

**PENERAPAN PEWARNAAN GRAF DALAM PENJADWALAN KERJA
PEGAWAI MIE GACOAN KEDATON MENGGUNAKAN
ALGORITMA TABU *SEARCH***

Skripsi

Oleh

**SALSA BELLA OKTARIANI
NPM. 2217031178**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2026

ABSTRACT

APPLICATION OF GRAPH COLORING IN EMPLOYEE WORK SCHEDULING AT MIE GACOAN KEDATON USING THE TABU SEARCH ALGORITHM

By

Salsa Bella Oktariani

Employee work scheduling is an important aspect of restaurant operations as it is closely related to service effectiveness and operational efficiency. Manual scheduling often creates problems due to the large number of employees and work regulations that must be fulfilled. This study aims to apply graph coloring using the Tabu Search algorithm to employee scheduling at Mie Gacoan Kedaton. Employees are represented as vertices, while scheduling conflicts are represented as edges in a conflict graph. The graph coloring process is used to form conflict-free work shift groups, and the results are interpreted into a Constraint Programming model by considering various operational constraints. The results show that the Tabu Search algorithm produces 16 conflict-free color groups (proper coloring) used as the basis for work scheduling. Furthermore, the Constraint Programming model generates a one-week employee schedule that satisfies all operational constraints, resulting in a feasible and structured schedule.

Keywords: employee work scheduling, graph coloring, Tabu Search algorithm, Constraint Programming, conflict graph.

ABSTRAK

PENERAPAN PEWARNAAN GRAF DALAM PENJADWALAN KERJA PEGAWAI MIE GACOAN KEDATON MENGGUNAKAN ALGORITMA TABU *SEARCH*

Oleh

Salsa Bella Oktariani

Penjadwalan kerja pegawai merupakan aspek penting dalam operasional restoran karena berkaitan dengan efektivitas pelayanan dan efisiensi kerja. Penyusunan jadwal secara manual sering menimbulkan permasalahan akibat banyaknya pegawai dan aturan kerja yang harus dipenuhi. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan pewarnaan graf menggunakan algoritma *Tabu Search* pada penjadwalan kerja pegawai Mie Gacoan Kedaton. Pegawai direpresentasikan sebagai simpul dan konflik penjadwalan sebagai sisi dalam graf konflik. Proses pewarnaan graf digunakan untuk membentuk kelompok *shift* kerja yang bebas konflik, kemudian hasilnya diinterpretasikan ke dalam model *Constraint Programming* dengan mempertimbangkan berbagai kendala operasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *Tabu Search* menghasilkan 16 kelompok warna tanpa konflik (*proper coloring*) yang digunakan sebagai dasar pembentukan jadwal kerja. Selanjutnya, model *Constraint Programming* menghasilkan jadwal kerja selama satu minggu yang memenuhi seluruh kendala operasional sehingga diperoleh jadwal yang layak (*feasible*) dan terstruktur.

Kata kunci: penjadwalan kerja pegawai, pewarnaan graf, algoritma *Tabu Search*, *Constraint Programming*, graf konflik.

**PENERAPAN PEWARNAAN GRAF DALAM PENJADWALAN KERJA
PEGAWAI MIE GACOAN KEDATON MENGGUNAKAN
ALGORITMA TABU *SEARCH***

SALSA BELLA OKTARIANI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2026

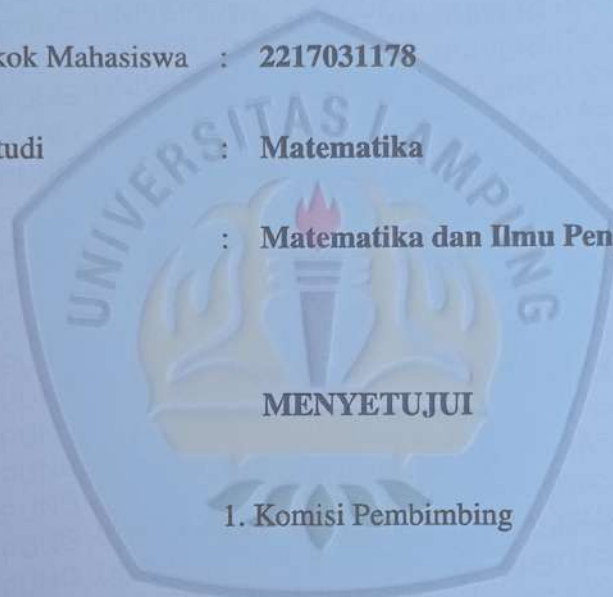
Judul Skripsi : **PENERAPAN PEWARNAAN GRAF DALAM
PENJADWALAN KERJA PEGAWAI MIE
GACOAN KEDATON MENGGUNAKAN
ALGORITMA TABU SEARCH**

Nama Mahasiswa : **Salsa Bella Oktariani**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2217031178**

Program Studi : **Matematika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. Komisi Pembimbing

Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si.
NIP 197311092000122001

Dina Eka Nurvazly, S.Pd., M.Si.
NIP 199311062019032018

2. Ketua Jurusan Matematika

Dr. Aang Nuryamah, S.Si., M.Si.
NIP. 197403162005011001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

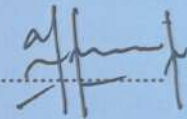
Ketua : Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si.



Sekretaris : Dina Eka Nurvazly, S.Pd., M.Si.

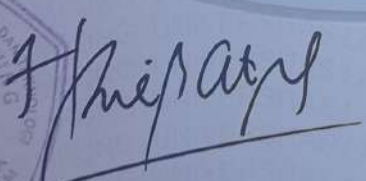


Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Asmiati, S.Si., M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 18 Juni 2026

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Salsa Bella Oktariani**
Nomor Pokok Mahasiswa : **2217031178**
Jurusan : **Matematika**
Judul Skripsi : **Penerapan Pewarnaan Graf dalam
Penjadwalan Kerja Pegawai Mie Gacoan
Kedaton Menggunakan Algoritma Tabu
Search**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri. Apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung , 18 Juni 2026

Penulis



Salsa Bella Oktariani

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama lengkap Salsa Bella Oktariani yang lahir di Lahat, Sumatera Selatan pada tanggal 26 Oktober 2005. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Sastro Wiadi dan Welly Apriani.

Penulis memulai pendidikan formal di TK Satu Atap SDN 10 Kecamatan Kikim Timur di Desa Gunung Aji pada tahun 2009 dan menyelesaikannya pada tahun 2010. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan di SD Negeri 10 Kikim Timur pada tahun 2010 sampai dengan 2016. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 4 Kikim Timur pada tahun 2016 sampai dengan tahun 2019, dan menyelesaikan pendidikan di SMA Negeri 1 Kikim Timur pada tahun 2022.

Pada tahun 2022, penulis diterima di Program Studi S1 Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Pada akhir Juni 2025, penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT PLN (Persero) ULP Way Halim selama 40 hari sampai dengan awal Agustus 2025. Selain itu, sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat, penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 30 hari di Desa Wai Lubuk, Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan.

KATA INSPIRASI

"Setiap langkah yang kuambil adalah pengingat bahwa ada ayah dan ibu yang tidak pernah berhenti berjuang demi masa depanku."

"Carpe Diem."
(Dead Poets Society)

"Opportunities are not given, but they will come if you truly want them."
(Teach You a Lesson)

"I've never been natural, all I do is try, try, try."
(mirrorball-Taylor Swift)

"We're more than what we're made to think, time to believe."
(Rains in Heaven-NCT Dream)

PERSEMBAHAN

Alhadulillahi robbil'alamin

Dengan mengucapkan puji dan syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala karena limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Tak lupa shalawat beserta salam selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam.

Dengan rasa syukur dan Bahagia, saya persembahkan rasa terimakasih saya kepada:

Ayah dan Ibu Tercinta

Terimakasih kepada orang tuaku atas segala pengorbanan, motivasi, doa dan ridho serta dukungannya selama ini. Terimakasih telah memberikan pelajaran berharga kepada anakmu ini tentang makna perjalanan hidup yang sebenarnya sehingga kelak bisa menjadi orang yang bermanfaat bagi banyak orang.

Dosen Pembimbing dan Pembahas

Terimakasih kepada dosen pembimbing dan pembahas yang sudah sangat membantu, memberikan motivasi, memberikan arahan serta ilmu yang berharga.

Sahabat-sahabatku

Terimakasih kepada semua orang-orang baik yang telah memberikan pengalaman, semangat, motivasinya, serta doa-doanya dan senantiasa memberikan dukungan dalam hal apapun.

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penerapan Pewarnaan Graf dalam Penjadwalan Kerja Pegawai Mie Gacoan Kedaton Menggunakan Algoritma Tabu Search” dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. yang telah membawa umat manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang penuh ilmu pengetahuan.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dukungan, motivasi, serta doa sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Notiragayu, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing 1 yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan, motivasi, saran serta dukungan kepada penulis sepanjang proses penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Dina Eka Nurvazly, S.Pd., M.Si. selaku Pembimbing 2 yang telah memberikan arahan, dukungan, serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Prof. Dr. Asmiati, S.Si., M.Si. selaku dosen Penguji yang telah bersedia memberikan saran, kritik, serta evaluasi yang membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Siti Laelatul Chasanah, S.Pd., M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa memberikan arahan, motivasi, dan bimbingan selama penulis menempuh studi.
5. Bapak Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

6. Seluruh dosen, tenaga kependidikan, serta staf Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pelayanan selama masa studi penulis.
7. Seluruh guru sejak jenjang Taman Kanak-Kanak, Sekolah Dasar, Sekolah Menengah Pertama, hingga Sekolah Menengah Atas yang telah memberikan ilmu dan pendidikan sebagai bekal bagi penulis dalam menempuh pendidikan hingga perguruan tinggi.
8. Kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan, dan pengorbanan yang tiada henti demi keberhasilan penulis, serta saudara-saudara yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi.
9. Seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam proses penyusunan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menjadikan skripsi ini lebih baik lagi.

Bandar Lampung, 18 Juni 2026

Salsa Bella Oktariani

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penjadwalan Kerja Pegawai	5
2.2 Teori Graf	5
2.3 Pewarnaan Graf	7
2.4 Model Penjadwalan Kerja Menggunakan Pewarnaan Graf	8
2.5 Pewarnaan Graf Menggunakan Algoritma <i>Tabu Search</i>	10
2.6 <i>Constraint Programming</i> dalam Penjadwalan Kerja Pegawai	12
BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Data Penelitian	14
3.3 Langkah Penelitian	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Aturan dan Ketentuan Penjadwalan Kerja Pegawai	16
4.2 Pengelompokan Pegawai	17
4.3 Pembentukan Graf Konflik	18
4.4 Proses Pewarnaan Graf Menggunakan Algoritma <i>Tabu Search</i>	20
4.5 Hasil Pewarnaan Graf	24
4.6 Interpretasi Hasil Pewarnaan ke dalam Penjadwalan <i>Shift</i> Menggunakan <i>Constraint Programming</i>	25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Graf Kelompok 1	9
2.2 Graf Kelompok 2	9
2.3 Pewarnaan Graf Kelompok 1	10
2.4 Pewarnaan Graf Kelompok 2	10
4.1 Kelompok A	19
4.2 Kelompok B	19
4.3 Kelompok C	19
4.4 Kelompok D	19
4.5 Kelompok E	20
4.6 Kelompok F	20
4.7 Hasil Pewarnaan Kelompok A	24
4.8 Hasil Pewarnaan Kelompok B	24
4.9 Hasil Pewarnaan Kelompok C	25
4.10 Hasil Pewarnaan Kelompok D	25
4.11 Hasil Pewarnaan Kelompok E	25
4.12 Hasil Pewarnaan Kelompok F	25

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Banyaknya Pegawai Mie Gacoan Kedaton	15
4.1 Pengelompokan Pegawai Berdasarkan Posisi Kerja	18
4.2 Kondisi Awal Pewarnaan Graf	22
4.3 Hasil Iterasi 1	22
4.4 <i>Tabu List</i> Iterasi 1	22
4.5 Hasil Iterasi 2	23
4.6 <i>Tabu List</i> Iterasi 2	23
4.7 Hasil Iterasi 3	23
4.8 <i>Tabu List</i> Iterasi 3	24
4.9 Pengelompokan Pegawai setelah Pewarnaan Graf	25
4.10 Jadwal <i>Shift</i> Pegawai Selama 1 Minggu	27

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Penjadwalan merupakan aktivitas mendistribusikan sejumlah sumber daya yang tersedia agar kegiatan operasional dapat berjalan secara efektif dan efisien dengan mempertimbangkan penggunaan waktu dan tenaga kerja. Dalam konteks manajemen operasional, penjadwalan tenaga kerja menjadi salah satu permasalahan penting karena berkaitan langsung dengan produktivitas, kualitas layanan, serta efisiensi biaya operasional (Baker, 1974).

Pada praktiknya, banyak perusahaan jasa, termasuk restoran, masih menyusun jadwal kerja pegawai secara manual. Metode manual memiliki berbagai keterbatasan, terutama ketika jumlah pegawai cukup banyak dan terdapat banyak aturan kerja yang harus dipenuhi, seperti pembagian *shift*, hari libur, batasan jam kerja, serta larangan penugasan pegawai tertentu pada waktu yang sama. Keterbatasan ini sering kali mengakibatkan jadwal kerja yang tidak merata dan kurang fleksibel terhadap perubahan kebutuhan operasional (Wijaya dkk., 2021).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa permasalahan penjadwalan tenaga kerja merupakan permasalahan optimasi yang kompleks dan telah banyak dikaji dalam bidang riset operasi dan manajemen. Baker (1974) menegaskan bahwa penjadwalan tenaga kerja harus mampu memenuhi kebutuhan staf secara periodik dengan tetap memperhatikan efisiensi penggunaan sumber daya, selanjutnya Burke dkk. (2004) menyatakan bahwa masalah penjadwalan tenaga kerja termasuk ke dalam permasalahan kombinatorial yang sulit diselesaikan dengan metode konvensional, sehingga diperlukan pendekatan algoritmik yang lebih fleksibel dan adaptif. Chretienne dkk. (1997) juga menjelaskan bahwa teori penjadwalan berkembang untuk mengatasi permasalahan nyata yang melibatkan banyak kendala dan variabel yang saling berinteraksi.

Penelitian sebelumnya oleh Wakid dkk. (2024) pada Mie Gacoan Cabang Pamekasan menunjukkan bahwa penjadwalan kerja pegawai yang disusun secara manual menyebabkan ketidakseimbangan jumlah pegawai pada jam sibuk, sehingga menimbulkan antrean panjang dan menurunkan kepuasan pelanggan. Kondisi serupa berpotensi terjadi pada Mie Gacoan Kedaton apabila tidak dilakukan perbaikan dalam sistem penjadwalan kerja pegawai, oleh karena itu diperlukan suatu metode yang mampu menghasilkan jadwal kerja yang lebih optimal, adil, dan efisien.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan adalah teori graf, khususnya metode pewarnaan graf. Dalam pewarnaan graf, objek-objek yang saling berkonflik direpresentasikan sebagai simpul yang saling bertetangga, sehingga tidak diperbolehkan memiliki warna yang sama (Alhassan & Adeyemo, 2023). Konsep ini sangat relevan untuk permasalahan penjadwalan, di mana pegawai dan hubungan konflik penjadwalan dapat dimodelkan dalam bentuk graf untuk membentuk kelompok *shift* kerja yang bebas konflik. Penelitian oleh Li dkk. (2020) menunjukkan bahwa penerapan graf dan pewarnaan graf mampu mengoptimalkan distribusi jam kerja pegawai dengan memperhatikan berbagai kendala, seperti durasi *shift* dan waktu istirahat.

Salah satu algoritma yang banyak digunakan dalam permasalahan penjadwalan adalah algoritma *Tabu Search*. Algoritma *Tabu Search* merupakan metode pencarian heuristik yang menggunakan memori untuk menghindari solusi suboptimal dan telah terbukti efektif dalam menyelesaikan permasalahan optimasi berskala besar (Glover, 1989). Penelitian oleh Ananda dkk. (2022) menunjukkan bahwa penerapan pewarnaan graf menggunakan algoritma *Tabu Search* mampu menghasilkan jadwal kerja perawat yang lebih optimal dan bebas konflik dibandingkan metode manual, selain itu, penelitian lain dalam bidang penjadwalan karyawan juga menunjukkan bahwa penggunaan algoritma optimasi, seperti algoritma genetika, mampu meningkatkan efisiensi dan kualitas jadwal kerja pegawai dibandingkan metode konvensional (Fajarlestari & Hardiyanti, 2024). Pemilihan algoritma *Tabu Search* dalam penelitian ini didasarkan pada kemampuannya dalam menyelesaikan permasalahan optimasi kombinatorial yang kompleks. *Tabu Search* menggunakan mekanisme memori berupa *tabu list* untuk menghindari pengulangan solusi yang sama dan membantu proses pencarian keluar dari kondisi *local optimum* (Glover, 1989). Dibandingkan dengan Algoritma Genetika yang memerlukan operator reproduksi, *crossover*, dan mutasi dalam proses pencarian solusi (Mitchell, 1998), *Tabu Search* memiliki mekanisme pencarian yang lebih sederhana namun tetap efektif dalam mengeksplorasi ruang solusi, oleh karena itu algoritma *Tabu Search*

dipilih karena mampu menghasilkan solusi pewarnaan graf yang baik dengan proses pencarian yang efisien dan sesuai untuk karakteristik permasalahan penjadwalan kerja pegawai yang diteliti.

Selain proses pengelompokan pegawai, penyusunan jadwal kerja juga dihadapkan pada berbagai aturan operasional yang harus dipenuhi secara bersamaan, seperti pembatasan jam kerja, kebutuhan minimal pegawai pada setiap *shift*, keterwakilan setiap bagian kerja, serta larangan pola kerja tertentu antar *shift*. Permasalahan dengan banyak kendala seperti ini lebih tepat dimodelkan menggunakan pendekatan *Constraint Programming* (CP), khususnya dalam bentuk *Constraint Satisfaction Problem* (CSP). CSP berfokus pada pencarian solusi yang memenuhi seluruh kendala yang telah ditetapkan tanpa melibatkan fungsi tujuan optimasi, sehingga solusi dianggap layak (*feasible*) apabila tidak melanggar aturan yang berlaku (Dechter, 2003).

Pendekatan *Constraint Programming* dalam penjadwalan telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian dalam beberapa tahun terakhir. Ananda dkk. (2022) menerapkan kombinasi algoritma *Tabu Search* dan *Constraint Programming* pada kasus penjadwalan perawat di RSUP H. Adam Malik Medan, di mana proses pewarnaan graf digunakan untuk mengelompokkan perawat, sedangkan tahap penjadwalan diformulasikan sebagai *Constraint Satisfaction Problem* (CSP) untuk memastikan seluruh kendala kerja terpenuhi. Selain itu, Alhassan & Adeyemo (2023) menunjukkan bahwa metode *graph coloring* efektif dalam merepresentasikan konflik pada permasalahan penjadwalan, khususnya pada penyusunan jadwal perkuliahan. Penelitian oleh Gangrade dkk. (2023) juga mengkaji penerapan *graph coloring* pada penjadwalan tenaga kerja, yang menghasilkan pengurangan konflik secara signifikan dalam penjadwalan perawat. Selanjutnya, Khan & Sharma (2025) mengembangkan model penjadwalan ujian berbasis pewarnaan graf yang mampu meminimalkan bentrokan jadwal antar peserta. Di sisi lain, penelitian oleh Geibinger dkk. (2024) menunjukkan bahwa pendekatan *Constraint Programming* mampu menghasilkan solusi penjadwalan yang *feasible* dengan mempertimbangkan berbagai kendala operasional secara simultan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menerapkan metode pewarnaan graf menggunakan algoritma *Tabu Search* untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan kerja pegawai di Mie Gacoan Kedaton. Metode pewarnaan graf digunakan untuk mengelompokkan pegawai ke dalam *shift* kerja yang sama tanpa menimbulkan konflik penjadwalan. Hasil pewarnaan graf tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar penyusunan jadwal *shift* dengan tetap memperhatikan

aturan dan batasan kerja pegawai yang berlaku. Diharapkan dengan penerapan metode ini dapat dihasilkan jadwal kerja yang lebih optimal, efisien, dan adil, serta mampu mengurangi pemborosan waktu dan meningkatkan kualitas pelayanan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Memodelkan penjadwalan kerja pegawai Mie Gacoan Kedaton menggunakan pewarnaan graf;
2. Menerapkan algoritma *Tabu Search* untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan kerja pegawai;
3. Menghasilkan jadwal kerja pegawai yang optimal.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan gambaran penerapan pewarnaan graf dan algoritma *Tabu Search* dalam penyusunan jadwal kerja pegawai;
2. Membantu pihak Mie Gacoan Kedaton dalam menyusun jadwal kerja pegawai agar lebih teratur;
3. Menjadi bahan referensi bagi mahasiswa atau peneliti lain yang melakukan penelitian dengan topik penjadwalan kerja pegawai.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini, diuraikan konsep dasar yang menjadi landasan teori untuk mendukung pembahasan pada bagian selanjutnya.

2.1 Penjadwalan Kerja Pegawai

Penjadwalan kerja pegawai merupakan proses pengaturan waktu kerja dan penugasan karyawan ke dalam jadwal *shift* tertentu dengan tujuan memenuhi kebutuhan operasional organisasi secara efisien dan efektif. Penjadwalan yang baik bertujuan untuk memastikan ketersediaan tenaga kerja sesuai dengan tingkat permintaan layanan serta mematuhi aturan kerja yang berlaku, seperti jam kerja, hari libur, dan pembagian beban kerja pegawai (Soriano dkk., 2022).

Dalam praktiknya, penjadwalan kerja pegawai sering kali melibatkan penyesuaian antara permintaan layanan yang bersifat fluktuatif dan ketersediaan serta preferensi pegawai, terutama pada sektor jasa seperti restoran. Kondisi tersebut menyebabkan proses penjadwalan menjadi kompleks karena harus mempertimbangkan berbagai kendala secara bersamaan, sehingga diperlukan model penjadwalan yang sistematis dan terstruktur (Othman dkk., 2012).

2.2 Teori Graf

Teori graf merupakan salah satu cabang dari matematika diskrit yang mempelajari struktur diskrit yang terdiri atas sekumpulan objek dan relasi di antara objek-objek tersebut. Secara formal, graf didefinisikan sebagai pasangan terurut $G = (V, E)$, dengan V merupakan himpunan simpul (*vertex*) yang berhingga dan tidak kosong, sedangkan E merupakan himpunan sisi (*edge*) yang menghubungkan pasangan

simpul dalam graf, yaitu

$$E \subseteq \{(u, v) \mid u, v \in V\}$$

yang menyatakan adanya hubungan antara dua simpul dalam graf (Munir, 2014).

Jika terdapat sisi $(u, v) \in E$, maka simpul u dan v dikatakan bertetangga (*adjacent*). Banyaknya sisi yang terhubung langsung dengan suatu simpul $v \in V$ disebut sebagai derajat simpul dan dinotasikan dengan $\deg(v)$. Derajat maksimum dan minimum dari suatu graf G masing-masing dinotasikan dengan $\Delta(G)$ dan $\delta(G)$ (Bondy & Murty, 1976).

Berdasarkan orientasi sisinya, graf dibedakan menjadi graf berarah dan graf tak berarah. Pada graf tak berarah, sisi tidak memiliki arah sehingga hubungan antar simpul bersifat simetris, sedangkan pada graf berarah setiap sisi memiliki orientasi tertentu yang dinyatakan sebagai pasangan terurut (Rosen, 2012). Dalam penelitian ini digunakan graf tak berarah.

Selain itu, pada teori graf dikenal konsep subgraf, yaitu graf yang dibentuk dari sebagian simpul dan sisi pada suatu graf asal. Misalkan diberikan graf $G = (V, E)$, maka graf $G' = (V', E')$ disebut sebagai subgraf dari G apabila $V' \subseteq V$ dan $E' \subseteq E$, dengan setiap sisi pada E' menghubungkan simpul-simpul yang terdapat pada V' . Dengan demikian, subgraf merepresentasikan sebagian struktur dari graf asal tanpa mengubah hubungan antar simpul yang dipilih (Bondy & Murty, 1976).

Suatu graf dapat direpresentasikan dalam beberapa bentuk, salah satunya adalah matriks ketetanggaan (*adjacency matrix*). Misalkan graf

$$G = (V, E)$$

dengan

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\},$$

maka matriks ketetanggaan graf G didefinisikan sebagai matriks

$$\mathbf{A}(G) = [a_{ij}],$$

dengan elemen

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika } (v_i, v_j) \in E, \\ 0, & \text{jika } (v_i, v_j) \notin E. \end{cases}$$

Representasi matriks ketetanggaan ini banyak digunakan dalam analisis graf secara

komputasional karena memudahkan penerapan berbagai algoritma pada graf (Munir, 2014).

2.3 Pewarnaan Graf

Pewarnaan graf merupakan salah satu permasalahan fundamental dalam teori graf yang membahas pemberian warna pada unsur-unsur graf dengan aturan tertentu. Tujuan utama dari pewarnaan graf adalah menghindari konflik antara unsur-unsur graf yang saling bertetangga dengan meminimalkan jumlah warna yang digunakan (Bondy & Murty, 1976).

Dalam teori graf, pewarnaan dapat dilakukan pada simpul, sisi, maupun wilayah. Ketiga jenis pewarnaan tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, namun memiliki prinsip dasar yang sama, yaitu unsur-unsur yang bertetangga tidak diperbolehkan memiliki warna yang sama (Afriantini dkk., 2019).

Pada penelitian ini, jenis pewarnaan yang digunakan adalah pewarnaan simpul (*vertex coloring*), yaitu pemberian warna pada setiap simpul graf sedemikian sehingga dua simpul yang bertetangga tidak memiliki warna yang sama. Misalkan $G = (V, E)$ merupakan suatu graf tak berarah dengan V menyatakan himpunan simpul dan E menyatakan himpunan sisi, maka pewarnaan simpul didefinisikan sebagai fungsi

$$k : V \rightarrow \{1, 2, 3, \dots, k\}$$

dengan k merupakan bilangan bulat positif, sedemikian sehingga untuk setiap pasangan simpul $u, v \in V$ yang bertetangga, yaitu $(u, v) \in E$, berlaku $k(u) \neq k(v)$ (Rosen, 2012). Pewarnaan simpul dengan k warna disebut sebagai pewarnaan yang valid (*proper coloring*) apabila tidak terdapat dua simpul bertetangga yang memiliki warna yang sama. Dengan kata lain, setiap pasangan simpul yang terhubung oleh sisi harus diberi warna yang berbeda. Banyaknya warna minimum yang diperlukan untuk memperoleh pewarnaan simpul yang valid disebut sebagai bilangan kromatik dan dinotasikan dengan $\chi(G)$ (Munir, 2014). Secara matematis, bilangan kromatik suatu graf didefinisikan sebagai nilai minimum k sedemikian sehingga graf G memiliki pewarnaan simpul yang valid dengan menggunakan k warna. Penentuan bilangan kromatik merupakan permasalahan optimasi kombinatorial yang kompleks, oleh karena itu pada graf berukuran besar penyelesaiannya umumnya dilakukan menggunakan pendekatan heuristik atau metaheuristik untuk memperoleh solusi

secara efisien dengan kualitas yang mendekati optimal (Garey & Johnson, 1979).

Selain itu, terdapat konsep *clique*, yaitu subgraf lengkap dari suatu graf di mana setiap pasangan simpul saling terhubung oleh sisi. Suatu *clique* dengan n simpul dinotasikan sebagai graf lengkap K_n . Keberadaan *clique* terbesar pada suatu graf memberikan batas bawah bagi bilangan kromatik graf, karena setiap simpul dalam *clique* harus memiliki warna yang berbeda agar memenuhi kondisi pewarnaan yang valid (Rosen, 2012).

Konsep pewarnaan graf, khususnya pewarnaan simpul, menyediakan landasan matematis yang kuat dalam memodelkan dan menyelesaikan permasalahan penjadwalan kerja, oleh karena itu pewarnaan graf digunakan sebagai dasar dalam pembentukan model penjadwalan kerja berbasis graf yang akan dibahas pada subbab selanjutnya.

2.4 Model Penjadwalan Kerja Menggunakan Pewarnaan Graf

Model penjadwalan kerja pegawai dalam penelitian ini menggunakan pewarnaan graf untuk merepresentasikan konflik penjadwalan antar pegawai. Pegawai dimodelkan sebagai simpul pada graf, sedangkan hubungan konflik antar pegawai dimodelkan sebagai sisi. Dua simpul dihubungkan oleh sebuah sisi apabila kedua pegawai tersebut berada dalam kelompok kerja yang sama dan tidak diperbolehkan bekerja pada *shift* yang sama.

Permasalahan penjadwalan kerja direpresentasikan dalam bentuk graf tak berarah $G = (V, E)$, dengan V menyatakan himpunan pegawai dan E menyatakan himpunan konflik penjadwalan. Graf yang terbentuk merupakan graf konflik yang digunakan sebagai dasar dalam proses pewarnaan graf. Graf konflik yaitu graf yang merepresentasikan hubungan konflik antar entitas yang tidak dapat dijadwalkan secara bersamaan. Graf konflik banyak digunakan dalam permasalahan penjadwalan dan pewarnaan graf, di mana simpul menyatakan aktivitas atau entitas, sedangkan sisi menyatakan adanya konflik atau batasan yang tidak memperbolehkan dua simpul memiliki jadwal yang sama (Ogunkan dkk., 2024).

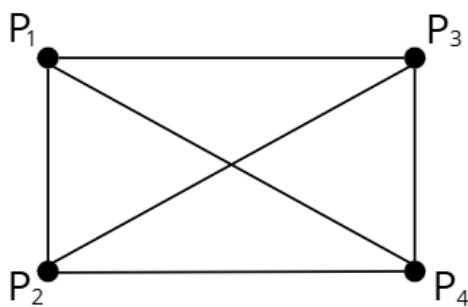
Dalam model ini, warna pada graf merepresentasikan kelompok *shift* kerja, yaitu kelompok pegawai yang dapat dijadwalkan bekerja pada *shift* yang sama tanpa menimbulkan konflik. Pewarnaan graf dilakukan sedemikian sehingga tidak terdapat dua simpul bertetangga yang memiliki warna yang sama. Dalam konteks penjadwalan, setiap warna merepresentasikan satu kelompok *shift* kerja, yaitu

sekumpulan pegawai yang dijadwalkan bekerja pada waktu yang sama, oleh karena itu jumlah warna yang digunakan berkaitan dengan jumlah kelompok *shift* kerja yang dibutuhkan, sehingga permasalahan penjadwalan dapat dipandang sebagai pencarian pewarnaan graf yang sah dengan jumlah warna seminimal mungkin.

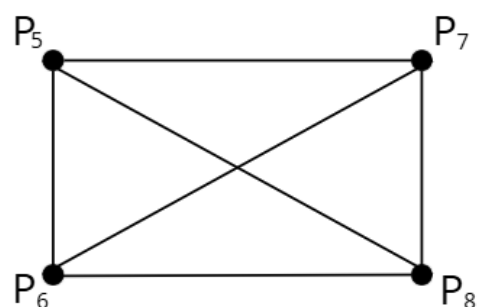
Proses pencarian solusi dilakukan menggunakan algoritma *Tabu Search* sebagai metode optimasi untuk memperoleh pewarnaan graf yang lebih optimal. Pembahasan mengenai algoritma *Tabu Search* disajikan pada subbab berikutnya.

Contoh 2.4.1 Sebagai contoh, misalkan terdapat delapan pegawai yang dinotasikan sebagai $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7$ dan P_8 . Pegawai tersebut dikelompokkan ke dalam dua kelompok kerja, masing-masing terdiri atas empat pegawai. Pegawai yang berada dalam kelompok kerja yang sama tidak diperbolehkan bekerja pada *shift* yang sama. Berdasarkan contoh tersebut, hubungan larangan bekerja pada *shift* yang sama antarpegawai dapat dimodelkan dalam bentuk graf. Setiap pegawai direpresentasikan sebagai sebuah simpul, sedangkan sisi pada graf menunjukkan adanya konflik, yaitu ketika dua pegawai berada dalam kelompok kerja yang sama sehingga tidak diperbolehkan bekerja pada *shift* yang sama.

Pegawai-pegawai yang berada dalam kelompok kerja yang sama saling berkonflik satu sama lain, sehingga membentuk subgraf lengkap, yaitu subgraf di mana setiap simpul saling terhubung. Dengan demikian, pengelompokan pegawai tersebut dapat dimodelkan sebagai graf konflik yang terdiri atas dua subgraf lengkap, masing-masing mewakili satu kelompok kerja.



Gambar 2.1 Graf Kelompok 1

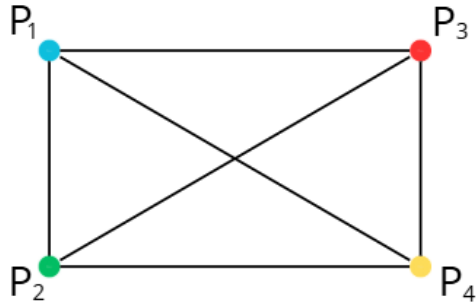


Gambar 2.2 Graf Kelompok 2

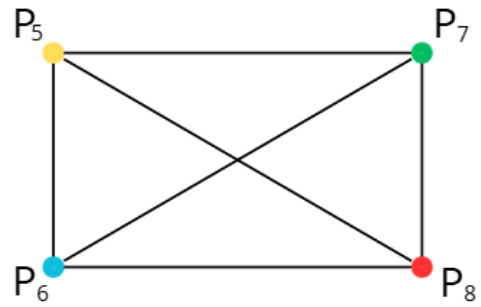
Pada tahap selanjutnya, graf konflik yang terbentuk dilakukan proses pewarnaan graf. Pewarnaan graf dilakukan dengan menggunakan empat warna yang masing-masing merepresentasikan empat kelompok *shift* kerja. Pemberian warna pada simpul menyatakan keanggotaan pegawai dalam suatu kelompok *shift* tertentu.

Pegawai yang berada dalam kelompok kerja yang sama tidak diperbolehkan memiliki

warna yang sama karena adanya hubungan konflik, sehingga tidak dapat bekerja pada *shift* yang sama. Sebaliknya, pegawai dari kelompok kerja yang berbeda tidak memiliki hubungan konflik, sehingga diperbolehkan memiliki warna yang sama. Dengan demikian, pewarnaan graf digunakan untuk memastikan bahwa pembagian *shift* kerja memenuhi batasan pengelompokan pegawai yang telah ditetapkan.



Gambar 2.3 Pewarnaan Graf Kelompok 1



Gambar 2.4 Pewarnaan Graf Kelompok 2

2.5 Pewarnaan Graf Menggunakan Algoritma Tabu Search

Algoritma Tabu Search digunakan dalam penelitian ini untuk mengoptimalkan pewarnaan graf yang merepresentasikan permasalahan penjadwalan kerja pegawai. Misalkan diberikan graf konflik tak berarah $G = (V, E)$, dengan $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ menyatakan himpunan simpul dan $E \subseteq V \times V$ menyatakan himpunan sisi.

Misalkan tersedia himpunan warna $K = \{1, 2, \dots, k\}$, dengan setiap warna merepresentasikan satu kelompok *shift* kerja. Pewarnaan graf dinyatakan sebagai suatu fungsi

$$f : V \rightarrow K,$$

dengan $f(v_i)$ menyatakan warna yang diberikan pada simpul v_i .

Suatu pewarnaan dikatakan sah (*feasible*) apabila memenuhi kendala bahwa dua simpul yang saling terhubung oleh sisi tidak boleh memiliki warna yang sama, yang dinyatakan dengan

$$f(v_i) \neq f(v_j), \quad \forall (v_i, v_j) \in E.$$

Kualitas suatu solusi pewarnaan graf dievaluasi menggunakan fungsi objektif yang bertujuan meminimalkan jumlah konflik pewarnaan. Fungsi objektif tersebut

dirumuskan sebagai

$$\min Z(f) = \sum_{(v_i, v_j) \in E} I(f(v_i), f(v_j))$$

dengan

$$I(f(v_i), f(v_j)) = \begin{cases} 1, & \text{jika } f(v_i) = f(v_j), \\ 0, & \text{jika } f(v_i) \neq f(v_j). \end{cases}$$

Fungsi $I(f(v_i), f(v_j))$ merupakan fungsi indikator yang digunakan untuk mendeteksi adanya konflik pewarnaan pada pasangan simpul yang saling bertetangga. Fungsi ini berperan untuk menyatakan apakah suatu pasangan simpul bertetangga melanggar aturan pewarnaan graf atau tidak. Nilai fungsi ini ditetapkan sebesar 1 apabila dua simpul v_i dan v_j memiliki warna yang sama, yaitu $f(v_i) = f(v_j)$, yang menunjukkan terjadinya konflik karena kedua pegawai dijadwalkan pada kelompok *shift* yang sama. Sebaliknya, fungsi ini bernilai 0 apabila $f(v_i) \neq f(v_j)$, yang berarti tidak terjadi konflik pewarnaan.

Algoritma *Tabu Search* bertujuan untuk mencari fungsi pewarnaan f yang meminimalkan nilai fungsi objektif $Z(f)$. Ruang solusi dibentuk oleh seluruh kemungkinan penugasan warna pada simpul graf, sedangkan lingkungan solusi (*neighborhood*) didefinisikan sebagai himpunan solusi yang diperoleh dengan mengubah warna satu simpul ke warna lain dalam himpunan K .

Dalam upaya menghindari pengulangan solusi yang sama, digunakan daftar tabu (*tabu list*) yang berisi langkah-langkah tertentu yang dilarang untuk sementara waktu. Suatu langkah yang termasuk dalam daftar tabu dapat tetap dipilih apabila memenuhi kriteria aspirasi, yaitu menghasilkan nilai fungsi objektif yang lebih baik dibandingkan solusi terbaik yang telah diperoleh sebelumnya.

Proses pencarian solusi dilakukan secara iteratif hingga memenuhi kondisi berhenti, seperti tercapainya jumlah iterasi maksimum atau diperolehnya solusi tanpa konflik, yaitu $Z(f) = 0$. Solusi pewarnaan graf terbaik yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam tahap penyusunan jadwal kerja pegawai secara rinci menggunakan pendekatan *constraint programming*.

2.6 *Constraint Programming* dalam Penjadwalan Kerja Pegawai

Solusi pewarnaan graf berupa kelompok *shift* kerja selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam tahap penyusunan jadwal kerja pegawai secara rinci menggunakan pendekatan *constraint programming*. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa solusi hasil pewarnaan graf memenuhi seluruh aturan dan batasan penjadwalan kerja secara sistematis.

Constraint programming merupakan pendekatan pemodelan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dengan cara mendefinisikan variabel, domain nilai, serta kendala yang harus dipenuhi oleh solusi. Dalam penjadwalan kerja pegawai, *constraint programming* memungkinkan berbagai aturan penjadwalan, seperti pembatasan pola kerja dan pembagian *shift*, dinyatakan secara jelas dalam bentuk kendala sehingga solusi yang dihasilkan dapat memenuhi seluruh ketentuan yang berlaku (Rossi dkk., 2006).

Pemodelan dalam *constraint programming* secara formal dapat dinyatakan sebagai *constraint satisfaction problem* (CSP), yaitu permasalahan pencarian solusi yang memenuhi seluruh kendala yang telah ditetapkan. Suatu CSP didefinisikan sebagai tripel (X, D, C) , dengan X sebagai himpunan variabel, D sebagai domain nilai, dan C sebagai himpunan kendala. Dalam CSP tidak digunakan fungsi tujuan, sehingga fokus utama adalah pada pemenuhan seluruh kendala yang ada (Dechter, 2003).

Secara matematis, pemodelan CSP dalam penjadwalan kerja pegawai dinyatakan dengan

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\},$$

dengan setiap variabel x_i merepresentasikan penugasan *shift* kerja bagi pegawai ke- i . Setiap variabel memiliki domain nilai

$$D_i = \{1, 2, \dots, k\},$$

yang merepresentasikan himpunan *shift* kerja yang tersedia. Himpunan kendala

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$$

merepresentasikan seluruh aturan penjadwalan kerja yang harus dipenuhi. Suatu penugasan nilai dikatakan sebagai solusi apabila seluruh kendala dalam himpunan C terpenuhi.

Dengan demikian, *constraint programming* digunakan sebagai tahap lanjutan untuk

memformalkan dan memverifikasi solusi pewarnaan graf hasil algoritma Tabu *Search*, sehingga jadwal kerja yang dihasilkan tidak hanya baik dari sisi optimasi, tetapi juga layak dan sesuai dengan seluruh batasan penjadwalan kerja pegawai.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2025/2026 di Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang beralamat di Jalan Prof. Dr. Ir. Soemantri Brojonegoro, Gedong Meneng, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data banyaknya pegawai yang terlibat dalam sistem kerja berbasis *shift* di Mie Gacoan Kedaton. Pegawai dikelompokkan berdasarkan posisi kerja yang berbeda, di mana setiap posisi memiliki karakteristik tugas dan kebutuhan operasional tersendiri. Posisi kerja tersebut meliputi *manager*, produksi, *noodle*, dimsum, kasir, dan *server*. *Manager* bertanggung jawab dalam pengawasan operasional dan pengambilan keputusan. Bagian produksi bertugas dalam menyiapkan bahan dan proses awal pengolahan makanan. Bagian *noodle* berfokus pada pembuatan menu utama berbasis mie. Bagian dimsum menangani pembuatan dan penyajian menu dimsum. Kasir bertugas melayani transaksi pembayaran pelanggan, sedangkan *server* bertanggung jawab dalam penyajian makanan dan pelayanan kepada pelanggan. Data banyaknya pegawai berdasarkan posisi kerja disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Banyaknya Pegawai Mie Gacoan Kedaton

No	Posisi	Banyaknya pekerja
1	<i>Manager</i>	6
2	Produksi	5
3	Dimsum	6
4	<i>Noodle</i>	14
5	Kasir	5
6	<i>Server</i>	16

3.3 Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mempelajari teori dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penjadwalan kerja pegawai, teori graf, pewarnaan graf, algoritma *Tabu Search*, serta pendekatan *constraint programming* sebagai dasar penyusunan metode penelitian.
2. Mengumpulkan data pegawai dan aturan penjadwalan kerja yang berlaku di restoran, meliputi jumlah pegawai, pembagian kelompok kerja, serta aturan kerja seperti pembagian *shift*, jam kerja, hari libur, dan kebutuhan pegawai pada setiap *shift*.
3. Memodelkan permasalahan penjadwalan kerja pegawai ke dalam graf konflik, dengan simpul merepresentasikan pegawai dan sisi merepresentasikan konflik antar pegawai yang berada dalam kelompok kerja yang sama.
4. Melakukan pewarnaan graf pada graf konflik menggunakan algoritma *Tabu Search*, dengan warna merepresentasikan *shift* kerja. Proses ini bertujuan untuk memperoleh pembagian *shift* kerja yang bebas konflik dan efisien.
5. Menggunakan hasil pewarnaan graf sebagai *input* dalam model *Constraint Programming* untuk menyusun jadwal kerja pegawai secara rinci berdasarkan hari dan jam kerja.
6. Menganalisis hasil penjadwalan yang diperoleh dan menyusun laporan penelitian.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai penjadwalan kerja pegawai di Mie Gacoan Kedaton dengan menggunakan pendekatan pewarnaan graf, algoritma *Tabu Search*, dan *Constraint Programming*, diperoleh bahwa proses pewarnaan graf menggunakan algoritma *Tabu Search* mampu mengelompokkan pegawai ke dalam beberapa kelompok tanpa konflik, yang ditandai dengan tidak adanya simpul yang bertetangga memiliki warna yang sama. Selain itu, dapat dilihat bahwa proses pewarnaan graf menghasilkan 16 kelompok warna, di mana setiap kelompok merepresentasikan pegawai-pegawai yang tidak saling bertetangga dalam graf, sehingga dapat dijadwalkan pada shift yang sama tanpa menimbulkan konflik. Hasil pengelompokan tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam pembentukan struktur penjadwalan pegawai, yang selanjutnya diintegrasikan ke dalam model penjadwalan menggunakan pendekatan *Constraint Programming*. Model yang dibangun dengan mempertimbangkan berbagai kendala operasional, seperti setiap pegawai hanya bekerja satu *shift* per hari, ketersediaan minimal satu manajer pada setiap *shift*, serta larangan *shift midnight* ke *opening*, mampu menghasilkan jadwal kerja yang *feasible*.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan penggunaan metode optimasi lain sebagai pembanding guna melihat perbandingan performa dalam menghasilkan solusi penjadwalan. Selain itu, penelitian selanjutnya juga dapat mempertimbangkan penggunaan data dengan skala yang lebih besar dan kompleks untuk menguji kinerja model yang dikembangkan, serta dapat menambahkan pertimbangan terhadap kebutuhan minimal jumlah pegawai pada *shift* dengan tingkat

pelanggan yang lebih tinggi sehingga *constraint* yang digunakan menjadi lebih sesuai dengan kondisi operasional di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriantini, R., Yulianti, L., & Rahmawati, D. 2019. Pewarnaan graf dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. *Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 4(2), 85–94.
- Alhassan, J., & Adeyemo, A. 2023. Graph coloring in university timetable scheduling. *International Journal of Information Science and Applications* 15(3), 12–20.
- Ananda, M., Pratama, R., & Lestari, D. 2022. Pewarnaan graf menggunakan algoritma tabu untuk penjadwalan kerja perawat. *Jurnal Matematika Terapan*, 6(2), 85–94.
- Ananda, R., Indra, Z., & Nasution, H. 2023. *Application of graph coloring on nurse work scheduling at H. Adam Malik Hospital Medan using the Tabu Algorithm*. Zero : Jurnal Sains, Matematika dan Terapan, 6(1), 1–8.
- Baker, K. R. (1974). *Introduction to sequencing and scheduling*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Bondy, J. A., & Murty, U. S. R. 1976. *Graph theory with applications*. London: Macmillan Press.
- Burke, E. K., De Causmaecker, P., Vanden Berghe, G., & Van Landeghem, H. 2004. The state of the art of nurse rostering. *Journal of Scheduling*, 7(6), 441–499.
- Chretienne, P., Coffman, E. G., Lenstra, J. K., & Liu, Z. 1997. *Scheduling theory and its applications*. Chichester, England: John Wiley & Sons.
- Dechter, R. 2003. *Constraint processing*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.
- Fajarlestari, R., & Hardiyanti, S. 2024. Sistem penjadwalan karyawan menggunakan algoritma genetika. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, 10(1), 1–10.
- Gangrade, A., Agrawal, B., & Kumar, S. 2024. An application of graph coloring: Nurse scheduling problem. *ShodhKosh: Journal of Visual and Performing Arts*, 5(3), 573–579.

- Garey, M. R., & Johnson, D. S. 1979. *Computers and intractability: A guide to the theory of NP-completeness*. New York, NY: W.H. Freeman and Company.
- Geibinger, T., Mischek, F., & Musliu, N. 2024. Investigating constraint programming and hybrid methods for real world industrial test laboratory scheduling. *Journal of Scheduling*, 27, 607–622.
- Glover, F. 1989. Tabu —Part I. *ORSA Journal on Computing*, 1(3), 190–206.
- Khan, M., & Sharma, R. 2025. Exam scheduling using graph coloring techniques. *Journal of Information Systems Engineering and Management*.
- Li, X., Pan, S., & Wang, Y. 2020. Graph coloring based workforce scheduling optimization. *International Journal of Industrial Engineering*, 27(2), 245–256.
- Mitchell, M. 1998. *An introduction to genetic algorithms*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Munir, R. 2014. *Matematika diskrit (Edisi ke-5)*. Bandung: Informatika.
- Ogunkan, S. K., Idowu, P. O., Omidiora, E., & Oyeleye, C. A. 2024. First fit algorithm: A graph coloring approach to conflict-free university course timetabling. *Asian Journal of Re in Computer Science*, 17(5), 125–139.
- Othman, M., Othman, M. R., & Ramli, R. 2012. Workforce scheduling: A new model incorporating human factors. *Journal of Industrial Engineering and Management*. 5(1), 1–22.
- Rosen, K. H. 2012. *Discrete mathematics and its applications* (7th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Rossi, F., Van Beek, P., & Walsh, T. 2006. *Handbook of constraint programming*. Amsterdam: Elsevier.
- Soriano, P., Garcia-Sabater, J. P., & Marin-Garcia, J. A. 2022. Integrated employee scheduling considering operational constraints. *Journal of Industrial Engineering and Management*), 15(1), 45–60.
- Wakid, M., Arifin, M. Y., Muzammil, & Hozairi. 2024. Optimasi penjadwalan karyawan Mie Gacoan Cabang Pamekasan menggunakan Solver Excel. *Journal of Computing and Informatics*), 1(1), 1–15.

Wijaya, A., Putra, D. R., & Handayani, S. 2021. Analisis sistem penjadwalan kerja pegawai berbasis manual dan komputerisasi. *Jurnal Sistem Informasi*), 13(1), 55–63.