

Optimasi Penjadwalan Pelajaran Di Hari Selasa SMKN 16 Samarinda dengan Graf Pewarnaan Algoritma Greedy dan Welch Powell

^{*1}Sitti Rahmah, ²Yulindawati, ³Muh. Jamil, ⁴Aldi Bastiatul Fawait, ⁵Yudhi Fajar Saputra

¹³⁴⁵Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Widya Gama Mahakam Samarinda

²Program Studi Teknik informatika, STMIK Widya Cipta Dharma

e-mail: ^{*1}sitti.rahmah@uwgm.ac.id

Abstrak

Penjadwalan pelajaran di SMKN 16 Samarinda masih dilakukan secara manual sehingga berpotensi menimbulkan ketidakefisienan serta konflik jadwal antara guru, kelas, dan mata pelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses penjadwalan pelajaran, khususnya pada hari Selasa, dengan menerapkan konsep pewarnaan graf menggunakan Algoritma Greedy dan Welch-Powell. Data penelitian meliputi 23 mata pelajaran, 28 guru, dan 13 kelas pada semester genap tahun ajaran 2025/2026. Tahapan penelitian diawali dengan pengumpulan data, pemodelan ke dalam bentuk graf, penyusunan matriks ketetanggaan, hingga proses pewarnaan simpul berdasarkan aturan masing-masing algoritma untuk menghindari konflik pada simpul yang saling bertetangga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua algoritma menghasilkan pewarnaan graf yang valid tanpa adanya konflik, dengan 5 warna berbeda yang merepresentasikan 5 slot waktu penjadwalan. Meskipun terdapat perbedaan distribusi simpul pada setiap warna, hal tersebut tidak memengaruhi keabsahan hasil pewarnaan. Dengan demikian, baik Algoritma Greedy maupun Welch-Powell terbukti efektif dalam mengoptimalkan penjadwalan pelajaran dan dapat menjadi alternatif solusi yang sistematis, efisien, dan terstruktur dalam mengatasi permasalahan jadwal di lingkungan sekolah.

Kata kunci: Graf, Greedy, Penjadwalan, Pewarnaan, Welch Powell

Abstract

Lesson scheduling at SMKN 16 Samarinda is still done manually, potentially causing inefficiencies and scheduling conflicts between teachers, classes, and subjects. This study aims to optimize the lesson scheduling process, especially on Tuesdays, by applying the concept of graph coloring using the Greedy and Welch-Powell Algorithms. The research data includes 23 subjects, 28 teachers, and 13 classes in the even semester of the 2025/2026 academic year. The research stages begin with data collection, modeling into graph form, compiling an adjacency matrix, and the process of coloring vertices based on the rules of each algorithm to avoid conflicts on neighboring vertices. The results show that both algorithms produce valid graph colorings without any conflicts, with 5 different colors representing 5 scheduling time slots. Although there are differences in the distribution of vertices in each color, this does not affect the validity of the coloring results. Thus, both the Greedy and Welch-Powell Algorithms are proven effective in optimizing lesson scheduling and can be an alternative solution that is systematic, efficient, and structured in overcoming scheduling problems in the school environment.

Keywords: Graphs, Greedy, Scheduling, Coloring, Welch Powell

PENDAHULUAN

Penjadwalan adalah proses pengaturan dan pengalokasian berbagai sumber daya yang tersedia agar kegiatan yang direncanakan dapat berjalan dengan baik melalui pemanfaatan waktu dan tenaga secara efektif dan efisien (Anggraini et al., 2024), (Landerius & Purab, 2021). Penjadwalan merupakan bagian penting dalam sistem akademik yang memerlukan pendekatan terstruktur agar terhindar dari konflik jadwal, sehingga dibutuhkan metode yang mampu menghasilkan jadwal yang efisien dan bebas benturan waktu (Hanifah Ekawati, 2025). Dalam praktiknya, penyusunan jadwal pelajaran di SMKN 16 Samarinda masih dilakukan secara manual, sehingga memakan waktu lama dan kerap menimbulkan konflik, seperti benturan jadwal guru, mata pelajaran, maupun penggunaan kelas.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan penjadwalan adalah teori graf. Teori graf merupakan cabang matematika yang mempelajari hubungan antar objek yang direpresentasikan dalam bentuk simpul (*vertex*) dan sisi (*edge*) (Surbakti, 2023), (Aristianto et al., 2022). Dalam penerapannya pada masalah penjadwalan, teknik pewarnaan graf dapat digunakan dengan memberikan warna yang berbeda pada setiap simpul yang saling berhubungan sehingga tidak terjadi konflik pada waktu yang sama (Cyrenia Novella Krisnamurti, 2022). Algoritma Greedy merupakan metode yang digunakan untuk menentukan jumlah warna minimum dalam pewarnaan wilayah, serta banyak diterapkan dalam penyelesaian berbagai permasalahan optimasi secara bertahap (Ade Ima Afifa Himayati, 2021). Selain itu, salah satu metode pewarnaan graf yang banyak digunakan adalah Algoritma Welch-Powell, yang dikenal memiliki langkah-langkah sederhana dan mudah diterapkan dalam penyusunan jadwal (Harahap & Khairani, 2024), metode ini juga termasuk dalam pendekatan heuristik untuk menyelesaikan permasalahan pewarnaan graf (Diana & Fauzi, 2024).

Dalam bidang teori graf, beberapa penelitian mengenai pewarnaan graf menggunakan algoritma Greedy dan Welch-Powell antara lain yaitu Ernawati, dkk (2021) menerapkan algoritma Greedy untuk mengoptimalkan penjadwalan sopir pengangkut sampah sehingga lebih merata, sehingga menjadi solusi yang efektif, cepat, dan mudah diterapkan (Mulyati & Sanggala, 2021). Ririn Romawati, dkk (2022) membuktikan Penelitian dengan menerapkan Teori Graf melalui metode pewarnaan graf dengan algoritma Algoritma Welch-Powell untuk menyusun jadwal 26 mata kuliah Program Studi Pendidikan Matematika UNUGIRI secara optimal ke dalam enam hari tanpa tumpang tindih (Rohmawati & Fathoni, 2022). Thiyyah, dkk (2023) memanfaatkan Teori Graf dengan pendekatan pewarnaan simpul menggunakan Algoritma Welch-Powell untuk mengoptimalkan penjadwalan UAS 36 mata kuliah pada Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri menjadi enam hari tanpa konflik jadwal (Fathoni et al., 2023).

Penelitian terdahulu umumnya menggunakan Algoritma Greedy dan Algoritma Welch-Powell secara terpisah dalam konteks umum, sehingga perbandingan keduanya pada penjadwalan spesifik satu hari di sekolah masih jarang dilakukan. Penelitian ini membandingkan kedua algoritma tersebut untuk mengoptimalkan jadwal hari Selasa di SMKN 16 Samarinda agar lebih efisien dan minim konflik. Berdasarkan permasalahan penyusunan jadwal yang masih dilakukan secara manual dan berpotensi menimbulkan benturan, penelitian ini menerapkan kedua algoritma dalam pewarnaan graf yang merepresentasikan mata pelajaran dan kelas. Hasilnya diharapkan mampu menghasilkan jadwal yang terstruktur, tidak saling bertabrakan (Dewi, 2025), serta meningkatkan efisiensi dan efektivitas penyusunan jadwal bagi seluruh pihak terkait.

METODE

Jenis riset yang digunakan adalah penelitian kuantitatif, dan bersumber dari data sekunder pada sekolah SMKN 16 Samarinda jadwal kegiatan belajar mengajar semester genap tahun 2025/2026. Tahap awal penelitian dilakukan dengan menentukan variabel-variabel yang berperan dalam penelitian yaitu mata pelajaran, siswa kelas, ruangan, guru dan waktu yang akan digunakan untuk menyusun penjadwalan.



Gambar 1. Flowchart Metode

Tahapan penelitian yang dilaksanakan dalam riset ini meliputi beberapa langkah berikut :

1. Pengumpulan data
Berdasarkan data jadwal mengajar pada 13 kelas dan jumlah seluruh guru sebanyak 35 orang, jumlah guru yang mengajar pada hari Jumat sebanyak 14 orang, hari Senin sebanyak 26 orang, hari Rabu dan Kamis sebanyak 27 orang, serta hari Selasa sebanyak 28 orang. Hari Selasa dipilih sebagai objek analisis karena memiliki jumlah guru dan jadwal mengajar terbanyak, sehingga tingkat kompleksitas penjadwalannya paling tinggi. Selain itu, adanya dua guru yang dominan meningkatkan potensi terjadinya bentrok jadwal. Oleh karena itu, hari Selasa digunakan untuk menguji efektivitas metode penjadwalan dalam mengelola konflik agar diperoleh jadwal yang lebih optimal.
2. Matrik Ketetanggaan
Matriks ketetanggaan disusun dengan baris dan kolom yang merepresentasikan simpul-simpul pada graf. Setiap elemen pada matriks diberikan nilai 1 apabila dua simpul saling terhubung oleh suatu sisi, dan nilai 0 apabila kedua simpul tersebut tidak memiliki hubungan. Representasi ini digunakan untuk menggambarkan hubungan antar simpul dalam graf secara sistematis (Faturahman, 2023).
3. Matriks Bersisian
Matriks $B=[b_{ij}]$ merupakan matriks ketetanggaan yang menunjukkan hubungan antara guru dan slot mata pelajaran, dimana elemen matriks menyatakan keterkaitan antara sisi k_i dan simpul g_j . Matriks bersisian diperoleh dari matriks ketetanggaan dengan menggunakan operasi perkalian matriks (Faturahman, 2023).
$$A = B^T \cdot B \quad \dots (1)$$

Dimana:
 B = matriks ketetanggaan
 B^T = transpose matriks ketetanggaan
 A = matriks bersisian
Hasil perkalian ini menunjukkan jumlah sisi yang menghubungkan dua simpul. Namun pada matriks bersisian: jika nilai $> 0 \rightarrow$ diubah menjadi 1, elemen diagonal $A_{ii} \rightarrow$ diubah menjadi 0 karena simpul tidak dihubungkan dengan dirinya sendiri.
4. Algoritma Greedy
Algoritma Greedy merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh solusi yang baik pada permasalahan graf, khususnya untuk graf berukuran besar, dengan pendekatan pemilihan keputusan terbaik pada setiap langkah. Untuk mendapatkan solusi yang optimal, terdapat beberapa tahapan dalam algoritma Greedy, yaitu (Rahadi et al., 2020), (Ade Ima Afifa Himayati, 2021):
 1. Tentukan himpunan kandidat C sebagai kumpulan elemen penyusun solusi.
 2. Inisialisasi himpunan solusi dalam keadaan kosong.
 3. Pilih simpul yang akan diwarnai menggunakan fungsi seleksi.
 4. Tentukan warna menggunakan fungsi seleksi warna.
 5. Uji kelayakan warna: jika warna pada himpunan solusi valid (tidak konflik dengan tetangga), gunakan; jika tidak ada yang valid, ambil warna baru dari himpunan kandidat.
 6. Tambahkan warna yang dipilih ke dalam himpunan solusi.
 7. Periksa apakah seluruh simpul sudah diwarnai; jika belum, ulangi proses hingga semua simpul selesai diwarnai.
5. Algoritma Welch Powell
Pewarnaan graf adalah salah satu topik dalam matematika diskrit yang telah lama dikenal dan banyak diterapkan di berbagai bidang (Sopiyan et al., 2022), (Dhamayana et al., 2025). Algoritma ini mengurutkan simpul dari derajat tertinggi ke terendah, kemudian memberi warna sesuai urutan tersebut. Dengan demikian, simpul yang paling banyak berhubungan diproses lebih dulu sehingga konflik dapat diminimalkan. Dalam penjadwalan pelajaran, metode ini mencegah benturan jadwal dan memastikan guru tidak mengajar lebih dari satu kelas pada waktu yang sama (Lazuardi et al., 2025). Tahapan Algoritma Welch–Powell dijelaskan sebagai berikut (Andrari & Qadarsih, 2023), (Tanaya & Syahmarani, 2024):
 1. Mengurutkan simpul-simpul pada graf G berdasarkan derajat dari yang terbesar ke yang terkecil. Jika terdapat beberapa simpul dengan derajat yang sama, maka urutannya dapat bervariasi.
 2. Memberikan satu warna pada simpul pertama, kemudian secara berurutan mewarnai simpul lain yang tidak bertetangga dengan simpul tersebut menggunakan warna yang sama.
 3. Mengulangi proses pewarnaan pada simpul berikutnya dengan derajat tertinggi yang belum diberi warna.
 4. Langkah tersebut diulang hingga seluruh simpul pada graf telah diwarnai.
 5. Jumlah warna minimum yang digunakan dalam proses tersebut disebut sebagai bilangan kromatik.

ASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengumpulan data

Berdasarkan data pembelajaran hari Selasa di SMKN 16 Samarinda pada tahun ajaran semester genap 2025/2026, diperoleh sebanyak 23 mata pelajaran, 28 guru, dan 13 kelas yang terlibat dalam proses penjadwalan.

Tabel 1. Data belajar dan mengajar antara guru dan kelas yang diajar

Kode Guru	Nama Guru	Mata Pelajaran	Kelas Mengajar
g1	Dr. Huda, S.Ag., M.Pd.I.	Pendidikan Agama Islam dan Budi Pekerti	XI TKJ
		Pendidikan Agama Islam dan Budi Pekerti	XII TBSM
		Pendidikan Agama Islam dan Budi Pekerti	XI AK
g2	Syahril Pahlevi, S.Pd.I.	Pendidikan Agama Islam dan Budi Pekerti	X TSM
g3	Deti Damayanti, S.Si.	Projek Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial	XI TKJ
g4	Suriani, S.Pd.	Pendidikan Pancasila	X TSM
		Pendidikan Pancasila	XI DKV
		Pendidikan Pancasila	XI TKJ
g5	Reni Purwita, S.Pd.	Bahasa Indonesia	X TKJ
		Bahasa Indonesia	XI TSM
		Bahasa Indonesia	XI TKJ
g6	Andrie Sasmika Wardhana, S.Pd. Rangga Somawinata, S.Pd.	Bahasa Indonesia	XII AKL
		Pendidikan Jasmani, Olah Raga, dan Kesehatan	XI TKJ
		Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan	XII MM
g8	Nendri Hapsari, S.Pd.	Sejarah	XI TKJ
		Sejarah	XI DKV
		Matematika	XI TSM
g10	Zahriati Nur, S.Pd.	Matematika	XI DKV
		Matematika	XII MM
		Matematika	X AK1
g11	Sriatun, S.Pd.	Matematika	X AK1
g12	Ardiansyah Noor, S.Pd.	Bahasa Inggris	XI AK
g13	Williantika Rahayu, S.Pd.	Bahasa Inggris	XI TSM
g14	Ngatriyo, S.Kom., M.M.Pd.	Informatika	X TKJ
g15	Eka Mellyana, S.Pd.	a. Projek Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial	X AK1
		b. Informatika	X TSM
		c. Pemeliharaan Mesin Sepeda Motor	XII TBSM
g16	Yosrin Tamangkoa, S.T., M.Pd.	Projek Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial	X TSM
g17	Ilmi, S.Pd.	Projek Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial	X TSM
g18	Alivi Nur Rosida, S.Pd.	Dasar-dasar TJKT	X TKJ
g19	Muhammad Arif, S.Kom.	Administrasi Sistem Jaringan	XII TKJ
g20	Arandhika Nurpradana, S.Kom.	a. Dasar-dasar DKV (Fotografi Dasar)	X DKV
		b. KK (Prinsip Dasar DKV)	X DKV
		c. KK (Karya Desain Fotografi)	X DKV
g21	Rizkie Rizaldy, S.Kom.	Dasar-dasar DKV (Sketsa dan Ilustrasi)	X DKV
g22	Rusito, S.Pd.	Akuntansi Keuangan	XII AKL

g23	Musdalipa S. Lammada, S.Pd.	Dasar-dasar AKL	X AK2
g24	Liana Oksitasari, S.Pd.	Dasar-dasar AKL	X AK2
g25	Sriyanti Lasmaida BR. Silaban, S.Pd.	Produk Kreatif dan Kewirausahaan	XII MM
		Produk Kreatif dan Kewirausahaan	XII AKL
g26	Asmawati Alang, S.Pd.	a. Mulok Pendidikan Anti Narkoba	X AK1
		b. Mulok Ragam Seni Budaya Kalimantan Timur	XI TSM
g27	Miftahul Agna, S.Pd.	a. Proyek Kreatif dan Kewirausahaan	XI DKV
		Proyek Kreatif dan Kewirausahaan	XI AK
g28	Amalia Nur Egajaya, S.Pd.	Bimbingan Konseling	XII TBSM
			XII MM
			XII AKL

Pada proses pembelajaran ditemukan bahwa seorang guru dapat mengajar pada beberapa kelas dalam satu hari, sehingga diperlukan pengaturan jadwal yang tepat agar tidak terjadi benturan waktu mengajar. Oleh karena itu, setiap guru diberikan kode khusus (g1, g2, ..., g28) untuk mempermudah proses identifikasi dan penyusunan matriks dalam pemodelan data. Pemberian kode ini bertujuan untuk memudahkan pengolahan data serta meminimalkan kesalahan dalam proses pembentukan matriks pada analisis graf. Untuk mempermudah proses analisis dan pembentukan matriks dalam pemodelan graf, setiap guru diberikan kode tertentu sehingga identifikasi data menjadi lebih sistematis dan mudah diolah.

Tabel 2. Kode Kelas

Kode Kelas	Kelas
k1	X TSM
k2	X TKJ
k3	X DKV
k4	X AK1
k5	X AK2
k6	XI TSM
k7	XI TKJ
k8	XI DKV
k9	XI AK
k10	XII TBSM
k11	XII TKJ
k12	XII MM
k13	XII AKL

Sebanyak 13 kelas yang terlibat dalam riset diberikan kode kelas (k1, k2, ..., k13) untuk mempermudah proses identifikasi data dan penyusunan matriks dalam analisis penjadwalan.

2. Matriks Ketetanggaan

Tahap berikutnya adalah membentuk matriks ketetanggaan sebagai representasi hubungan antar simpul, yaitu hubungan antara guru dan slot mata pelajaran, dengan kelas. Matriks ketetanggaan untuk seluruh guru dan slot kelas berukuran 13 x 28.

Tabel 3. Matriks ketetanggaan antara guru dan kelas yang diajar

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13	g14	g15	g16	g17	g18	g19	g20	g21	g22	g23	g24	g25	g26	g27	g28
k1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
k2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

k ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
k ₄	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
k ₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
k ₆	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
k ₇	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
k ₈	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
k ₉	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
k ₁₀	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
k ₁₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
k ₁₂	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
k ₁₃	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1

Penyusunan matriks dilakukan dengan menempatkan simpul pada baris dan kolom, kemudian memberikan nilai 1 apabila terdapat keterhubungan antar simpul dan nilai 0 apabila tidak terdapat hubungan. Pada matriks tersebut, baris merepresentasikan kelas (k₁ sampai k₁₃), sedangkan kolom merepresentasikan guru (g₁ sampai g₂₈) yang terlibat dalam proses pembelajaran. Melalui matriks ketetanggaan tersebut dapat diketahui distribusi guru pada masing-masing kelas. Misalnya pada baris k₁ terdapat nilai 1 pada kolom g₂, g₄, g₁₅, dan g₁₇, yang menunjukkan bahwa guru-guru tersebut mengajar pada kelas k₁.

3. Matriks Berisian

Karena matriks B berordo 13 x 28 dan matriks B^T berordo 28 x 13, maka matriks bersisian A = 28 x 28. Dari persamaan (1) dengan bantuan perhitungan *Python G-Colab* maka diperoleh matriks bersisian yaitu:

Matriks Bersisian (Adjacency Matrix)													Derajat Setiap Simpul														
g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13	g14	g15	g16	g17	g18	g19	g20	g21	g22	g23	g24	g25	g26	g27	g28
g1	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g2	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g3	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g4	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g5	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g6	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g8	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g9	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g11	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g13	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g15	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g16	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g17	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g26	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g27	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
g28	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Gambar 2. Perhitungan Matriks bersisian dan hasil derajat simpul

Matriks bersisian yang diperoleh merupakan representasi hubungan antar simpul pada graf dengan ukuran 28x28. Maka hasil Matriks Bersisian yaitu:

Simpul g₁ terhubung dengan: g₃, g₅, g₆, g₉, g₁₂, g₁₆, g₂₇, g₂₈

Simpul g₂ terhubung dengan: g₄, g₁₁, g₁₅, g₁₇, g₂₆

Simpul g3 terhubung dengan: g1, g5, g6, g9
 Simpul g4 terhubung dengan: g2, g8, g9, g15, g17, g27
 Simpul g5 terhubung dengan: g1, g3, g6, g9
 Simpul g6 terhubung dengan: g1, g3, g5, g9, g10, g13, g22, g25, g26, g28
 Simpul g7 terhubung dengan: g14, g18
 Simpul g8 terhubung dengan: g4, g9, g10, g25, g27, g28
 Simpul g9 terhubung dengan: g1, g3, g4, g5, g6, g8, g27
 Simpul g10 terhubung dengan: g6, g8, g13, g25, g26, g28
 Simpul g11 terhubung dengan: g2, g15, g26
 Simpul g12 terhubung dengan: g1, g27
 Simpul g13 terhubung dengan: g6, g10, g19, g26
 Simpul g14 terhubung dengan: g7, g18
 Simpul g15 terhubung dengan: g2, g4, g11, g17, g26
 Simpul g16 terhubung dengan: g1, g28
 Simpul g17 terhubung dengan: g2, g4, g15
 Simpul g18 terhubung dengan: g7, g14
 Simpul g19 terhubung dengan: g13
 Simpul g20 terhubung dengan: g21
 Simpul g21 terhubung dengan: g20
 Simpul g22 terhubung dengan: g6, g25, g28
 Simpul g23 terhubung dengan: g24
 Simpul g24 terhubung dengan: g23
 Simpul g25 terhubung dengan: g6, g8, g10, g22, g28
 Simpul g26 terhubung dengan: g2, g6, g10, g11, g13, g15
 Simpul g27 terhubung dengan: g1, g4, g8, g9, g12
 Simpul g28 terhubung dengan: g1, g6, g8, g10, g16, g22, g25

Setiap nilai pada matriks menunjukkan ada atau tidaknya hubungan antara dua simpul. Matriks ini digunakan untuk mengidentifikasi konflik antar mata pelajaran sehingga dapat diterapkan algoritma pewarnaan graf guna menghasilkan jadwal pelajaran yang tidak saling bertabrakan.

4. Algoritma Greedy

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses ini meliputi:

1. Langkah awal yang dilakukan adalah menentukan urutan simpul yang akan diproses. Pada penelitian ini, urutan simpul mengikuti urutan alami dari data yang telah didefinisikan, yaitu dimulai dari g1, g2, g3, hingga g28, mengikuti urutan saat simpul dimasukkan ke dalam sistem.
2. Proses pewarnaan dimulai dari simpul pertama, yaitu g1, g1 langsung diberikan warna pertama, yaitu warna 1.
3. Selanjutnya, algoritma berpindah ke simpul berikutnya, yaitu g2. Sama seperti g1, simpul g2 juga belum memiliki tetangga yang telah diwarnai, sehingga kembali warna 1 dapat digunakan.
4. Memasuki simpul g3, kondisi mulai berubah. Pada saat g3 diproses, terdapat tetangga yang sudah memiliki warna, yaitu warna 1. Karena aturan pewarnaan graf melarang dua simpul bertetangga memiliki warna yang sama, maka warna 1 tidak dapat digunakan. Algoritma kemudian memilih warna terkecil berikutnya yang tersedia, yaitu warna 2.
5. Simpul g4 karena bersisian dengan g2 dan tidak bersisian dengan g3. Maka g4 mengikuti warna dari g3 yaitu warna 2.
6. Simpul g5 karena bersisian dengan simpul g1 dan g3, maka diberikan warna baru yaitu warna 3.
7. Simpul g6 karena bersisian g1, g3, g5 maka g6 diberikan warna baru yaitu warna 4.
8. Simpul g7 karena tidak bersisian dengan g1 dan g2 maka diberikan warna 1.
9. Simpul g8 karena tidak bersisian dengan g1, g2, g7 maka diberikan warna 1.
10. Simpul g9 karena bersisian g1, g3, g4, g5, g6, g8, g27 maka diberikan warna 5
11. Simpul g10 karena bersisian g6 dan g8. Dan tidak bersisian dengan kelompok warna 2, maka diberikan warna 2.
12. Simpul g11 bersisian g2, maka g11 diberikan warna 2.
13. Simpul g12 bersisian g1, maka g12 diberikan warna 2.
14. Simpul g13 tidak bersisian dengan kelompok warna 1, maka g13 diberikan warna 1.
15. Simpul g14 bersisian g7(kelompok warna 1), maka g14 diberika warna 2.

16. Simpul g15 bersisian g2, g4, g11, maka g15 berwarna 3.
17. Simpul g16 bersisian g1 dan tidak bersisian dengan kelompok warna 2, maka g16 berwarna 2
18. Simpul g17 bersisian g2, g4, g15, maka g17 berwarna 4.
19. Simpul g18 bersisian g7, g14. Maka g18 berwarna 3.
20. Simpul g19 bersisian g13, sehingga g19 berwarna 2.
21. Simpul g20 tidak bersisian dengan kelompok warna 1. Maka g20 berwarna 1
22. Simpul g21 bersisian g20, g21 berwarna 2.
23. Simpul g22 tidak bersisian dengan kelompok warna 1. Simpul g22 berwarna 1.
24. Simpul g23 tidak bersisian dengan kelompok warna 1. Simpul g23 berwarna 1.
25. Simpul g24 bersisian g23 (kelompok warna 1), sehingga g24 berwarna 2.
26. Simpul g25 bersisian g6, g8, g10, g22. Maka g25 berwarna 3
27. Simpul g26 bersisian g2, g6, g10, g11, g13, g15. G26 diberikan warna 5.
28. Simpul g27 bersisian g1, g4, g8, g9, g12. Jadi g27 berwarna 3
29. Simpul g28 bersisian g1, g6, g8, g10, g16, g22, g25. Jadi g28 berwarna 5.

Tabel 4. Hasil Graf Pewarnaan Algoritma Greedy

Simpul	KodeWarna	Warna	Simpul	KodeWarna	Warna
g1	1	Biru muda	g15	3	Hijau
g2	1	Biru muda	g16	2	Merah
g3	2	Merah	g17	4	Ungu
g4	2	Merah	g18	3	Hijau
g5	3	Hijau	g19	2	Merah
g6	4	Ungu	g20	1	Biru muda
g7	1	Biru muda	g21	2	Merah
g8	1	Biru muda	g22	1	Biru muda
g9	5	Kuning	g23	1	Biru muda
g10	2	Merah	g24	2	Merah
g11	2	Merah	g25	3	Hijau
g12	2	Merah	g26	5	Kuning
g13	1	Biru muda	g27	3	Hijau
g14	2	Merah	g28	5	Kuning

Tabel 4 menunjukkan hasil pewarnaan graf menggunakan algoritma Greedy dengan 5 warna, yaitu biru muda (g1, g2, g7, g8, g13, g20, g22, g23), merah (g3, g4, g10, g11, g12, g14, g16, g19, g21, g24), hijau (g5, g15, g18, g25, g27), ungu (g6, g17), dan kuning (g9, g26, g28). Setiap simpul diberi warna berbeda sesuai aturan agar tidak terjadi konflik dengan simpul yang bertetangga. Hasilnya menunjukkan bahwa pewarnaan berhasil dilakukan secara efektif dengan distribusi warna yang cukup seimbang.

30. Langkah berikutnya adalah melakukan evaluasi terhadap hasil pewarnaan graf untuk mengetahui tingkat validitasnya dengan memanfaatkan pemrograman *Python* melalui *Google Colab*, yaitu.

```
print("\n== VALIDASI ==")

valid = True

for u, v in G.edges():
    if color[u] == color[v]:
        print(f"Konflik: {u} - {v}")
        valid = False

if valid:
    print("✅ Tidak ada konflik, pewarnaan VALID")
else:
    print("❌ Pewarnaan tidak valid")

== VALIDASI ==
✅ Tidak ada konflik, pewarnaan VALID
```

Gambar 2. Hasil validitas Algoritma Greedy

Hasil validasi memperlihatkan bahwa pewarnaan graf sudah benar, karena tidak ditemukan konflik pada simpul-simpul yang saling bertetangga.

5. Algoritma Welch Powell

Tahapan yang saling berurutan yang akan dikerjakan adalah:

1. Tahapan penerapan Algoritma Welch-Powell dimulai dengan menghitung derajat setiap simpul pada graf dengan cara menjumlah simpul per kolom dari $g_1, g_2, \dots, g_{28}$. Kemudian mengurutkan simpul berdasarkan derajat terbesar.

Tabel 5. Urutan simpul berdasarkan derajat

Simpul	Derajat	Simpul	Derajat
g6	10	g13	4
g1	8	g11	3
g9	7	g17	3
g28	7	g22	3
g4	6	g7	2
g8	6	g12	2
g10	6	g14	2
g26	6	g16	2
g2	5	g18	2
g15	5	g19	1
g25	5	g20	1
g27	5	g21	1
g3	4	g23	1
g5	4	g24	1

2. Selanjutnya simpul diberi warna secara bertahap dengan memperhatikan simpul yang tidak saling bertetangga pemberian Warna Pertama (biru muda). Ambil simpul pertama pada urutan, yaitu g6 dengan derajat 10. g6 diberi warna 1, kemudian cari simpul lain dalam daftar yang tidak bertetangga dengan g6. Simpul yang tidak bertetangga boleh memakai warna yang sama. Hasilnya: warna 1 diberikan kepada g6, g4, g11, g7, g12, g16, g19, g20, g23. Karena simpul-simpul tersebut tidak saling terhubung langsung.
3. Pemberian Warna Kedua (merah). Ambil simpul berikutnya yang belum memiliki warna, yaitu g1 dengan derajat 8. g1 diberi warna 2. Cari simpul lain yang tidak bertetangga dengan g1 dan simpul lain yang sudah memiliki warna 2. Hasilnya warna 2 diberikan kepada g1, g8, g26, g17, g22, g14, g21, g24.
4. Pemberian Warna Ketiga (hijau). Simpul berikutnya yang belum berwarna adalah g9 dengan derajat 7. g9 diberi warna 3, simpul lain yang tidak bertetangga dengan kelompok warna 3 juga diberi warna yang sama. Hasil warna hijau adalah g9, g28, g2, g13, g18.
5. Pemberian Warna Keempat (ungu). Simpul berikutnya yang belum memiliki warna adalah g10 dengan derajat 6. Hasil warna ungu adalah g10, g15, g27, g3.
6. Pemberian Warna Kelima (kuning). Simpul yang tersisa: g5 dengan derajat 4. Maka warna kelima g25, g5

Tabel 6. Hasil Graf Pewarnaan Welch Powell

Kode guru	Derajat Simpul	Pewarnaan Graf	Kode guru	Derajat Simpul	Pewarnaan Graf
g6	10	Biru muda	g14	2	Merah
g4	6	Biru muda	g21	1	Merah
g11	3	Biru muda	g24	1	Merah
g7	2	Biru muda	g9	7	Hijau
g12	2	Biru muda	g28	7	Hijau
g16	2	Biru muda	g2	5	Hijau
g19	1	Biru muda	g13	4	Hijau
g20	1	Biru muda	g18	2	Hijau

g23	1	Biru muda	g10	6	Ungu
g1	8	Merah	g15	5	Ungu
g8	6	Merah	g27	5	Ungu
g26	6	Merah	g3	4	Ungu
g17	3	Merah	g25	5	Kuning
g22	3	Merah	g5	4	Kuning

Pada proses pewarnaan, simpul yang tidak saling bertetangga dapat diberikan warna yang sama, sedangkan simpul yang saling bertetangga tidak boleh memiliki warna yang sama. Seluruh simpul pada graf dapat diwarnai hanya dengan 5 warna. Dalam konteks penjadwalan, setiap warna dapat diinterpretasikan sebagai slot waktu yang berbeda, sehingga guru yang berada dalam kelompok warna yang sama dapat dijadwalkan pada waktu yang sama tanpa menimbulkan bentrok jadwal.

- Langkah selanjutnya adalah hasil pewarnaan graf kemudian dievaluasi tingkat validasiya dengan menggunakan coding Python G-Colab yaitu

```
# =====
# 9. VALIDASI PEWARNAAN
# =====

print("\nVALIDASI PEWARNAAN")

valid = True
pelanggaran = []

for w, v in G.edges():
    if color[u] == color[v]:
        valid = False
        pelanggaran.append((u, v))

if valid:
    print("✅ Pewarnaan VALID (tidak ada konflik antar simpul bertetangga)")
else:
    print("❌ Pewarnaan TIDAK VALID")
    print("Pasangan simpul konflik:")
    for p in pelanggaran:
        print(p)

VALIDASI PEWARNAAN
✅ Pewarnaan VALID (tidak ada konflik antar simpul bertetangga)

Validasi Jumlah Warna
Warna yang digunakan: {1, 2, 3, 4, 5}
Total warna: 5

Distribusi Warna:
Warna 1 = 9 simpul
Warna 2 = 8 simpul
Warna 3 = 5 simpul
Warna 4 = 4 simpul
Warna 5 = 2 simpul

# =====
# 10. VALIDASI JUMLAH WARNA
# =====

warna_dipakai = set(color.values())

print("\nValidasi Jumlah Warna")
print("Warna yang digunakan:", warna_dipakai)
print("Total warna:", len(warna_dipakai))

# =====
# 11. DISTRIBUSI WARNA
# =====

from collections import Counter

distribusi = Counter(color.values())

print("\nDistribusi Warna:")
for w, jumlah in distribusi.items():
    print(f"Warna {w} = {jumlah} simpul")
```

Gambar 3. Coding python G-Colab dan hasil validasi pewarnaan

Hasil validasi menunjukkan bahwa pewarnaan graf valid, karena tidak terdapat konflik pada simpul yang saling bertetangga. Sebanyak 5 warna digunakan dengan distribusi yang cukup beragam, di mana warna 1 dan 2 mendominasi jumlah simpul, sedangkan warna lainnya digunakan lebih sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa pewarnaan telah berhasil mengelompokkan simpul secara efektif tanpa pelanggaran aturan.

Perbandingan Hasil Optimasi Penjadwalan Pelajaran Di Hari Selasa SMKN 16 Samarinda dengan Algoritma Greedy dan Algoritma Welch Powell adalah:

Tabel 7. Perbandingan Algoritma Greedy dan Algoritma Welch Powell

Warna	Algoritma Greedy	Algoritma Welch Powell
Biru	g1, g2, g7, g8, g13, g20, g22, g23 = 8	g6, g4, g11, g7, g12, g16, g19, g20,
Muda		g23 = 9

Merah	g3, g4, g10, g11, g12, g14, g16, g19, g21, g24 = 10	g1, g8, g26, g17, g22, g14, g21, g24 = 8
Hijau	g5, g15, g18, g25, g27 = 5	g9, g28, g2, g13, g18 = 5
Ungu	g6, g17 = 2	g10, g15, g27, g3 = 4
Kuning	g9, g26, g28 = 3	g25, g5 = 2
Validasi	Tidak ada Konflik, Pewarnaan Valid	Tidak ada Konflik, Pewarnaan Valid

Berdasarkan tabel tersebut, terdapat perbedaan distribusi jumlah simpul pada setiap warna antara Algoritma Greedy dan Algoritma Welch-Powell. Pada warna biru muda, Algoritma Welch-Powell menghasilkan lebih banyak simpul (9) dibandingkan Algoritma Greedy (8). Sebaliknya, pada warna merah, Algoritma Greedy memiliki jumlah simpul lebih banyak (10) dibandingkan Welch-Powell (8). Untuk warna hijau, kedua algoritma menghasilkan jumlah yang sama, yaitu 5 simpul. Perbedaan juga terlihat pada warna ungu dan kuning, di mana Algoritma Welch-Powell memberikan lebih banyak simpul pada warna ungu (4 dibanding 2), sedangkan Algoritma Greedy lebih banyak pada warna kuning (3 dibanding 2). Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing algoritma memiliki strategi pewarnaan yang berbeda dalam mengelompokkan simpul, sehingga menghasilkan distribusi warna yang tidak sama meskipun digunakan pada graf yang sama. Hasil validasi menunjukkan bahwa Algoritma Greedy dan Algoritma Welch-Powell sama-sama menghasilkan pewarnaan graf yang valid tanpa konflik antar simpul bertetangga, sehingga penjadwalan yang diperoleh dapat dikatakan optimal karena tersusun rapi, bebas benturan, serta efisien dalam penggunaan waktu dan sumber daya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan Algoritma Greedy dan Welch-Powell dalam konsep Pewarnaan Graf pada bidang Teori Graf dapat digunakan untuk mengoptimalkan penyusunan jadwal pelajaran. Data yang digunakan terdiri dari 23 mata pelajaran, 28 guru, dan 13 kelas yang kemudian dimodelkan dalam bentuk matriks untuk mengetahui hubungan atau konflik dalam penjadwalan. Berdasarkan proses pewarnaan graf yang dilakukan dengan algoritma Greedy dan Welch Powell, diperoleh 5 warna yang menunjukkan 5 kelompok simpul yang tidak saling bertetangga dan kelompok warna yang berbeda. Setiap warna merepresentasikan slot waktu yang berbeda sehingga guru yang berada dalam kelompok warna yang sama dapat dijadwalkan pada waktu yang sama tanpa menimbulkan bentrok.

Kedua algoritma, yaitu Greedy dan Welch-Powell, mampu menghasilkan pewarnaan graf yang baik meskipun memiliki perbedaan dalam distribusi jumlah simpul pada setiap warna. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa strategi pemilihan simpul pada masing-masing algoritma memengaruhi hasil akhir pewarnaan, namun tidak mengurangi kualitas solusi yang dihasilkan. Hasil validasi juga menunjukkan bahwa kedua algoritma menghasilkan pewarnaan yang valid, karena tidak ditemukan konflik pada simpul-simpul yang saling bertetangga. Dengan demikian, baik algoritma Greedy maupun Welch-Powell dapat digunakan secara efektif dan menghasilkan penjadwalan yang optimal dalam permasalahan pewarnaan graf.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, hasil ini sejalan dengan temuan yang menyatakan bahwa kedua algoritma tersebut sama-sama mampu menghasilkan solusi pewarnaan yang valid, tetapi memiliki perbedaan dalam efisiensi dan distribusi warna. Umumnya, algoritma Welch-Powell cenderung lebih terstruktur dalam menentukan urutan simpul berdasarkan derajat, sedangkan algoritma Greedy lebih fleksibel, sehingga keduanya dapat menghasilkan variasi solusi yang berbeda pada graf yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Ade Ima Afifa Himayati, D. (2021). *EWARNAN GRAF PADA PETA WILAYAH KOTA SEMARANG DENGAN ALGORITMA GREEDY*. Ade Ima Afifa Himayati. 9–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.26751/jikoma.v4i1.1788.g1063>
- Andrari, F. R., & Qadarsih, N. D. (2023). *TAHFIDZ MENGGUNAKAN ALGORITMA WELCH POWELL*. 7(1), 81–92. <https://doi.org/https://doi.org/10.36526/tr.v7i1.2833>
- Anggraini, R., Resti, N. C., & Ilmiyah, N. F. (2024). *Perbandingan Pewarnaan Graf Dengan Algoritma Welch Powell dan Algoritma Tabu Search Dalam Penjadwalan Seminar Proposal*. 8(2), 72–80. <https://doi.org/https://doi.org/10.29407/gj.v8i2.22263>
- Aristianto, S., Danawati, S., & Purwanto, E. (2022). *Penentuan Jadwal Ujian Skripsi di Universitas Duta Bangsa Surakarta Menggunakan Algoritma*. 733–738. <https://doi.org/https://doi.org/10.47701/senatib.v2i1>
- Cyrenia Novella Krisnamurti, D. (2022). *Jurnal Sains Matematika dan Statistika Algoritma Welch-Powell untuk Menyusun Jadwal Perkuliahan Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Sanata Dharma*. 8(2), 123–

132. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24014/jsms.v8i2.18453>
- Dewi, S. V. (2025). *Optimalisasi Penyusunan Jadwal Pelajaran Menggunakan Pewarnaan Graf dengan Algoritma Welch – Powell*. 751–761. <https://doi.org/https://doi.org/10.63976/jimat.v6i2.1155>
- Dhamayyana, R., Cinthami, D., & Prayitno, S. (2025). *Penerapan Pewarnaan Graf pada Pembagian Kamar Asrama Mahasiswa Universitas Mataram dengan Algoritma Welch Powell*. 7, 2220–2231. <https://doi.org/https://doi.org/10.29303/jm.v7i4.10001>
- Diana, U., & Fauzi, R. (2024). *MENGGUNAKAN PEWARNAAN GRAF BESERTA ANALISIS BEBAN PENUGASAN [Distribution Of Weekly Morning Call Assignments Of XYZ Agency Employees Using Graph Coloring And Assignment Load Analysis]*. 31–42. <https://doi.org/https://doi.org/10.59896/aqlu.v3i1.60>
- Fathoni, M. I. A., Sari, A. C., Nahdlatul, U., Sunan, U., Nama, G., Tinggi, P., Welch-powell, A., & Graf, P. (2023). *PROGRAM STUDI MATEMATIKA UNUGIRI MENGGUNAKAN ALGORITMA WELCH POWELL*. 6, 14–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.30605/proximal.v6i1.2139>
- Faturahman, D. (2023). *Penerapan Konsep Pewarnaan Graf dalam Penyusunan Jadwal KBM Menggunakan Metode Welch-Powell dengan Pemrograman VBA Macro Exce*. 08. <https://doi.org/https://doi.org/10.35870/jtik.v6i1.359>
- Hanifah Ekawati, D. (2025). *Penerapan Pewarnaan Graf Pada Penjadwalan Ujian Semester Program Studi Bisnis Digital Menggunakan Algoritma Welch Powell*. 6(1), 41–57. <https://doi.org/https://doi.org/10.30872/bedu.v6i1.5079>
- Harahap, R. K., & Khairani, N. (2024). *Penerapan Pewarnaan Graf dalam Penjadwalan Kerja Menggunakan Algoritma Welch-Powell (Studi Kasus : Rumah Sakit Grand Medistra Lubuk Pakam)*. 4, 3358–3369. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/innovative.v4i2.9728>
- Landerius, & Purab, L. K. S. (2021). *Penerapan Konsep Pewarnaan Graf dalam Penyusunan Jadwal Perkuliahan Menggunakan Metode Algoritma Welch-Powell pada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tribuana Kalabahi*. 7(6). <https://doi.org/10.5281/zenodo.5574383>
- Lazuardi, M. A., Sari, R. P., Rahmayuda, S., Informasi, J. S., Tanjungpura, U., Penjadwalan, S. I., & Graf, P. (2025). *Coding : Jurnal Komputer dan Aplikasi Penerapan Algoritma Welch-Powell Untuk Optimasi Sistem Informasi Penjadwalan Mata Pelajaran (Studi Kasus : MIN 2 Pontianak) Coding : Jurnal Komputer dan Aplikasi*. 13(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.26418/coding.v13i2.90290>
- Mulyati, E., & Sanggala, E. (2021). *MATRIK Penjadwalan Sopir Pengangkutan Sampah Dalam Meminimalkan Ketidakmerataan Jam Kerja Di Kota Cimahi Dengan Greedy Algorithm*. XXI(2). <https://doi.org/10.350587/Matrik>
- Rahadi, A. P., Pani, E. B., & Matakuliah, P. (2020). *Pengembangan Program Komputer Penjadwalan Matakuliah Berdasarkan Pewarnaan Graf dengan Algoritma Welsh-Powell Terbobot*. 6(1), 37–44. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24014/coreit.v6i1.9955>
- Rohmawati, R. M., & Fathoni, M. I. A. (2022). *Penerapan Algoritma Welch-Powell Pada Penyusunan Jadwal Perkuliahan di Program Studi Pendidikan Matematika*. 10(2), 200–210. <https://doi.org/https://doi.org/10.34312/euler.v10i2.16649>
- Sopiyan, M., Gunaryati, A., & Fitri, I. (2022). *Graph coloring Sistem Pendaftaran dan Proses Penjadwalan Data Instruktur Berbasis Web dengan Algoritma Welch-powell*. 6(1), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.35870/jtik.v6i1.359>
- Surbakti, N. M. (2023). *Implementasi Pewarnaan Graf Menggunakan Metode Algoritma Welch Powell pada Penjadwalan Seminar Proposal Skripsi di Program Studi Matematika Universitas Negeri Medan*. 137–148. <https://doi.org/https://doi.org/10.36456/buanamatematika.v13i2.7261>
- Tanaya, T. A., & Syahmarani, A. (2024). *Zero : Jurnal Sains , Matematika , dan Terapan Graph Coloring With Welch-Powell Algorithm In Determining Lecture Schedule Data obtained from previous lecture schedules in the Undergraduate Mathematics Study Program*. 8(2). <https://doi.org/10.30829/zero.v8i2.21027>