

**PENERAPAN KONSEP PEWARNAAN GRAF DALAM PENYUSUNAN JADWAL
KBM MENGGUNAKAN METODE *WELCH-POWELL* DENGAN
PEMROGRAMAN *VBA MACRO EXCEL***

Faturahman¹, Amrullah², Laila Hayati³, Sudi Prayitno⁴
¹²³⁴Pendidikan Matematika FKIP Universitas Mataram
1Faturahmanp.mtkunram@gmail.com

ABSTRACT

The problem of scheduling of teaching and learning at SMKN 5 Mataram was a interesting problem. On the problem, there were the teachers who teach the same subject at the same time in several different classes. The problem will be solving by the graph coloring concept. Base on the data of scheduling, we obtain the adjacency matrix with size 195×195 . We use the Welch-Powell algorithm to get the number of coloring graph. By the implentation VBA Macro Excel programming of the algorithm, we obtain the upper bound the number coloring is 5. So, by the upper bound we can design a scheduling without the probleen which the teacher who teach the same subject at the same time in several different classes.

Keywords: Welch-Powell Algorithm; Graph Coloring; Scheduling; Excel VBA Macro Programming

ABSTRAK

Masalah penjadwalan kegiatan belajar mengajar di SMKN 5 Mataram merupakan masalah yang menarik. Permasalahannya, ada guru yang mengajar mata pelajaran yang sama pada waktu yang sama di beberapa kelas yang berbeda. Masalah tersebut akan diselesaikan dengan konsep pewarnaan graf. Berdasarkan data penjadwalan, diperoleh matriks bertetangga dengan ukuran 195×195 . Algoritma *Welch-Powell* digunakan untuk mendapatkan jumlah pewarnaan graf. Dengan implementasi pemrograman *VBA Macro Excel* dari algoritma tersebut, diperoleh batas atas pewarnaan adalah 5. Jadi, dengan batas atas tersebut kita dapat merancang penjadwalan tanpa masalah dimana guru yang mengajar mata pelajaran yang sama pada waktu yang sama di beberapa kelas yang berbeda.

Kata Kunci: Algoritma *Welch-Powell*; Pewarnaan Graf; Penjadwalan; Pemrograman *VBA Macro Excel*

A. Pendahuluan

Graf dapat diaplikasikan pada berbagai bidang seperti penemuan jarak terpendek, pelabelan,

pewarnaan maupun penempatan data (Amrullah, 2011). Tujuannya adalah sebagai visualisasi objek-objek agar lebih mudah dipahami (Siang, 2009:

217). Graf juga dapat diterapkan dalam permasalahan yang ada pada bidang pendidikan seperti ilmu kimia, pertandingan olahraga, ilmu komputer, dan jaringan komunikasi, serta masih banyak terapan lainnya di berbagai bidang dengan memanfaatkan model-model yang terdapat pada suatu graf (Nasir, Faisal, & Setyawan, 2022).

Permasalahan yang memanfaatkan teori graf dalam bidang pendidikan adalah penjadwalan kegiatan belajar mengajar (KBM). Penjadwalan adalah proses, cara, perbuatan penjadwalan atau memasukkan dalam jadwal (KBBI, 2016). Tujuan penjadwalan KBM di sekolah yaitu untuk mengalokasikan mata pelajaran pada blok waktu (jam pelajaran) tertentu dan ruang kelas yang tersedia dengan memperhatikan batasan-batasan yang ada. Hal ini dipertegas oleh Sari, Kaban, Khaliq, & Andari (2022) yang menyatakan bahwa masalah yang sering kali terjadi dalam penjadwalan yakni, karena adanya keterbatasan ruang kelas, jam pelajaran, atau banyaknya guru di sekolah. Salah satu contoh masalah penjadwalan adalah jadwal guru yang mengajar satu mata pelajaran yang sama

dengan waktu bersamaan di beberapa kelas yang berbeda.

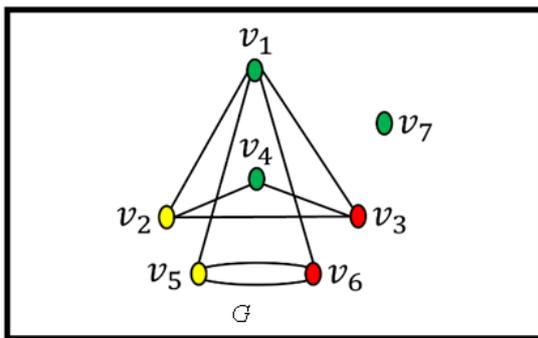
Masalah penjadwalan juga terjadi di SMKN 5 Mataram. Berdasarkan hasil pengamatan terhadap jadwal KBM semester ganjil tahun ajaran 2022/2023 yang telah ditetapkan pada tanggal 11 Juli 2022 ditemukan bahwa terdapat suatu permasalahan dalam penjadwalan, dimana jadwal guru yang mengajar satu mata pelajaran yang sama dengan waktu bersamaan di beberapa kelas berbeda. Salah satu guru yang mengalami hal tersebut adalah guru pengampu mata pelajaran Matematika. Jadwal mengajar guru tersebut pada hari Kamis Jam pelajaran I s/d jam pelajaran III pukul 07.30-09.40 WITA di kelas XI Kriya Kreatif Kayu dan Rotan (KAY) mengalami tumpang-tindih dengan jadwal di kelas XI Broadkesting dan Perfilman I (LIT), XI Seni Musik Populer (MUS), dan XI Broadkesting dan Perfilman II (MIK). Bersumber pada hasil wawancara dengan Wakil Kepala Kurikulum, pihak sekolah telah melakukan perubahan dalam pembuatan jadwalnya beberapa kali dengan memperhatikan batasan-batasan yang ada hingga pada akhirnya terbentuk jadwal seperti yang telah diterapkan saat ini dan pihak

sekolah pun sangat menginginkan bahwa setiap mata pelajaran tersebut tidak dijadwalkan dalam waktu yang bersamaan akan tetapi pihak sekolah mengalami kesulitan dalam pembuatan jadwal yang tanpa tumpang-tindih, sehingga salah satu solusi yang diterapkan yaitu dengan cara menggabungkan beberapa kelas yang memiliki jadwal tumpang-tindih tersebut ke dalam satu ruangan. Contohnya pada saat mata pelajaran matematika seperti yang telah dipaparkan sebelumnya, dimana jumlah siswa pada setiap kelasnya yaitu sebanyak 18 s/d 20 orang dan total keseluruhan siswa dalam satu ruangan setelah digabungkan menjadi 60 s/d 70 siswa. Hal tersebut dapat menyebabkan kurang maksimalnya pelaksanaan kegiatan belajar mengajar di sekolah tersebut. Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti ingin mengkaji beberapa kelas yang sebelumnya digabungkan dapat dipisahkan ataukah ada cara lain untuk mengatasinya, sehingga dalam penelitian ini menawarkan solusi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dengan cara menyusun ulang jadwal KBM yang sudah ada di sekolah tersebut menggunakan konsep pewarnaan graf. Tujuannya

adalah untuk mendapatkan nilai batas atas pewarnaannya.

Masalah penjadwalan tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan salah satu konsep teori graf yaitu dalam pewarnaan graf (graph colouring). Pewarnaan graf merupakan salah satu metode untuk pemberian label pada sebuah graf. Pemberian label tersebut dapat diberikan pada simpul, sisi, dan wilayah (Ardiansyah, Efendi, Syaifullah, Pinto, Pujiyanto, & Tempake, 2010). Penjadwalan pada penelitian ini menggunakan pewarnaan simpul dengan algoritma *Welch-Powell*. Algoritma *Welch-Powell* merupakan metode yang efektif yang memberikan cara mewarnai sebuah graf dengan memberi label pada simpul-simpulnya sesuai dengan derajatnya (Niarma, Pramono, & Tajidun, 2018). Menurut Monangga & Nataliani (2013: 183), langkah-langkah dari algoritma *Welch-Powell* diantaranya sebagai berikut: (1) mengurutkan semua titik atau simpul berdasarkan derajatnya, mulai dari derajat yang terbesar ke terkecil; (2) memberikan satu warna sebagai warna pertama untuk mewarnai simpul dengan derajat tertinggi dan simpul berikutnya yang tidak bertetangga dengan simpul

pertama diberikan warna yang sama; (3) ulangi proses yang sama pada Langkah ke-2 dan simpul-simpul yang belum memiliki warna akan diwarnai dengan warna yang berbeda dari warna sebelumnya sampai dengan semua simpul yang ada pada graf telah diberi warna. Berikut ini salah satu contoh pewarnaan simpul menggunakan algoritma *Welch-Powell*.



Gambar 1 Ilustrasi Pewarnaan Simpul dengan Algoritma *Welch-Powell*

Penggunaan algoritma *Welch-Powell* pada penelitian ini akan diaplikasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic for Application (VBA) Macro Excel*. *VBA* itu sendiri merupakan bahasa pemrograman langsung yang banyak menggunakan elemen umum untuk semua bahasa pemrograman. *VBA* dapat digunakan menambah perintah-perintah baru yang tidak ada di *Microsoft Excel* dalam kondisi *default* atau membuat otomatisasi pekerjaan

dalam *Microsoft Office*, sehingga dapat menghemat waktu dan tenaga (Jubilee, 2020: 3).

Salah satu penelitian yang telah dilakukan oleh Niarma dkk (2018), menyatakan bahwa penelitian tersebut menghasilkan jumlah warna minimum sebanyak $k = 5$ dari 17 simpul (mata pelajaran). Sebuah sistem informasi penjadwalan mata pelajaran yang dihasilkan dapat diakses oleh *user* atau siswa maupun guru dalam sebuah *website*. Penelitian tersebut masih melakukan perhitungan manual menggunakan algoritma *Welch-Powell* dan ditampilkan dalam bahasa pemrograman PHP, namun penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti berbeda dengan penelitian tersebut, dimana peneliti akan menggunakan algoritma *Welch-Powell* juga tetapi dengan bantuan bahasa pemrograman *VBA Eacro excel*. Tentu saja 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 dibandingkan dengan yang melakukan perhitungan secara manual. Berdasarkan latar belakang di atas, maka peneliti mengangkat

permasalahan penjadwalan KBM di SMKN 5 Mataram yang menggunakan algoritma *Welch-Powell* dengan bahasa pemrograman *VBA Macro Excel*. Penelitian ini digunakan pada semester ganjil tahun ajaran 2022/2023.

B. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu penelitian terapan. Menurut Abubakar (2021: 3) Penelitian terapan merupakan salah satu jenis penelitian yang bertujuan untuk menerapkan, menguji, mengevaluasi kemampuan suatu teori yang diterapkan dalam permasalahan tertentu secara praktis. Penelitian ini tidak berfokus pada pengembangan sebuah ide, teori, atau gagasan, tetapi lebih berfokus kepada penerapan penelitian tersebut dalam kehidupan sehari-hari. Ciri utama dari penelitian ini yaitu tingkat abstraksi yang rendah, dan manfaat atau dampaknya dapat dirasakan secara langsung. Sumber data yang digunakan merupakan data sekunder dari SMKN 5 Mataram. Slot mata pelajaran pada semester ganjil tahun ajaran 2022/2023 direpresentasikan sebagai himpunan simpul, sedangkan semua guru sebagai himpunan sisi.

Adapun langkah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat Matriks Bersisian

Menurut Munir (2003: 321) Matriks $A = [a_{ij}]$, adalah matriks bersisian A yang merepresentasikan hubungan antara guru dengan slot mata pelajaran (sisi i dengan simpul j) maka:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{sisi } i \text{ bersisian dengan simpul } j \\ 0, & \text{sisi } i \text{ tidak bersisian dengan simpul } j \end{cases}$$

2. Membuat Matriks Bertetangga

Menurut Wahyuningrum & Usada (2019: 128) Matriks $A = [a_{ij}]$, adalah matriks bertetangga A yang merepresentasikan hubungan antara slot mata pelajaran dengan slot mata pelajaran (simpul i dengan simpul j) maka:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{simpul } i \text{ dan } j \text{ bertetangga} \\ 0, & \text{simpul } i \text{ dan } j \text{ tidak bertetangga} \end{cases}$$

3. Menerapkan Algoritma *Welch-Powell*

Menurut Ermanto & Riti (2022) Algoritma *Welch-Powell* merupakan algoritma yang bekerja berdasarkan pada jumlah derajat dari setiap simpul. Simpul yang mempunyai derajat tertinggi akan diwarnai terlebih dahulu. Menurut Monangga & Nataliani (2013: 183) Langkah menerapkan algoritma *Welch-Powell* sebagai berikut:

- a. Menentukan derajat dari semua simpul pada graf.
- b. Urutkan simpul-simpul pada graf, dari derajat yang terbesar ke derajat terkecil.
- c. Warnai simpul berderajat tertinggi dengan warna pertama. Gunakan warna pertama untuk mewarnai semua simpul yang mungkin sesuai dengan urutan derajatnya sehingga dua simpul bertetangga memiliki warna yang berbeda.
- d. Warnai simpul berderajat tinggi selanjutnya dengan warna kedua. Gunakan warna kedua untuk mewarnai simpul lain yang mungkin dan belum diberi warna sesuai dengan urutan derajatnya dengan syarat dua simpul bertetangga tidak boleh memiliki warna yang sama. Apabila semua simpul sudah diberi warna, maka langkah tersebut selesai. Jika belum, ambil warna ketiga. Demikian seterusnya sampai semua simpul dalam graf diberi warna.

4. Menentukan Batas Atas Pewarnaan

Batas atas pewarnaan adalah jumlah maksimum warna yang diperlukan untuk memberi warna pada setiap simpul dalam graf. Penentuan

batas atas bilangan kromatik graf G dengan algoritma *Welch-Powell* didasarkan pada matriks bertetangga, terdapat dua Langkah diantaranya yaitu:

- a. Jika batas atas pewarnaan lebih besar sama dengan (\geq) dari jumlah pelajaran yang paling banyak ditempatkan dalam sehari pada slot waktu yang tersedia di SMKN 5 Mataram, maka hal ini menunjukkan bahwa dalam pembuatan atau penyusunan jadwal KBM tidak mungkin dilakukan tanpa adanya jadwal yang tumpang-tindih.

- b. Jika batas atas pewarnaan lebih kecil sama dengan (\leq) dari jumlah pelajaran yang paling banyak ditempatkan dalam sehari pada slot waktu yang tersedia di SMKN 5 Mataram, maka hal ini menunjukkan bahwa dalam pembuatan atau penyusunan jadwal KBM sangat mungkin dilakukan tanpa adanya jadwal yang tumpang-tindih.

5. Menyusun Jadwal

Berdasarkan hasil penerapan algoritma *Welch-Powell* dengan bantuan bahasa pemrograman *VBA Macro Excel*, akan diperoleh banyaknya kelompok jadwal mata pelajaran berdasarkan warna yang

sama. Untuk Satu kelompok jadwal mata pelajaran dengan warna sama dapat dilaksanakan waktunya secara bersamaan dengan ruang yang berbeda tanpa mengalami ketimpangan baik dari kelompok belajar maupun guru pengampu mata pelajaran tersebut.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Pengumpulan Data

SMKN 5 Mataram memiliki 195 slot mata pelajaran, 86 guru, dan jumlah kelompok belajar sebanyak 40 kelas yang terbagi dari 13 program keahlian (jurusan) yaitu antaranya keahlian teknik dan bisnis sepeda motor, teknik ototronik, desain komunikasi visual, desain grafika, teknik komputer jaringan, kriya kreatif batik dan tekstil, desain dan produksi busana, produksi dan siaran televisi, kriya kreatif logam dan perhiasan, kriya kreatif kayu dan rotan, keahlian kriya kulit, serta keahlian seni musik populer. Adapun jumlah slot jam pelajaran yang tersedia adalah 53 slot.

2. Pengolahan Data

a. Matriks bersisian

Matriks ini merepresentasikan hubungan antara guru dengan slot mata pelajaran, dimana guru sebagai sisi dan slot mata pelajaran sebagai

simpul. Matriks bersisian MS untuk seluruh guru di SMKN 5 Mataram dan slot mata pelajaran berukuran 86×195 dan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$MS_{86 \times 195} = \begin{bmatrix} MSA_{86 \times 58} \\ MSB_{86 \times 67} \\ MSC_{86 \times 70} \end{bmatrix}$$

Salah satu matriks $MS_{86 \times 195}$ yaitu $MSA_{86 \times 58}$ akan dipartisi menjadi 9 Matriks dan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$MSA_{86 \times 58} = \begin{bmatrix} A & B & C \\ D & E & F \\ G & H & I \end{bmatrix}$$

Misalkan AX adalah matriks yang berukuran $n \times m$ dengan sebagian besar elemennya bernilai nol (0) dan yang lainnya bernilai satu (1). Matriks AX tersebut dapat ditulis sebagai: $AX^* = [a_1, a_2, a_3, \dots, a_j]_{n \times m}$, yang artinya AX^* adalah matriks yang terdiri dari n baris dan m kolom yang semua elemennya bernilai nol kecuali $a_1, a_2, a_3, \dots, a_j$ bernilai satu, dimana $a_j = (i, j)$ menyatakan elemen matriks bersisian pada baris ke i dan kolom ke j . Contoh:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Matriks A dapat ditulis menjadi:

$$A^* = \begin{bmatrix} (1,2), (1,4), (2,1), (2,2), \\ (2,5), (3,3), (3,4) \end{bmatrix}_{3 \times 5},$$

artinya matrika A adalah matriks 3

baris dan 5 kolom yang semua elemennya bernilai nol, kecuali (1, 2), (1, 4), (2, 1), (2, 2), (2, 5), (3, 3) dan (3, 4) bernilai satu.

Matriks bersisian MSC terdiri dari matriks berikut:

$$A^* = \begin{bmatrix} (3, 19), (7, 7), (7, 11), \\ (29, 15), (30, 5) \end{bmatrix}_{30 \times 20}$$

$$B^* = [(16, 11), (30, 9), (30, 16)]_{30 \times 20}$$

$$C^* = \begin{bmatrix} (5, 3), (18, 9), (20, 10), \\ (20, 11), (25, 4) \end{bmatrix}_{30 \times 18}$$

$$D^* = \begin{bmatrix} (17, 9), (18, 20), (21, 1), \\ (22, 6), (24, 18), (27, 17), \\ (28, 14) \end{bmatrix}_{30 \times 20}$$

$$E^* = \begin{bmatrix} (13, 7), (14, 20), (18, 8), \\ (24, 2), (26, 12), (27, 4) \end{bmatrix}_{30 \times 20}$$

$$F^* = \begin{bmatrix} (2, 17), (4, 15), (14, 7), \\ (17, 18), (21, 12), (23, 13), \\ (26, 8), (28, 14), (30, 16) \end{bmatrix}_{30 \times 18}$$

$$G^* = \begin{bmatrix} (4, 2), (4, 16), (8, 4), \\ (8, 13), (19, 3), (22, 12), \\ (25, 10) \end{bmatrix}_{26 \times 20}$$

$$H^* = \begin{bmatrix} (2, 10), (5, 17), (6, 5), \\ (6, 19), (9, 6), (10, 15), \\ (11, 3), (13, 13), (14, 14), \\ (16, 18), (24, 1) \end{bmatrix}_{26 \times 20}$$

$$I^* = [(1, 5), (7, 6), (10, 1), (24, 2)]_{26 \times 18}$$

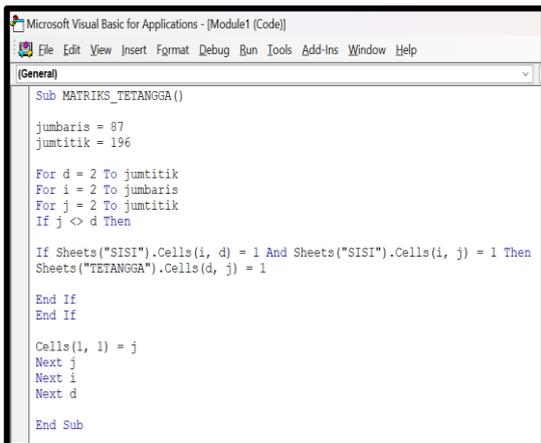
Berdasarkan hasil matriks bersisian, ukuran matriks yang diperoleh adalah 86×195 . Elemen matriks bersisian MS_{ij} akan bernilai 1 jika sisi i bersisian dengan simpul j dan akan bernilai 0 jika sisi i tidak bersisian dengan simpul j . Setiap simpul akan bersisian paling sedikit satu sisi, karena setiap mata pelajaran

diampu paling sedikit oleh satu guru. Pembuatan matriks bersisian yang berukuran tersebut diselesaikan menggunakan bantuan aplikasi *Microsoft Excel*. Matriks bersisian yang diperoleh dipartisi berdasarkan slot mata pelajaran kelas X, XI, dan XII, karena ukuran matriksnya terlalu besar. Matriks $MSA_{86 \times 58}$, $MSB_{86 \times 67}$, dan $MSC_{86 \times 70}$ adalah matriks bersisian yang merepresentasikan hubungan antara semua guru di SMKN 5 Mataram dengan slot mata pelajaran kelas X, XI, dan XII. Oleh karena itu, diperoleh 3 matriks bersisian yaitu MSA , MSB , dan MSC . Masing-masing matriks tersebut dipartisi lagi menjadi 9 matriks, tujuannya untuk mempermudah dalam menampilkan elemen-elemen dari matriks tersebut. Hal ini sesuai dengan pendapat Hasanah, Sripatmi, Amrullah, & Baidowi (2022).

b. Matriks bertetangga

Matriks ini merepresentasikan hubungan antara slot mata pelajaran dengan slot mata pelajaran. Pembuatan matriks bertetangga dalam penelitian ini akan dilakukan berdasarkan pada matriks bersisian sebelumnya dengan menggunakan bahasa pemrograman *VBA Macro Excel*. Adapun kode perintah *VBA*

Macro seperti pada gambar berikut.



Gambar 2 Kode Perintah VBA Macro dalam Pembuatan Matriks bertetangga

Berdasarkan hasil dari pemrograman pada Gambar 2, diperoleh Matriks bertetangga MT untuk seluruh slot mata pelajaran berukuran 195×195 dan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$MT_{195 \times 195} = \begin{bmatrix} MTA_{58 \times 58} & MTB_{58 \times 67} & MTC_{58 \times 70} \\ MTD_{67 \times 58} & MTE_{67 \times 67} & MTF_{67 \times 70} \\ MTG_{70 \times 58} & MTH_{70 \times 67} & MTI_{70 \times 70} \end{bmatrix}$$

Salah satu bagian dari matriks bertetangga MT adalah MTA yang dipartisi menjadi 9 matriks dan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$MTA_{58 \times 58} = \begin{bmatrix} A & B & C \\ D & E & F \\ G & H & I \end{bmatrix}$$

Matriks bertetangga MTA terdiri atas beberapa matriks berikut:

$$A^* = \begin{bmatrix} (2, 16), (4, 13), (7, 11), \\ (11, 7), (13, 4), (16, 2) \end{bmatrix}_{20 \times 20}$$

$$B^* = \begin{bmatrix} (5, 9), (5, 16), (17, 4), \\ (18, 2) \end{bmatrix}_{20 \times 20}$$

$$C^* = \begin{bmatrix} (1, 12), (8, 13), (9, 18), \\ (14, 14) \end{bmatrix}_{20 \times 18}$$

$$D^* = \begin{bmatrix} (2, 18), (4, 17), (8, 20), \\ (9, 5), (16, 5) \end{bmatrix}_{20 \times 20}$$

$$E^* = \begin{bmatrix} (5, 19), (9, 16), (16, 9), \\ (19, 5) \end{bmatrix}_{20 \times 20}$$

$$F^* = \begin{bmatrix} (1, 2), (12, 8), (15, 1), \\ (20, 7) \end{bmatrix}_{20 \times 18}$$

$$G^* = \begin{bmatrix} (12, 1), (13, 8), (14, 14), \\ (18, 9) \end{bmatrix}_{18 \times 20}$$

$$H^* = \begin{bmatrix} (1, 15), (2, 1), (7, 20), \\ (8, 12) \end{bmatrix}_{18 \times 20}$$

$$I^* = [(10, 11), (11, 10)]_{18 \times 18}$$

Berdasarkan hasil matriks bertetangga tersebut, dimana elemen matriks MT_{ij} akan bernilai 1 jika simpul i dan j bersisian dengan sisi yang sama pada matriks bersisian. Hal ini berarti bahwa mata pelajaran yang di representasikan sebagai simpul i dan mata pelajaran yang di representasikan sebagai simpul j diampu oleh guru yang sama. Elemen Matriks bertetangga MT_{ij} akan bernilai 0 jika simpul i dan j bersisian dengan sisi yang berbeda pada matriks bersisian. Hal ini berarti bahwa mata pelajaran yang di representasikan sebagai simpul i dan mata pelajaran yang di representasikan sebagai simpul j diampu oleh guru yang berbeda.

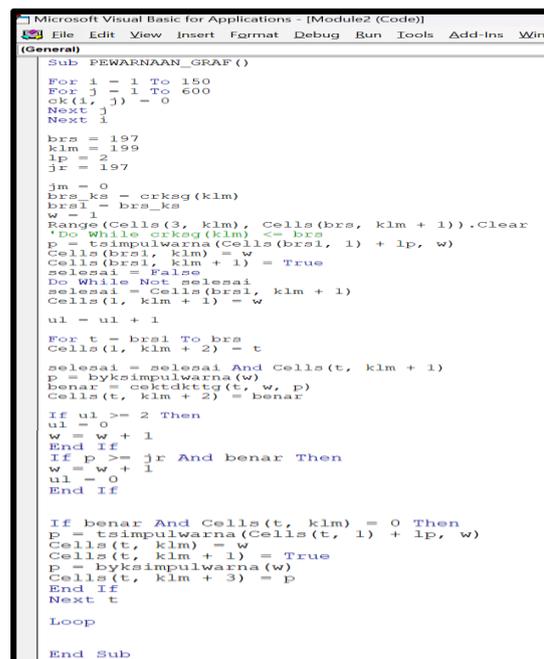
Pembuatan matriks bertetangga tersebut diselesaikan menggunakan bahasa pemrograman VBA Macro Excel dengan memperhatikan

elemen-elemen yang ada dalam matriks bersisian sebelumnya. Pembuatan matriks bertetangga dengan menggunakan pemrograman *VBA Macro Excel* ini jauh lebih cepat dan efektif dibandingkan dengan yang masih melakukan secara manual, apalagi ukuran matriksnya terlalu besar. Ukuran matriks bertetangga yang diperoleh adalah 195×195 . Jumlah tetangga (derajat) maksimum dan minimum yaitu 4 dan 0 derajat. Banyak simpul yang berderajat 4 sampai 0 secara berturut-turut adalah 10, 40, 84, 46, dan 15 simpul. Banyak simpul yang berderajat 0 yaitu sebanyak 15 simpul. Hal ini karena tidak ada simpul lain yang bersisian dengan sisi yang sama dari ke-15 simpul tersebut. Hal ini juga menggambarkan bahwa guru pengampu dari ke-15 slot mata pelajaran tersebut tidak mengampu slot mata pelajaran yang lain, artinya terdapat 15 guru yang hanya mengampu satu slot mata pelajaran saja.

c. Penerapan Algoritma *Welch-Powell*

Hasil dari matriks bertetangga yang telah diperoleh, akan dilanjutkan dalam melakukan pewarnaan graf dengan menerapkan algoritma *Welch-Powell*. Berdasarkan hasil matriks

bertetangga yang diperoleh, dimana baris pada matriks tersebut akan diurutkan simpulnya dari derajat yang terbesar ke derajat terkecil. Pada penerapan algoritma *Welch-Powell* ini, simpul yang memiliki derajat yang terbesar akan diwarnai terlebih dahulu. Penerapan algoritma *Welch-Powell* pada penelitian ini diselesaikan menggunakan bantuan pemrograman *VBA Macro Excel*, agar waktu yang dibutuhkan pada proses ini lebih cepat. Hal ini sesuai dengan pendapat Jubilee (2020: 3). Adapun kode perintah *VBA Macro* yang digunakan seperti pada gambar berikut.



```
Microsoft Visual Basic for Applications - [Module2 (Code)]
File Edit View Insert Format Debug Run Tools Add-Ins Win
(General)
Sub PEWARNAAN_GRAF ()
    For i = 1 To 150
    For j = 1 To 600
    ck(i, j) = 0
    Next j
    Next i
    brs = 197
    klm = 199
    lp = 2
    jr = 197
    jm = 0
    brs_ks = crksg(klm)
    brs1 = brs_ks
    w = 1
    Range(Cells(3, klm), Cells(brs, klm + 1)).Clear
    'Do While crksg(klm) <= brs
    p = tsimpulwarna(Cells(brs1, 1) + lp, w)
    Cells(brs1, klm) = w
    Cells(brs1, klm + 1) = True
    selesai = False
    Do While Not selesai
    selesai = Cells(brs1, klm + 1)
    Cells(1, klm + 1) = w
    ul = ul + 1
    For t = brs1 To brs
    Cells(1, klm + 2) = t
    selesai = selesai And Cells(t, klm + 1)
    p = byksimpulwarna(w)
    benar = celtdktg(t, w, p)
    Cells(t, klm + 2) = benar
    If ul >= 2 Then
    ul = 0
    w = w + 1
    End If
    If p >= jr And benar Then
    w = w + 1
    ul = 0
    End If
    If benar And Cells(t, klm) = 0 Then
    p = tsimpulwarna(Cells(t, 1) + lp, w)
    Cells(t, klm) = w
    Cells(t, klm + 1) = True
    p = byksimpulwarna(w)
    Cells(t, klm + 3) = p
    End If
    Next t
    Loop
End Sub
```

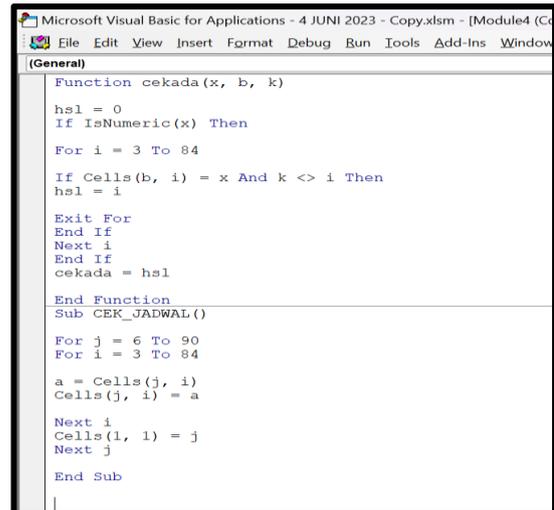
Gambar 3 Kode Perintah VBA Macro dalam Penerapan Algoritma Welch-Powell

Berdasarkan penerapan algoritma Welch-Powell dengan bantuan pemrograman VBA Macro Excel tersebut menghasilkan pewarnaan sebanyak 5 warna, artinya ada 5 warna yang dapat diberikan pewarnaan pada 195 slot mata pelajaran tersebut. Untuk kelompok warna pertama sampai kelima secara berturut-turut terdiri dari 78, 63, 40, 12, dan 2 slot mata pelajaran. Banyak warna yang dihasilkan pada pewarnaan graf tersebut sebanyak 5 warna dan sekaligus menjadi batas atas pewarnaannya, sedangkan jumlah pelajaran yang paling banyak ditempatkan dalam sehari pada slot waktu yang tersedia di SMKN 5 Mataram sebanyak 5 mata pelajaran. Hal ini berarti bahwa penjadwalan KBM di SMKN SMKN 5 Mataram dapat dilakukan tanpa tumpang-tindih, karena batas atas pewarnaan yang diperoleh sama dengan jumlah pelajaran yang paling banyak ditempatkan dalam sehari pada slot waktu yang tersedia di SMKN 5 Mataram.

d. Penyusunan Jadwal

Penyusunan jadwal KBM akan diselesaikan menggunakan

pemrograman VBA Macro Excel dengan menggunakan hasil pewarnaan graf yang diperoleh sebelumnya sebagai acuannya. Adapun kode perintah VBA Macro yang digunakan seperti pada gambar berikut.



```
Microsoft Visual Basic for Applications - 4 JUNI 2023 - Copy.xlsm - [Module4 (Code Sheet)]
File Edit View Insert Format Debug Run Tools Add-Ins Window

(General)
Function cekada(x, b, k)
    hsl = 0
    If IsNumeric(x) Then
        For i = 3 To 84
            If Cells(b, i) = x And k <> i Then
                hsl = 1
            End If
        Next i
        Exit For
    End If
    Next i
    End If
    cekada = hsl
End Function
Sub CEK_JADWAL()
    For j = 6 To 90
        For i = 3 To 84
            a = Cells(j, i)
            Cells(j, i) = a
        Next i
        Cells(1, 1) = j
    Next j
End Sub
```

Gambar 4 Kode Perintah VBA Macro dalam Penyusunan Jadwal KBM

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 78 simpul, dimana simpul-simpul ini dapat ditempatkan pada slot waktu yang bersamaan. Pada kelompok warna 2 terdapat 63 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.

E. Kesimpulan

Berdasarkan data jadwal KBM semester ganjil Tahun Ajaran 2022/2023 di SMKN 5 Mataram diperoleh bentuk matriks bertetangga dengan ukuran 195×195 , dengan memiliki derajat maksimum dan minimum secara berturut-turut yaitu 4 dan 0 derajat. Banyak simpul yang berderajat 4 sampai 0 secara berturut-turut adalah 10, 40, 84, 46 dan 15 simpul. Jumlah simpul yang tidak bertetangga dengan simpul manapun sebanyak 15 simpul dengan masing-masing berderajat 0. Hal ini juga

menggambarkan bahwa guru pengampu dari ke-15 slot mata pelajaran tersebut tidak mengampu slot mata pelajaran yang lain, artinya terdapat 15 guru yang hanya mengampu satu mata pelajaran saja. Hasil matriks bertetangga tersebut akan dilanjutkan untuk menyusun jadwal KBM dengan menerapkan konsep pewarnaan graf menggunakan langkah-langkah algoritma *Welch-Powell* dan bantuan bahasa pemrograman *VBA Macro Excel*.

Penyusunan jadwal KBM di SMKN 5 Mataram ini diselesaikan menggunakan konsep pewarnaan graf menggunakan langkah-langkah algoritma *Welch-Powell* dengan bantuan bahasa pemrograman *VBA Macro Excel*. Hasil Pewarnaan graf yang diperoleh sebanyak 5 warna, artinya terdapat 5 warna yang dapat diberikan pewarnaan pada 195 slot mata pelajaran tersebut. Banyak warna yang dihasilkan pada pewarnaan graf tersebut sebanyak 5 warna dan sekaligus menjadi batas atas pewarnaannya, sedangkan jumlah pelajaran yang paling banyak ditempatkan dalam sehari pada slot waktu yang tersedia di SMKN 5 Mataram sebanyak 5 mata pelajaran. Hal ini berarti bahwa penjadwalan

KBM di SMKN SMKN 5 Mataram dapat dilakukan tanpa tumpang-tindih, karena banyak warna yang diperoleh sama dengan jumlah pelajaran yang paling banyak ditempatkan dalam sehari pada slot waktu yang tersedia di SMKN 5 Mataram. Oleh karena itu, kondisi jumlah guru maupun fasilitas ruangan di SMKN 5 Mataram masih memungkinkan untuk dibuatkan jadwal KBM tanpa adanya jadwal yang saling tumpang tindih. Dengan demikian, dapat disimpulkan penyebab kesalahan penjadwalan di SMKN 5 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.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, H. R. (2021). Pengantar Metodologi Penelitian (Edisi Pertama). Yogyakarta: SUKA-Press UIN Sunan Kalijaga.
- Amrullah. (2011). Aplikasi Graf Pohon Algoritma Huffman. Pijar MIPA, 6(1), 24–28. <https://doi.org/10.29303/jpm.v6i1.122>
- Ardiansyah, Efendi, F. S., Syaifullah, Pinto, M., Pujiyanto, & Tempake, H. S. (2010). Implementasi Algoritma Greedy untuk Melakukan Graph Coloring: Studi Kasus Peta Provinsi Jawa Timur. Jurnal Informatika, 4(2), 440–448.
- Ermanto, Y. V., & Riti, Y. F. (2022). Perbandingan Implementasi Algoritma *Welch-Powell* dan Recursive Largest First dalam Penjadwalan Mata Kuliah. Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Bisnis, 4(1), 204–212. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v4i1.402>.
- Hasanah, L. G., Sripatmi, Amrullah, & 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.
- Jubilee, E. (2020). Langkah demi Langkah Menguasai VBA MS Excel (Edisi Pertama). Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Kemendikbud. (2016). Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) *Online*. Diakses 10 Oktober 2022.
- Monangga, D., & Nataliani, Y. (2013). Matematika Diskrit (Edisi Pertama). Jakarta: Prenadamedia Group.
- Munir, R. (2003). Matematika Diskrit (Edisi Kedua). Bandung: Informatika Bandung.
- Nasir, A. M., Faisal, & Setyawan, D. (2022). Optimalisasi Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Teori Pewarnaan Graf. Jurnal

Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika (PROXIMAL), 5(1), 57–69. <https://doi.org/10.30605/proximal.v5i1.1398>.

Niarma, Pramono, B., & Tajidun, L. (2018). Aplikasi Penjadwalan Menggunakan Algoritma *Welch-Powell* (Studi Kasus: SMA Muhammadiyah Kendari). *SemanTIK*, 4(1), 1–6.

Sari, S. N., Kaban, R., Khaliq, A., & Andari, A. (2022). Sistem Penjadwalan Mata Pelajaran Sekolah Menggunakan Metode Hybrid Artificial Bee Colony (HABC). *Jurnal Nasional Teknologi Komputer (JNASTEK)*, 2(1), 20–32.

Siang, J. J. (2009). *Matematika Diskrit dan Aplikasinya pada Ilmu Komputer (Edisi Keempat)*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.

Wahyuningrum, T., & Usada, E. (2019). *Matematika Diskrit dan Penerapannya dalam Dunia Informasi (Edisi Pertama)*. Yogyakarta: Deepublish.