

Penerapan metode *Welch-Powell Improvement* pada pewarnaan graf untuk penjadwalan KBM SMAN 7 Mataram menggunakan *Python*

Muhammad Abi Rizky^{1*}, Amrullah², Gilang Primajati²

¹ Mahasiswa Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Mataram, Mataram

² Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Mataram, Mataram

abysmgh@gmail.com

Diterima: 20-10-2025; Direvisi: 18-12-2025; Dipublikasi: 21-12-2025

Abstract

The preparation of teaching and learning schedules is often problematic, one of the reasons being the limited number of teachers, which means that one teacher has to teach several classes at the same time. This research is an applied study that aims to obtain a teaching and learning schedule without overlap by applying graph coloring using the Welch-Powell Improvement method. Graph coloring using the Welch-Powell Improvement method is a solution to solve scheduling problems at SMAN 7 Mataram. Based on the scheduling data, an adjacency matrix with a size of 898×898 and a chromatic number of 27 was obtained. The adjacency matrix was determined with the help of the Python programming language. The schedule was compiled by first creating a scheduling conflict graph based on the lesson schedule data, then coloring the graph using the Welch-Powell Improvement algorithm. Based on the coloring results obtained, the schedule was compiled by considering each node color. Subjects with the same color were scheduled at the same time and vice versa. The resulting class schedule was free of overlaps. This was because the chromatic number obtained in the graph coloring was smaller than the available time slots at SMAN 7 Mataram.

Keywords: schedules; graph coloring; Welch-Powell improvement; chromatic number; Python

Abstrak

Penyusunan jadwal kegiatan belajar mengajar sering kali menjadi masalah, salah satu penyebabnya adalah jumlah guru yang terbatas sehingga satu guru harus mengajar di beberapa kelas pada waktu yang sama. Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang bertujuan untuk memperoleh jadwal kegiatan belajar mengajar tanpa tumpang-tindih dengan menerapkan pewarnaan graf dengan menggunakan metode *Welch-Powell Improvement*. Pewarnaan graf menggunakan metode *Welch-Powell Improvement* menjadi solusi untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan di SMAN 7 Mataram. Berdasarkan data pada penjadwalan didapatkan matriks bertetangga dengan ukuran 898×898 dengan bilangan kromatik 27. Penentuan matriks bertetangga dilakukan dengan bantuan bahasa pemrograman *Python*. Penyusunan jadwal diawali dengan membuat graf konflik penjadwalan berdasarkan data jadwal pelajaran, kemudian graf yang diperoleh diwarnai menggunakan algoritma *Welch-Powell Improvement*. Berdasarkan hasil pewarnaan yang diperoleh maka penjadwalan disusun dengan memperhatikan setiap warna simpul. Mata pelajaran dengan warna yang sama dijadwalkan pada waktu yang bersamaan dan sebaliknya. Jadwal pelajaran yang dihasilkan adalah jadwal pelajaran bebas dari tumpang-tindih. Hal ini dikarenakan bilangan kromatik yang didapatkan dalam pewarnaan graf lebih kecil dari slot waktu yang tersedia di SMAN 7 Mataram.

Kata Kunci: penjadwalan; pewarnaan graf; *Welch-Powell improvement*; bilangan kromatik; *Python*.

1. PENDAHULUAN

Teori graf lahir pada tahun 1736 melalui tulisan Leonhard Euler yang berisi tentang upaya untuk menyelesaikan masalah jembatan konigsberg yang sangat terkenal di Eropa (Rahayuningsih, 2018). Euler melakukan abstraksi, memodelkan setiap bagian kota sebagai titik (*vertex*) dan setiap jembatan sebagai sebuah sisi (*edge*) yang menghubungkan dua titik (Assiyatun, 2023). Teori graf merupakan salah satu disiplin ilmu yang dipelajari dalam cabang keilmuan matematika yang memiliki banyak manfaat dikehidupan sehari-hari. Beberapa manfaat teori graf dikehidupan sehari-hari adalah manajemen waktu, pembuatan peta, penyusunan jadwal, penetapan rute terpendek, dan lain-lain (Awanis et al, 2023).

Teori graf dapat digunakan dalam menyelesaikan beberapa permasalahan dikehidupan sehari-hari salah satunya dalam bidang pendidikan yaitu pembuatan atau penyusunan jadwal kegiatan belajar mengajar (Maro & Purab, 2021). Menurut Murdani & Ndruru (2019) Penjadwalan kegiatan belajar mengajar disekolah umumnya dilakukan setiap awal semester ganjil dan berlaku untuk satu tahun ajaran. Penjadwalan mata pelajaran disekolah merupakan hal yang sangat penting dalam berlangsungnya kegiatan belajar mengajar disekolah, jadwal ini bertujuan untuk mendukung, memperlancar, dan mempertinggi kualitas pendidikan (Oktavia, 2019). Hal ini dipertegas oleh Rudianto & Muhandhis (2022), yang menyatakan bahwa membuat jadwal mata pelajaran sangatlah tidak mudah banyak aspek yang mempengaruhi dan harus diperhitungkan, hal ini dapat menjadi kendala bagi pembuat jadwal dan menyebabkan pembuatan jadwal menjadi proses yang lama sebab adanya guru yang mempunyai jadwal yang tumpang-tindih.

Masalah penjadwalan tumpang-tindih terjadi di SMAN 7 Mataram. Berdasarkan observasi dan wawancara yang dilakukan pada tanggal 9 oktober 2024 dengan wakil kepala sekolah bagian kurikulum di SMAN 7 Mataram, beliau mengatakan bahwa kendala dalam membuat jadwal kegiatan belajar mengajar karena masih dibuat dengan manual menggunakan *excel* dan keterbatasan jumlah guru pengampu terbagi dalam 36 kelas yang ada di SMAN 7 Mataram, sehingga sekolah mengalami kesulitan dalam memetakan jadwal pelajaran. Diketahui bahwa jumlah guru di SMAN 7 Mataram adalah 69 orang guru pengampu dengan 23 mata pelajaran. Sesuai dengan hasil pengamatan terhadap jadwal KBM SMAN 7 Mataram, semester ganjil tahun ajaran 2024/2025 ditemukan bahwa terdapat beberapa guru yang mengalami jadwal yang tumpang-tindih, salah satu guru yang mengalami jadwal tumpang-tindih tersebut adalah guru yang mengajar bahasa indonesia yang bernama Bapak Pathul Anwar, S.Pd. Jadwal mengajar guru tersebut pada hari senin jam pelajaran ke 5-6 pukul 11.05-12.25 dikelas X (A) dan dikelas XI (B). Beberapa guru lain yang mengalami masalah yang sama, diantaranya yaitu guru yang mengajar matematika, agama dan PJOK. Berdasarkan permasalahan tersebut peneliti menawarkan solusi untuk menyelesaikan masalah tersebut menggunakan konsep pewarnaan graf dengan menerapkan algoritma *Welch-Powell Improvement*.

Permasalahan penjadwalan pada umumnya dapat diatasi dengan memanfaatkan konsep dalam teori graf, yakni pewarnaan graf (Hasanah, Sripatmi, Amrullah & Baidowi, 2022). Pewarnaan graf adalah metode yang digunakan untuk memberikan label pada simpul atau elemen dalam suatu graf. pemberian label tersebut dapat diberikan pada simpul, sisi, dan wilayah (Ardiansyah et al., 2010). Penjadwalan pada penelitian ini menggunakan pewarnaan simpul dengan algoritma *Welch-Powell Improvement*. Algoritma *Welch-Powell Improvement* merupakan keterbaharuan dari algoritma *Welch-Powell* yang dimana metode ini menggunakan teknik *Dynamic Degree Reordering* (DDR) dalam pewarnaan simpul pada teori graf, teknik DDR digunakan untuk menentukan jumlah warna minimum yang diperlukan agar simpul-simpul yang bertetangga memiliki warna berbeda. Algoritma ini bekerja dengan teknik mengurutkan simpul berdasarkan derajatnya secara menurun, lalu mewarnai simpul dengan derajat tertinggi terlebih dahulu menggunakan warna pertama, lalu melakukan derajat saturasi hingga seluruh simpul diwarnai (Rahadi & Pani, 2020).

Penggunaan algoritma *Welch-Powell Improvement* pada penelitian ini akan diaplikasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman *Python*. Menurut Husni (2019), *Python* adalah salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang sangat populer karena sintaksisnya yang sederhana dan mudah dibaca. *Python* merupakan salah satu bahasa pemrograman yang banyak digunakan oleh perusahaan besar maupun para *developer* untuk mengembangkan berbagai macam aplikasi berbasis *desktop*, *web* dan *mobile*. Bahasa ini dikenal karena sintaksnya yang sederhana dan mudah dipahami, sehingga cocok digunakan oleh pemula maupun profesional (Lim, Nathanael, Wijaya, Dharma, Andrian, Soetresno & Ningsih, 2023).

Salah satu penelitian yang telah dilakukan oleh Haniantara, Lu'luilmaknun, Kurniati, (2023), menyatakan bahwa penelitian tersebut mendapatkan 224 slot mata pelajaran sebagai simpul dan 42 guru sebagai sisi. Dalam menerapkan konsep pewarnaan graf ini didapatkan 26 graf lengkap yang saling asing dengan bilangan kromatik yang didapatkan adalah 22. Dalam penyusunan jadwal pelajaran menggunakan konsep pewarnaan graf algoritma *Welch-Powell* ini digunakan bantuan pemrograman *visual basic* pada microsoft excel untuk mempermudah dalam membuat matriks bersisian dan matriks bertetangga dalam pewarnaan graf. Penelitian tersebut menggunakan algoritma *Welch-Powell* dengan bantuan pemrograman *visual basic* pada microsoft excel, namun penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti kali ini berbeda dengan penelitian tersebut, dimana peneliti akan menggunakan algoritma *Welch-Powell Improvement* dengan menggunakan bantuan bahasa pemrograman *Python*. Pada penelitian ini dapat meminimalisir terjadinya kesalahan dalam proses pembuatan jadwal KBM, mengurangi resiko adanya jadwal yang tumpang-tindih antar mata pelajaran dan prosesnya akan lebih cepat. Berdasarkan pendahuluan diatas, maka peneliti mengangkat permasalahan penjadwalan KBM di SMAN 7 Mataram yang menggunakan algoritma *Welch-Powell*

Improvement dengan bahasa pemrograman *Python*. Penelitian ini digunakan pada semester ganjil tahun ajaran 2024/2025.

2. METODE PELAKSANAAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu penelitian terapan. Menurut Rukminingsih, Adnan & Latief, (2020), penelitian terapan bertujuan untuk menerapkan, menguji, dan mengevaluasi teori model, pendekatan, teknik, atau strategi yang digunakan untuk memecahkan masalah dalam dunia pendidikan sehingga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat, ciri utama dari penelitian ini yaitu manfaat atau dampaknya dapat dirasakan secara langsung, dengan menerapkan metode pewarnaan graf, diharapkan dapat menyelesaikan masalah tumpang-tindihnya jadwal yang terjadi di SMAN 7 Mataram. Data yang digunakan merupakan jadwal pelajaran pada semester ganjil tahun ajaran 2024/2025, dimana mata pelajaran perkelas direpresentasikan sebagai himpunan simpul, sedangkan semua guru sebagai himpunan sisi. Adapun langkah-langkah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat Matriks Bertetangga

Menurut Munir (2010), matriks $A = [a_{ij}]$ merupakan matriks yang merepresentasikan hubungan antara simpul i dengan simpul j , hubungan bertetangga dalam suatu graf memiliki ketentuan sebagai berikut:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika simpul } v_i \text{ dan } v_j \text{ bertetangga} \\ 0, & \text{jika simpul } v_i \text{ dan } v_j \text{ tidak bertetangga} \end{cases}$$

2. Menerapkan Algoritma Welch-Powell Improvement

Langkah-langkah dalam menerapkan algoritma *welch-powell improvement* adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan derajat seluruh simpul pada graf
- b. Urutkan simpul-simpul pada graf, dari derajat yang paling besar ke derajat yang paling kecil.
- c. Melakukan pengurutan kembali dengan pengurutan dinamis pada simpul-simpul yang memiliki derajat yang sama.
- d. Warnai simpul pertama yang berderajat tertinggi dengan warna pertama. Lalu gunakan warna pertama untuk mewarnai semua simpul yang sesuai dengan urutan derajatnya, sehingga dua simpul bertetangga memiliki warna yang berbeda. Apabila semua simpul sudah diberi warna, maka langkah tersebut selesai. Jika tidak ambil warna kedua. Lalu lakukan hal yang sama untuk pemberian warna pada simpul dengan warna kedua seperti pemberian warna pada simpul dengan warna pertama. Demikian seterusnya sampai semua simpul dalam graf diberi warna.

3. Menentukan Bilangan Kromatik

Suatu graf G yang memiliki bilangan kromatik k dilambangkan dengan $X(G) = k$ (Maro & Banabera, 2020). Terdapat dua kemungkinan hasil penentuan warna setelah menerapkan algoritma *Welch-Powell Improvement* yaitu:

- a. Jika banyak warna lebih besar ($>$) dari jumlah pelajaran yang paling banyak dijadwalkan dalam sehari pada slot waktu yang tersedia di SMAN 7 Mataram, maka hal ini menunjukkan bahwa pembuatan atau penyusunan jadwal KBM tidak mungkin dilakukan tanpa adanya jadwal yang tumpang-tindih. Oleh karena itu, solusinya berupa rekomendasi untuk penambahan guru atau ruangan kelas ataupun kebijakan lain seperti menggabungkan beberapa kelas.
 - b. Jika banyak warna lebih kecil sama dengan (\leq) dari jumlah pelajaran yang paling banyak dijadwalkan dalam sehari pada slot waktu yang tersedia di SMAN 7 Mataram, maka hal ini menunjukkan bahwa pembuatan atau penyusunan jadwal KBM dapat dilakukan tanpa adanya jadwal yang tumpang-tindih.
4. Penyusunan Jadwal

Berdasarkan hasil penerapan algoritma *Welch-Powell Improvement* dengan bantuan bahasa pemrograman python, maka akan diperoleh banyaknya kelompok jadwal mata pelajaran berdasarkan warna yang sama. Kelompok jadwal mata pelajaran yang memiliki warna yang sama dapat dilaksanakan secara bersamaan dengan ruang kelas yang berbeda tanpa mengalami tumpah-tindih baik dari kelompok belajar ataupun guru pengampu mata pelajaran tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah jadwal pelajaran di SMAN 7 Mataram yang tidak tumpang-tindih. Selain itu, penelitian ini juga dapat membantu wakil kepala sekolah bagian kurikulum dalam membuat jadwal pelajaran selanjutnya.

3.1 Hasil

1. Pengumpulan Data

Slot mata pelajaran di SMA Negeri 7 Mataram adalah 1584 slot mata pelajaran dengan 69 guru pengampu.

2. Pengolahan Data

A. Matriks Bertetangga

Matriks bertetangga *MT* yang dihasilkan berukuran 898×898 . Pembuatan matriks bertetangga dalam penelitian ini akan diselesaikan menggunakan bantuan bahasa pemrograman *Python*, karena ukuran matriksnya terlalu besar. Berikut ini merupakan kode perintah pemrograman *Python* yang digunakan dalam pembuatan matriks bertetangga.

```
### === LANGKAH 4: Membuat Matriks Ketetangaan ===
print("📁 [4/9] Membuat matriks ketetangaan...")
adj_matrix = nx.to_pandas_adjacency(G, dtype=int)
print("✅ Matriks berhasil dibuat.\n")
```

Gambar 1 Kode Perintah *Python* dalam Pembuatan Matriks Bertetangga

Hasil dari pemrograman *Python* diatas diperoleh matriks bertetangga yang berukuran 898×898 . Matriks bertetangga tersebut akan dipartisi menjadi 9 matriks, karena ukuran matriksnya terlalu besar. Diperoleh:

$$MT_{898 \times 898} = \begin{bmatrix} MTA_{297 \times 297} & MTB_{297 \times 325} & MTC_{297 \times 276} \\ MTD_{325 \times 297} & MTE_{325 \times 325} & MTF_{325 \times 276} \\ MTG_{276 \times 297} & MTH_{276 \times 325} & MTI_{276 \times 276} \end{bmatrix}$$

Matriks bertetangga $MT_{898 \times 898}$ adalah matriks yang merepresentasikan hubungan antara slot mata pelajaran dengan slot mata pelajaran. Himpunan baris dan kolomnya menyatakan kode slot mata pelajaran.

Berdasarkan hasil pembuatan matriks bertetangga yang berukuran 898×898 tersebut akan dipartisi menjadi 9 matriks yaitu:

- $MTA_{297 \times 297}$ yang merupakan matriks bertetangga slot mata pelajaran kelas X dengan slot mata pelajaran kelas X.
- $MTB_{297 \times 325}$ yang merupakan matriks bertetangga slot mata pelajaran kelas X dengan slot mata pelajaran kelas XI.
- $MTC_{297 \times 276}$ yang merupakan matriks Bertetangga slot mata pelajaran kelas X dengan slot mata pelajaran kelas XII.
- $MTD_{325 \times 297}$ yang merupakan matriks Bertetangga slot mata pelajaran kelas XI dengan slot mata pelajaran kelas X.
- $MTE_{325 \times 325}$ yang merupakan matriks Bertetangga slot mata pelajaran kelas XI dengan slot mata pelajaran kelas XI.
- $MTF_{325 \times 276}$ yang merupakan matriks Bertetangga slot mata pelajaran kelas XI dengan slot mata pelajaran kelas XII.
- $MTG_{276 \times 297}$ yang merupakan matriks Bertetangga slot mata pelajaran kelas XII dengan slot mata pelajaran kelas X.
- $MTH_{276 \times 325}$ yang merupakan matriks Bertetangga slot mata pelajaran kelas XII dengan slot mata pelajaran kelas XI.
- $MTI_{276 \times 276}$ yang merupakan matriks Bertetangga slot mata pelajaran kelas XII dengan slot mata pelajaran kelas XII.

Adapun matriks bertetangga $MTA_{297 \times 297}$ adalah matriks yang menyatakan hubungan antara slot mata pelajaran kelas X dengan slot mata pelajaran kelas X. Matriks MTA dipartisi lagi menjadi 9 matriks untuk memudahkan dalam menampilkan hasil matriks bertetangga yang terbentuk.

$$MTA_{297 \times 297} = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 & A_3 \\ A_4 & A_5 & A_6 \\ A_7 & A_8 & A_9 \end{bmatrix}$$

Matriks bertetangga MTA terdiri atas beberapa sub matriks sebagai berikut:

$$A_1 = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{14} & A_{15} & A_{16} \\ A_{17} & A_{18} & A_{19} \end{bmatrix}_{99 \times 99}$$

Pada A terdapat sub matriks A_i dimana, $i = 1, 2, \dots, 9$. Elemen dari matriks A_i didefinisikan dalam bentuk $A_{ij} = \{y : v_1, v_2, \dots, v_z\}$ dimana, $j = 1, 2, \dots, 9$. Simbol ini berarti elemen matriks A_{ij} hanya bernilai 1 atau 0. Simbol $y : v_1, v_2, \dots, v_z$ didefinisikan baris ke- y dengan kolom v_1, v_2, \dots, v_z bernilai 1, selain dari itu bernilai 0 dalam matriks A_{ij} .

$$A_{11} = \begin{bmatrix} \{1 : 2, 28, 29\}, \{2 : 1, 28, 29\}, \{3 : 4, 30, 31\}, \{4 : 3, 30, 31\}, \\ \{5, 6\}, \{6, 5\}, \{7, 8\}, \{8, 7\}, \{9, 10\}, \{10, 9\}, \{11, 12\}, \{12, 11\}, \{13, 14\}, \\ \{14, 13\}, \{16, 17\}, \{17, 16\}, \{18, 19\}, \{19, 18\}, \{20, 21\}, \{21, 20\}, \\ \{22, 23\}, \{23, 22\}, \{25, 26\}, \{26, 25\}, \{28 : 1, 2, 29\}, \{29 : 1, 2, 28\}, \\ \{30 : 3, 4, 31\}, \{31 : 3, 4, 30\}, \{32, 33\}, \{33, 32\} \end{bmatrix}_{33 \times 33}$$

Data Matriks bertetangga $MTA_{297 \times 297}$, $MTB_{297 \times 325}$, $MTC_{297 \times 276}$, $MTD_{325 \times 297}$, $MTE_{325 \times 325}$, $MTF_{325 \times 276}$, $MTG_{276 \times 297}$, $MTH_{276 \times 325}$, dan $MTI_{276 \times 276}$ selengkapnya dapat dilihat pada tautan berikut.

<https://drive.google.com/drive/folders/1jr8LqYQkQL3jlFb9EIQMxStCK9TIYTJb?usp=sharing>

Berdasarkan hasil matriks bertetangga tersebut, dimana elemen matriks MT_{ij} akan bernilai 1 jika mata pelajaran yang direpresentasikan sebagai simpul i dan mata pelajaran yang direpresentasikan sebagai simpul j diampu oleh guru yang sama, elemen matriks MT_{ij} akan bernilai 0 jika mata pelajaran yang direpresentasikan sebagai simpul i dan mata pelajaran yang direpresentasikan sebagai simpul j diampu oleh guru yang berbeda.

B. Penerapan Algoritma *Welch-Powell Improvement*

Berdasarkan hasil matriks bertetangga yang diperoleh tersebut, maka langkah selanjutnya akan dilakukan penerapan algoritma *Welch-Powell Improvement*. Adapun langkah-langkah dari algoritma *Welch-Powell Improvement* diantaranya yaitu mengurutkan simpul dari derajat terbesar ke simpul derajat terkecil, lalu akan dihitung derajat saturasi dari simpul yang bertetangga dengan simpul yang telah diwarnai dengan warna pertama. Penerapan algoritma *Welch-Powell Improvement* pada penelitian ini diselesaikan menggunakan bantuan bahasa pemrograman *Python* agar waktu yang dibutuhkan pada proses ini lebih singkat.

```

1 def get_available_color(node, colors, G):
2     neighbor_colors = set(colors.get(n) for n in G.neighbors(node) if n in colors)
3     color = 1
4     while color in neighbor_colors:
5         color += 1
6     return color
7
8 def welch_powell_ddr(G):
9     colors = {}
10    uncolored = set(G.nodes)
11    while uncolored:
12        sorted_nodes = sorted(
13            list(uncolored),
14            key=lambda n: len([neigh for neigh in G.neighbors(n) if neigh in uncolored]),
15            reverse=True
16        )
17        for node in sorted_nodes:
18            if node not in colors:
19                colors[node] = get_available_color(node, colors, G)
20        uncolored = {n for n in G.nodes if n not in colors}
21    return colors

```

Gambar 2 Kode Perintah *Python* dalam Pemberian Warna pada semua Slot Mata Pelajaran dengan Jumlah Derajat Setelah diurutkan

C. Penyusunan Jadwal

Hasil pewarnaan graf yang diperoleh sebelumnya akan dilanjutkan dalam penyusunan jadwal KBM di SMAN 7 Mataram. Penyusunan jadwal tersebut akan diselesaikan menggunakan bantuan bahasa pemrograman *Python* dengan memperhatikan warna-warna yang telah diperoleh, dimana warna yang berbeda tidak boleh berada dalam jam pelajaran yang sama. Berikut ini merupakan kode perintah *Python* yang digunakan dalam penyusunan jadwal KBM di SMAN 7 Mataram.

```

### === LANGKAH 7:Menyusun Jadwal Final ===
print("📅 [7/9] Menyusun jadwal akhir berdasarkan pewarnaan...")

jadwal_final = []

for node_id, warna in color_map.items():
    waktu = warna_ke_waktu.get(warna, ("Overload", "-"))
    attr = G.nodes[node_id]
    jadwal_final.append({
        "Simpul": node_id,
        "Mapel": attr["mapel"],
        "Kelas": attr["kelas"],
        "Guru": attr["guru"],
        "Hari": waktu[0],
        "Jam ke-": waktu[1]
    })

df_jadwal = pd.DataFrame(jadwal_final)
print("✅ Jadwal akhir berhasil disusun.\n")

### === LANGKAH 8: Simpan Jadwal ke Excel ===
print("📄 [8/9] Membuat tampilan jadwal format tabel kelas...")

```

Gambar 3 Kode Perintah *Python* dalam Penyusunan Jadwal KBM

3.2 Pembahasan

Matriks bertetangga merepresentasikan hubungan antara simpul dengan simpul, dimana simpul adalah representasi dari slot mata pelajaran. Matriks bertetangga menggambarkan hubungan antara slot mata pelajaran tertentu dengan slot mata pelajaran lain, jika kedua slot mata pelajaran tersebut diampu oleh guru yang sama maka elemen matriksnya bernilai 1. Sebaliknya, jika kedua slot mata pelajaran tersebut diampu oleh guru yang berbeda maka elemen matriksnya bernilai 0. Untuk menentukan hubungan slot mata pelajaran yang satu dengan slot mata pelajaran lain, akan

ditentukan berdasarkan pada penginputan data, sehingga diperoleh matriks bertetangga.

Pembuatan matriks bertetangga tersebut diselesaikan menggunakan bahasa pemrograman *Python* dengan memperhatikan elemen-elemen yang ada dalam data yang digunakan. Pembuatan matriks bertetangga dengan menggunakan pemrograman *Python* ini jauh lebih cepat dan efektif dibandingkan dengan yang masih melakukan secara manual, apalagi ukuran matriksnya terlalu besar. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Faturrahman, Amrullah, Hayati & Prayitno (2023). Ukuran matriks bertetangga yang dihasilkan adalah 898×898 . Jumlah tetangga (derajat) maksimum dan minimum dari 898 slot mata pelajaran secara berturut-turut yaitu 48 dan 26 derajat. Banyak simpul yang berderajat 48 sampai 26 secara berturut-turut adalah 14, 6, 4, 4, 24, 145, 12, 77, 50, 193, 40, 102, 48, 113, 16, 26, 6, 12 dan 6. Simpul yang memiliki tetangga terbanyak berjumlah 193 simpul.

Berdasarkan hasil pewarnaan graf tersebut, diperoleh pewarnaan sebanyak 27 warna yang dapat diberikan pada 898 slot mata pelajaran. Untuk kelompok warna ke-1 sampai warna ke-23 terdiri dari 36 slot mata pelajaran, sedangkan warna ke-24 sampai warna ke-27 berturut-turut terdiri dari 24, 24, 11 dan 11 slot mata pelajaran. Banyak warna yang dihasilkan pada pewarnaan graf tersebut sebanyak 27 warna dan sekaligus menjadi bilangan kromatik dari graf tersebut, sedangkan jumlah mata pelajaran yang paling banyak ditempatkan dalam sehari pada slot waktu yang tersedia di SMAN 7 Mataram adalah sebanyak 36 mata pelajaran. Sedangkan jika menggunakan algoritma *greedy* merupakan algoritma pewarnaan graf yang memberikan warna pada setiap simpul secara berurutan tanpa mempertimbangkan optimasi lanjutan, sehingga hasil pewarnaan sangat bergantung pada urutan simpul yang dipilih. akibatnya, metode *greedy* menghasilkan jumlah warna yang lebih banyak dan kurang optimal, terutama pada graf dengan tingkat konflik yang tinggi (Irawan & Saputra, 2024).

Bilangan kromatik dalam penjadwalan KBM merepresentasikan jumlah minimum slot waktu atau periode yang dibutuhkan agar seluruh mata pelajaran dapat dijadwalkan tanpa terjadi tumpang-tindih. Setiap simpul pada graf melambangkan mata pelajaran sedangkan sisi menunjukkan adanya konflik seperti guru yang sama mengajar dikelas berbeda pada waktu yang sama. Pewarnaan graf dilakukan dengan memberikan warna yang berbeda pada simpul-simpul yang saling bertetangga, sehingga warna yang sama menunjukkan mata pelajaran yang dapat dilaksanakan secara bersamaan. Hal ini berarti bahwa penjadwalan KBM di SMAN 7 Mataram dapat dilakukan tanpa adanya tumpang-tindih karena bilangan kromatik yang diperoleh kurang dari sama dengan jumlah mata pelajaran yang paling banyak ditempatkan dalam sehari pada slot waktu yang tersedia di SMAN 7 Mataram.

Hasil penyusunan jadwal dapat dilakukan dengan cara mengurutkan warna yang sama. Setiap kelompok warna yang sama akan ditempatkan pada slot waktu yang sama. Contohnya pada kelompok warna 1 terdapat 36 simpul, dimana simpul-simpul ini dapat

ditempatkan pada slot waktu yang bersamaan. Pada kelompok warna 2 terdapat 36 simpul yang dapat ditempatkan pada slot waktu yang sama. Kelompok warna 1 tidak boleh berada pada slot waktu yang sama dengan kelompok warna yang lain seperti pada kelompok warna 2, begitupun seterusnya kelompok warna x tidak boleh berada pada slot waktu yang sama dengan kelompok warna y , dimana $x \neq y$. Akan tetapi, terdapat beberapa kelompok warna 1 yang dapat ditempatkan pada slot waktu yang bersamaan dengan kelompok warna 2, begitupun seterusnya kelompok warna x boleh berada pada slot waktu yang sama dengan kelompok warna y , dimana $x = y$. Hal ini terjadi karena terdapat beberapa kelompok warna yang memiliki warna yang tidak tunggal, sehingga warna tersebut dapat ditempatkan pada semua slot waktu secara bersamaan dengan kelompok warna lainnya.

Penyusunan jadwal dilakukan dengan melihat jumlah slot mata pelajaran setiap kelas dan mengatur agar proses KBM setiap kelas berakhir pada waktu yang bersamaan dengan kata lain jam pelajaran KBM disetiap kelas berjumlah sama. Hal ini dilakukan agar waktu KBM disetiap kelas berakhir pada waktu yang sama. Penyusunan jadwal tersebut dilakukan dengan cara menepatkan slot mata pelajaran dan guru pengampunya pada slot waktu yang tersedia berdasarkan hasil pewarnaan yang diperoleh.

Pada penjadwalan ini, guru yang mengampu mata pelajaran yang sama ataupun berbeda dengan memiliki warna yang sama tidak boleh ditempatkan pada slot waktu yang bersamaan pada hari yang sama pula. Contohnya dalam penjadwalan ini Guru yang mengampu mata pelajaran PJOK dijadwalkan dikelas X pada hari senin dengan jam pelajaran 08.05-09.25 WITA. Guru tersebut mengampu slot mata pelajaran yang sama dikelas XI dan memiliki warna yang sama yaitu warna 1 dengan slot mata pelajaran PJOK dikelas X, maka guru tersebut tidak boleh ditempatkan pada slot waktu yang sama pada jam pelajaran 08.05-09.25 WITA. Hal tersebut akan terdeteksi langsung oleh pemrograman *Python*.

4. SIMPULAN

Berdasarkan data jadwal KBM semester ganjil Tahun Ajaran 2024/2025 di SMAN 7 Mataram diperoleh bentuk matriks bertetangga dengan ukuran 898×898 , hasil matriks bertetangga tersebut digunakan untuk menyusun jadwal KBM dengan menerapkan konsep pewarnaan graf menggunakan langkah-langkah algoritma *Welch-Powell Improvement* dengan bantuan bahasa pemrograman *Python*.

Penyusunan jadwal KBM di SMAN 7 Mataram ini diselesaikan menggunakan konsep pewarnaan graf menggunakan langkah-langkah algoritma *Welch-Powell Improvement* dengan bantuan bahasa pemrograman *Python*. Hasil Pewarnaan graf yang diperoleh sebanyak 27 warna, artinya terdapat 27 warna yang dapat diberikan pewarnaan pada 898 slot mata pelajaran tersebut. Banyak warna yang dihasilkan pada pewarnaan graf tersebut sebanyak 27 warna, sedangkan jumlah pelajaran yang paling banyak ditempatkan dalam sehari pada slot waktu yang tersedia di SMAN 7 Mataram sebanyak 36 mata pelajaran. Hal ini berarti bahwa penjadwalan KBM di SMAN 7 Mataram dapat

dilakukan tanpa tumpang-tindih, karena banyak warna yang diperoleh kurang dari sama dengan jumlah pelajaran yang paling banyak ditempatkan dalam sehari pada slot waktu yang tersedia di SMAN 7 Mataram. Oleh karena itu, kondisi jumlah guru maupun fasilitas ruangan di SMAN 7 Mataram masih memungkinkan untuk dibuatkan jadwal KBM tanpa adanya jadwal yang saling tumpang-tindih. Dengan demikian, dapat disimpulkan penyebab kesalahan penjadwalan di SMAN 7 Mataram adalah adanya *human error* atau ketidakmampuan pihak sekolah dalam pembuatan jadwal KBM. Hal ini terjadi karena tidak adanya acuan yang dimiliki pihak sekolah dalam pembuatan jadwal tersebut, sehingga cara penjadwalannya dilakukan secara *random*.

5. REKOMENDASI

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan penerapan metode pewarnaan graf dengan mengombinasikan metode *Welch-Powell Improvement* dengan algoritma optimasi lainnya guna memperoleh hasil penjadwalan yang lebih optimal serta dapat mengembangkan penjadwalan otomatis dengan membuat *website*.

Hambatan yang dialami yaitu pada saat penginputan data dikarenakan banyak mata pelajaran yang harus dibagi secara manual agar hasil dapat dibuatkan jadwal tanpa tumpang-tindih dan pada pewarnaan yang dilakukan menggunakan algoritma *welch-powell improvement* dikarenakan data yang sangat besar, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk melanjutkan tahap pembuatan jadwal lebih lama.

6. REFERENSI

- Ardiansyah, Efendi, F., Pinto, M., Pujiyanto, & Tempake, H. (2010). Implementasi algoritma greedy untuk melakukan graph coloring: studi kasus peta provinsi jawa timur. *Jurnal Informatika*, 4(2), 440–448. <https://media.neliti.com/media/publications/103610-ID-implementasi-algoritma-greedy-untuk-mela.pdf>
- Assiyatun, H. (2023). *Teori graf dalam peta matematika indonesia*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Awanis, Z. Y., Salwa, S., Aini, Q., Switrayni, N. W., Wardhana, I. G. A. W., Irwansyah, I., & Asmarani, E. Y. (2023). Pengenalan konsep teori graf di madrasah aliyah manhalul ma'arif darek, lombok tengah, nusa tenggara barat. *Jurnal Pepadu*, 4(1), 95–102. <https://doi.org/10.29303/pepadu.v4i1.2242>
- Fathurrahman, F., Amrullah, A., Hayati, L., & Prayitno, S. (2023). Penerapan konsep pewarnaan graf dalam penyusunan jadwal kbm menggunakan metode welch-powell dengan pemrograman vba macro excel. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 8(1), 6377-6390.
- Haniantara, R., Amrullah, Lu'luilmaknun, U., & Kurniati, N. (2023). Penerapan konsep pewarnaan graf dalam penjadwalan pembelajaran di sman 1 kopang. *Journal Pendas*, 08(2), 1201-1212.
- Hasanah, G. L., Sripatmi, S., Amrullah, A., & Baidowi. (2022). Penerapan konsep pewarnaan graf dalam penyusunan jadwal kegiatan belajar mengajar di smkn. *Griya Journal of Mathematics Education and Application*, 2(2), 504–516. <https://doi.org/10.29303/griya.v2i2.177>
- Husni. (2019). *Panduan ringkas dasar pemrograman python*. Madura: Universitas Trunojoyo.
- Irawan, D., & Saputra, Y. (2024). Penerapan algoritma greedy untuk penyusunan jadwal kerja di industri perhotelan. *IJCCS*, 2(1). <https://doi.org/10.62003/c53fxr97>

- Lim K. J., Nathanael C., Wijaya F. A., Dharma J. A., Andrian T K., Soetresno W., & Ningsih, R. Y. (2023). Penggunaan bahasa pemrograman python untuk memvisualisasikan data peluang selamat dari kecelakaan titanic. *Jurnal Publikasi Teknik Informatika*, 2(2), 66–79. <https://doi.org/10.55606/jupti.v2i2.1735>
- Maro, L., & Banabera, C. (2020). Pewarnaan titik pada korona graf kipas. *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*, 2(2), 16-20. <https://core.ac.uk/download/pdf/354907788.pdf>
- Maro, L., & 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. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 7(6), 193–197. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5574383>
- Munir, R. (2010). *Algoritma dan pemrograman dalam teori graf*. Bandung: Informatika Bandung.
- Murdani, & Ndruru, E. (2019). Algoritma ant colony sistem dalam penjadwalan kegiatan belajar mengajar di smp prayatna medan. *Jurnal Armada Informatika*, 3(1). <https://doi.org/10.36520/jai.v3i1.24>
- Rahadi, A., P., & Pani, E., B. (2020). Pengembangan program komputer penjadwalan matakuliah berdasarkan pewarnaan graf dengan algoritma welsh-powell terbobot. *Jurnal CoreIT*, 6(1), 37–44. <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/coreit/article/view/9955/pdf>
- Rahayuningsih, S. (2018). *Teori graf dan penerapannya*. Malang: IKIP Budi Utomo.
- Rudianto, A., & Muhandhis, I. (2022). Rancang bangun sistem penyusunan jadwal pelajaran menggunakan algoritma genetika berbasis web (studi kasus mi mahalul ulum). *Journal of System Engineering and Technological Innovation (JISTI)*, 1(1), 33–37. <https://doi.org/10.38156/jisti.v1i01.14>
- Rukminingsih, Adnan, G., & Latief, M. A. (2020). *Metode penelitian pendidikan: penelitian kuantitatif, penelitian kualitatif, penelitian tindakan kelas*. Yogyakarta: ERHAKA UTAMA.