

PENGEMBANGAN SISTEM MANAJEMEN SUMBER DAYA MANUSIA (SDM) UNTUK GURU MENGUNAKAN METODE *ANT COLONY OPTIMIZATION* (ACO) STUDI KASUS SMK IQRO

Salsa Khoirunnisa*¹, Mochamad Adhari Adiguna²

¹²Universitas Pamulang; Jl. Raya Puspitek, Buaran. Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310,
(021) 7412566

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang
e-mail: [1khoirunnisasalsa513@gmail.com](mailto:khoirunnisasalsa513@gmail.com), [2dosen01864@unpam.ac.id](mailto:dosen01864@unpam.ac.id)

Abstrak

Pengelolaan Sumber Daya Manusia (SDM) guru di SMK Iqro masih dilakukan secara manual, khususnya pada proses penjadwalan, pendataan, dan evaluasi kinerja, sehingga menimbulkan kendala seperti konflik jadwal, ketidakseimbangan beban mengajar, serta keterbatasan dalam pemantauan kinerja secara objektif. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem manajemen SDM berbasis web dengan menerapkan algoritma Ant Colony Optimization (ACO) untuk mengoptimalkan penyusunan jadwal mengajar dan meningkatkan efektivitas pengelolaan guru. Kebaruan penelitian ini terletak pada pemanfaatan ACO sebagai pendekatan optimasi adaptif yang mampu mempertimbangkan banyak variabel dan constraint secara simultan, sehingga menghasilkan solusi jadwal yang lebih optimal dibandingkan metode penjadwalan konvensional atau penyusunan manual. Metode penelitian meliputi studi literatur, observasi, wawancara, dokumentasi, serta perancangan sistem menggunakan UML. Sistem dibangun menggunakan PHP dan MySQL, kemudian diuji melalui Black Box dan White Box Testing. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan ACO mampu menghasilkan jadwal yang lebih efektif, meminimalkan konflik, serta memberikan distribusi beban kerja yang lebih seimbang. Selain itu, fitur evaluasi kinerja dalam sistem mendukung proses pemantauan yang lebih terstruktur dan terukur. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan efektivitas manajemen SDM guru dan menghadirkan solusi berbasis teknologi yang lebih modern dan optimal bagi SMK Iqro.

Kata Kunci: Manajemen SDM, Guru, Penjadwalan, Ant Colony Optimization, SMK Iqro.

I. PENDAHULUAN

Pengelolaan Sumber Daya Manusia (SDM) guru memegang peranan penting dalam mendukung proses pembelajaran dan pencapaian tujuan pendidikan di sekolah. Pada SMK Iqro, proses pengelolaan SDM terutama penjadwalan mengajar, pendataan guru, serta pemantauan kinerja masih dilakukan secara manual, sehingga rentan menimbulkan berbagai kendala. Permasalahan yang muncul antara lain benturan jadwal dan sulitnya melakukan evaluasi kinerja secara objektif. Proses manual ini juga menghambat efektivitas administrasi dan berpotensi menimbulkan kesalahan input data. Dengan berkembangnya teknologi, dibutuhkan sebuah sistem yang mampu mengelola data SDM secara terintegrasi dan melakukan optimasi

penjadwalan secara otomatis. Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) merupakan salah satu metode optimasi yang mampu menyelesaikan permasalahan penjadwalan kompleks dengan meniru perilaku semut dalam menemukan jalur terbaik (Qomaria, 2024). Penerapan ACO diharapkan dapat menghasilkan jadwal yang lebih efektif, meminimalkan konflik, dan menyeimbangkan beban kerja guru. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan sistem manajemen SDM berbasis web yang dapat membantu sekolah mengotomatisasi penjadwalan serta menyediakan fitur evaluasi kinerja yang lebih akurat dan terstruktur. Dengan adanya sistem ini, diharapkan proses administrasi menjadi lebih cepat, efektif, dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik di lingkungan SMK Iqro.

Mathis dan Jakson menjelaskan bahwa pada dasarnya pengembangan SDM dalam upaya merekrut, menyeleksi, menempatkan, melatih, dan mengembangkan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan (Krismiyati, 2019). Standar mutu kompetensi dan profesionalisme yang terjamin diperlukan dalam pembangunan pendidikan nasional. Perlunya proses pembinaan dan pengembangan berkesinambungan yang tepat sasaran dan efektif adalah dalam rangka untuk mencapai guru yang profesional yang dapat menggerakkan dan memajukan dinamika pendidikan nasional. Manajemen guru juga berperan penting, karena guru adalah aktor utama yang berhadapan langsung dengan peserta didik.

Manajemen sumber daya manusia dalam organisasi berfokus pada kegiatan rekrutmen sumber daya manusia, pengelolaan, pengarahan dan pengawasan dalam mencapai tujuan organisasi. Manajemen sumberdaya manusia juga merupakan sebagai pengakuan tentang pentingnya kinerja organisasi sebagai sumberdaya yang sangat penting dalam memberikan kontribusi bagi tujuan organisasi, dan penggunaan beberapa fungsi dan kegiatan untuk memastikan bahwa sumberdaya tersebut digunakan secara efektif dan adil bagi kepentingan individu, organisasi dan masyarakat (Merlita, 2023). Manajemen Sumber Daya Manusia sebagai pengelolaan dan penggunaan sumber daya yang sudah ada. Pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya dikembangkan paling efektif di bidang pendidikan (Nurmalasari, 2020).

Ant Colony Optimization merupakan metode yang digunakan dengan menyimulasikan perilaku sekelompok koloni semut dengan mencari jalur yang terpendek dengan meninggalkan feromon pada jalur terpendeknya, semakin banyak feromon tersebut maka jarak akan lebih optima. Semut meninggalkan feromon saat mereka berjalan dan menemukan endapan feromon di jalurnya. Saat semut kembali ke sarang dan makan, kepadatan pelepasan feromon meningkat. Penguapan/penguapan feromon tersebut bergantung pada jumlah semut yang lewat. Banyaknya feromon membantu semut menemukan rute terbaik saat mencari makanan (Husna, 2023).

Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) merupakan metode optimasi metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku koloni semut dalam menemukan jalur terpendek menuju sumber makanan melalui mekanisme jejak feromon. Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh Marco Dorigo pada awal tahun 1990-an. Dalam implementasinya, setiap "semut" merepresentasikan solusi kandidat yang dibangun secara bertahap berdasarkan probabilitas tertentu yang dipengaruhi oleh nilai feromon (pengalaman solusi

sebelumnya) dan informasi heuristik (pengetahuan lokal terhadap permasalahan). Melalui proses iterasi dan pembaruan feromon—di mana jalur terbaik diperkuat dan jalur kurang optimal mengalami evaporasi—algoritma ini mampu menghasilkan solusi yang semakin mendekati optimal.

Dalam bidang pendidikan, ACO banyak dimanfaatkan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi yang kompleks, khususnya pada penjadwalan akademik seperti penyusunan jadwal mata pelajaran, pengaturan waktu mengajar guru atau dosen, serta alokasi ruang kelas. Permasalahan ini tergolong kompleks karena melibatkan banyak variabel dan batasan (*constraint*), seperti ketersediaan tenaga pengajar, kapasitas ruang, serta aturan jam mengajar. Dengan pendekatan berbasis graf, ACO mampu meminimalkan konflik jadwal dan mengoptimalkan distribusi sumber daya pendidikan. Selain penjadwalan, ACO juga diterapkan dalam distribusi beban kerja guru, sistem pembelajaran adaptif berbasis *e-learning* untuk menentukan jalur belajar optimal bagi siswa, serta pengolahan evaluasi kinerja berbasis multi-kriteria. Kemampuannya dalam menangani banyak variabel dan *constraint* secara simultan menjadikan ACO sebagai salah satu metode yang efektif untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas pengelolaan sistem pendidikan berbasis teknologi informasi.

II. METODE PELAKSANAAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan dua metode utama, yaitu studi literatur dan studi lapangan. Metodologi ini bertujuan untuk mendapatkan data yang relevan guna merancang sistem optimalisasi penjadwalan mata pelajaran.

1. Metode Pengumpulan Data

a. Studi Literatur

Penulis akan mencari dan mengumpulkan berbagai bahan referensi yang berasal dari buku, jurnal ilmiah, serta skripsi yang berkaitan dengan topik penelitian.

b. Studi Lapangan

Penulis akan melakukan penelitian langsung di lokasi, yakni SMK Iqro, guna mendapatkan informasi yang relevan untuk penelitian ini. Data yang diperoleh melalui studi lapangan akan digunakan sebagai bahan analisis.

2. Penulis akan menggunakan beberapa teknik dalam pengumpulan data lapangan, yaitu:

- 1) Observasi
Observasi dilakukan dengan cara mengamati secara langsung proses penjadwalan dan pembagian tugas guru yang ada di sekolah tersebut.
 - 2) Wawancara
Teknik wawancara akan dilakukan dengan pihak-pihak yang terkait, seperti kepala sekolah dan guru, untuk memperoleh informasi mendalam mengenai permasalahan dan kebutuhan dalam sistem penjadwalan dan pembagian tugas kinerja.
 - 3) Dokumentasi Sekolah
Penulis akan mengumpulkan dokumen pendukung dari pihak sekolah, meliputi:
 - a. Data penjadwalan guru beberapa tahun terakhir.
 - b. Data jumlah guru.
 - c. Informasi fasilitas sekolah (ruang kelas dan lab komputer).
 - d. Data ini akan digunakan untuk menganalisis kebutuhan sistem dan merancang model optimasi penjadwalan dan pembagian tugas guru menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO).
3. Tahap Perancangan Sistem
- Berikut merupakan tahap perancangan yang dilakukan berdasarkan kebutuhan sistem manajemen SDM di SMK Iqro:
- 1) Merancang arsitektur sistem berbasis web yang menggambarkan alur komunikasi antara pengguna (admin dan guru), server, serta proses pengolahan data yang meliputi pendataan guru, penjadwalan, dan penilaian kinerja.
 - 2) Menyusun rancangan basis data menggunakan Entity Relationship Diagram (ERD) dan Logical Record Structure (LRS) untuk memastikan struktur data seperti data guru, mata pelajaran, jadwal, dan nilai kinerja tersimpan dengan terorganisir serta sesuai kebutuhan sistem.
 - 3) Membuat diagram UML, meliputi:
 - a. Use Case Diagram untuk menggambarkan kebutuhan fungsional sistem seperti mengelola data guru, menghasilkan jadwal, dan menampilkan evaluasi kinerja.
 - b. Activity Diagram untuk menjelaskan alur proses pada fitur-fitur utama, termasuk proses penjadwalan dan penginputan data.
 - c. Sequence Diagram untuk menunjukkan interaksi antar objek selama proses penjadwalan dan penilaian kinerja berlangsung.
 - d. Class Diagram untuk mendeskripsikan struktur kelas, atribut, relasi data, serta fungsi yang digunakan dalam sistem.
- 4) Merancang antarmuka pengguna (UI) yang sederhana dan mudah dipahami, sehingga memudahkan admin dalam mengelola data guru serta menjalankan proses penjadwalan berbasis ACO dan menampilkan hasil evaluasi kinerja.

Metode *Ant Colony Optimization* (ACO)

Metode *Ant Colony Optimization* (ACO) merupakan algoritma optimasi berbasis perilaku semut dalam mencari jalur terpendek menuju sumber makanan. Prinsip utama dari metode ini adalah setiap semut meletakkan zat kimia yang disebut feromon pada jalur yang dilalui. Semakin sering jalur tersebut dilewati semut, maka semakin kuat pula konsentrasi feromonnya, sehingga meningkatkan kemungkinan jalur tersebut dipilih oleh semut lain (HAERUNNISYA, 2025).

1. Probabilitas Pemilihan Jalur

Probabilitas semut k memilih jalur dari titik i ke titik j pada iterasi t dinyatakan sebagai berikut:

$$P_{ij}^k(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in N_i^k} [\tau_{il}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{il}]^\beta}$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa pemilihan jalur dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu intensitas feromon (τ_{ij}) dan informasi heuristik (η_{ij}). Parameter α digunakan untuk mengatur seberapa besar pengaruh feromon, sedangkan β mengatur seberapa besar pengaruh informasi heuristik. Dalam penelitian ini, nilai heuristik dapat diturunkan dari faktor penunjang kinerja guru, misalnya lama pengalaman mengajar atau tingkat kesesuaian dengan bidang studi.

2. Pembaruan Feromon

Setelah semua semut menyelesaikan pencarian jalurnya, intensitas feromon diperbarui menggunakan persamaan berikut:

$$\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho) \cdot \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}(t)$$

Parameter ρ menunjukkan tingkat penguapan feromon. Nilai ini penting untuk menghindari terjadinya dominasi berlebihan pada jalur tertentu sehingga algoritma tetap dapat mengeksplorasi solusi lain. Tambahan feromon $\Delta\tau_{ij}(t)$ dihitung dari kontribusi semua semut dalam iterasi tersebut.

3. Kelebihan dan Kelemahan ACO

1) Kelebihan ACO

Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) memiliki beberapa keunggulan, antara lain mampu menemukan solusi optimal melalui mekanisme pencarian berbasis feromon yang adaptif, mendukung kerja kolektif antar agen sehingga meningkatkan efektivitas eksplorasi solusi, serta fleksibel untuk diterapkan pada berbagai permasalahan optimisasi kombinatorial. Selain itu, ACO dapat diadaptasi untuk menyelesaikan permasalahan kompleks seperti Quadratic Assignment Problem (QAP) dan Job Shop Scheduling Problem (JSP) tanpa memerlukan perubahan struktur algoritma yang signifikan.

2) Kelemahan ACO

Adapun kelemahan dari algoritma ini adalah tingkat kerumitan cukup tinggi, runtime-nya juga cukup lama (Ahmad Ihsan, 2024).

4. Metode Implementasi dan Konfigurasi Algoritma ACO

Parameter algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) ditetapkan berdasarkan studi literatur dan uji coba awal untuk memperoleh konfigurasi yang stabil. Nilai $\alpha = 1.0$ digunakan untuk memberikan pengaruh moderat terhadap jejak feromon, sedangkan $\beta = 4.0$ memperkuat peran heuristik dalam mempertimbangkan ketersediaan dan potensi konflik slot. Laju penguapan $\rho = 0.4$ diterapkan untuk menjaga keseimbangan eksplorasi–eksploitasi agar algoritma tidak terjebak pada solusi lokal. Konfigurasi parameter ini dipilih karena secara empiris mampu menghasilkan konvergensi dengan konflik minimum dalam batas iterasi yang ditetapkan.

Bobot kriteria pada modul penilaian kinerja ditentukan melalui pendekatan expert judgment dengan melibatkan manajemen sekolah dan bagian kurikulum. Empat indikator utama digunakan, yaitu kedisiplinan (30%), tanggung jawab (30%), absensi (25%), dan kualitas pengajaran (15%). Pembobotan

ini merepresentasikan prioritas institusi terhadap aspek administratif dan pedagogis dalam evaluasi guru. Secara metodologis, pendekatan ini sejalan dengan teknik pembobotan berbasis pakar dan dapat dikembangkan lebih lanjut menggunakan metode kuantitatif seperti Analytical Hierarchy Process (AHP).

Implementasi algoritma dimulai dengan inialisasi matriks feromon $\tau_0 = 1.0$ pada seluruh kombinasi Tugas–Hari–Jam–Ruang. Setiap agen membangun solusi berdasarkan probabilitas transisi yang dipengaruhi oleh feromon (τ) dan heuristik (η), dengan $\eta = 1.0$ untuk slot bebas konflik dan $\eta = 0.01$ untuk slot bentrok. Solusi yang terbentuk dievaluasi menggunakan fungsi objektif berupa jumlah konflik. Pembaruan feromon dilakukan melalui mekanisme penguapan $\tau \leftarrow \tau(1 - \rho)$ dan penguatan jalur terbaik dengan $\Delta\tau = Q / (\text{Konflik} + 1)$. Proses iteratif berlangsung hingga mencapai iterasi maksimum atau kondisi konvergensi, sehingga diperoleh solusi optimal yang stabil.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil evaluasi fungsi objektif, sistem berhasil mengalokasikan seluruh 45 tugas pembelajaran ke dalam 36 slot waktu dan 12 ruangan tanpa menghasilkan konflik (Total Konflik = 0). Dengan jumlah agen semut sebanyak 20 dan batas iterasi maksimum 50, sistem mencapai solusi optimal sebelum batas iterasi tercapai dan mempertahankan stabilitas solusi hingga iterasi ke-50.

Tingkat keberhasilan alokasi jadwal mencapai 100% tanpa pelanggaran terhadap tiga kriteria konflik (guru, kelas, dan ruangan). Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengelola 45 kombinasi penugasan secara simultan dalam satu siklus optimasi. Nilai fitness maksimal (0 konflik) menunjukkan bahwa tidak diperlukan proses revisi jadwal lanjutan, sehingga seluruh sumber daya (guru, ruang, dan kelas) terdistribusi secara valid sesuai constraint yang ditetapkan.

1. Hasil Penelitian

A. Hasil Perhitungan Manual ACO Penjadwalan Mata Pelajaran

Studi Kasus: Penjadwalan Mata Pelajaran Tahun Ajaran 2024/2025 (Semester Ganjil).

1) Parameter Algoritma

Parameter berikut digunakan untuk mengontrol perilaku koloni semut dalam mencari solusi jadwal terbaik:

Tabel 1. Parameter Algoritma ACO

Parameter	Simbol	Nilai	Keterangan
Jumlah Agen Semut	m	20	Banyaknya solusi kandidat yang dibangun per siklus.
Jumlah Iterasi	N	50	Batas maksimum pengulangan algoritma.
Intensitas Jejak	α (Alpha)	1.0	Pengaruh jejak feromon masa lalu terhadap keputusan.
Visibilitas	β (Beta)	4.0	Pengaruh nilai heuristik (ketersediaan slot) terhadap keputusan.
Laju Penguapan	ρ (Rho)	0.4	Tingkat hilangnya feromon setiap pergantian iterasi.
Konstanta Feromon	Q	100	Nilai intensitas yang ditinggalkan pada jalur sukses.

2) Data Sumber Daya (Resource)

Sistem menjadwalkan alokasi waktu dan ruang untuk kegiatan belajar mengajar dengan batasan berikut:

- Slot Waktu: Tersedia 6 hari kerja (Senin–Sabtu) dengan 6 sesi per hari (Total 36 slot waktu potensial).
- Ruangan: Tersedia 12 ruangan kelas/lab yang dapat digunakan.
- Kelas: Terdapat 9 rombongan belajar aktif.

3) Sampel Data Penugasan (Task)

Data penugasan merupakan kombinasi Guru, Mata Pelajaran, dan Kelas yang harus dijadwalkan. Dari total populasi, berikut adalah sampel 5 penugasan utama:

Tabel 2. Sampel Data Penugasan (Task)

Kode Tugas	Guru Pengampu	Mata Pelajaran	Target Kelas
T-01	Iin Irna Suherni, ST	Keamanan Jaringan	Kelas TKJ & TSM
T-02	Donna Alhafiedz, S. Pd	Dasar Kejuruan MPLB	Lintas Kelas 10-12
T-03	Afif Nur Aysah, S.Kom	Admin. Sistem Jaringan	Kelas TKJ & TSM
T-04	Jinely, S. Ak	Pemeliharaan Listrik SM	Kelas Teknik
T-05	Ari Bagas Setiawan, S. Pd	Pemeliharaan Sasis SM	Kelas TSM

(Total tugas yang diproses adalah 45 tugas pembelajaran)

1. Inisialisasi Matriks Feromon

Pada tahap awal ($t=0$), seluruh jalur kemungkinan (kombinasi Tugas-Hari-Jam-Ruang) diberikan nilai feromon awal (τ_0) yang seragam.

Nilai Awal (τ_0): 1.0

Tujuan: Memberikan peluang yang sama bagi semua slot waktu untuk dipilih pada iterasi pertama.

2. Proses Konstruksi Solusi (Siklus Semut)

Setiap semut (agen) membangun satu solusi jadwal lengkap dengan menempatkan tugas satu per satu ke dalam slot waktu. Keputusan penempatan didasarkan pada Probabilitas Transisi.

4) Perhitungan Probabilitas

Peluang sebuah tugas i ditempatkan pada slot waktu j dihitung dengan rumus:

$$P_{ij} = (\tau_{ij})^\alpha \cdot (\eta_{ij})^\beta / \sum (\tau^\alpha \cdot \eta^\beta)$$

Keterangan:

τ_{ij} (Tau): Jejak feromon pada slot tersebut.

η_{ij} (Eta/Heuristik): Nilai visibilitas slot.

$\eta = 1.0$ jika slot kosong/bebas.
 $\eta = 0.01$ jika slot bentrok (sudah ditempati guru/kelas/ruang yang sama).

5) Simulasi Penempatan (Contoh Kasus)

Berikut adalah simulasi pengambilan keputusan untuk Tugas T-03 (Afif - ASJ - 11 TKJ) oleh Semut ke-1:

Tabel 3. Simulasi Penempatan

Opsi Slot Waktu & Ruang	Status Slot	Feromon (τ)	Heuristik (η)	Nilai Probabilitas
Rabu, 08:30 - R. Guru	Terse dia	1.0	1.0	Tinggi
Rabu, 08:30 - R. OSIS	Terisi (Bent rok)	1.0	0.01	Sangat Renda h
Kamis, 13:00 - R. Yayasan	Terse dia	1.0	1.0	Tinggi

Analisis: Algoritma akan cenderung memilih slot yang "Tersedia" karena nilai heuristiknya jauh lebih besar, sehingga secara alami menghindari bentrokan jadwal.

6) Evaluasi Fungsi Objektif (Fitness)

Setelah satu solusi jadwal lengkap terbentuk, kualitasnya diukur menggunakan fungsi objektif yang menghitung jumlah pelanggaran (konflik).

Kriteria Konflik:

- Guru mengajar di dua tempat pada waktu bersamaan.
- Kelas mendapatkan dua pelajaran pada waktu bersamaan.
- Ruangan digunakan oleh dua kelas pada waktu bersamaan.

Contoh Hasil Evaluasi Semut Terbaik:

Tabel 4. Contoh Hasil Semut Terbaik

Waktu	Guru Bertugas	Kelas	Ruangan	Status Konflik

Senin, 10:00	Guru A, Guru B, Guru C	11 TSM, 12 RPL, 10 MPLB	R. TU, R. Guru, R. Kepsek	0 (Aman)
Kamis, 13:00	Guru D, Guru E	12 RPL, 12 TKJ	R. Yayasan, R. UKS	0 (Aman)
Sabtu, 08:30	Guru B, Guru D	12 TKJ, 12 RPL	Lab TKJ, R. TU	0 (Aman)

Total Konflik: 0

Nilai Kualitas (Fitness): Maksimal (Sangat Baik).

7) Pembaruan Jejak Feromon

Setelah evaluasi, sistem memperbarui jejak feromon untuk iterasi berikutnya.

- Penguapan (Evaporation):** Seluruh jejak feromon dikurangi nilainya sebesar 40% ($\rho = 0.4$) untuk mensimulasikan proses alami "lupa" dan mencegah algoritma terjebak pada solusi lokal. $\tau_{baru} = \tau_{lama} \cdot (1 - 0.4)$
- Penebalan (Reinforcement):** Jalur yang menghasilkan solusi tanpa konflik diberikan tambahan feromon. $\Delta\tau = Q / (\text{Konflik} + 1)$ Karena konflik = 0, maka penambahan feromon bernilai maksimal ($Q=100$). Hal ini membuat slot waktu tersebut semakin menarik untuk dipilih oleh semut pada iterasi berikutnya.

B. Hasil Perhitungan Manual ACO Penilaian Kinerja

Studi Kasus: Penilaian Kinerja Guru Periode Semester Ganjil 2024/2025.

1) Parameter Algoritma

Konfigurasi berikut digunakan untuk mengendalikan proses optimasi:

Tabel 5. Parameter Algoritma ACO

Parameter	Simbol	Nilai	Keterangan
Jumlah Agen	m	15	Jumlah sampel evaluasi per iterasi.

Jumlah Iterasi	N	40	Siklus pengulangan optimasi.
Pengaruh Jejak	α	1.2	Bobot pengalaman historis.
Pengaruh Heuristik	β	2.5	Bobot nilai target kinerja.
Laju Penguapan	ρ	0.45	Tingkat eliminasi jejak lama.
Konstanta Kualitas	Q	120	Faktor pengali untuk <i>reward</i> solusi.

2) Kriteria Penilaian

Penilaian didasarkan pada empat indikator utama dengan bobot proporsional:

- 1) Kedisiplinan: 30%
- 2) Tanggung Jawab: 30%
- 3) Absensi/Kehadiran: 25%
- 4) Kualitas Pengajaran: 15%

3) Data Sampel Guru (Nilai Mentah)

Berikut adalah data nilai mentah (*raw score*) yang diperoleh dari instrumen penilaian lapangan:

Tabel 6. Data Sampel Guru (Data Mentah)

Nama Guru	Disiplin (30%)	T. Jawab (30%)	Absensi (25%)	Kualitas (15%)
Afif Nur Aysah, S.Kom	93	92	97	90
Donna Alhafie dz, S. Pd	78	80	75	82
Iin Irna Suhermi, ST	88	87	90	89
Jinely, S. Ak	90	91	93	92

4) Perhitungan Nilai Heuristik

Dalam studi kasus ini, algoritma bertujuan untuk mencari keseimbangan nilai di sekitar target standar kinerja (Nilai 75).

Rumus Heuristik (η) yang digunakan:

$$\eta_{(ij)} = 1 / (1 + |\text{Nilai} - \text{Target}|)$$

Contoh Perhitungan:

1. Guru Afif (Disiplin 93): Selisih dari 75 adalah 18. Maka $\eta = 1 / (1+18) = 0.052$.
2. Guru Donna (Absensi 75): Selisih dari 75 adalah 0. Maka $\eta = 1 / (1+0) = 1.0$ (Sangat Ideal).

Nilai heuristik yang tinggi menunjukkan bahwa nilai guru tersebut mendekati standar ambang batas yang ditetapkan sistem.

5) Perhitungan Nilai Terbobot (Konstruksi Solusi)

Nilai akhir kinerja dihitung dengan menyesuaikan nilai mentah berdasarkan probabilitas ACO, kemudian dikalikan dengan bobot kriteria.

Rumus Penyesuaian:

$$\text{Nilai}_{\text{Sesuaian}} = \text{Skor} \cdot (1 + (\text{Probabilitas} - 1) \cdot 0.05)$$

Hasil Perhitungan Matriks Nilai Terbobot:

Tabel 7. Hasil Perhitungan Matriks Terbobot

Nama Guru	Disiplin	T. Jawab	Abse nsi	Kualita s
Afif Nur Aysah	26.51	26.22	23.04	12.83
Donna Alhafie dz	22.27	22.81	18.75	11.69
Iin Irna Suhermi	25.08	24.80	21.38	12.68
Jinely	25.65	25.94	22.09	13.11

6) Hasil Akhir dan Klasifikasi

Berdasarkan penjumlahan nilai terbobot, diperoleh Nilai Akhir Kinerja sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Akhir dan Klasifikasi

Peringkat	Nama Guru	Nilai Akhir	Klasifikasi Predikat
1	Afif Nur Aysah, S.Kom	88.59	Sangat Baik
2	Jinely, S. Ak	86.79	Sangat Baik
3	Iin Irna Suherni, ST	83.94	Baik
4	Donna Alhafiedz, S. Pd	75.52	Baik

7) Evaluasi Pemerataan (Fungsi Objektif)

Fungsi objektif dalam modul ini bertujuan untuk mengukur pemerataan standar penilaian antar guru menggunakan standar deviasi.

Perhitungan Statistik:

- a. Rata-rata Nilai (Mean): 83.71
- b. Standar Deviasi (σ): 5.01
- c. Rentang Nilai (Range): 13.07 (Max 88.59 - Min 75.52)

Analisis:

Karena nilai Standar Deviasi relatif kecil (5.01) dan rentang nilai di bawah ambang batas penalti (50), maka distribusi penilaian dianggap wajar dan objektif. Nilai fitness sistem adalah 5.01.

8) Pembaruan Feromon

Algoritma memberikan *reward* pada jalur penilaian ini agar iterasi selanjutnya mempertahankan pola penilaian yang objektif tersebut.

$$\Delta\tau = Q / \text{Fitness} = 120 / 5.01 = 23.95$$

Nilai tambahan 23.95 ditambahkan ke matriks feromon, memperkuat keyakinan sistem bahwa komposisi penilaian ini adalah valid.

2. Pembahasan

Berdasarkan hasil implementasi algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) pada penjadwalan 45 tugas pembelajaran Semester Ganjil 2024/2025, sistem terbukti mampu menghasilkan jadwal tanpa konflik (0 konflik) hingga iterasi ke-50 dengan waktu komputasi kurang dari satu menit. Jika dibandingkan dengan metode manual yang sebelumnya digunakan oleh bagian kurikulum, proses penyusunan jadwal rata-rata memerlukan waktu 2-3 hari kerja serta mengalami 4-6 konflik awal yang harus direvisi secara bertahap sebelum

jadwal final disahkan. Perbandingan ini menunjukkan peningkatan efisiensi yang signifikan baik dari sisi waktu maupun kualitas hasil. Dengan total 36 slot waktu dan 12 ruangan yang dikelola secara simultan, sistem mampu mengelola kompleksitas kombinasi guru, kelas, dan ruang secara sistematis melalui mekanisme jejak feromon dan fungsi heuristik, sehingga mengurangi ketergantungan pada pengecekan manual berulang.

Efisiensi juga terlihat dari distribusi beban mengajar yang lebih merata sepanjang hari Senin hingga Sabtu. Pada penyusunan manual sebelumnya, ditemukan kecenderungan penumpukan jam mengajar pada hari-hari tertentu, yang berpotensi menimbulkan kelelahan kerja dan ketidakseimbangan beban. Melalui mekanisme probabilistik berbasis feromon, sistem secara otomatis menghindari slot yang telah padat dan mendistribusikan tugas secara lebih proporsional. Hasil ini menunjukkan bahwa ACO tidak hanya menyelesaikan konflik teknis, tetapi juga meningkatkan kualitas perencanaan akademik secara struktural. Dengan demikian, manajemen sekolah memperoleh jadwal yang lebih stabil dan mendukung produktivitas guru secara berkelanjutan.

Pada aspek penilaian kinerja guru, sistem berbasis ACO mampu mengintegrasikan empat indikator utama (kedisiplinan, tanggung jawab, absensi, dan kualitas pengajaran) ke dalam satu indeks komprehensif melalui perhitungan matriks terbobot. Hasil evaluasi menunjukkan standar deviasi sebesar 5.01, yang mengindikasikan distribusi penilaian relatif stabil dan tidak terjadi kesenjangan ekstrem antar guru. Dibandingkan metode rekap manual sebelumnya yang rentan terhadap kesalahan perhitungan dan subjektivitas, sistem ini menghasilkan proses evaluasi yang lebih konsisten dan terukur. Secara administratif, otomatisasi perhitungan mempercepat proses rekapitulasi dan mempermudah pihak manajemen dalam menetapkan kebijakan seperti pemberian penghargaan, pembinaan, maupun perencanaan pengembangan kompetensi.

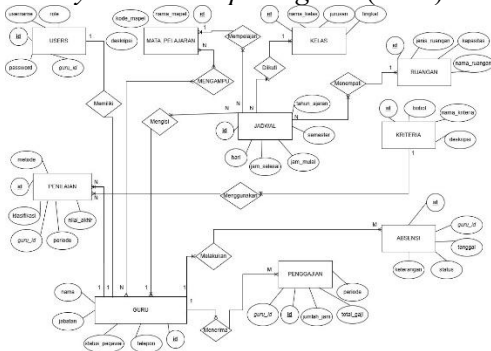
Selain efisiensi waktu dan tenaga, sistem ini juga meningkatkan efisiensi dalam pengambilan keputusan manajerial. Keberadaan indikator kuantitatif berupa nilai konflik (0 konflik) pada penjadwalan serta distribusi statistik hasil evaluasi kinerja memberikan dasar objektif dalam penyusunan kebijakan. Keputusan yang sebelumnya lebih bersifat subjektif kini didukung oleh hasil optimasi matematis yang terukur dan

terdokumentasi. Berdasarkan wawancara dengan bagian kurikulum, sistem dinilai mampu mengurangi beban administratif secara signifikan dan meminimalkan potensi revisi jadwal. Meskipun demikian, algoritma ACO tetap memiliki keterbatasan, khususnya pada potensi peningkatan kompleksitas komputasi apabila jumlah guru, kelas, dan slot waktu bertambah secara signifikan. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini membatasi jumlah iterasi maksimum serta menerapkan evaluasi konflik secara incremental agar waktu komputasi tetap efisien tanpa mengurangi kualitas solusi. Dengan demikian, sistem tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga adaptif terhadap kebutuhan operasional sekolah.

A. Perancangan Basis Data

Perancangan Basis Data menjelaskan bagaimana struktur data disusun untuk mendukung kebutuhan sistem secara efektif dan teratur.

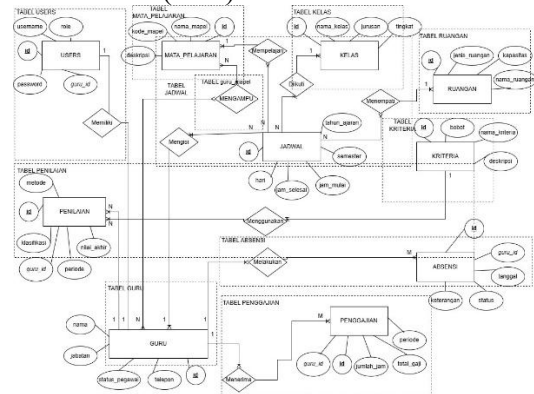
1. Entity Relationship Diagram (ERD)



Gambar 1. Entity Relationship Diagram

Entity Relationship Diagram atau ERD pada gambar tersebut menggambarkan struktur data utama yang digunakan dalam sistem serta keterhubungan antara entitas-entitas yang ada. Entitas guru menjadi salah satu pusat data karena memiliki hubungan dengan berbagai bagian lain, seperti absensi, penggajian, jadwal mengajar, hingga penilaian kinerja.

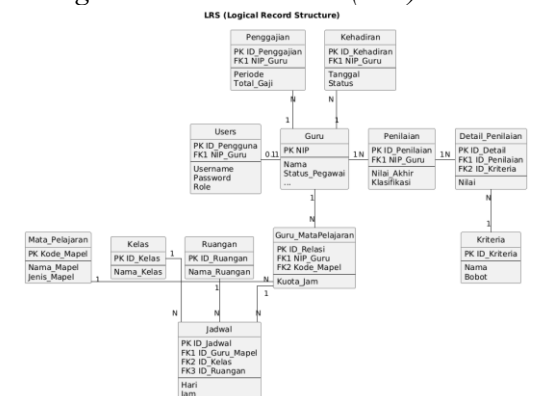
2. Transformasi ERD ke Logical Record Structure (LRS)



Gambar 2. Transformasi ERD ke LRS

Transformasi ERD ke LRS dilakukan untuk mengubah rancangan data konseptual menjadi bentuk struktur logis yang siap diimplementasikan pada database relasional. Dalam proses transformasi ini, setiap entitas pada ERD diturunkan menjadi tabel, dengan atribut-atribut yang lebih rinci sesuai kebutuhan sistem.

3. Logical Record Structure (LRS)



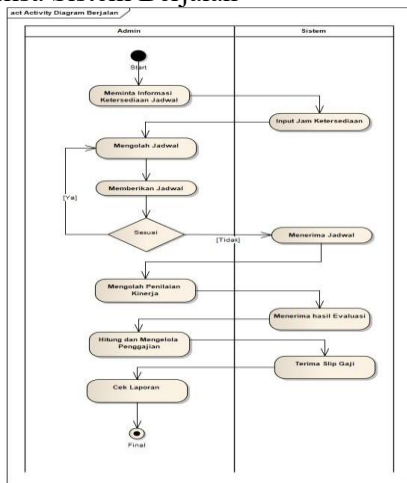
Gambar 3. Logical Record Structure

Logical Record Structure atau LRS memberikan gambaran yang lebih teknis mengenai bagaimana tabel-tabel dalam basis data dibentuk berdasarkan ERD. Struktur ini mengorganisasi setiap entitas menjadi tabel yang memiliki primary key, foreign key, serta atribut pendukung lainnya.

B. Perancangan Unified Modelling Language (UML) dan Diagram

Perancangan sistem pada penelitian ini menggunakan pendekatan Unified Modeling Language (UML) sebagai alat bantu untuk menggambarkan struktur, alur, serta interaksi antar komponen yang membentuk sistem.

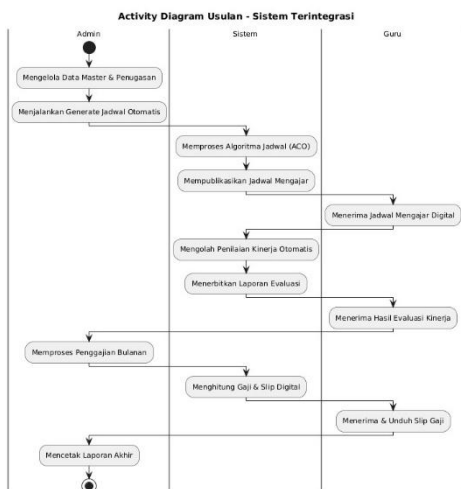
1. Analisa Sistem Berjalan



Gambar 8. Analisa Sistem Berjalan

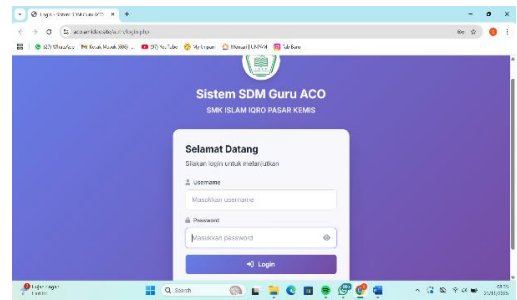
Analisa sistem yang sedang berjalan di SMK IQRO menunjukkan bahwa proses pengelolaan jadwal, evaluasi kinerja, dan penggajian guru masih dilakukan secara manual serta belum terintegrasi dengan baik. Proses penjadwalan dimulai dari admin yang meminta informasi ketersediaan jam mengajar kepada guru.

2. Analisa Sistem Usulan

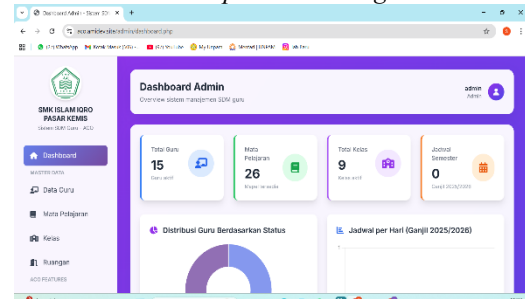


Gambar 9. Analisa Sistem Usulan

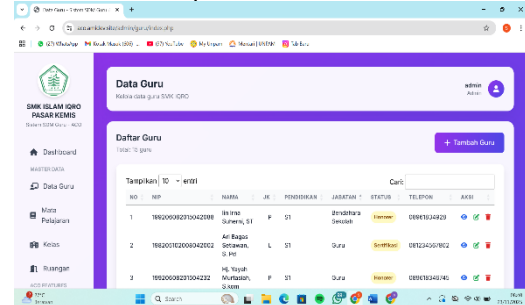
Berdasarkan kelemahan pada sistem berjalan, maka dirancang sistem usulan yang lebih efektif, terstruktur, dan berbasis web dengan penerapan metode *Ant Colony Optimization* (ACO).



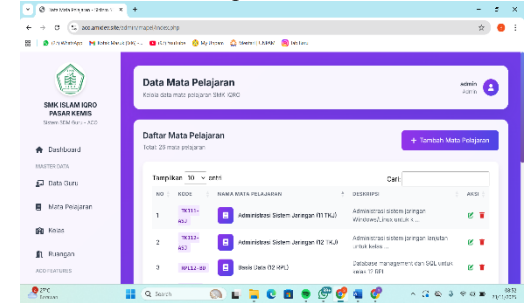
Gambar 10. Implementasi Login Admin



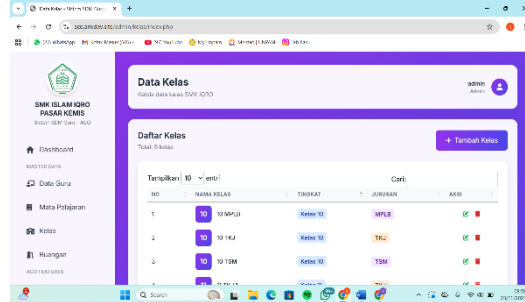
Gambar 11. Implementasi Dashboard Admin



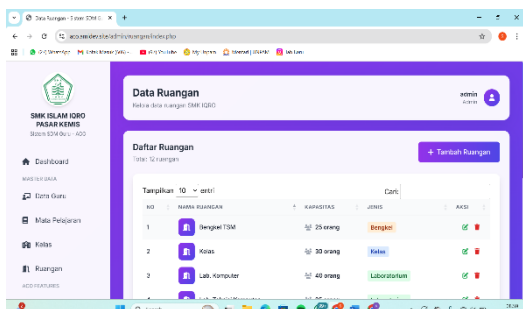
Gambar 12. Implementasi Data Guru



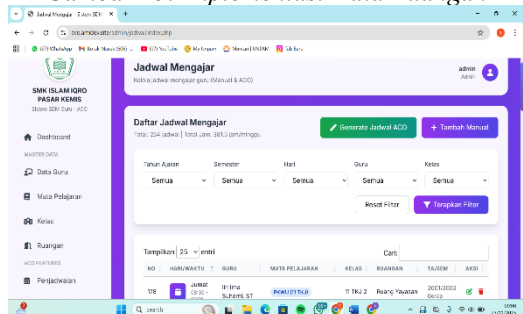
Gambar 13. Implementasi Data Mata Pelajaran



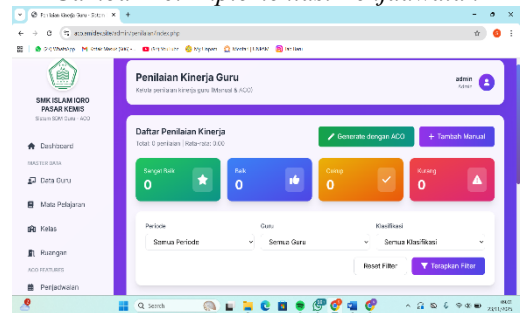
Gambar 14. Implementasi Data Kelas



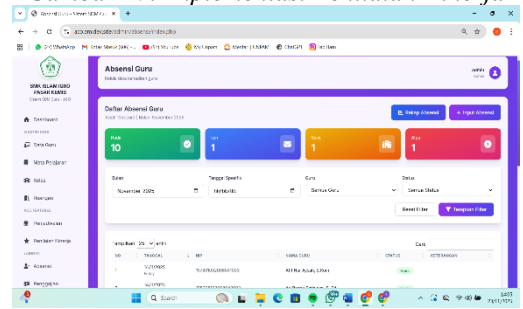
Gambar 15. Implementasi Data Ruangan



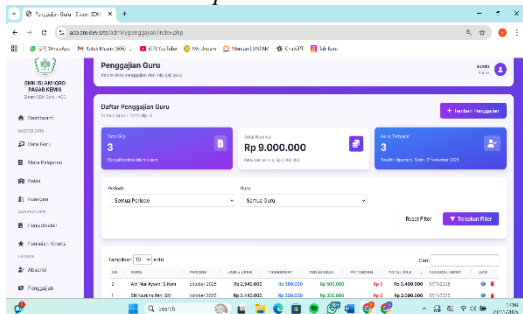
Gambar 16. Implementasi Penjadwalan



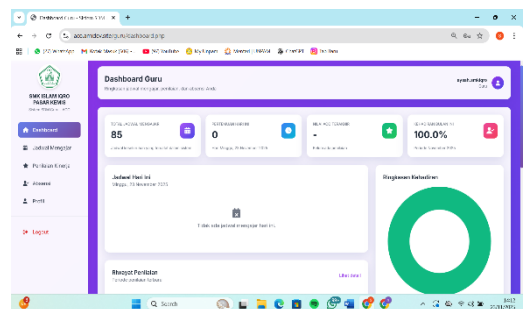
Gambar 17. Implementasi Penilaian Kinerja



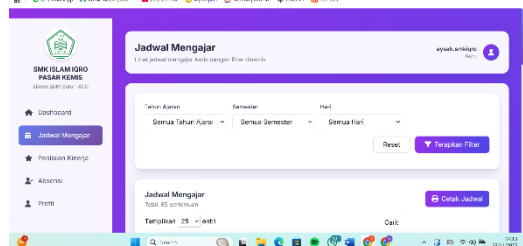
Gambar 18. Implementasi Absensi Guru



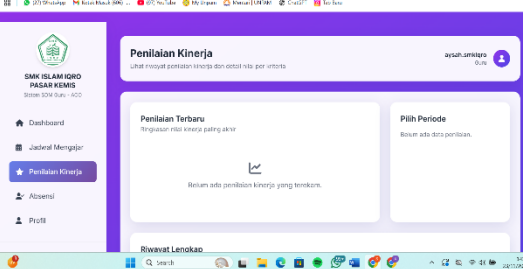
Gambar 19. Implementasi Penggajian Guru



Gambar 22. Implementasi Dashboard Role Guru



Gambar 23. Implementasi Jadwal Mengajar Guru



Gambar 24. Implementasi Penilaian Kinerja Guru

D. Pengujian Sistem

Pengujian sistem adalah tahap yang dilakukan setelah sistem terintegrasi, dengan tujuan untuk memastikan bahwa sistem telah sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan dan berfungsi sebagaimana rancangan yang dibuat.

1. Black Box Testing

Pengujian ini memfokuskan pada perilaku fitur yang terlihat oleh pengguna tanpa melihat implementasi kode internal (*black box*).

Tabel 9. Black Box Testing

Kode Test	Skenario Uji	Hasil yang Diharapkan	Kesimpulan
BB-01	Login sebagai admin menggunakan kredensial valid lalu akses dashboard utama.	Sistem mengarahkan ke dashboard dan menampilkan ringkasan data SDM tanpa error.	Valid

BB-02	Melakukan percobaan login admin dengan password salah tiga kali berturut-turut.	Sistem menolak akses setiap kali dan menampilkan pesan kerdensial tidak valid tanpa membuat sesi.	<input type="checkbox"/> Valid
BB-03	Menambahkan data guru baru melalui formular tambah guru lengkap dengan unggahan foto berukuran <= 2 MB.	Data guru tersimpan, foto terlihat di daftar guru dan halaman detail.	<input type="checkbox"/> Valid
BB-04	Menjalankan fitur generate jadwal otomatis dengan parameter ACO default serta memilih minimal satu kombinasi guru – mata pelajaran dan semua kelas.	Sistem validasi, sistem menampilkan proses ACO dan menghasilkan daftar hadwal baru dengan jumlah konflik minimum.	<input type="checkbox"/> Valid
BB-05	Mengedit jadwal secara manual hingga guru yang sama berada pada slot hari/jam yang sama (konflik).	Sistem menolak penyimpanan perubahan dan memberikan pesan adanya konflik jadwal guru.	<input type="checkbox"/> Valid
BB-06	Menginput absensi harian untuk satu kelas, kemudian melihat halaman rekap absensi dengan filter kelas dan tanggal yang sama.	Rekap menampilkan status kehadiran sesuai input dan persentase keterlambatan/a bsen dihitung dengan benar.	<input type="checkbox"/> Valid
BB-07	Menjalankan modul penilaian kinerja berbasis ACO untuk satu periode penilaian.	Sistem menghasilkan skor kinerja per guru, menyimpan log eksekusi, serta menampilkan peringkat secara menurun (<i>descending</i>).	<input type="checkbox"/> Valid
BB-08	Membuat slip penggajian bulan berjalan untuk beberapa guru dan mencetaknya ke format PDF.	Slip berisi komponen gaji lengkap dan file PDF dapat diunduh tanpa kerusakan (<i>corrupt</i>).	<input type="checkbox"/> Valid

2. White Box Testing

Pengujian white box dilakukan menggunakan pendekatan *basis path testing* untuk memverifikasi kebenaran logika internal sistem, khususnya pada modul validasi parameter, proses inti algoritma ACO, serta fungsi heuristik penyusunan jadwal.

1. WB-01 Validasi Parameter Generate Jadwal

Pengujian ini bertujuan memastikan seluruh parameter input (tahun ajaran, semester, parameter ACO, dan relasi guru–mata pelajaran) tervalidasi sebelum eksekusi algoritma. Struktur kontrol terdiri atas percabangan validasi dan satu keputusan akhir (lanjut proses atau tampilkan error).

Berdasarkan flow graph yang dibangun, diperoleh:

$$V(G) = E - N + 2 = 10 - 8 + 2 = 4$$

Nilai kompleksitas siklomatik sebesar 4 menunjukkan terdapat empat jalur independen yang diuji, meliputi:

- Seluruh input valid dan proses dilanjutkan.
- Data periode akademik kosong.
- Parameter numerik di luar rentang.
- Jadwal pada periode yang sama sudah tersedia.

2. WB-02 Proses Utama Algoritma ACO

Pengujian difokuskan pada siklus iteratif algoritma ACO yang melibatkan loop iterasi, loop populasi semut, evaluasi fitness, pembaruan solusi terbaik, dan update feromon.

Hasil analisis flow graph menunjukkan:

$$V(G) = 9 - 7 + 2 = 4$$

Empat jalur basis mencakup:

- Eksekusi normal seluruh iterasi hingga solusi terbaik tersimpan.
- Skenario minimal (jumlah semut rendah).
- Loop iterasi tidak dijalankan.
- Kondisi pengamanan saat solusi terbaik tidak terbentuk.

Nilai ini menunjukkan kompleksitas kontrol terkelola dan masih dalam kategori rendah–menengah.

3. WB-03 Penyusunan Slot dan Evaluasi Konflik

Bagian ini menguji fungsi heuristik utama: konstruksi solusi, evaluasi fitness berbasis konflik, serta pembaruan feromon (evaporasi dan reinforcement).

Perhitungan kompleksitas menghasilkan:

$$V(G) = 9 - 7 + 2 = 4$$

Empat jalur independen diuji untuk memastikan:

- Proses pemilihan slot berjalan sesuai probabilitas,
- Deteksi konflik berfungsi benar,
- Mekanisme evaporasi tidak menghilangkan seluruh nilai feromon,
- Reinforcement diberikan proporsional terhadap kualitas solusi.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem manajemen SDM guru berbasis web dengan menerapkan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk mengoptimalkan penjadwalan dan mendukung evaluasi kinerja di SMK Iqro. Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem berhasil menghasilkan jadwal pembelajaran tanpa konflik (0 konflik) untuk 45 tugas dalam 36 slot waktu dan 12 ruangan dengan waktu komputasi yang efisien.

Dibandingkan metode manual sebelumnya, sistem berbasis ACO terbukti lebih efektif dalam meminimalkan konflik, mempercepat proses penyusunan jadwal, serta menghasilkan distribusi beban kerja yang lebih merata. Pada modul penilaian kinerja, sistem mampu menghasilkan distribusi nilai yang stabil dengan standar deviasi sebesar 5.01, menunjukkan pemerataan penilaian yang objektif.

Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa performa algoritma cukup robust terhadap variasi parameter dalam rentang tertentu, meskipun tetap memerlukan konfigurasi optimal untuk hasil terbaik. Keterbatasan berupa kompleksitas komputasi berhasil diminimalkan melalui pembatasan iterasi dan optimasi evaluasi konflik.

Secara keseluruhan, penerapan ACO dalam sistem manajemen SDM guru terbukti meningkatkan efisiensi administratif, kualitas pengambilan keputusan, serta memberikan manfaat praktis bagi manajemen sekolah.

Untuk penelitian lanjutan dapat diarahkan pada pengujian metode optimasi lain seperti Genetic Algorithm atau Simulated Annealing sebagai

pembandingan untuk mengukur efektivitas relatif terhadap ACO dalam konteks penjadwalan pendidikan. Selain itu, pengembangan fitur prediktif seperti peramalan kebutuhan guru berdasarkan tren jumlah siswa dan beban mengajar dapat meningkatkan kemampuan sistem dalam perencanaan jangka panjang. Pengembangan modul berbasis mobile juga disarankan agar akses sistem menjadi lebih fleksibel dan responsif, sehingga mendukung implementasi yang lebih luas dalam lingkungan pendidikan yang dinamis.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Krismadi, A. F. (2019). "Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Aplikasi Pengujian Black Box berbasis Equivalence Partitions pada Aplikasi Seleksi Promosi Kenaikan Jabatan". *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Aplikasi Vol. 2, No. 4*.
- Ahmad. (2020). "Pengertian Use Case Diagram : Tujuan, Fungsi, Simbol, dan Contohnya".
- Ahmad Ihsan, T. A. (2024). "Optimalisasi Pencarian Jalur Terpendek Mobile Robot dengan Menggunakan Metode *Ant Colony Optimization* (ACO)". *Jurnal Ilmiah Elektroteknika*.
- Connolly, T. M. (2015). *Database System: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management*. Pearson.
- Fahlevi, Z. Z. (2021). "Perancangan Aplikasi Penggajian Karyawan Berbasis Web Menggunakan Framework Codeigniter Pada Po Arista Teknik Jakarta,".
- HAERUNNISYA. (2025). *IMPLEMENTASI ANT COLONY OPTIMIZATION ALGORITHM UNTUK OPTIMASI RUTE TERPENDEK DALAM PENGIRIMAN BARANG. UNIVERSITAS SULAWESI BARAT repository.unsulbar.ac.id*.
- Hafiz Riyadli, A. F. (2020). "Rancang Bangun Sistem Informasi Keuangan Berbasis WEB". *J. Sains Komput. dan Teknol. Inf., vol. 3, no. 1, pp. 98-103*.
- Hamid Kurniawan, W. A. (2020). "Penerapan Metode Waterfall Dalam Perancangan Sistem Informasi Penggajian Pada Smk Bina Karya Karawang". *Jurnal Interkom Vol. 14 No. 4*.
- Hidayat, T. &. (2018). "Pengujian Sistem Informasi Pendaftaran dan Pembayaran Wisuda Online menggunakan Black Box Testing dengan Metode Equivalence Partitioning dan Boundary Value Analysis."

- Husna, N. A. (2023). "Implementasi Algoritma *Ant Colony Optimization* Untuk Penentuan Jalur Terpendek Klinik Dari Lokasi Rawan". *SENTIMAS: Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 1(1), 112-119. Retrieved from <https://www.journal.irpi.or.id/index.php/sentimas/article/view/757>.
- Ibrahim. (2020). "Pengertian dan Fungsi Sekolah". Diambil kembali dari [pengertiandefinisi.com](https://pengertiandefinisi.com/pengertian-sekolah-dan-fungsi-sekolah): <https://pengertiandefinisi.com/pengertian-sekolah-dan-fungsi-sekolah>.
- Krismiyati. (2019). "Pengembangan Sumber Daya Manusia dalam Meningkatkan Kualitas Pendidikan di SD Negeri Inpres Angkasa Biak". *Jurnal Office*, 3(1).
- Kurniawan, A. (2023). "Sistem Informasi Penerimaan Peserta Didik Baru Berbasis Web Pada Smk Pahlawan Toha Bandung".
- Merlita, L. a. (2023). "Penerapan Manajemen Sumber Daya Manusia Dalam Meningkatkan Kompetensi Guru Madrasah Aliyah di Bengkulu". *Al-Khair Journal : Management, Education, and Law*.
- Munawar. (2018). "*Analisis Perancangan Sistem Berorientasi Objek dengan UML (Unified Modeling Language)*". ISBN:978-602-6232-77-9.
- Noneng Marthiawati, K. K. (2024). Training On Making UML (Unified Modeling Language) Using The Draw.io Application In The Information Systems Study Program, Muhammadiyah Jambi University. *Transformasi Masyarakat: Jurnal Inovasi dan Sosial Pengabdian Vol.1, No.2*.
- Nurmalasari, I. &. (2020). "Peran Manajemen SDM dalam Lembaga Pendidikan untuk Meningkatkan Mutu Pendidik". *MANAGERE: Indonesian Journal of Educational Management*.
- Pamungkas, C. A. (2017). *Pengantar dan Implementasi Basis Data*. Yogyakarta: Deepublish.
- Praniffa, A. C. (2023). "Pengujian Black Box dan White Box Sistem Informasi Parkir Berbasis Web". *J. Test. dan Implementasi Sist. Inf.*
- Qomaria, R. A. (2024). Optimalisasi Pencarian Rute Kapal Terbaik dengan Menggunakan Metode *Ant Colony Optimization*. *JIP (Jurnal Informatika Polinema)*.
- Rusmawan, U. (2019). "Teknik Penulisan Tugas Akhir dan Skripsi Pemrograman-Pengertian ERD".
- S. Pratasik and I. Rianto. (2020). Pengembangan Aplikasi E-DUK Dalam Pengelolaan SDM Menggunakan Metode Agile Development The Development Of E-DUK Application in HR Management Using Agile Development Method,".
- Sidik, A. (2019). "Teori, Strategi, dan Evaluasi Merancang Website dalam Perspektif Desain". *Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari*.
- Suprapti, D. K. (2017). "Analisa Pengujian Informasi Penjualan menggunakan Metode White Box ". *Seminar Nasional Ilmu Terapan (SNITER) 2017-Universitas Widya Kartika*.