



***PENGEMBANGAN APLIKASI PENJADWALAN SEKOLAH OTOMATIS
BERBASIS WEB DENGAN ALGORITMA CP-SAT GOOGLE OR-TOOLS***

Skripsi

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Dalam Menyelesaikan Strata-1 Ilmu Komputer**

Oleh

MUHAMMAD HAFI MUFADDHOL

NIM 2211016210025

**PROGRAM STUDI S-1 ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
JUNI 2026**

SKRIPSI

PENGEMBANGAN APLIKASI PENJADWALAN SEKOLAH OTOMATIS BERBASIS WEB DENGAN ALGORITMA CP-SAT GOOGLE OR-TOOLS

Oleh :

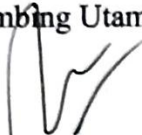
MUHAMMAD HAFI MUFADDHOL

NIM. 2211016210025

telah dipertahankan di depan Dosen Penguji pada tanggal 23 Juni 2026

Susunan Penguji :

Pembimbing Utama



Setyo Wahyu Saputro, S.Kom., M.Kom.
NIP. 198808072023211027

Penguji

1.



Muliadi, S.Kom, M.Cs.
NIP. 197804222010121002

Pembimbing Pendamping



Irwan Budiman, S.T., M.Kom.
NIP. 197703252008121001

2



Friska Abadi, S.Kom., M.Kom.
NIP. 198809132023211010

Banjarbaru, 1 Juli 2026

Koordinator Program Studi Ilmu Komputer




Dwi Kartini, S.Kom., M.Kom.
NIP. 198704212012122003

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Banjarbaru, 22 Juni 2026

Yang Menyatakan,



Muhammad Hafi Mufaddhol

NIM. 2211016210025

ABSTRAK

PENGEMBANGAN APLIKASI PENJADWALAN SEKOLAH OTOMATIS BERBASIS WEB DENGAN ALGORITMA *CP-SAT GOOGLE OR-TOOLS*

(Oleh: Muhammad Hafi Mufaddhol; Pembimbing: Setyo Wahyu Saputro, S.Kom., M.Kom. dan Irwan Budiman, S.T., M.Kom.; 2026; 115 halaman)

Penjadwalan akademik di sekolah menengah merupakan permasalahan optimasi kombinatorial yang kompleks karena melibatkan berbagai kendala seperti ketersediaan guru, distribusi jam mata pelajaran, batas beban mengajar, serta keterbatasan ruang kelas, di mana proses penyusunan secara manual sering menimbulkan bentrokan jadwal, ketidakseimbangan beban kerja, dan inefisiensi waktu. Penelitian ini mengembangkan aplikasi penjadwalan sekolah otomatis berbasis web yang mengintegrasikan *solver* CP-SAT dari Google OR-Tools dengan strategi *sequential decomposition* dua fase, di mana fase pertama menentukan alokasi guru dan komposisi blok jam pembelajaran dengan memprioritaskan blok 3JP dan 2JP melalui fungsi objektif berbasis penalti berbobot, sedangkan fase kedua menempatkan blok tersebut ke dalam slot waktu secara optimal. Sistem dikembangkan menggunakan metode Waterfall dengan arsitektur tiga lapis dan diuji pada data riil sekolah menengah berskala 75 guru, 27 kelas, dan 38 mata pelajaran. Hasil pengujian menunjukkan seluruh kebutuhan fungsional terpenuhi dengan tingkat keberhasilan 100% pada *Black Box Testing* dan kategori baik pada *User Acceptance Testing*. Dari sisi optimasi, sistem menghasilkan jadwal *feasible* tanpa pelanggaran *hard constraints* dengan *optimality gap* 0,015% dalam waktu komputasi 1.808 detik. Eksperimen komparatif membuktikan bahwa pendekatan dua fase secara signifikan lebih efektif dibandingkan pendekatan satu fase, dengan selisih *optimality gap* sebesar 26,674% dan kelengkapan jadwal 646 berbanding 582 *items* terjadwal pada batas waktu identik, serta berhasil mencapai status OPTIMAL dengan *gap* 0,000% pada batas waktu 3.600 detik. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi CP-SAT dengan strategi *sequential decomposition* ke dalam aplikasi web administratif efektif dalam meningkatkan efisiensi, konsistensi, dan kualitas penyusunan jadwal akademik di lingkungan sekolah menengah.

Kata Kunci: penjadwalan sekolah, *Constraint Programming*, *CP-SAT*, aplikasi web.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A WEB-BASED AUTOMATED SCHOOL TIMETABLING APPLICATION USING THE CP-SAT ALGORITHM FROM GOOGLE OR-TOOLS

(By: Muhammad Hafid Mufaddhol; Supervisor: Setyo Wahyu Saputro, S.Kom., M.Kom. and Irwan Budiman, S.T., M.Kom.; 2026; 115 pages)

Academic timetabling in secondary schools constitutes a complex combinatorial optimization problem due to the involvement of multiple constraints, including teacher availability, subject hour distribution, teaching load limits, and classroom capacity restrictions. The scheduling process, which is often conducted manually, frequently results in timetable conflicts, imbalanced workloads, and time inefficiency. This study develops a web-based automated school timetabling application integrating the CP-SAT solver from Google OR-Tools with a sequential decomposition strategy. The first phase determines teacher allocation and learning block composition by prioritizing 3-period and 2-period blocks through a weighted penalty-based objective function, while the second phase assigns these blocks to time slots optimally. Hard constraints ensure the absence of teacher, class, and room conflicts as well as the fulfillment of required instructional hours, while soft constraints minimize teacher idle time and schedule fragmentation. The system is developed using the Waterfall methodology with a Three-Tier Architecture and evaluated using real secondary school data comprising 75 teachers, 27 classes, and 38 subjects. Functional evaluation demonstrates that all system features operate according to specifications with a 100% success rate on Black Box Testing and a good category on User Acceptance Testing. In terms of optimization, the system generates a feasible schedule without violating any hard constraints with an optimality gap of 0.015% within a computation time of 1,808 seconds. A comparative experiment further demonstrates that the two-phase approach significantly outperforms the single-phase approach, with an optimality gap difference of 26.674% and schedule completeness of 646 versus 582 scheduled items under identical time limits, while achieving OPTIMAL status with a 0.000% gap at a 3,600-second time limit. These findings demonstrate that integrating CP-SAT with a sequential decomposition strategy into a web-based administrative application effectively improves the efficiency, consistency, and overall quality of academic timetable generation in secondary school environments.

Keywords: *school timetabling, Constraint Programming, CP-SAT, web-based application.*

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Aplikasi Penjadwalan Sekolah Otomatis Berbasis Web Dengan Algoritma CP-SAT Google *OR-Tools*” untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan S1 Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat. Tak lupa penulis panjatkan sholawat dan salam ke hadirat Rasulullah Muhammad SAW beserta sahabat, keluarga, dan pengikut beliau hingga *yaumul qiamah*.

Pada lembar ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Keluarga tersayang yang senantiasa memberikan doa, semangat, dukungan, hingga kepercayaan Kepada Penulis.
2. Bapak Setyo Wahyu Saputro, S.Kom., M.Kom. selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Irwan Budiman, S.T., M.Kom. selaku dosen pembimbing pendamping,
3. Ibu Dwi Kartini, S.Kom., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing Akademik dan selaku Koordinator Program Studi Ilmu Komputer FMIPA ULM
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Ilmu Komputer FMIPA ULM
5. Teman Teman dari JBA, P3, LK dan Keluarga Nvidia'22.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah turut membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan ini jauh dari sempurna dan penulis mengharapkan bantuan berupa kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan dan mutu penulisan skripsi ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan pembaca khususnya serta mendapat keridhaan Allah SWT.

Banjarbaru, 22 Juni 2026



Muhammad Hafi Mufaddhol

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kajian Terdahulu.....	7
2.2 Landasan Teori.....	12
2.2.1 Penjadwalan Akademik.....	12
2.2.2 <i>Constraint Satisfaction Problem (CSP)</i>	12
2.2.3 <i>Constraint Programming</i> dan <i>Solver CP-SAT</i>	13
2.2.4 Pendekatan Dekomposisi pada Permasalahan Penjadwalan	16
2.2.5 <i>OR-Tools</i> sebagai <i>Library</i> Optimisasi.....	18
2.2.6 Aplikasi Web.....	19
2.2.7 Arsitektur Aplikasi Web.....	19
2.2.8 Metode Waterfall.....	20
2.2.9 Black Box Testing.....	21

2.2.10 User Acceptance Testing (<i>UAT</i>)	22
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Alat Penelitian.....	24
3.2 Bahan Penelitian.....	24
3.3 Prosedur Penelitian.....	25
3.3.1 Tahap Pengumpulan Data	26
3.3.2 Tahap Pengembangan Sistem	26
3.3.3 Tahap Evaluasi	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil Analisis Kebutuhan.....	30
4.1.1 Hasil Studi Lapangan	30
4.1.2 Identifikasi Masalah	30
4.1.3 Kebutuhan Sistem	31
4.1.4 Dataset Penelitian.....	32
4.2 Hasil Perancangan Sistem.....	33
4.2.1 Gambaran Umum Sistem	34
4.2.2 Perancangan Arsitektur Sistem	36
4.2.3 Perancangan Basis Data	39
4.2.4 Perancangan Model Penjadwalan	40
4.3 Implementasi Antarmuka Pengguna (<i>Frontend</i>).....	41
4.3.1 Halaman Dashboard	42
4.3.2 Halaman Manajemen Data Akademik	43
4.3.3 Halaman Konfigurasi Sistem	44
4.3.4 Halaman Daftar Jadwal dan Generate Jadwal.....	46
4.3.5 Tampilan Hasil Jadwal.....	47
4.3.6 Fitur Ekspor Jadwal	49
4.3.7 Fitur Manual Override Jadwal	50
4.4 Implementasi Basis Data dan Struktur Firestore.....	51
4.4.1 Struktur Koleksi dan Relasi Logis	52
4.5 Implementasi Model Penjadwalan <i>CP-SAT</i>	53
4.5.1 Definisi Variabel Keputusan	55

4.5.2 Implementasi <i>Hard constraints</i>	56
4.5.3 Implementasi <i>Soft Constraint</i>	68
4.5.4 Formulasi Fungsi Objektif	71
4.5.5 Proses Penyelesaian Model	73
4.6 Hasil Eksekusi dan Analisis Kinerja <i>Solver</i>	76
4.6.1 Deskripsi Dataset Uji	76
4.6.2 Hasil Eksekusi <i>Solver</i>	77
4.6.3 Analisis Kinerja dan Kualitas Solusi	78
4.6.4 Evaluasi Pemenuhan <i>Constraint</i>	80
4.6.5 Eksperimen Komparatif Sequential Decomposition	85
4.7 Pengujian Fungsional Sistem	88
4.7.1 Pengujian Manajemen Data Akademik	88
4.7.2 Pengujian Konfigurasi Sistem	91
4.7.3 Pengujian Generate dan Monitoring Jadwal	92
4.7.4 Pengujian Tampilan Hasil Jadwal	94
4.7.5 Pengujian Manual Override Jadwal	95
4.7.6 Pengujian Validasi <i>Input</i> dan Penanganan Error	97
4.7.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian	98
4.8 User Acceptance Testing (<i>UAT</i>)	99
4.8.1 Aspek Learnability (Kemudahan Dipelajari)	99
4.8.2 Aspek Efficiency (Efisiensi Penggunaan)	100
4.8.3 Aspek User Satisfaction (Kepuasan Pengguna)	101
4.8.4 Rekapitulasi Hasil <i>UAT</i>	102
4.9 Pembahasan	103
4.9.1 Implementasi Sistem Penjadwalan Otomatis Berbasis Web..	103
4.9.2 Analisis Kinerja Solver CP-SAT	104
4.9.3 Efektivitas Pemenuhan <i>Constraint</i>	105
4.9.4 Efektivitas Strategi Sequential Decomposition	106
4.9.5 Perbandingan dengan Proses Penjadwalan Manual	107
4.9.6 Penerimaan Pengguna terhadap Sistem	108
4.9.7 Penetapan Waktu Eksekusi Solver	108

4.9.8 Keterbatasan Penelitian.....	110
BAB V PENUTUP.....	111
5.1 Kesimpulan	111
5.2 Saran.....	111
DAFTAR PUSTAKA	113
LAMPIRAN.....	116
RIWAYAT PENULIS	163

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Keaslian Penelitian.....	9
Tabel 2. Rencana Penelitian.....	11
Tabel 3. Skor UAT.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. Statistik Dataset Penelitian.....	33
Tabel 5. Deskripsi Menu dan Fungsi Utama pada Sistem Penjadwalan...	42
Tabel 6. Bobot Penalty pada Fungsi Objektif.....	71
Tabel 7. Statistik Dataset Uji	76
Tabel 8. Hasil Eksekusi Solver CP-SAT	77
Tabel 9. Ringkasan Pemenuhan <i>Constraint</i> Hasil Eksekusi	79
Tabel 10. Rekapitulasi Evaluasi Pemenuhan Hard Constraints	81
Tabel 11. Evaluasi Komponen Soft Constraints dan Nilai Penalti	83
Tabel 12. Hasil Eksperimen Single Phase.....	85
Tabel 13. Hasil Eksperimen Double Phase	86
Tabel 14. Perbandingan Single dan Double Phase	87
Tabel 15. Pengujian Black Box Manajemen Data	89
Tabel 16. Pengujian Black Box Konfigurasi.....	91
Tabel 17. Pengujian Black Box Generate Jadwal	92
Tabel 18. Pengujian Black Box Tampilan Jadwal	94
Tabel 19. Pengujian Black Box Override Jadwal	96
Tabel 20. Pengujian Black Box Validasi dan Error	97
Tabel 21. Rekapitulasi Hasil Pengujian Black Box	98
Tabel 22. <i>UAT</i> Learnability	99
Tabel 23. <i>UAT</i> Efficiency	100
Tabel 24. <i>UAT</i> User Satisfaction.....	101
Tabel 25. Rekapitulasi Hasil <i>UAT</i> per Aspek	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Alur Penelitian.....	25
Gambar 2. Use Case Pengelolaan Data Input	34
Gambar 3. Use case Generate Jadwal Otomatis.....	34
Gambar 4. Use Case Pengelolaan Jadwal	35
Gambar 5. Arsitektur Implementasi Sistem Penjadwalan Sekolah.....	36
Gambar 6. Activity diagram generate jadwal	37
Gambar 7. Sequence Diagram Generate Jadwal	37
Gambar 8. Rancangan Model penjadwalan	41
Gambar 9. Dashboard.....	42
Gambar 10. Halaman Manajemen Data Mata Pelajaran	43
Gambar 11. Halaman Manajemen Data Guru.....	44
Gambar 12. Halaman Manajemen Data Kelas	44
<i>Gambar 13. Halaman Konfigurasi</i>	<i>45</i>
<i>Gambar 14. Halaman Konfigurasi Slot Harian.....</i>	<i>45</i>
<i>Gambar 15. Halaman Konfigurasi Definisi Jam Pelajaran</i>	<i>46</i>
Gambar 16. Halaman Konfigurasi Pengaturan Jam Istirahat.....	46
Gambar 17. Halaman Data Jadwal.....	47
<i>Gambar 18. Tab Overview</i>	<i>48</i>
<i>Gambar 19. Tab Per Hari</i>	<i>48</i>
<i>Gambar 20. Tab Per Kelas</i>	<i>49</i>
<i>Gambar 21. Tab Per Guru</i>	<i>49</i>
<i>Gambar 22. Dialog Edit Jadwal Per Blok</i>	<i>50</i>
<i>Gambar 23. Dialog Edit Jadwal Per Jam.....</i>	<i>51</i>
<i>Gambar 24. Diagram Struktur Koleksi Firestore</i>	<i>52</i>
Gambar 25. Status Pemenuhan Jadwal	56
Gambar 26. Daftar Guru Mengajar B.Arab	57
Gambar 27. Grafik Distribusi Jam Guru Per Minggu	58
Gambar 28. Sebaran Fragmentasi	59

Gambar 29. Komposisi Ukuran Blok.....	60
Gambar 30. Total Slot Terisi Per Hari	61
Gambar 31. Slot Pembagian guru per hari	62
Gambar 32. Penempatan Blok.....	63
Gambar 33. Pembagian Guru Mengajar Per hari	64
Gambar 34. Maksimal JP per hari.....	65
Gambar 35. Distribusi JP Sama Per Hari	66
Gambar 36. Jadwal kelas X-A hari senin.....	67
Gambar 37. Reservasi Jam Khusus.....	67
Gambar 38. Slot Per Hari tanpa jadwal Kosong	68
Gambar 39. Slot Per Hari Dengan Ada Jadwal yang Kosong.....	69
Gambar 40. Distribusi JP PJOK per hari	69
Gambar 41. Contoh Jam Tidak Terpotong istirahat.....	70
Gambar 42. Proses Penyelesaian Model Penjadwalan.....	74
Gambar 43. Grafik Optimality Gap	87
Gambar 44. Grafik Items Terjadwal	87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Konstanta, Struktur Data, dan Fungsi Utilitas Algoritma ..	117
Lampiran 2. Implementasi Algoritma <i>CP-SAT</i> Fase A — Alokasi Guru	123
Lampiran 3. Pembentukan Blok Jadwal dan Pengelolaan Slot.....	126
Lampiran 4. Implementasi Algoritma <i>CP-SAT</i> Fase B.....	130
Lampiran 5. Fungsi Utama Penjadwalan (solve_schedule)	136
Lampiran 6. Model Data dan Pengambilan Data dari <i>Database</i>	143
Lampiran 7. Penyimpanan Hasil Penjadwalan ke <i>Database</i>	150
Lampiran 8. Presentasi Aplikasi ke pengguna	151
Lampiran 9. Hasil Kuisisioner	152
Lampiran 10. Hasil Export Jadwal Harian	156