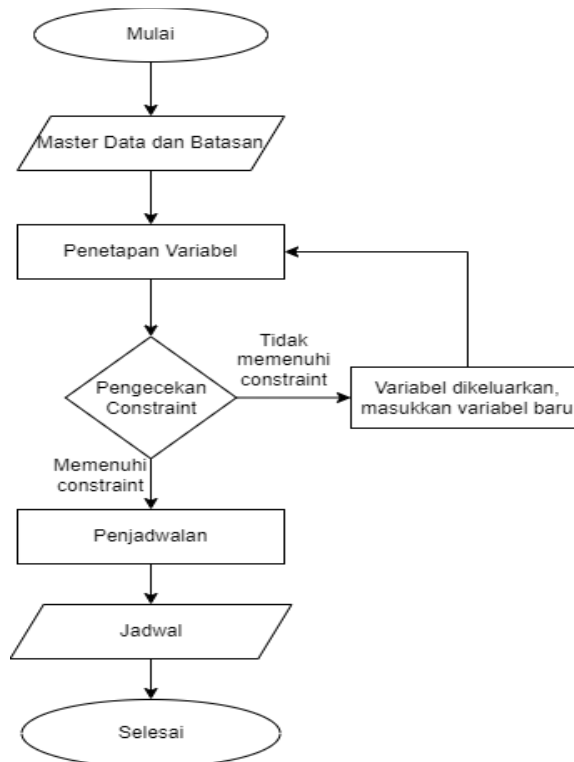
No.	<i>Hard Constraint</i>	<i>Soft Constraint</i>
1.	Hari belajar mengajar adalah Senin sampai Sabtu.	Mata pelajaran yang ada dujian nasional tidak dijadwalkan secara berurutan dalam 1 hari.
2.	Kegiatan belajar mengajar dimulai pada pukul 09.15 sampai pukul 14.50. Istirahat dimulai pada pukul 11.55 sampai dengan 12.50. Pada hari Jum'at, istirahat dimulai dari pukul 10.35 sampai dengan pukul 12.50	Mata pelajaran Penjasorkes dijadwalkan sebelum istirahat sholat zuhur.

No.	<i>Hard Constraint</i>	<i>Soft Constraint</i>
3.	Guru tidak dijadwalkan di waktu yang sama dan kelas yang berbeda.	Mata pelajaran Qur'an Hadits dijadwalkan di hari Kamis atau Jum'at
4.	Setiap hari, setiap kelas belajar selama 7 jam pelajaran, kecuali hari Jum'at, setiap kelas belajar selama 6 jam pelajaran saja.	
5.	Mata pelajaran yang diujikan-nasionalkan memiliki bobot 4 jam pelajaran per minggu, bahasa arab memiliki bobot 3 jam pelajaran per minggu, bimbingan konseling memiliki bobot 1 jam pelajaran per minggu dan mata pelajaran lainnya memiliki bobot 2 jam pelajaran per minggu.	
6.	Mata pelajaran dalam satu hari di satu kelas maksimal berjalan 2 jam secara berurutan.	

Pengujian dilakukan dengan cara melakukan proses penjadwalan yang dilakukan oleh sistem berdasarkan data dan batasan yang telah dimasukkan. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali dengan menggunakan lima batasan *soft constraint* yang berbeda, yaitu:

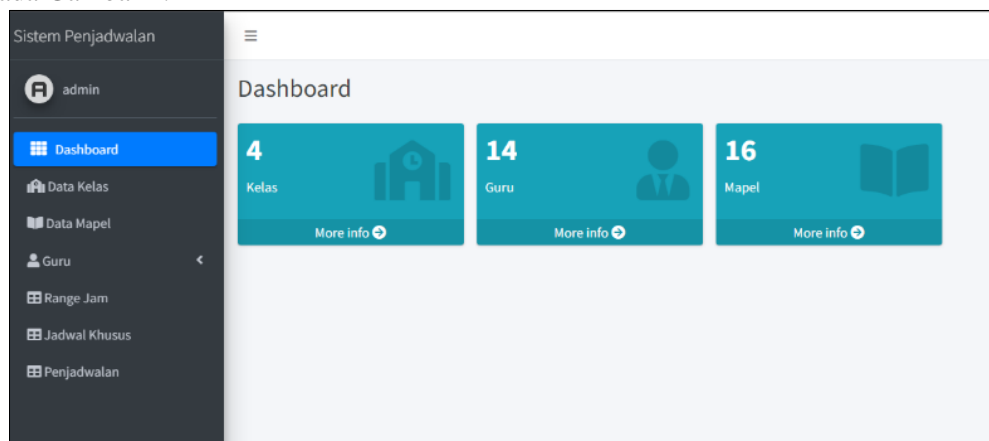
1. Pengujian pertama dengan tidak menggunakan *soft constraint* sama sekali.
2. Pengujian kedua menggunakan *soft constraint* mata pelajaran yang diujikan nasionalkan tidak dijadwalkan secara berurutan dalam 1 hari.
3. Pengujian ketiga menggunakan *soft constraint* mata pelajaran Penjasorkes dijadwalkan sebelum istirahat sholat zuhur.
4. Pengujian keempat menggunakan *soft constraint* mata pelajaran Qur'an Hadits dijadwalkan di hari Kamis atau Jum'at.
5. Pengujian kelima menggunakan gabungan dari *soft constraint* kedua sampai dengan keempat.

Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan semua data yang relevan ke dalam aplikasi terlebih dahulu, yaitu data guru, mata pelajaran, slot penjadwalan yang dibutuhkan, *hard constraint* dan *soft constraint* dari setiap pengujian. Setelah data dan *constraint* dimasukkan, variabel akan ditetapkan. Setelah itu dilakukan pengecekan variabel terhadap *constraint* yang ada. Jika variabel tidak memenuhi *constraint*, pengecekan akan dilakukan kembali terhadap variabel baru, jika variabel memenuhi *constraint*, variabel akan dimasukkan ke dalam slot penjadwalan kosong. Hal ini dilakukan sampai semua variabel berhasil dibandingkan dengan *constraint* yang ada. Alur kerja metode *constraint programming* dalam aplikasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur Kerja Metode Constraint Programming dalam Aplikasi

Data dimasukkan melalui menu yang disediakan pada aplikasi. Penetapan variabel dan pengecekan *constraint* dilakukan langsung oleh program. Tampilan antarmuka aplikasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Antarmuka Aplikasi

Setelah semua data berhasil dimasukkan, data dapat dilihat pada antarmuka penjadwalan. Data yang dapat dilihat adalah data nama guru, id guru, kelas, mata pelajaran yang diampu oleh guru serta jam mengajar guru. Data yang telah dimasukkan dapat dilihat pada Gambar 5.

Jadwal Belum Terplot							
Kelas	Id Guru	Nama Guru	Mapel	Beban Jam	Jumlah Yang Belum Terplot	Request Jadwal	Action
7C	16	Burhan BS, S.Pd.I	Pkn	2	2		<button>Plotting</button>
7D	16	Burhan BS, S.Pd.I	Pkn	2	2		<button>Plotting</button>
7C	20	Setyo Abdi Trinanda, S.Pd	Perjas	2	2		<button>Plotting</button>
7D	20	Setyo Abdi Trinanda, S.Pd	Perjas	2	2		<button>Plotting</button>
7A	28	Faisal Luthfi, S.Pd	Mulok	2	2		<button>Plotting</button>
7B	28	Faisal Luthfi, S.Pd	Mulok	2	2		<button>Plotting</button>
7C	28	Faisal Luthfi, S.Pd	Mulok	2	2		<button>Plotting</button>
7A	32	Jamilah, S.Ag	SKI	2	2		<button>Plotting</button>
7B	32	Jamilah, S.Ag	SKI	2	2		<button>Plotting</button>

Gambar 5. Data Jadwal

Selain menampilkan data, antarmuka penjadwalan juga menampilkan slot penjadwalan kosong yang telah dibuat. Slot kosong ini dibuat secara otomatis oleh aplikasi menggunakan data kelas, hari dan slot waktu yang telah dimasukkan sebelumnya. Tampilan slot penjadwalan kosong dapat dilihat pada Gambar 6.

Senin					Selasa				
+	7A	7B	7C	7D	+	7A	7B	7C	7D
0	kosong	kosong	kosong	kosong	0	kosong	kosong	kosong	kosong
1	kosong	kosong	kosong	kosong	1	kosong	kosong	kosong	kosong
2	kosong	kosong	kosong	kosong	2	kosong	kosong	kosong	kosong
3	kosong	kosong	kosong	kosong	3	kosong	kosong	kosong	kosong
4	Istirahat	Istirahat	Istirahat	Istirahat	4	Istirahat	Istirahat	Istirahat	Istirahat
5	kosong	kosong	kosong	kosong	5	kosong	kosong	kosong	kosong
6	kosong	kosong	kosong	kosong	6	kosong	kosong	kosong	kosong
7	kosong	kosong	kosong	kosong	7	kosong	kosong	kosong	kosong

Gambar 6. Tampilan Slot Penjadwalan Kosong

Hard constraint yang digunakan dalam penelitian merujuk ke slot penjadwalan itu sendiri, dan juga beberapa aturan yang sudah di program ke dalam aplikasi. Oleh karena itu, *hard constraint* tidak perlu didefinisikan secara manual. Sedangkan untuk *soft constraint*, perlu dideklarasikan terlebih dahulu dengan cara memasukkan *constraint*-nya langsung ke dalam penjadwalan. Untuk memasukkan *soft constraint* ke dalam penjadwalan, data langsung dimasukkan ke dalam slot penjadwalan kosong sesuai dengan kebutuhan pengujian. Setelah *soft constraint* dimasukkan, penjadwalan dapat dilakukan, dan aplikasi akan memasukkan data yang belum dimasukkan ke dalam slot penjadwalan secara otomatis. Hasil penjadwalan dalam aplikasi dapat dilihat pada Gambar 7.

Senin					Selasa				
	TA	TB	TC	TD		TA	TB	TC	TD
0	(Ahmad Qosim, S.Pd) Matematika	(Mahmud, S.Pd) IPS	(Naylatussa'dah El A, S.Pd) Akidah Akhlak	(Rabiatul Adawiyah, S.Pd) Bahasa Indonesia	0	(Ahmad Qosim, S.Pd) Matematika	(Mahmud, S.Pd) IPS	(Naylatussa'dah El A, S.Pd) Qur'an Hadits	(Rabiatul Adawiyah, S.Pd) Bahasa Indonesia
1	(Ahmad Qosim, S.Pd) Matematika	(Mahmud, S.Pd) IPS	(Naylatussa'dah El A, S.Pd) Akidah Akhlak	(Rabiatul Adawiyah, S.Pd) Bahasa Indonesia	1	(Ahmad Qosim, S.Pd) Matematika	(Mahmud, S.Pd) IPS	(Naylatussa'dah El A, S.Pd) Qur'an Hadits	(Rabiatul Adawiyah, S.Pd) Bahasa Indonesia
2	(Rabiatul Adawiyah, S.Pd) Bahasa Indonesia	(Naylatussa'dah El A, S.Pd) Akidah Akhlak	(Ahmad Qosim, S.Pd) IPA	(Mahmud, S.Pd) IPS	2	(Rabiatul Adawiyah, S.Pd) Bahasa Indonesia	(Naylatussa'dah El A, S.Pd) Qur'an Hadits	(Ahmad Qosim, S.Pd) IPA	(Mahmud, S.Pd) IPS
3	(Rabiatul Adawiyah, S.Pd) Bahasa Indonesia	(Naylatussa'dah El A, S.Pd) Akidah Akhlak	(Ahmad Qosim, S.Pd) IPA	(Mahmud, S.Pd) IPS	3	(Rabiatul Adawiyah, S.Pd) Bahasa Indonesia	(Naylatussa'dah El A, S.Pd) Qur'an Hadits	(Ahmad Qosim, S.Pd) IPA	(Mahmud, S.Pd) IPS
4	Istirahat	Istirahat	Istirahat	Istirahat	4	Istirahat	Istirahat	Istirahat	Istirahat
5	(Muhammad Tahir, S.Pd.) Bahasa Arab	(Yusnaini, S.Ag) Praktek Bahasa Inggris	(Erin Dwi Setyani, S.Pd) Bahasa Inggris	(Yusnaini, S.Ag) Fiqih	5	(Muhammad Tahir, S.Pd.) Bahasa Arab	kosong	(Erin Dwi Setyani, S.Pd) Bahasa Inggris	(Sy. Mustafa, S.H) SBK
6	(Muhammad Tahir, S.Pd.) Bahasa Arab	(Yusnaini, S.Ag) Praktek Bahasa Inggris	(Erin Dwi Setyani, S.Pd) Bahasa Inggris	(Yusnaini, S.Ag) Fiqih	6	(Muhammad Tahir, S.Pd.) Bahasa Arab	(Muhammad Tahir, S.Pd.) Bahasa Inggris	(Erin Dwi Setyani, S.Pd) Bahasa Inggris	(Sy. Mustafa, S.H) SBK
7	kosong	kosong	kosong	kosong	7	(Muhammad Tahir, S.Pd.) Bahasa Arab	kosong	kosong	kosong

Rabu					Kamis				
	TA	TB	TC	TD		TA	TB	TC	TD
0	(Mahmud, S.Pd) IPS	(Ahmad Qosim, S.Pd) Matematika	(Rabiatul Adawiyah, S.Pd) Bahasa Indonesia	(Naylatussa'dah El A, S.Pd) Akidah Akhlak	0	(Mahmud, S.Pd) IPS	(Ahmad Qosim, S.Pd) Matematika	(Rabiatul Adawiyah, S.Pd) Bahasa Indonesia	(Naylatussa'dah El A, S.Pd) Qur'an Hadits
1	(Mahmud, S.Pd) IPS	(Ahmad Qosim, S.Pd) Matematika	(Rabiatul Adawiyah, S.Pd) Bahasa Indonesia	(Naylatussa'dah El A, S.Pd) Akidah Akhlak	1	(Mahmud, S.Pd) IPS	(Ahmad Qosim, S.Pd) Matematika	(Rabiatul Adawiyah, S.Pd) Bahasa Indonesia	(Naylatussa'dah El A, S.Pd) Qur'an Hadits
2	(Erin Dwi Setyani, S.Pd) Bahasa Inggris	(Sri Apriliani, S.Pd) IPA	(Mahmud, S.Pd) IPS	(Ahmad Qosim, S.Pd) Matematika	2	(Erin Dwi Setyani, S.Pd) Bahasa Inggris	(Sri Apriliani, S.Pd) IPA	(Mahmud, S.Pd) IPS	(Ahmad Qosim, S.Pd) Matematika
3	(Erin Dwi Setyani, S.Pd) Bahasa Inggris	(Sri Apriliani, S.Pd) IPA	(Mahmud, S.Pd) IPS	(Ahmad Qosim, S.Pd) Matematika	3	(Erin Dwi Setyani, S.Pd) Bahasa Inggris	(Sri Apriliani, S.Pd) IPA	(Mahmud, S.Pd) IPS	(Ahmad Qosim, S.Pd) Matematika
4	Istirahat	Istirahat	Istirahat	Istirahat	4	Istirahat	Istirahat	Istirahat	Istirahat
5	(Muhammad Tahir, S.Pd.) Bahasa Arab	kosong	kosong	kosong	5	(Sy. Mustafa, S.H) SBK	(Yusnaini, S.Ag) Praktek Bahasa Inggris	kosong	(Muhammad Tahir, S.Pd.) Bahasa Arab
6	(Yusnaini, S.Ag) Fiqih	(Sy. Mustafa, S.H) SBK	(Muhammad Tahir, S.Pd.) Bahasa Arab	(Muhammad Tahir, S.Pd.) Bahasa Arab	6	(Sy. Mustafa, S.H) SBK	(Yusnaini, S.Ag) Fiqih	kosong	(Muhammad Tahir, S.Pd.) Bahasa Arab
7	(Yusnaini, S.Ag) Fiqih	(Sy. Mustafa, S.H) SBK	kosong	(Muhammad Tahir, S.Pd.) Bahasa Arab	7	kosong	(Yusnaini, S.Ag) Fiqih	kosong	(Muhammad Tahir, S.Pd.) Bahasa Arab

Gambar 7. Hasil Penjadwalan dalam Aplikasi

3.1. Pengujian Pertama

Pengujian sistem yang pertama adalah dengan tidak menggunakan *soft constraint*, dengan kata lain, pengujian hanya dilakukan terhadap *hard constraint* yang telah ditetapkan. Setelah dilakukan pengujian, dari 164 slot yang tersedia sebanyak 146 slot jadwal yang terisi.

3.2. Pengujian Kedua

Pengujian kedua adalah dengan dimasukkan *soft constraint* secara manual pada antarmuka penjadwalan dan hasil penjadwalan, mengikuti *constraint* yang telah ditetapkan, yaitu mata pelajaran yang diujikan-nasionalkan tidak dijadwalkan secara berurutan dalam satu hari. Untuk memasukkan *constraint*, perlu didefinisikan variabel yang terlibat terlebih dahulu. Dalam pengujian ini, variabel yang terlibat adalah mata pelajaran yang diujikan nasionalkan, yaitu mata pelajaran Bahasa Indonesia, Matematika, Bahasa Inggris, IPA dan IPS. Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan 80 *constraint*, dari 164 slot yang tersedia sebanyak 128 slot jadwal yang terisi.

3.3. Pengujian ketiga

Pada pengujian ketiga, dimasukkan *soft constraint* secara manual pada antarmuka penjadwalan dan hasil penjadwalan, mengikuti *constraint* yang telah ditetapkan, mata pelajaran Penjasorkes dijadwalkan sebelum istirahat sholat zuhur. Untuk memasukkan *constraint*, perlu didefinisikan variabel yang terlibat terlebih dahulu. Dalam pengujian ini, variabel yang terlibat adalah mata pelajaran Penjasorkes. Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan 8 *constraint*, dari 164 slot yang tersedia sebanyak 148 slot jadwal yang terisi.

3.4. Pengujian keempat

Pada pengujian keempat, dimasukkan *soft constraint* secara manual pada antarmuka penjadwalan dan hasil penjadwalan, mengikuti *constraint* yang telah ditetapkan, yaitu mata pelajaran Qur'an Hadits dijadwalkan di hari Kamis atau Jum'at. Untuk memasukkan *constraint*, perlu didefinisikan variabel yang terlibat terlebih dahulu. Dalam pengujian ini, variabel yang terlibat adalah mata pelajaran Qur'an Hadits. Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan 8 *constraint*, dari 164 slot yang tersedia sebanyak 148 slot jadwal yang terisi.

3.5. Pengujian kelima

Pada pengujian kelima, dimasukkan *soft constraint* secara manual pada antarmuka penjadwalan dan hasil penjadwalan, mengikuti *constraint* yang telah ditetapkan, yaitu gabungan antara *constraint* yang digunakan pada pengujian pertama, kedua dan ketiga, yaitu mata pelajaran yang diujikan nasionalkan tidak dijadwalkan secara berurutan dalam satu hari, mata pelajaran Penjasorkes dijadwalkan sebelum istirahat sholat zuhur dan mata pelajaran Qur'an Hadits dijadwalkan di hari Kamis atau Jum'at. Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan 96 *constraint*, dari 164 slot yang tersedia sebanyak 130 slot jadwal yang terisi.

3.6. Perhitungan akurasi dan pembahasan

Setelah dilakukan lima kali pengujian, untuk mengetahui akurasi dari sistem yang dibuat dalam menentukan penjadwalan dilakukan pengujian akurasi dengan menggunakan Persamaan 1, kemudian menghitung akurasi rata-rata dari kelima pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2. Hasil akurasi dari setiap pengujian dan akurasi rata-rata yang dihitung dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian dan Pencarian Akurasi Rata-Rata

Pengujian Ke-	<i>Constraint</i> yang dimasukkan	Jumlah slot yang terisi	Jumlah slot keseluruhan	Akurasi (%)
1	0	146	164	89.02
2	80	128	164	78.04
3	8	148	164	90.24
4	8	148	164	90.24
5	96	130	164	79.26
Rata-Rata Akurasi				85.36

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, di peroleh rata-rata akurasi sebesar 85.36%. Nilai akurasi sistem berdasarkan jumlah slot *constraint* yang dimasukkan mempengaruhi hasil pengujian. Pada Tabel 2, setiap pengujian yang memiliki *constraint* yang lebih sedikit memiliki akurasi yang lebih besar. Selain itu, pada pengujian ketiga, keempat dan kelima, diberlakukan peletakan *constraint* lebih diperhitungkan, sedangkan pada pengujian kedua, slot *constraint* dimasukkan secara acak. Hal ini yang menyebabkan besar akurasi pengujian kelima lebih besar dibandingkan pengujian kedua dan pengujian ketiga dan keempat lebih besar dari pengujian pertama.

Hasil akurasi rata-rata yang didapatkan tidak bernilai 100% karena algoritma alokasi yang digunakan dalam penelitian hanya bisa melakukan alokasi variabel secara maju. Dengan kata lain, ketika algoritma alokasi tidak menemukan satu domain yang dapat dialokasikan ke dalam suatu slot kosong, metode akan membiarkan slot tersebut kosong dan maju ke slot selanjutnya untuk mengisi slot tersebut dan metode tidak akan melakukan pengecekan ulang terhadap yang slot dibiarkan kosong tersebut. Lalu, algoritma alokasi juga tidak bisa mengecek kembali variabel yang telah dialokasikan ke dalam penjadwalan dan mengganti variabel tersebut menjadi variabel lain yang masih merupakan bagian dari domain. Kedua kelemahan itu menyebabkan ketidakmampuan metode untuk mengisi semua slot penjadwalan yang tersedia sehingga menyebabkan akurasi metode tidak 100%. Ke depannya, diperlukan metode tambahan untuk pengalokasian variabel agar akurasi metode dapat bertambah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian aplikasi dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode *constraint programming* menyelesaikan masalah penjadwalan mata pelajaran sekolah dengan cara membandingkan *input* yang dimasukkan dengan batasan yang telah ditentukan. Variabel yang telah memenuhi batasan dikelompokkan menjadi suatu himpunan

- baru yang disebut domain dan dialokasikan ke dalam slot penjadwalan kosong yang berjumlah 164 slot.
2. Keakuratan solusi metode *constraint programming* didapatkan setelah dilakukan pengujian sebanyak 5 kali. Dari hasil akurasi kelima pengujian tersebut, dicari nilai rata-rata akurasi sebagai nilai representasi. Nilai rata-rata yang didapatkan sebesar 85.36%.
 3. Besar akurasi dari metode bergantung kepada cara alokasi yang dilakukan. Ketika alokasi dilakukan secara manual, proses alokasi yang lebih memerhatikan slot kosong yang terjepit memiliki hasil akurasi yang lebih tinggi dibandingkan proses alokasi yang tidak memerhatikan slot kosong yang terjepit. Pada alokasi yang dilakukan secara otomatis, untuk memaksimalkan akurasi metode, diperlukan algoritma yang dapat melakukan pengecekan ulang terhadap slot yang telah diproses sebelumnya.

5. SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut terhadap penelitian ini adalah penambahan metode optimasi yang berbeda untuk pada proses alokasi variabel-variabel yang ada ke dalam slot penjadwalan. Disarankan digunakan metode-metode optimasi yang dapat menambah akurasi dari penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, “KBBI”, <https://kbbi.web.id/jadwal>, diakses tanggal 11 Desember 2023.
- [2] Sugeha, Ilham Hidayat, “Optimasi Penjadwalan Menggunakan Metode Algoritma Genetika Pada Proyek Rehabilitasi Puskesmas Minanga,” *Jurnal Sipil Statik*, vol. 7, no. 12, pp. 1669-1680, 2019.
- [3] Putri, Raissa Amanda, “Aplikasi Algoritma Penjadwalan Sistem Operasi,” *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 1 pp.98-102, 2021
- [4] L. Luthfina, “Implementasi Algoritma Artificial Bee Colony (ABC) Untuk Penjadwalan Mata Pelajaran Sekolah,” 2018.
- [5] Risqiwahid, Muhammad, Vivine Nurcahyawati, Achmad Arrosyidi, “Optimasi Penjadwalan Mata Pelajaran Menggunakan Constraint Programming,” *Jurnal Informatika Teknologi dan Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 118-124, 2023.
- [6] F. Rossi, P. Van Beek, and T. Walsh Elsevier, *Handbook of Constraint Programming*. 2016.
- [7] W. A. Putri, “Bulletin of Data Science Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Pneumonia Menggunakan Metode Constraint Satisfaction Problem (CSP),” *Media Online*, vol. 1, no. 1, pp. 9–13, 2021, [Online]. Available: <https://ejurnal.seminar-id.com/index.php/bulletinds>
- [8] R. Rakhman Mustafa, Y. Azhar, and N. Hayatin, “Pembuatan Jadwal Shift Perawat Dengan Menggunakan Metode Constraint Satisfaction,” *REPOSITOR*, vol. 2, no. 2, pp. 239–248, 2020.
- [9] Purnawan, Jimmy, Hapnes Toba, “Layanan Web Kalender Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Maranatha dengan Constraint Satisfaction Problem,” *Jurnal Strategi*, vol. 2, no. 1, pp. 120-132, 2020.
- [10] B. Kurniawan, “Pengembangan algoritma program pembatas untuk penjadwalan job-shop,” *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, vol. 20, no. 1, p. 15, Apr. 2021, doi: 10.20961/performa.20.1.44302.
- [11] Nuraisyah, I. Permana, and F. N. Salisah, “Sistem Penjadwalan Otomatis Tempat Khutbah Jum’at Mubaligh,” *Jurnal Ilmiah Rekayasa dan Manajemen Sistem Informasi*, vol. 3, pp. 59–64, 2017.
- [12] Yuliana and V. N. Alaedy, “Implementasi Metode Algoritma Genetika Untuk Menentukan Penjadwalan Pelajaran Di SMKN 1,” *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 4, pp. 67–74, 2021.

- [13] Amanda, Jefri, “Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit Lupus Menggunakan Metode Constraint Satisfaction Problem (CSP),” *Resolusi:Rekayasa Teknik Informatika dan Informasi*, vol.1, no. 5, pp. 312-318, 2021.
- [14] A. Fitri, I. Permana, A. Marsal, J. S. Informasi, F. Sains, and D. Teknologi, “Penerapan Constraint Satisfaction Problem pada metode Priority Scheduling untuk Penjadwalan Khutbah Jum’at para Mubaligh di IKMI Pekanbaru,” *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 13, no. 2, pp. 190–194, 2016.
- [15] F. Puspasari, F. Fatimatuzzahra, L. A. Didik, and B. Bahtiar, “Analisis Periodisitas Gempa Bumi Diwilayah Kabupaten Lombok Barat Dengan Menggunakan Metode Statistik Dan Transformasi Wavelet,” *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. 16, no. 1, p. 33, Feb. 2020, doi: 10.12962/j24604682.v16i1.5717.