



Penyelesaian Masalah NP-Complete pada Penjadwalan Menggunakan Algoritma Welch-Powell (Graph Coloring)

Lastri Putri Silaban^{1*}, Bicanro Gebriyan Panjaitan², Azis Kurniadi³, Adidtya Perdana⁴

¹⁻⁴Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Ilmu Komputer,
Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

Email: ¹lastrisilaban2006@gmail.com, ²bicanropanjaitan@gmail.com, ³azisk147@gmail.com,
⁴adidtya@unimed.ac.id

Abstrak– Penjadwalan mata kuliah merupakan permasalahan kompleks yang termasuk dalam kategori NP-hard karena melibatkan berbagai kendala seperti ketersediaan dosen, ruang, dan waktu. Proses penyusunan jadwal yang dilakukan secara manual sering kali menimbulkan konflik dan membutuhkan waktu yang cukup lama. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan algoritma Welch-Powell dengan pendekatan graph coloring dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan mata kuliah secara efektif dan efisien. Metode yang digunakan adalah pemodelan graf konflik, di mana setiap mata kuliah direpresentasikan sebagai simpul dan hubungan konflik sebagai sisi yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. Proses pewarnaan graf dilakukan untuk menentukan slot waktu yang berbeda bagi mata kuliah yang saling berkonflik. Data yang digunakan terdiri dari enam mata kuliah dengan atribut dosen, kelas, dan ruang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma Welch-Powell mampu menghasilkan penjadwalan yang tidak mengalami benturan dengan jumlah slot waktu yang efisien. Dengan demikian, metode ini dapat menjadi solusi sederhana dan efektif dalam menyusun jadwal perkuliahan secara optimal.

Kata Kunci: Penjadwalan Graph Coloring; Algoritma Welch-Powell; NP-hard; Optimasi.

Abstract – Course scheduling is a complex problem categorized as NP-hard because it involves various constraints such as lecturer availability, classroom allocation, and time slots. Manual scheduling processes often lead to conflicts and require considerable time. This study aims to implement the Welch-Powell algorithm using a graph coloring approach to solve the course scheduling problem effectively and efficiently. The method involves modeling the scheduling problem as a conflict graph, where each course is represented as a vertex and conflicts between courses are represented as edges. The graph coloring process is then applied to assign different time slots to conflicting courses. The dataset used consists of six courses with attributes including lecturers, student groups, and classrooms. The results show that the Welch-Powell algorithm is capable of generating a conflict-free schedule with an efficient number of time slots. Therefore, this method can be considered a simple and effective solution for optimizing course scheduling.

Keywords: Scheduling; Graph Coloring; Welch-Powell Algorithm; NP-hard; Optimization.

1. PENDAHULUAN

Penjadwalan merupakan salah satu permasalahan penting dalam berbagai bidang, seperti pendidikan, industri, transportasi, maupun sistem komputasi. Dalam konteks pendidikan, penjadwalan digunakan untuk mengatur waktu perkuliahan, penggunaan ruang kelas, serta ketersediaan dosen agar tidak terjadi benturan jadwal. Proses penyusunan jadwal yang melibatkan banyak komponen sering kali menjadi kompleks karena harus mempertimbangkan berbagai batasan, seperti keterbatasan ruang, waktu, serta sumber daya yang tersedia (Siagian, Hasibuan, & Suhandi, 2024; Suhandi, Arisandy, & Liputra, 2023). Jika penjadwalan dilakukan secara manual, kemungkinan terjadinya konflik jadwal menjadi lebih besar dan proses penyusunannya membutuhkan waktu yang cukup lama.

Dalam ilmu komputer, permasalahan penjadwalan termasuk ke dalam kategori permasalahan dengan tingkat kompleksitas tinggi dan sering dimodelkan sebagai masalah optimasi kombinatorial. Beberapa bentuk permasalahan penjadwalan bahkan tergolong dalam kelas masalah NP-Complete atau NP-Hard, yaitu masalah yang sulit diselesaikan secara efisien menggunakan algoritma deterministik dalam waktu polinomial ketika ukuran data semakin besar (Fadhilla, 2024; Setiawan & Hidayat, 2016). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan algoritmik yang mampu membantu menyederhanakan dan mengoptimalkan proses penyelesaian masalah tersebut.

Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan adalah dengan memanfaatkan teori graf. Dengan demikian, permasalahan penjadwalan



dapat dimodelkan dalam bentuk graf $G = (V, E)$, sehingga hubungan konflik antar kegiatan dapat dianalisis secara lebih sistematis (Amalia & Affandi, 2025). Salah satu teknik yang digunakan dalam teori graf adalah pewarnaan graf (*graph coloring*), yaitu proses pemberian warna pada simpul dengan aturan bahwa simpul yang saling bertetangga tidak boleh memiliki warna yang sama (Mutia & Amiroch, 2021). Dalam konteks penjadwalan, warna dapat diinterpretasikan sebagai slot waktu, sehingga konflik dapat dihindari secara efektif.

Sejumlah penelitian terdahulu telah dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan dengan berbagai pendekatan. Penelitian oleh Andriani, Maimunah, dan Qadarsih (2023) serta Mutia dan Amiroch (2021) menunjukkan bahwa algoritma Welch-Powell dapat digunakan dalam kasus penjadwalan dengan pendekatan pewarnaan graf. Septiano, Putra, dan Sostriano (2017) juga mengimplementasikan metode pewarnaan graf untuk simulasi frekuensi radio yang memiliki kesamaan konsep dengan konflik penjadwalan. Selain itu, Hiryanto dan Thio (2017) menunjukkan bahwa representasi graf efektif dalam menyelesaikan *university course timetabling problem*.

Pendekatan lain juga banyak digunakan, seperti metode *Simulated Annealing* yang diterapkan oleh Hakim dan Hasibuan (2021), serta *Genetic Algorithm* berbasis web oleh Siagian, Hasibuan, dan Suhardi (2024). Di sisi lain, Suhardi, Arisandy, dan Liputra (2023) menggunakan *Integer Linear Programming* untuk mempertimbangkan berbagai kendala secara sistematis. Burke dan Petrovic (2002) juga menegaskan bahwa permasalahan *automated timetabling* merupakan area penelitian yang terus berkembang. Selain itu, Leighton (1979) serta Gross dan Yellen (2005) memberikan dasar teoritis terkait pewarnaan graf yang menjadi fondasi dalam penyelesaian masalah penjadwalan berbasis graf.

Metode berbasis optimasi seperti *Genetic Algorithm* dan *Simulated Annealing* cenderung membutuhkan waktu komputasi yang lebih besar serta proses penyesuaian parameter yang kompleks (Hakim & Hasibuan, 2021; Siagian, Hasibuan, & Suhardi, 2024). Pendekatan matematis seperti *Integer Linear Programming* juga memiliki keterbatasan dalam penerapan pada skala besar (Suhandi, Arisandy, & Liputra, 2023). Sementara itu, meskipun algoritma Welch-Powell dikenal sederhana dan efisien, kajian yang lebih mendalam mengenai efektivitasnya masih terbatas (Andriani, Maimunah, & Qadarsih, 2023; Lubis & Syahputra, 2024).

Berdasarkan gap tersebut, penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih sederhana dengan memanfaatkan algoritma Welch-Powell dalam kerangka pewarnaan graf. Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis efektivitas algoritma Welch-Powell dalam menghasilkan solusi penjadwalan yang efisien dengan kompleksitas komputasi yang lebih rendah dibandingkan metode optimasi lainnya.

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk: (1) mengetahui bagaimana permasalahan NP-Complete terjadi dalam penjadwalan, (2) memodelkan permasalahan penjadwalan ke dalam bentuk graf menggunakan konsep pewarnaan graf, (3) menganalisis penerapan algoritma Welch-Powell dalam meminimalkan konflik jadwal, serta (4) mengevaluasi efektivitas algoritma tersebut dalam menghasilkan penjadwalan yang lebih terstruktur dan efisien.

2. METODE

2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian komputasional dengan pendekatan eksperimental yang bertujuan untuk menerapkan algoritma Welch-Powell dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan mata kuliah. Penelitian komputasional digunakan karena permasalahan yang dikaji melibatkan pemodelan matematis serta implementasi algoritma berbasis komputer. Permasalahan yang kompleks dapat disederhanakan ke dalam bentuk model yang lebih terstruktur sehingga lebih mudah dianalisis dan diselesaikan.

Pendekatan eksperimental dalam penelitian ini dilakukan dengan cara menguji algoritma Welch-Powell terhadap data penjadwalan yang telah disusun, kemudian mengevaluasi hasil yang diperoleh. Eksperimen dilakukan untuk melihat sejauh mana algoritma mampu menghasilkan solusi penjadwalan yang optimal tanpa konflik. Proses ini melibatkan tahapan pemodelan graf konflik, penerapan algoritma pewarnaan graf, serta interpretasi hasil ke dalam bentuk jadwal perkuliahan.



Selain itu, penelitian ini juga bersifat deskriptif-analitis, di mana hasil yang diperoleh tidak hanya disajikan dalam bentuk data, tetapi juga dianalisis untuk mengetahui efektivitas metode yang digunakan. Sehingga, penelitian ini tidak hanya berfokus pada implementasi algoritma, tetapi juga pada evaluasi hasil yang dihasilkan.

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua metode utama, yaitu studi literatur dan pengumpulan data penjadwalan.

Studi literatur dilakukan dengan mengkaji berbagai sumber ilmiah seperti buku teks, jurnal nasional maupun internasional, serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan teori graf, *graph coloring*, serta algoritma Welch-Powell. Studi literatur ini bertujuan untuk memperoleh landasan teori yang kuat, memahami konsep-konsep dasar yang digunakan, serta mengetahui perkembangan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dalam bidang penjadwalan. Selain itu, studi literatur juga digunakan untuk membandingkan metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan metode lain yang telah ada.

Pengumpulan data penjadwalan dilakukan dengan menyusun data simulasi yang merepresentasikan kondisi nyata dalam proses penjadwalan mata kuliah. Data ini dipilih karena mampu menggambarkan permasalahan yang umum terjadi dalam penyusunan jadwal perkuliahan, seperti konflik dosen, konflik ruang, dan konflik kelas mahasiswa. Data simulasi digunakan agar proses pengujian algoritma dapat dilakukan secara terkontrol dan sistematis.

2.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data mata kuliah yang terdiri dari enam mata kuliah, yaitu Matematika, Fisika, Algoritma, Struktur Data, Basis Data, dan Jaringan. Setiap mata kuliah memiliki atribut yang meliputi dosen pengampu, kelas mahasiswa, dan ruang perkuliahan. Ketiga atribut tersebut dipilih karena merupakan faktor utama yang sering menyebabkan konflik dalam penjadwalan.

Konflik dalam penjadwalan terjadi apabila dua mata kuliah memiliki kesamaan atribut, seperti dosen yang sama mengajar pada waktu yang sama, penggunaan ruang yang sama pada waktu yang sama, atau mahasiswa dari kelas yang sama harus mengikuti dua mata kuliah yang berbeda pada waktu yang sama. Oleh karena itu, atribut-atribut tersebut menjadi dasar dalam menentukan hubungan konflik antar mata kuliah.

Tabel 1. Data Mata Kuliah

Mata Kuliah	Dosen	Kelas	Ruang
Matematika	A	TI1	R1
Fisika	B	TI1	R2
Algoritma	A	TI2	R1
Struktur Data	C	TI1	R3
Basis Data	D	TI2	R2
Jaringan	B	TI2	R3

Data tersebut kemudian digunakan sebagai input dalam proses pembentukan graf konflik. Setiap mata kuliah direpresentasikan sebagai simpul (*vertex*), sedangkan hubungan konflik antar mata kuliah direpresentasikan sebagai sisi (*edge*).

2.3 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan teori graf dan algoritma Welch-Powell. Proses pengolahan data dilakukan secara bertahap dan sistematis untuk menghasilkan jadwal yang optimal. Adapun tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Mata Kuliah

Pada tahap awal, seluruh mata kuliah yang akan dijadwalkan diidentifikasi dan direpresentasikan sebagai simpul (*vertex*) dalam graf. Setiap simpul memiliki atribut yang



mencerminkan karakteristik mata kuliah, seperti dosen, kelas, dan ruang. Representasi ini bertujuan untuk mempermudah proses pemodelan dan analisis konflik.

2. Penentuan Hubungan Konflik

Tahap selanjutnya adalah menentukan hubungan konflik antar mata kuliah. Konflik ditentukan berdasarkan kesamaan atribut, yaitu dosen, kelas, dan ruang. Jika dua mata kuliah memiliki salah satu atribut yang sama, maka kedua mata kuliah tersebut dianggap memiliki konflik dan tidak dapat dijadwalkan pada waktu yang sama. Hubungan konflik ini kemudian direpresentasikan dalam bentuk sisi (*edge*) pada graf.

3. Pembentukan Graf Konflik

Berdasarkan hubungan konflik yang telah ditentukan, dibentuk graf konflik yang terdiri dari himpunan simpul dan sisi. Graf ini menggambarkan seluruh hubungan antar mata kuliah yang tidak dapat dijadwalkan secara bersamaan. Pembentukan graf konflik merupakan langkah penting karena menjadi dasar dalam penerapan algoritma pewarnaan graf.

4. Perhitungan dan Pengurutan Derajat Simpul

Setiap simpul pada graf dihitung derajatnya (*degree*), yaitu jumlah sisi yang terhubung dengan simpul tersebut. Derajat simpul menunjukkan tingkat konflik yang dimiliki oleh suatu mata kuliah. Simpul dengan derajat tinggi memiliki lebih banyak konflik dibandingkan dengan simpul lainnya. Selanjutnya, simpul diurutkan berdasarkan derajat tertinggi hingga terendah untuk menentukan prioritas dalam proses pewarnaan graf.

5. Penerapan Algoritma Welch-Powell

Algoritma Welch-Powell digunakan untuk mewarnai graf melalui tahapan berikut:

- a. Menyusun simpul dari yang memiliki derajat terbesar hingga terkecil.
- b. Menandai simpul berderajat tertinggi dengan warna pertama.
- c. Menambahkan warna serupa pada simpul-simpul lain yang tidak berhubungan langsung dengannya.
- d. Melanjutkan dengan warna selanjutnya hingga semua simpul terwarnai.

6. Penentuan Slot Waktu Perkuliahan

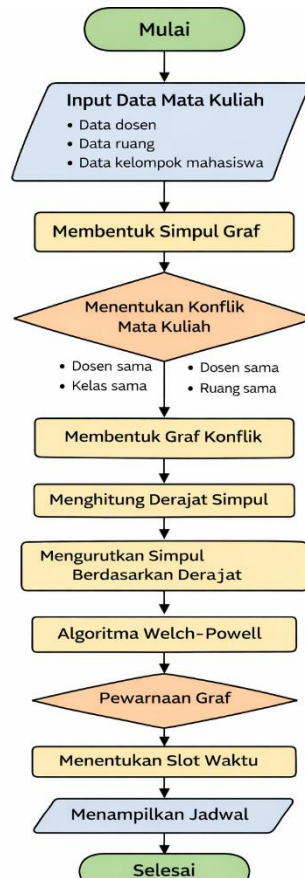
Warna yang dihasilkan dari proses pewarnaan graf diinterpretasikan sebagai slot waktu perkuliahan. Setiap warna mewakili satu slot waktu tertentu. Mata kuliah yang memiliki warna yang sama dapat dijadwalkan pada waktu yang sama karena tidak memiliki konflik. Hasil akhir dari proses ini adalah jadwal perkuliahan yang terstruktur dan bebas dari benturan.

2.4 Alur Penelitian

Alur penelitian menggambarkan tahapan keseluruhan proses yang dilakukan dalam penelitian ini secara sistematis. Proses dimulai dari pengumpulan data dan studi literatur, kemudian dilanjutkan dengan identifikasi mata kuliah dan penentuan hubungan konflik. Setelah itu, dilakukan pembentukan graf konflik yang merepresentasikan hubungan antar mata kuliah.

Selanjutnya, dilakukan proses perhitungan derajat simpul dan pengurutan simpul sebagai persiapan dalam penerapan algoritma Welch-Powell. Proses pewarnaan graf dilakukan untuk mengelompokkan mata kuliah ke dalam beberapa slot waktu yang tidak saling berkonflik. Tahap akhir adalah interpretasi hasil pewarnaan graf menjadi jadwal perkuliahan.

Alur lengkap penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1. Diagram tersebut menunjukkan hubungan antar tahapan secara jelas dan sistematis, sehingga mempermudah pemahaman terhadap proses yang dilakukan dalam penelitian.



Gambar 1. Alur Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Algoritma Welch-Powell

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Sistem

Pada penelitian ini, proses penjadwalan mata kuliah diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan memanfaatkan beberapa pustaka pendukung, yaitu NetworkX, Matplotlib, dan Pandas. Pemilihan Python didasarkan pada kemampuannya dalam melakukan pengolahan data, pemodelan matematis, serta visualisasi secara efisien dan fleksibel.

Pustaka NetworkX digunakan untuk membangun dan memanipulasi struktur graf konflik, yang menjadi inti dari proses pemodelan penjadwalan. Dengan NetworkX, setiap mata kuliah dapat direpresentasikan sebagai simpul (*vertex*), sedangkan hubungan konflik direpresentasikan sebagai sisi (*edge*). Matplotlib digunakan untuk menampilkan visualisasi graf sehingga hubungan antar mata kuliah dapat diamati secara lebih intuitif. Sementara itu, Pandas digunakan untuk mengelola data serta menyajikan hasil penjadwalan dalam bentuk tabel yang terstruktur dan mudah dibaca.

Penggunaan kombinasi ketiga pustaka tersebut memungkinkan proses implementasi dilakukan secara sistematis, mulai dari pengolahan data hingga visualisasi hasil akhir.

3.2 Pendefinisian Data dan Pembentukan Graf Konflik

Pada tahap awal, dilakukan pendefinisian data mata kuliah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Data disimpan dalam bentuk struktur *dictionary* yang memuat atribut utama, yaitu dosen pengampu, kelas mahasiswa, dan ruang perkuliahan. Representasi ini dipilih karena memungkinkan akses data yang cepat dan efisien dalam proses komputasi.

```

courses = {
  "Matematika": {"dosen": "A", "kelas": "TI1", "ruang": "R1"},
  "Fisika": {"dosen": "B", "kelas": "TI1", "ruang": "R2"},
  "Algoritma": {"dosen": "A", "kelas": "TI2", "ruang": "R1"},
  "StrukturData": {"dosen": "C", "kelas": "TI1", "ruang": "R3"},
  "BasisData": {"dosen": "D", "kelas": "TI2", "ruang": "R2"},
  "Jaringan": {"dosen": "B", "kelas": "TI2", "ruang": "R3"}
}

```

Gambar 2. Pendefinisian Data Mata Kuliah

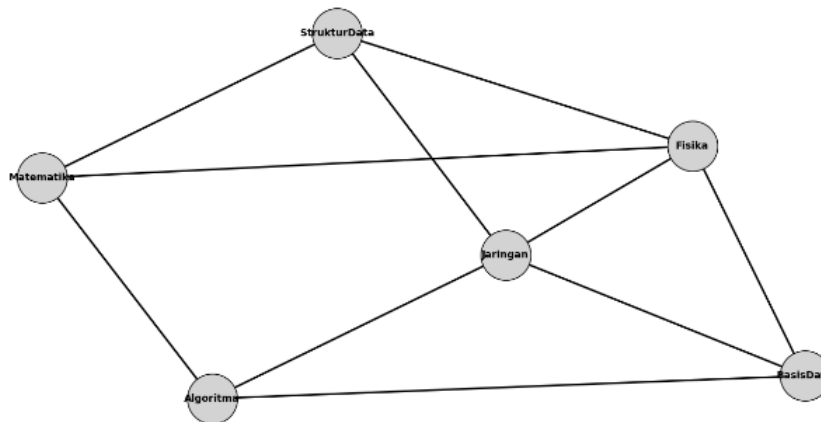
Setiap entri dalam *dictionary* merepresentasikan satu mata kuliah lengkap dengan atributnya. Data ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk menentukan hubungan konflik antar mata kuliah. Konflik terjadi apabila dua mata kuliah memiliki kesamaan atribut, baik dari segi dosen, ruang, maupun kelas mahasiswa.

Selanjutnya dilakukan proses pembentukan graf konflik. Graf konflik merupakan representasi matematis yang menggambarkan hubungan antar mata kuliah yang tidak dapat dijadwalkan secara bersamaan. Dalam graf ini, simpul merepresentasikan mata kuliah, sedangkan sisi menunjukkan adanya konflik antara dua mata kuliah.

Proses pembentukan graf dilakukan dengan membandingkan setiap pasangan mata kuliah. Jika ditemukan kesamaan atribut, maka dibentuk sisi yang menghubungkan kedua simpul tersebut. Proses ini menghasilkan struktur graf yang merepresentasikan seluruh konflik yang terjadi dalam data penjadwalan.

3.3 Analisis Graf Konflik

Hasil pembentukan graf konflik ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Graf Konflik Mata Kuliah

Berdasarkan graf tersebut, dapat diamati bahwa terdapat hubungan konflik yang cukup kompleks antar mata kuliah. Struktur Data, misalnya, memiliki konflik dengan Matematika, Fisika, dan Jaringan. Hal ini menunjukkan bahwa mata kuliah tersebut memiliki keterkaitan yang tinggi dengan mata kuliah lain sehingga memerlukan perhatian khusus dalam proses penjadwalan.

Selain itu, Matematika memiliki konflik dengan Fisika dan Algoritma, sedangkan Algoritma memiliki konflik dengan Jaringan dan Basis Data. Jaringan juga memiliki konflik dengan Fisika dan Basis Data, sementara Fisika memiliki konflik langsung dengan Basis Data.

Hubungan ini menunjukkan bahwa setiap mata kuliah tidak berdiri sendiri, melainkan saling berkaitan dalam suatu jaringan konflik. Kompleksitas ini menjadi tantangan utama dalam proses penjadwalan, karena penempatan satu mata kuliah akan memengaruhi penempatan mata kuliah lainnya. Oleh karena itu, diperlukan metode yang mampu mengelola konflik tersebut secara sistematis, salah satunya melalui pendekatan *graph coloring*.

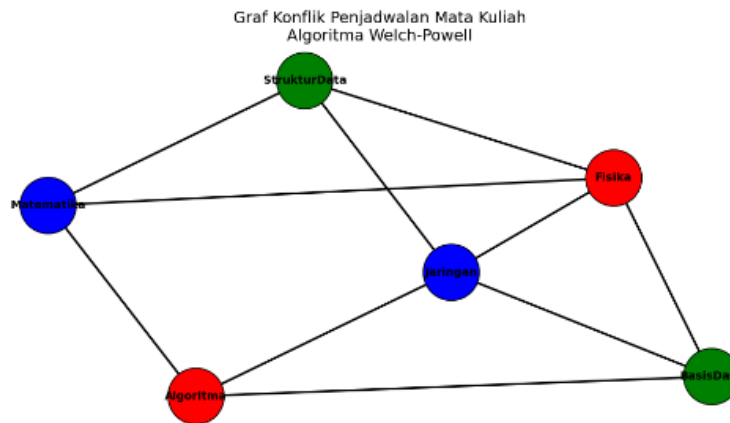
3.4 Penerapan Algoritma Welch-Powell

Sebelum dilakukan proses pewarnaan graf, setiap simpul dihitung derajatnya, yaitu jumlah sisi yang terhubung dengan simpul tersebut. Derajat simpul menunjukkan tingkat konflik yang dimiliki oleh suatu mata kuliah. Berdasarkan hasil perhitungan, mata kuliah Fisika memiliki derajat tertinggi, yaitu 4, yang menunjukkan bahwa mata kuliah tersebut memiliki konflik dengan empat mata kuliah lainnya.

Algoritma Welch-Powell diterapkan dengan cara mengurutkan simpul berdasarkan derajat tertinggi sampai terendah. Simpul dengan derajat tertinggi diberi prioritas dalam proses pewarnaan karena memiliki tingkat konflik yang paling besar.

Setelah itu, warna pertama diberikan pada simpul dengan derajat tertinggi, kemudian warna yang sama diberikan pada simpul lain yang tidak memiliki hubungan langsung dengan simpul tersebut. Proses ini dilakukan secara iteratif agar seluruh simpul mendapatkan warna.

Keunggulan algoritma ini terletak pada kesederhanaan prosedur serta efisiensi waktu komputasi. Algoritma ini mampu memberikan solusi yang cukup baik dalam waktu yang relatif singkat.



Gambar 4. Hasil Pewarnaan Graf Menggunakan Algoritma Welch-Powell

3.5 Hasil Pewarnaan Graf

Hasil pewarnaan graf ditampilkan pada Gambar 4. Berdasarkan hasil tersebut, seluruh simpul berhasil diwarnai tanpa melanggar aturan pewarnaan graf, yaitu tidak ada dua simpul yang bertetangga memiliki warna yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma Welch-Powell berhasil mengelompokkan mata kuliah ke dalam kelompok yang tidak saling berkonflik.

Berdasarkan hasil pewarnaan, diperoleh tiga warna yang digunakan untuk mewarnai seluruh simpul. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah minimum slot waktu yang dibutuhkan adalah tiga.

Tabel 2. Derajat dan Pewarnaan Graf

Mata Kuliah	Derajat (Jumlah Konflik)	Warna
Fisika	4	1
Algoritma	3	2
Jaringan	3	3
Matematika	3	3
Struktur Data	2	2
Basis Data	3	1



3.6 Hasil Penjadwalan Mata Kuliah

Hasil pewarnaan graf kemudian diinterpretasikan ke dalam bentuk jadwal perkuliahan. Setiap warna direpresentasikan sebagai satu slot waktu, sehingga mata kuliah yang memiliki warna yang sama dapat dijadwalkan secara bersamaan.

Tabel 3. Hasil Penjadwalan Mata Kuliah

Mata Kuliah	Slot Waktu
Fisika	1
Algoritma	1
Jaringan	2
Matematika	2
Struktur Data	3
Basis Data	3

Pada slot waktu pertama, mata kuliah Fisika dan Algoritma dijadwalkan secara bersamaan karena tidak memiliki konflik langsung. Slot waktu kedua diisi oleh Jaringan dan Matematika, sedangkan slot waktu ketiga diisi oleh Struktur Data dan Basis Data.

Pembagian ini menunjukkan bahwa seluruh konflik telah berhasil dihindari, sehingga tidak terdapat benturan jadwal.

3.7 Analisis dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma Welch-Powell mampu menghasilkan penjadwalan yang efisien dengan jumlah slot waktu minimal. Pendekatan *graph coloring* terbukti efektif dalam memodelkan permasalahan penjadwalan yang kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana dan terstruktur.

Dari sisi efisiensi, algoritma Welch-Powell memiliki keunggulan dibandingkan metode optimasi lain seperti Genetic Algorithm atau Simulated Annealing, terutama dalam hal kecepatan komputasi dan kemudahan implementasi. Namun demikian, metode ini memiliki keterbatasan karena tidak selalu menghasilkan solusi optimal global, terutama pada kasus dengan jumlah data yang besar dan kompleksitas tinggi.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan teori graf dengan algoritma Welch-Powell dapat menjadi solusi yang efektif, sederhana, dan cukup efisien dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan mata kuliah. Namun, untuk pengembangan lebih lanjut, diperlukan kombinasi dengan metode lain agar dapat menangani permasalahan dengan skala yang lebih besar dan kompleks.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan algoritma Welch-Powell dengan pendekatan *graph coloring* mampu menyelesaikan permasalahan penjadwalan mata kuliah secara efektif dan sistematis. Permasalahan penjadwalan yang termasuk dalam kategori NP-hard dapat dimodelkan dalam bentuk graf konflik, sehingga proses penyusunan jadwal menjadi lebih terstruktur. Hasil pewarnaan graf menunjukkan bahwa setiap mata kuliah dapat ditempatkan pada slot waktu yang berbeda tanpa terjadi benturan, sehingga menghasilkan jadwal yang optimal dan efisien.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya penggunaan dataset yang relatif kecil sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi penjadwalan yang kompleks di dunia nyata. Selain itu, model yang digunakan hanya mempertimbangkan konflik dasar seperti kesamaan dosen, ruang, dan kelompok mahasiswa, tanpa memasukkan faktor lain seperti preferensi waktu dosen, ketersediaan khusus ruangan, serta prioritas mata kuliah tertentu. Keterbatasan lain



JRIIN : Jurnal Riset Informatika dan Inovasi
Volume 3, No. 12 Tahun 2026
ISSN 3025-0919 (media online)
Hal 3066-3074

terletak pada penggunaan algoritma Welch-Powell yang bersifat heuristik sederhana, sehingga belum tentu selalu menghasilkan solusi global yang paling optimal.

Sebagai saran untuk studi mendatang, disarankan memanfaatkan dataset yang lebih luas dan rumit guna menghasilkan temuan yang lebih akurat dan mewakili. Selain itu, perlu dipertimbangkan penambahan berbagai kendala seperti preferensi waktu dosen, kapasitas ruang, dan prioritas mata kuliah. Pengembangan metode juga dapat dilakukan dengan mengombinasikan algoritma Welch-Powell dengan algoritma optimasi lain guna meningkatkan kualitas dan fleksibilitas hasil penjadwalan.

REFERENCES

- Amalia, R. N., & Affandi, P. (2025). Penerapan pewarnaan graf untuk optimalisasi penjadwalan kuliah di program studi matematika. *EQUIVA Journal of Mathematics & Information Technology*, 3(1).
- Andriani, F. R., Maimunah, & Qadarsih, N. D. (2023). Penerapan algoritma Welch-Powell pada penjadwalan mata pelajaran SD. *E-Jurnal Matematika*, 12(4), 268–273.
- Burke, E. K., & Petrovic, S. (2002). Recent research directions in automated timetabling. *European Journal of Operational Research*, 140(2), 266–280. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00069-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00069-3)
- Fadhilla, C. A. (2024). Penjadwalan mata kuliah otomatis menggunakan algoritma Late Acceptance Hill-Climbing Hyper-Heuristics dengan domain permasalahan ITC. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi (JIRSI)*, 3(3), 243–251.
- Farisi, S. A., Suhendra, S., Rachman, M. A., Trilaksana, Y., & Destriani, D. (2026). Optimasi penjadwalan perkuliahan menggunakan pemrograman linear: Studi kasus program studi informatika Universitas Baturaja. *Sudo Jurnal Teknik Informatika*.
- Gross, J., & Yellen, J. (2005). *Graph theory and its applications*. CRC Press.
- Hakim, M. L., & Hasibuan, M. (2021). Penerapan metode simulated annealing untuk penjadwalan perkuliahan. *Computer Technology and Information System (CTIS)*, 5(2), 25–38.
- Hiryanto, L., & Thio, J. S. (2017). Pengembangan metode graph coloring untuk university course timetabling problem pada Fakultas Teknologi Informasi Universitas Tarumanagara. *Jurnal Teknik Informatika*, 82–91.
- Leighton, F. T. (1979). A graph coloring algorithm for large scheduling problems. *Journal of Research of the National Bureau of Standards*.
- Lubis, M. H., & Syahputra, D. (2024). Penerapan graph coloring dengan algoritma Welch-Powell dalam penjadwalan perkuliahan. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, 8(2), 101–110.
- Mutia, A., & Amiroch, S. (2021). Penerapan pewarnaan graf menggunakan algoritma Welch-Powell pada penempatan kamar mahasiswa (studi kasus: Asrama F Universitas Islam Darul ‘Ulum). *Jurnal UJMC*, 11(1), 103–109.
- Septiano, F., Putra, E. K., & Sostriano. (2017). Implementasi metode pewarnaan graf menggunakan algoritma Welch-Powell untuk simulasi penerapan frekuensi radio di Jawa Timur. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(2), A73–A78.
- Setiawan, M. A., & Hidayat, T. (2016). *Solusi pendekatan SAT problem dengan algoritma genetika*. Jurusan Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
- Siagian, Q. A. A., Hasibuan, M. S., & Suhardi. (2024). Sistem penjadwalan mata pelajaran memakai algoritma genetika berbasis web. *INFOMATEK: Jurnal Informatika, Manajemen dan Teknologi*, 26(2).
- Suhandi, V., Arisandy, V., & Liputra, D. T. (2023). Penjadwalan mata kuliah dengan mempertimbangkan ketersediaan waktu pengajar dan satuan kredit semester yang tidak terpisah menggunakan integer linear programming. *Journal of Integrated System (JIS)*, 6(1), 73–86.