

Optimasi Penjadwalan Mata Pelajaran menggunakan Constraint Programming

Muhamad Risqiwahid¹, Vivine Nurcahyawati^{2*}, Achmad Arrosyidi³

^{1,2,3}Fakultas Teknologi dan Informatika, Sistem Informasi, Universitas Dinamika, Surabaya, Indonesia

Email: ¹18410100227@dinamika.ac.id, ^{2*}vivine@dinamika.ac.id, ³achmad@dinamika.ac.id

Abstrak– Sekolah merupakan lembaga pendidikan yang memiliki kegiatan belajar mengajar, salah satu proses belajar mengajar adalah penjadwalan mata pelajaran yang dilakukan oleh Wakil Kepala Sekolah Kurikulum untuk menyusun jadwal mata pelajaran setiap satu tahun ajaran sekali. Penyusunan jadwal mata pelajaran yang digunakan saat ini masih menggunakan Microsoft Excel sehingga menimbulkan masalah antara lain jadwal kres, jumlah kelas yang diajar melebihi batas jam mengajar dan rumitnya mengatur jadwal jika ada pergantian jadwal. Solusi dari permasalahan diatas yaitu membuat aplikasi penjadwalan mata pelajaran pada sekolah berbasis website menggunakan constraint programming dan tahapan pengembangan sistem menggunakan Waterfall. Hasil penelitian yang didapatkan pada penelitian ini menunjukkan jika aplikasi berhasil membentuk jadwal mata pelajaran yang dapat digunakan oleh sekolah. Selanjutnya aplikasi dapat sesuai dengan batasan-batasan terkait dengan penjadwalan yang telah ditentukan. Serta aplikasi dapat membantu penyusunan jadwal mata pelajaran secara optimal dengan tidak terdapat kres sebanyak 100%. Sistem pada aplikasi membutuhkan maksimal 10 menit untuk proses pembuatan jadwal.

Kata Kunci: Penjadwalan, Constraint Programming, Waterfall, Mata Pelajaran

Abstract– Schools are educational institutions that have teaching and learning activities, one of the teaching and learning processes is scheduling subjects carried out by the Deputy Principal Curriculum to arrange subject schedules every school year once. The preparation of the subject schedule used today still uses Microsoft Excel, causing problems including the crash schedule, the number of classes taught exceeds the teaching hours, and complications in arranging the schedule if there is a change of schedule. The solution to the problem above is to create subject scheduling applications in website -based schools using constraint programming and stages of system development using waterfall. The results of the study obtained in this study showed that the application succeeded in forming subject schedules that schools can use. Furthermore, the application can be in accordance with the boundaries related to the specified scheduling. As well as applications can help the preparation of subjects optimally with no 100%. The system in the application requires a maximum of 10 minutes for the schedule creation process.

Keywords: Scheduling, Constraint Programming, Waterfall, Course

1. PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan hal terpenting dalam kehidupan seseorang, salah satunya pendidikan yang dilakukan di sekolah. Lembaga sekolah atau akademik yang menyelenggarakan proses belajar mengajar, proses belajar mengajar pasti membutuhkan adanya penjadwalan yang sesuai dengan jumlah tenaga pengajar atau guru, kelas dan siswa. Penjadwalan adalah proses, cara, perbuatan menjadwalkan atau memasukkan dalam jadwal (Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, 2016). Berdasarkan penjelasan yang ada pada KBBI bahwa jadwal mata pelajaran sekolah adalah suatu informasi yang menentukan mata pelajaran, hari dan jam efektif, serta kelas yang akan digunakan sebagai merancang suatu jadwal yang terstruktur sehingga kegiatan belajar mengajar dapat berjalan dengan lancar. Hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan jadwal mata pelajaran adalah jumlah guru pengajar, jumlah kelas, jumlah hari dan jam efektif belajar serta jumlah jam pelajaran.

Penelitian ini dibuat berdasarkan referensi dan keterkaitan teoritis dari penelitian-penelitian terdahulu. Penelitian pertama menghasilkan sistem aplikasi penjadwalan mata pelajaran yang dapat membentuk jadwal mata pelajaran dan menghasilkan laporan yang dibutuhkan untuk penjadwalan serta membentuk jadwal mata pelajaran tanpa adanya mata pelajaran yang bentrok (Sasongko et al., 2020). Penelitian kedua menghasilkan sistem aplikasi penjadwalan mata pelajaran yang menggunakan metode sebagian dari algoritma *constraint programming* untuk optimasi penjadwalan mata pelajaran pada tingkat SMP (Ariembi, 2017). Penelitian ketiga menghasilkan Sistem informasi penjadwalan mata kuliah sesuai dengan kebutuhan yang digunakan oleh bagian administrasi Prodi Sistem Informasi dalam mengontrol data jadwal perkuliahan (Gunawan, 2016). Berdasarkan dari

penelitian terdahulu tersebut, beberapa hal yang berbeda terutama pada objek dan metode yang beranekaragam. Untuk penelitian ini menggunakan metode logika *query system* yang sebagian dari metode *constraint programming* untuk merancang bangun aplikasi penjadwalan mata pelajaran berbasis web dengan objek lembaga pendidikan sekolah. Pada kegiatan belajar mengajar di sekolah terdapat salah satu proses penjadwalan mata pelajaran yang dilakukan oleh pihak Wakil Kepala Sekolah (Waka) Kurikulum untuk merancang jadwal mata pelajaran setiap satu tahun ajaran sekali. Sistem pembuatan jadwal mata pelajaran pada sekolah saat ini masih menggunakan cara konvensional dengan program *Microsoft Excel*.

Proses bisnis penjadwalan yang selama ini dilakukan yaitu dilakukan dengan melakukan pendataan ulang tenaga pengajar atau guru, kelas, dan mata pelajaran. Kemudian membuat rekapitulasi jam belajar mengajar sesuai dengan pedoman kurikulum K13 revisi 2019 dan ditambahkan dengan Pedoman Kurikulum Madrasah KMA 183 dan 184. Kemudian Waka Kurikulum melakukan pembagian jam mengajar sesuai dengan kompetensi guru terutama guru yang pengalaman dalam mengajar pada kelas 12, dan guru yang memiliki tugas tambahan seperti kepala sekolah, wakil kepala, wali kelas dan tugas tambahan lainnya. Kemudian melakukan pemetaan sesuai dengan pembagian jam mengajar yang telah di rekapitulasi dan membuat draft jadwal mata pelajaran. Setelah selesai membuat jadwal sementara maka jadwal sementara tersebut diajukan kepada Kepala Sekolah untuk disetujui, jika tidak disetujui maka Waka Kurikulum melakukan revisi atau pergantian jadwal. Setelah jadwal sementara disetujui oleh Kepala Sekolah maka Waka Kurikulum mengadakan rapat umum untuk memberikan informasi penjadwalan selama akademik pada awal semester. Setelah rapat umum maka jadwal mata pelajaran dapat dibagikan secara umum kepada seluruh civitas sekolah.

Alokasi dan penentuan guru dan mata pelajaran merupakan elemen yang penting dalam penyusunan jadwal mata pelajaran, jika terjadi permasalahan di penjadwalan maka sistem terkait akademik akan tidak berjalan secara optimal. Saat Waka Kurikulum mengisi atau membuat jadwal sementara sering mengalami terjadinya bentrokan jadwal antar guru. Terjadinya jadwal bentrok karena guru yang mengajar pada mata pelajaran tertentu berjumlah sedikit sedangkan jumlah kelas yang diajar melebihi batas jam mengajar guru. Penyusunan jadwal dilakukan oleh Waka Kurikulum selama satu minggu sebelum diadakannya rapat umum, rumitnya mengatur jadwal jika ada perubahan atau pergantian jadwal sehingga harus mengubah kembali jadwalnya secara manual hingga membutuhkan waktu yang lama. Agar tidak menghambat proses belajar mengajar yang ada di sekolah. Maka penelitian ini memberikan solusi pembuatan sistem penjadwalan yang terkomputerisasi dengan menggunakan metode *constraint programming*. Dengan hasil penelitian sistem ini dapat membantu Waka Kurikulum dalam menyusun jadwal mata pelajaran yang baik dan sesuai dengan yang dibutuhkan oleh sekolah.

Software Development Life Cycle (SDLC) adalah proses mengembangkan atau mengubah suatu sistem perangkat lunak dengan menggunakan model-model dan metodologi yang digunakan orang untuk mengembangkan sistem-sistem perangkat lunak sebelumnya (Sukanto, 2021). Penelitian ini menggunakan kerangka kerja Model *Waterfall* yaitu pengerjaan dari suatu sistem yang dilakukan secara terurut atau secara linear. Jadi jika langkah pertama belum dikerjakan maka tidak dapat melanjutkan pengerjaan langkah berikutnya (Sholikhah et al., 2017). Secara umum langkah-langkah dalam metode *waterfall* terdiri dari analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi sistem, integrasi dan pengujian sistem, dan tahap terakhir yakni operasional dan perawatan sistem (Tabrani & Pudjiarti, 2017).

2. KERANGKA TEORI

2.1 Optimasi

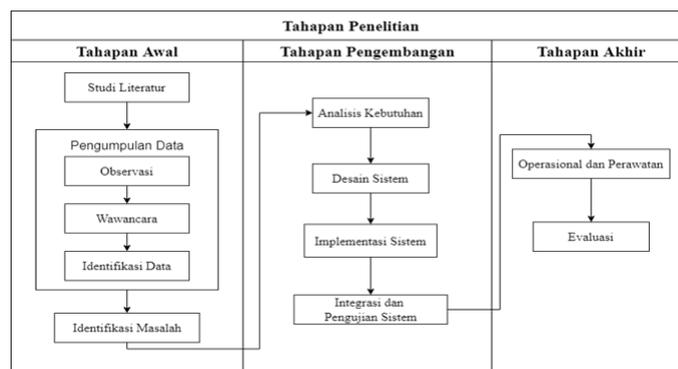
Optimasi merupakan upaya atau cara untuk memperoleh hasil yang terbaik. Optimasi adalah proses pencarian satu atau lebih penyelesaian yang berhubungan dengan nilai-nilai dari satu atau lebih fungsi objektif pada suatu masalah sehingga diperoleh satu nilai yang optimal (Adi, 2021). Dalam pembuatan sistem informasi penjadwalan ini, optimasi diartikan sebagai suatu proses percepatan durasi yang paling baik (optimal). Optimasi dalam penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil penjadwalan yang optimal dari segi durasi, pembagian beban mengajar guru yang merata dan tidak terjadinya jadwal guru yang crash.

2.2 Constraint Programming

Constraint programming adalah suatu metode yang muncul untuk mendeskripsikan deklarasi dan penyelesaian masalah yang efektif dari permasalahan yang besar, yang umumnya berupa kombinasi terutama pada bagian perencanaan dan penjadwalan (Sriyanto & Mastriswadi, 2015). Metode *Constraint programming* digunakan untuk mengatasi penjadwalan agar tidak terjadinya crash dengan aturan yang telah ditetapkan berdasarkan *constraint* ataupun batasan yang telah ditentukan oleh kebijakan dari sekolah (Cappart et al., 2021; M. Pour et al., 2018). Sistem dari *constraint programming* pada penjadwalan akan melakukan pengacakan ataupun *looping system* dengan batasan yang sesuai aturan, hingga menemukan jadwal mata pelajaran yang tidak mengalami crash. Dalam penjadwalan terdapat aturan-aturan yang harus dipatuhi atau yang bisa disebut dengan *constraint*. Terdapat dua jenis *Constraint* dalam penyusunan penjadwalan, yaitu *hard constraint* dan *soft constraint* (Widyadana, 2004). *Hard constraint* adalah aturan-aturan yang harus diterapkan pada penjadwalan mata pelajaran dan harus dipenuhi. Solusi yang tidak melanggar *hard constraint* disebut solusi layak.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan kerangka kerja model *Waterfall* yang digunakan sebagai panduan dalam pembuatan aplikasi. Metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Pada tahap awal dilakukan tahap identifikasi data yaitu tahap identifikasi masalah, proses identifikasi masalah berdasarkan hasil analisis wawancara dan observasi maka dapat disimpulkan bahwa proses penyusunan jadwal mata pelajaran masih manual menggunakan *Microsoft Excel* untuk membuat jadwal dan belum terkomputerisasi. Permasalahan yang ada pada sistem penjadwalannya adalah sering terjadi keterlambatan dalam penyelesaian jadwal mata pelajaran termasuk dengan adanya beberapa guru yang kekurangan jumlah jam mengajar. Terdapat juga kesulitan dalam mengatur jadwal mengajar dengan penempatan guru serta mata pelajaran sehingga terjadi jadwal bentrok. Serta rumitnya mengatur jadwal jika ada perubahan atau pergantian jadwal sehingga harus mengganti kembali jadwalnya secara manual hingga membutuhkan waktu yang cukup lama

Berdasarkan analisis sistem, didapatkan aturan penjadwalan yang harus dipatuhi dan dapat disebut sebagai *Hard Constraint* dan *Soft Constraint*. *Hard constraint* yang dimiliki oleh sekolah adalah sebagai berikut:

1. Hari belajar mengajar adalah hari senin hingga hari sabtu.
2. Jam belajar mengajar dimulai pukul 07.00 – 14.35 WITA. Untuk hari senin dimulai pada pukul 06.30 – 14.35 WITA karena ada kegiatan upacara bendera, sedangkan untuk hari jumat dimulai 07.00 – 11.35 WITA.
3. Jam istirahat siswa pada hari senin hingga kamis dan sabtu berjalan 2 kali dimulai pukul 10.00 – 10.25 WITA dan 12.40 – 13.05 WITA. Sedangkan untuk hari jumat, jam istirahat siswa berjalan 1 kali dimulai pukul 09.30 – 09.50 WITA.
4. Guru PNS minimal mengajar 24 jam/minggu dan guru Non PNS minimal 16 jam/minggu.

5. Maksimal 1 guru mengajar waktu dan kelas yang sama. Guru tidak boleh dijadwalkan pada waktu yang sama dan kelas yang berbeda.
6. Mata pelajaran dalam satu hari terdapat 3 hingga 4 mata pelajaran dengan untuk setiap kelas.
7. Untuk kelas 10 terdapat waktu tambahan mata pelajaran Keterampilan pada hari senin hingga hari kamis itu bertambah 1 jam sedangkan sabtu itu bertambah 2 jam.
8. Jam kegiatan belajar mengajar pada hari senin hingga kamis dan sabtu khusus kelas 10 maksimal 10 jam, sedangkan pada kelas 11 dan 12 kegiatan belajar mengajar maksimal 9 jam. Untuk hari jumat untuk semua maksimal 7 jam kegiatan belajar mengajar.
9. Bobot mata pelajaran mengikuti struktur kurikulum k13 revisi 2019 dan kurikulum KMA 183 dan 184.
10. Mata pelajaran dalam satu hari maksimal berjalan 2 atau 3 jam secara berurutan, jika bobot mata pelajaran lebih dari 2 jam maka harus dialihkan ke hari yang lain atau hari yang sama akan tetapi tidak berurutan dengan jam sebelumnya.

Sedangkan yang menjadi *Soft constraint* adalah aturan-aturan yang jika dilanggar masih dapat menghasilkan solusi yang layak akan tetapi sebisa mungkin untuk dipenuhi. *Soft constraint* yang dimiliki oleh sekolah adalah sebagai berikut:

1. Guru dijadwalkan untuk mengajar setiap hari selama satu minggu hari efektif, yaitu senin hingga sabtu.
2. Guru dengan status PNS jumlah maksimal jam mengajar adalah 40 jam/minggu.

Agar mendapatkan hasil jadwal mata pelajaran yang baik, maka sebaiknya batasan diatas tidak boleh dilanggar. Karena penjadwalan yang baik adalah penjadwalan yang tidak terjadi bentrok antar komponen yang dijadwalkan seperti hal kelas, mata pelajaran, guru dan waktu.

Kemudian langkah berikutnya adalah tahapan pengembangan, pada tahap ini diawali dengan tahap analisis kebutuhan. Analisis kebutuhan dilakukan penulisan kebutuhan-kebutuhan dari sistem yang paling mendasar seperti kebutuhan pengguna, kebutuhan fungsional, dan kebutuhan non fungsional. Kebutuhan pengguna yang diperoleh dari hasil wawancara dan observasi yang dilakukan dimana hasil yang diperoleh. Kebutuhan pengguna juga digunakan untuk mengetahui data dan informasi yang dibutuhkan oleh masing-masing pengguna dari sistem yang akan dibuat. Berikut adalah analisis kebutuhan pengguna yang dapat dilihat sebagai Tabel 1.

Tabel 1. Analisa Kebutuhan Pengguna

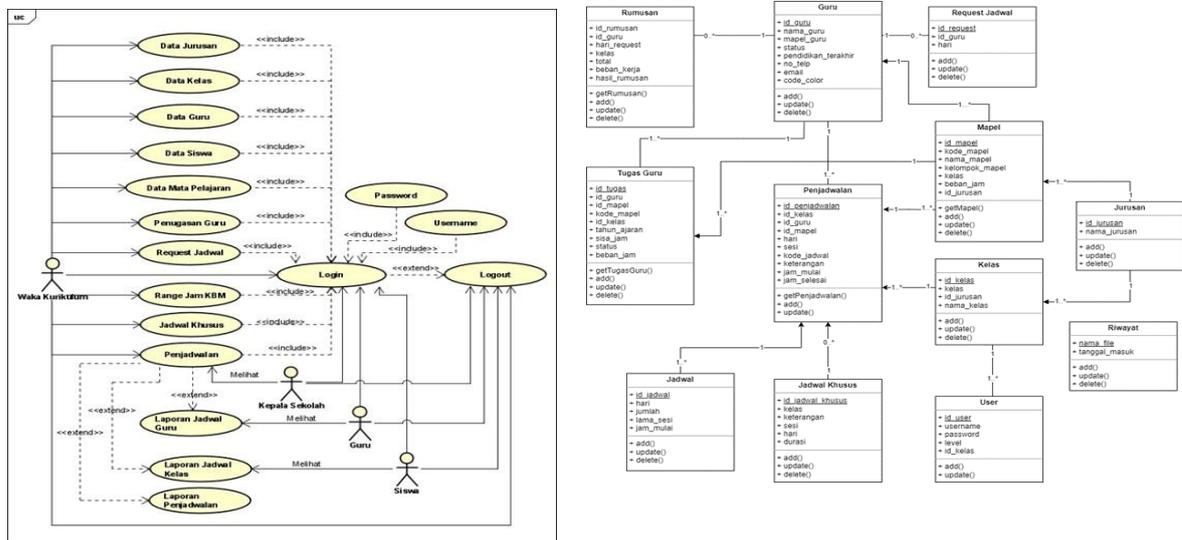
No	User	Kebutuhan Pengguna
1	Waka Kurikulum	Waka Kurikulum merupakan <i>user</i> yang mampu menginputkan data guru, data kelas, dan mata pelajaran yang digunakan untuk mengelola data mata pelajaran dan membuat penjadwalan mata pelajaran. <i>User</i> juga membuat laporan jadwal mata pelajaran dan laporan rincian beban mengajar guru.
2	Kepala Sekolah	Kepala Sekolah merupakan <i>user</i> yang dapat melihat serta melakukan <i>approve</i> ataupun <i>not approve</i> laporan rincian beban mengajar guru dan melihat laporan jadwal mata pelajaran yang telah dibuat oleh Waka Kurikulum.
3	Guru	Guru merupakan <i>user</i> yang dapat melihat jadwal guru itu sendiri.
4	Siswa	Siswa merupakan <i>user</i> yang dapat melihat jadwal siswa itu sendiri.

Setelah tahap analisis kebutuhan, maka dilanjutkan dengan tahap desain sistem. Tahap desain sistem merupakan gambaran alur proses sistem aplikasi penjadwalan mata pelajaran dengan diawali pembuatan *use case diagram*. *Use case diagram* yaitu membuat gambaran hubungan antara pengguna dan sistem yang telah dirancang. Hasil representasi dari skema tersebut dibuat secara sederhana dan bertujuan untuk memudahkan *user* dalam membaca informasi yang diberikan. Berikut adalah contoh gambar *use case diagram* yang dapat dilihat pada gambar 2.

Proses penjadwalan mata pelajaran dimulai dari pengguna melakukan *login* menggunakan akun yang telah disediakan dan diberikan hak akses. Berikut ini adalah pengguna yang memiliki otorisasi:

1. Jika pengguna adalah waka kurikulum maka akan diarahkan ke halaman admin. Hak pengguna sebagai admin dapat mengelola menu data jurusan, data kelas, data mata pelajaran, data guru, *request* jadwal, *range* jam, jadwal khusus dan penjadwalan.
2. Jika pengguna adalah Kepala Sekolah maka akan diarahkan ke halaman penjadwalan. Hak pengguna sebagai Kepala Sekolah yaitu dapat melakukan approve jadwal mata pelajaran dan non approve jadwal mata pelajaran.
3. Jika pengguna adalah Guru maka akan diarahkan ke halaman laporan data jadwal masing-masing guru.
4. Jika pengguna adalah Siswa maka akan diarahkan ke halaman laporan data jadwal masing-masing siswa berdasarkan kelas siswa itu sendiri.

Selanjutnya adalah membuat *class diagram*. pada tahap pembuatan *class diagram* ini adalah membuat dan menunjukkan keterkaitan antar class dalam sebuah sistem perancangan dan menjelaskan bagaimana mereka saling berkolaborasi untuk membangun suatu tujuan. Berikut pada gambar 3. merupakan tampilan class diagram yang ada pada perancangan aplikasi penjadwalan pada sekolah.

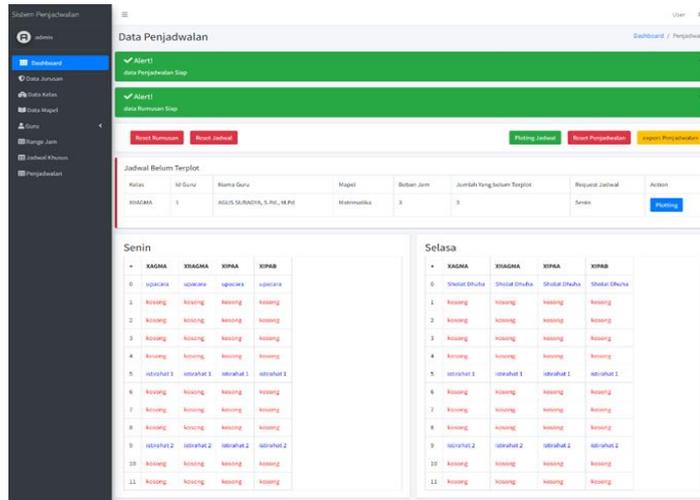


Gambar 2. Use case Diagram & Class Diagram

4. HASIL

4.1 Aplikasi Penjadwalan

Pada tahap ini dilakukan pembuatan aplikasi menggunakan *tools visual studio code* dan menggunakan bahasa PHP. Aplikasi penjadwalan hanya dapat dilakukan oleh Waka Kurikulum, Kepala Sekolah, Guru dan Siswa. Aplikasi penjadwalan mata pelajaran dilakukan oleh Waka kurikulum seperti pada gambar 4.



Gambar 3. Halaman penjadwalan

Halaman penjadwalan adalah halaman untuk memproses pembuatan jadwal mata pelajaran. Pada halaman ini pengguna dapat melakukan buat jadwal serta plotting jadwal guru. Berikut adalah hasil tampilan website dari halaman penjadwalan yang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Hasil Penjadwalan berupa pdf

Pada gambar 5 adalah hasil *export* penjadwalan yang telah diunduh serta telah terbuat dari halaman penjadwalan berdasarkan batasan ataupun aturan yang telah ditetapkan.

4.2 Evaluasi Aplikasi

Tahap evaluasi aplikasi ini menjelaskan keseluruhan fungsi dalam aplikasi penjadwalan mata pelajaran. Berdasarkan uji coba seluruh fungsi dalam sistem berhasil dijalankan seluruhnya. Penjadwalan pada beberapa kelas dapat menghasilkan jadwal yang optimal tanpa adanya pelanggaran *constraint*, yaitu sudah tidak ada jadwal mengajar guru yang bentrok, sudah tidak ada guru yang mengajar mata pelajaran pada waktu yang sama di kelas yang berbeda, sudah tidak ada kendala dengan jadwal yang telah di *request* oleh guru, sudah tidak ada kendala dengan perbedaan sesi kelas antara kelas 10 hingga kelas 12. Kemudian aplikasi penjadwalan mata pelajaran juga diuji sebanyak tiga kali oleh Waka Kurikulum sehingga optimal sistem dalam membuat jadwal pada tahap uji coba yang pertama berhasil terbuat jadwal 90% karena adanya data master yang belum lengkap, tahap kedua berhasil terbuat jadwal 100% dan tahap ketiga terbuat jadwal keseluruhan kelas 100%.

Menurut hasil uji coba pertama, kedua, dan ketiga dapat dikatakan penjadwalan dapat optimal dengan jadwal yang berhasil diploting. Sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk pembuatan jadwal oleh sistem adalah 10 menit paling lama dengan pertimbangan telah melengkap data master maupun fungsional lainnya

5. KESIMPULAN

Berdasarkan implementasi sistem, uji coba dan evaluasi sistem maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah bahwa aplikasi berhasil membentuk jadwal mata pelajaran yang dapat digunakan oleh sekolah. Aplikasi telah sesuai dengan batasan-batasan terkait dengan penjadwalan yang telah ditentukan. Aplikasi juga dapat membantu penyusunan jadwal mata pelajaran secara optimal dengan tidak terjadinya crash 100% dan aplikasi membutuhkan maksimal 10 menit untuk proses pembuatan penjadwalan yang berhasil diploting dan dapat menghasilkan laporan yang dibutuhkan berupa jadwal berbentuk file pdf.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, E. S. (2021). *Optimalisasi Keselamatan Kerja dalam Proses Memasuki Enclosed Space Guna Meminimalisir Kecelakaan Kerja di atas KM. Sabuk Nusantara 106*. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/3/Chapter%20II.pdf>
- Ariembi, D. D. (2017). *Rancang Bangun Sistem Informasi Penjadwalan Mata Pelajaran pada SMP Negeri 17 Makasar*. <http://repository.uin-alauddin.ac.id/7199/1/Desly%20Dwi%20Ariembi.pdf>
- Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa. (2016). *Penjadwalan - KBBI*. KBBI Daring. <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/penjadwalan>
- Cappart, Q., Moisan, T., Rousseau, L.-M., Prémont-Schwarz, I., & Cire, A. A. (2021). Combining Reinforcement Learning and Constraint Programming for Combinatorial Optimization. *The Thirty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 3677–3687. www.aaai.org
- Gunawan, S. (2016). Perancangan Aplikasi Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Metode Constraint Programming. *Jurnal Pengkajian Dan Penerapan Teknik Informatika*, 9(1), 38–41. <https://doi.org/https://doi.org/10.33322/petir.v9i1.193>
- M. Pour, S., Drake, J. H., Ejlersen, L. S., Rasmussen, K. M., & Burke, E. K. (2018). A Hybrid Constraint Programming/Mixed Integer Programming Framework for The Preventive Signaling Maintenance Crew Scheduling Problem. *European Journal of Operational Research*, 269(1), 341–352. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.08.033>
- Sasongko, I. A., Nurcahyawati, V., & Rahmawati, E. (2020). Rancang Bangun Aplikasi Penjadwalan Mata Pelajaran pada SMA GIKI 2 Surabaya. *JSIKA*, 9(4), 1–7.
- Sholikhah, I., Sairan, M., & Syamsiah, N. O. (2017). Aplikasi Pembelian dan Penjualan Barang Dagang pada CV Gemilang Muliatama Cikarang. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, III(1), 16–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.31294/jtk.v3i1.1338>
- Sriyanto, & Mastriswadi, H. (2015). Perancangan Algoritma Penjadwalan Kuliah yang Mempertimbangkan Dampak terhadap Lingkungan dengan Menggunakan Constraint Programming. *Jurnal Teknik Industri*, 117–122. <https://doi.org/https://doi.org/10.12777/jati.10.2.117-122>
- Sukamto, R. A. (2021). *Pendahuluan Rekayasa Perangkat Lunak*. <https://pustaka.ut.ac.id/lib/wp-content/uploads/pdfmk/MSIM4303-M1.pdf>
- Tabrani, M., & Pudjiarti, E. (2017). Penerapan Metode Waterfall pada Sistem Informasi Inventori PT. Pangan Sehat Sejahtera. *Jurnal Inkofar*, 1(2), 2581–2920. <https://doi.org/https://doi.org/10.46846/jurnalinkofar.v1i2.12>
- Widyadana, I. G. A. (2004). Perbandingan Kinerja Algoritma Genetika dan Simulated Annealing untuk Masalah Objective Pada Penjadwalan Flowshop. *Jurnal Teknik Industri*, 4(1), 26–35. <https://doi.org/https://doi.org/10.9744/jti.4.1.pp.%2026-35>

Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi

Vol 1, No 2, Januari 2023, Hal. 118 - 124

ISSN 2830-4799 (Media Online)

DOI 10.56854/jt.v1i2.134

<https://ejurnal.bangunharapanbangsa.com/index.php/jutek>