



PENERAPAN PEWARNAAN GRAF PADA PENJADWALAN UJIAN TAHFIDZ MENGGUNAKAN ALGORITMA WELCH POWELL

Finata Rastic Andrari¹, Maimunah², Nurmala Dewi Qadarsih³

^{1,2,3}Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Indraprasta PGRI

email korespondensi : fina.rastic@gmail.com

Diterima : (31-05-2023), *Revisi*: (08-06-2023), *Diterbitkan* : (25-06-2023)

ABSTRAK

Studi kasus pada penelitian ini adalah terapan pewarnaan graf dalam penjadwalan ujian Tahfidz pada SDIT Al Amanah Jakarta Utara menggunakan algoritma Welch Powell. Permasalahan yang sering terjadi dalam penyusunan jadwal ujian adalah terjadi bentrok antar guru penguji dan kelas yang diampu. Implementasi graf pada penelitian ini yaitu kelas diasumsikan sebagai simpul, sedangkan sisi yang menghubungkan dua simpul menyatakan dua kelas yang diampu oleh guru penguji yang sama. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa algoritma Welch Powell dapat diterapkan untuk menyusun jadwal ujian praktik Tahfidz di SDIT AL Amanah dengan jumlah sesi minimum yang dibutuhkan sebanyak 6 sesi. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem penjadwalan ujian praktik Tahfidz dengan algoritma Welch Powell berhasil menghasilkan jadwal tanpa adanya tumpang tindih waktu pelaksanaan.

Kata kunci: graf, pewarnaan graf, penjadwalan, algoritma Welch Powell

ABSTRACT

The case study in this research is the application of graph coloring in scheduling Tahfidz exams at SDIT Al Amanah in North Jakarta using the Welch Powell algorithm. The problem frequently encountered in exam scheduling is conflicts between examiners and the classes they teach. The implementation of the graph in this study assumes that classes are nodes, while edges connecting two nodes represent two classes taught by the same examiner. The results obtained indicate that the Welch Powell algorithm can be applied to schedule practical Tahfidz exams at SDIT AL Amanah with a minimum required number of 6 sessions. The implementation results demonstrate that the scheduling system for practical Tahfidz exams using the Welch Powell algorithm successfully generates a schedule without any overlapping in the execution time.

Key words: graph, coloring graph, scheduling, Welch Powell algorithm

Pendahuluan

Graf menjadi salah satu representasi matematika yang menjadi solusi dalam permasalahan tertentu. Pewarnaan graf merupakan ilmu terapan yang dapat digunakan dalam menyelesaikan masalah seperti pengaturan lampu lalu lintas (Meiliana & Maryono, 2014), penjadwalan mata pelajaran (Handayani et al., 2016), atau penjadwalan ujian (Mahmudah & Irawati, 2018). Terdapat tiga macam pewarnaan graf yaitu pewarnaan simpul, pewarnaan sisi, dan pewarnaan wilayah (Ammar, 2019). Penerapan pewarnaan simpul graf dalam bidang pendidikan salah satunya adalah penjadwalan kegiatan pembelajaran dan penjadwalan ujian.

Penjadwalan merupakan fungsi pengambilan keputusan yang berkaitan dengan mendefinisikan suatu proses yang dijadwalkan (Sa'adah et al., 2023). Penjadwalan merupakan kegiatan penting dalam proses akademik di sekolah maupun perguruan tinggi pada setiap semester, baik dalam penjadwalan kegiatan pembelajaran maupun penjadwalan ujian. Penjadwalan bertujuan untuk mengoptimalkan pengalokasian sumber daya yang sesuai dengan bidang ilmu dan kesediaan waktu yang dimiliki (Rusdiana & Maulani, 2019).

Salah satu kendala yang dihadapi terkait penjadwalan adalah terjadinya tumpang tindih guru yang mengajar pada kelas tertentu. Hal tersebut terjadi juga pada penjadwalan di SDIT Al Amanah Jakarta Utara. Penyusunan jadwal termasuk penjadwalan ujian praktik Tahsin pada sekolah ini masih dilakukan secara manual. Selain kurang efisien dalam waktu penyusunan jadwal, penjadwalan secara manual sangat memungkinkan terjadinya *human error* yang mengakibatkan jadwal yang tumpang tindih. Seringkali jadwal yang tumpang tindih tersebut baru diketahui setelah diumumkan kepada guru dan siswa yang mengakibatkan proses pembelajaran terhambat. Oleh karena itu diperlukan suatu teknik yang efektif untuk menyusun jadwal yang optimal guna menghindari kendala tersebut. Salah satu teknik yang dapat diterapkan pada permasalahan ini adalah Algoritma Welch Powell. Dengan algoritma ini, penyusunan jadwal melalui penerapan teori pewarnaan graf akan menghasilkan jadwal yang lebih jelas dan terstruktur, karena dapat diketahui subjek (mata kuliah) yang dapat dijadwalkan secara bersamaan dan jumlah sesi minimal yang diperlukan (Nasir et al., 2022).

Algoritma Welch Powell adalah teknik pewarnaan simpul dalam graf dengan cara mengurutkan semua simpul berdasarkan derajatnya, mulai dari yang terbesar

hingga yang terkecil (Maro & Purab, 2021). Kemudian dari pewarnaan tersebut akan diperoleh bilangan kromatik, yaitu jumlah warna minimum yang dapat digunakan untuk pewarnaan simpul (Wicaksono & Kartono, 2020). Algoritma ini memungkinkan terbentuknya jadwal yang optimal terhindar dari tumpang tindih antara waktu, kelas, dan guru yang menguji.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa teknik pewarnaan graf dapat menyelesaikan masalah penjadwalan, seperti pada kasus penjadwalan mengajar dosen Pendidikan Matematika Universitas Nurul Jadid (Farisi et al., 2021), penjadwalan ujian Pendidikan Matematika Universitas Jember (Mahmudah & Irawati, 2018), penjadwalan asisten STMIK Amikom Purwokerto (Mahardika & Marcos, 2017), penjadwalan piket OSIS SMP Negeri 2 Kemranjen (Muflikhudin, 2020), serta penjadwalan bimbingan mahasiswa (Bustan & Salim, 2019). Berdasarkan penjelasan tersebut, pada penelitian ini dilakukan penjadwalan ujian praktik mata pelajaran Tahfidz pada SDIT Al Amanah Jakarta Utara guna menyelesaikan permasalahan jadwal yang tumpang tindih dengan merepresentasikan simpul graf sebagai kelas dan sisi yang menghubungkan dua simpul sebagai kelas yang diuji oleh guru yang sama.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur dengan mengumpulkan informasi terkait teori pewarnaan graf dari buku dan jurnal. Kemudian dengan teori yang sudah ada diterapkan pewarnaan simpul pada penjadwalan ujian Tahfidz di SDIT Al Amanah Jakarta Utara menggunakan algoritma Welch Powell. Langkah penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengumpulkan data dari sekolah berupa data guru dan jumlah kelas. Data kelas dan guru penguji dapat dilihat pada Tabel 1, yaitu terdapat 18 kelompok kelas dan 8 orang guru penguji, dengan total 9 sesi pelaksanaan. Setiap kelompok kelas diuji oleh 2 orang guru. Pada rancangan jadwal pada Tabel 1 ini terdapat jadwal yang tumpang tindih, contohnya jadwal pada hari Selasa sesi 2 dengan guru penguji Haryanto, S.H.I., mendapat jadwal pada waktu yang sama di kelas yang berbeda yaitu di kelas 3A dan kelas 3B.

Tabel 1. Rancangan Jadwal Ujian Praktik Tahfidz SDIT Al Amanah

No	Kelas	Guru Penguji 1	Guru Penguji 2	Hari Pelaksanaan	Waktu
1.	1A	M. Asep, Lc	Eming S., S.Ag	Senin	Sesi 1
2.	1B	Budi S., S.Pd.I	Aris Alfiansyah, S.Q	Senin	
3.	1C	Trisna Latifah, S.Ag	Haryanto, S.H.I	Senin	Sesi 2
4.	2A	Fahmi Irfan, S.TP	Trisna Latifah, S.Ag	Senin	
5.	2B	Sidik Abdul, S.Pd	Fahmi Irfan, S.TP	Selasa	Sesi 1
6.	2C	Budi S., S.Pd.I	Eming S., S.Ag	Selasa	
7.	3A	Haryanto, S.H.I	Aris Alfiansyah, S.Q	Selasa	Sesi 2
8.	3B	Trisna Latifah, S.Ag	Haryanto, S.H.I	Selasa	
9.	3C	Budi S., S.Pd.I	Eming S., S.Ag	Rabu	Sesi 1
10.	4A	Fahmi Irfan, S.TP	Trisna Latifah, S.Ag	Rabu	
11.	4B	M. Asep, Lc	Haryanto, S.H.I	Rabu	Sesi 2
12.	4C	Aris Alfiansyah, S.Q	Eming S., S.Ag	Rabu	
13.	5A	Sidik Abdul, S.Pd	Fahmi Irfan, S.TP	Kamis	Sesi 1
14.	5B	Fahmi Irfan, S.TP	Aris Alfiansyah, S.Q	Kamis	
15.	5C	M. Asep, Lc	Haryanto, S.H.I	Kamis	Sesi 2
16.	6A	Budi S., S.Pd.I	Trisna Latifah, S.Ag	Kamis	
17.	6B	Fahmi Irfan, S.TP	Eming S., S.Ag	Jumat	Sesi 1
18.	6B	Haryanto, S.H.I	Aris Alfiansyah, S.Q	Jumat	

Selanjutnya dari data yang diperoleh, ditentukan variabel yang terlibat, kemudian data direpresentasikan dalam bentuk graf. Dalam hal ini simpul merepresentasikan kelas, sedangkan simpul yang bertetangga merupakan representasi dari kelas yang diuji oleh guru yang sama. Setelah graf terbentuk, dengan algoritma Welch Powell akan dilakukan pewarnaan graf dengan warna minimum, kemudian hasil implementasi tersebut dijadikan acuan dalam penyusunan jadwal. Tujuan dari pewarnaan simpul adalah mendapatkan nilai banyaknya warna minimum yang digunakan dalam pewarnaan graf, nilai tersebut disebut bilangan kromatik. Nilai bilangan kromatik yang dihasilkan merupakan representasi jumlah sesi minimum yang dibutuhkan untuk penyusunan jadwal yang tidak tumpang tindih.

Langkah-langkah dalam pewarnaan simpul graf menggunakan algoritma Welch Powell adalah sebagai berikut (Munir, 2016):

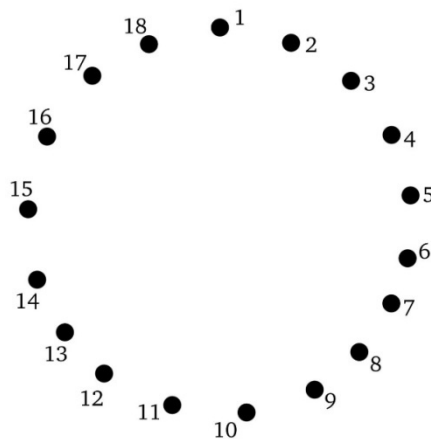
1. Urutkan simpul-simpul dari graf G dalam urutan derajat menurun. Jika beberapa simpul memiliki derajat yang sama, memungkinkan tidak tunggalnya urutan tersebut.

- Gunakan satu warna tertentu untuk mewarnai simpul pertama. Secara berurutan, setiap simpul yang tidak bertetangga dengan simpul sebelumnya diwarnai dengan warna yang sama.
- Ulangi langkah ke 2 untuk semua simpul dengan urutan tertinggi yang belum diwarnai.
- Ulangi langkah 3 hingga semua simpul dalam graf terwarnai.
- Jumlah warna minimum yang digunakan disebut bilangan kromatik.

Hasil dan Pembahasan

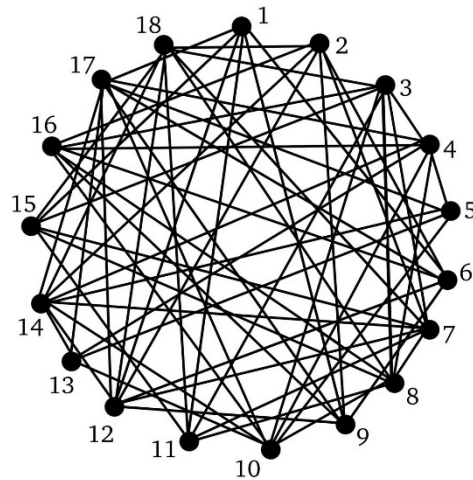
Pada penelitian ini terlebih dahulu dilakukan penentuan kelas dan guru pengujian Tahfidz. Terdapat total 18 kelas seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Langkah selanjutnya adalah merepresentasikan data yang diperoleh dalam bentuk graf. Dalam kasus ini, simpul merepresentasikan kelas dengan pelabelan sesuai Tabel 1, yaitu 1 hingga 18. Tidak terdapat suatu aturan khusus dalam peletakan simpul dalam graf.

Pada Gambar 1., simpul diletakkan melingkar sesuai urutan penomoran. Jika dua kelas memiliki guru pengujian yang sama, dapat dikatakan kelas tersebut terhubung. Akibatnya kedua simpul dapat dihubungkan dengan sebuah garis (sisi).



Gambar 1. Representasi kelas yang dinotasikan sebagai simpul graf

Hasil representasi graf ditunjukkan pada Gambar 2. Graf pada Gambar 2. selanjutnya digunakan pada analisis penentuan derajat setiap simpul dan pewarnaan simpul.



Gambar 2. Representasi kelas yang terhubung berdasarkan Tabel 1

Berdasarkan hasil representasi graf yang ditunjukkan pada Gambar 2, dilakukan analisis simpul graf yang terhubung dengan melakukan perhitungan derajat pada masing-masing simpul. Kemudian simpul diurutkan dari derajat yang terbesar hingga derajat terkecil. Derajat suatu simpul dalam graf adalah jumlah sisi yang bersisian pada simpul tersebut (Munir, 2016). Dalam hal ini jumlah sisi yang bersisian pada simpul adalah banyaknya simpul lain yang terhubung oleh simpul tersebut (diuji oleh guru yang sama). Jumlah derajat pada setiap simpul graf ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah derajat setiap simpul.

Simpul	Simpul Terhubung	Derajat
1	6, 9, 11, 12, 15, 17	6
2	6, 7, 9, 12, 14, 16, 18	7
3	4, 7, 8, 10, 11, 15, 16, 18	8
4	3, 5, 8, 10, 13, 14, 16, 17	8
5	4, 10, 13, 14, 17	5
6	1, 2, 9, 12, 16, 17	6
7	2, 3, 8, 11, 12, 14, 15, 18	8
8	3, 4, 7, 10, 11, 15, 16, 18	8
9	1, 2, 6, 12, 16, 17	6
10	3, 4, 5, 8, 13, 14, 16, 17	8
11	1, 3, 7, 8, 15, 18	6
12	1, 2, 6, 7, 9, 14, 17, 18	8
13	4, 5, 10, 14, 17	5
14	2, 4, 5, 7, 10, 12, 13, 17, 18	9

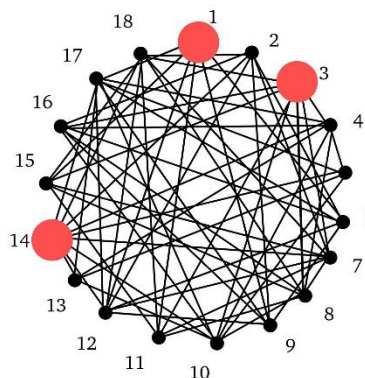
Simpul	Simpul Terhubung	Derajat
15	1, 3, 7, 8, 11, 18	6
16	2, 3, 4, 6, 8, 9, 10	7
17	1, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 13, 14	9
18	2, 3, 7, 8, 11, 12, 14, 15	8

Selanjutnya dilakukan pewarnaan simpul dimulai dari simpul berderajat tertinggi sedemikian sehingga setiap simpul yang terhubung memiliki warna yang berbeda. Urutan simpul berdasarkan derajat terbesar ke terkecil diperlihatkan pada Tabel 3. Setelah semua simpul terurut berdasarkan derajat, dilakukan pemberian warna pertama pada simpul tertinggi yaitu simpul 14.

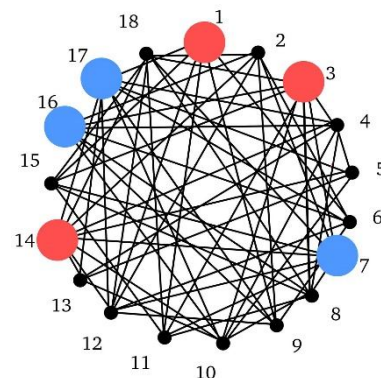
Tabel 3. Derajat simpul berdasarkan urutan

Simpul	14	17	3	4	7	8	10	12	18	2	16	1	6	9	11	15	5	13
Derajat	9	9	8	8	8	8	8	8	8	7	7	6	6	6	6	6	5	5

Pemberian warna pertama dimulai dengan mewarnai simpul berderajat tertinggi, yaitu simpul 14, dengan warna merah. Selanjutnya diberikan warna merah juga pada simpul lain yang tidak terhubung dengan simpul 14. Simpul-simpul tersebut adalah simpul 1 dan simpul 3. Gambaran pewarnaan pertama dapat dilihat pada Gambar 3.

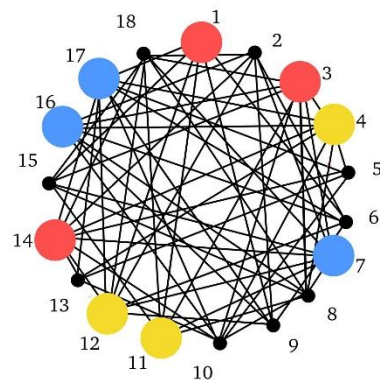


Gambar 3. Pewarnaan pertama

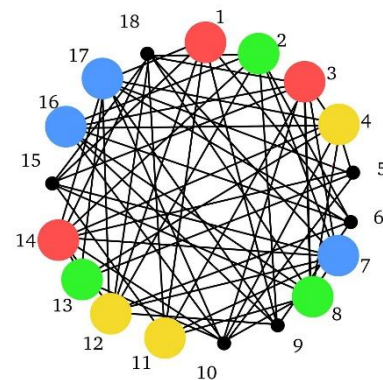


Gambar 4. Pewarnaan kedua

Selanjutnya pemberian warna kedua dalam graf (misalnya menggunakan warna biru) ditunjukkan pada Gambar 4. Simpul dengan derajat tertinggi berikutnya adalah simpul 17. Simpul 17 beserta simpul-simpul lainnya yang saling tidak terhubung diberikan warna biru. Beberapa simpul yang bewarna biru antara lain simpul 7, simpul 16, dan simpul 17.

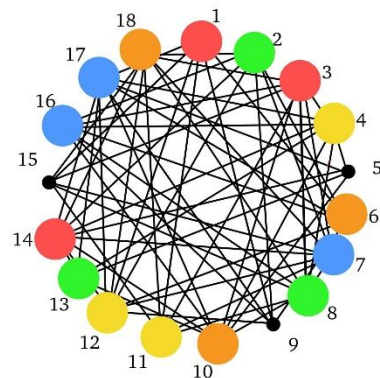


Gambar 5. Pewarnaan ketiga

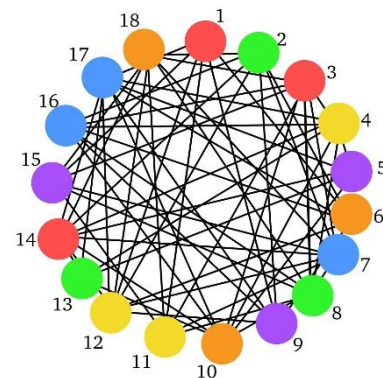


Gambar 6. Pewarnaan keempat

Gambar 5 menunjukkan pewarnaan ketiga pada graf. Simpul 4 merupakan simpul dengan derajat tertinggi berikutnya, sehingga simpul 4 diberi warna ketiga (kuning). Simpul yang tidak terhubung dengan simpul 4, yaitu simpul 12 dan simpul 13 juga diwarnai dengan warna yang sama yaitu kuning. Pada pewarnaan keempat, misalnya menggunakan warna hijau (Gambar 6), simpul yang diwarnai dengan warna hijau adalah simpul 8. Kemudian simpul yang tidak saling terhubung dengan simpul 8, yaitu simpul 2 dan simpul 13, juga diwarnai dengan warna hijau.



Gambar 7. Pewarnaan kelima



Gambar 8. Pewarnaan keenam

Setelah pewarnaan keempat, tersisa beberapa simpul yang belum diwarnai. Untuk itu dilanjutkan pewarnaan kelima (misalnya menggunakan warna jingga). Simpul dengan derajat tertinggi berikutnya adalah simpul 10 sesuai urutan simpul pada Tabel 3. Simpul lain yang tidak terhubung dengan simpul 10 adalah simpul 6, simpul 9, simpul 15, dan simpul 18. Namun akan terjadi kesalahan ketika semua simpul tersebut diberi warna yang sama, karena diantara simpul tersebut ada yang saling terhubung yaitu simpul 6 dengan simpul 9 dan simpul 15 dan simpul 18.

Akibatnya simpul yang tidak terhubung dengan simpul 10 dan dapat diwarnai dengan warna jingga adalah simpul 18 dan simpul 6. Pewarnaan kelima dapat dilihat pada Gambar 7. Selanjutnya tersisa simpul 5, simpul 9 dan simpul 15 yang belum diwarnai. Ketiga simpul tersebut tidak saling terhubung, sehingga dapat memiliki warna yang sama. Pewarnaan keenam menggunakan warna ungu dan dapat dilihat pada Gambar 8.

Setelah semua simpul diwarnai, dapat dikatakan bahwa tahap pewarnaan telah berhasil diselesaikan. Selanjutnya diperoleh nilai bilangan kromatik sebesar 6 pada graf tersebut. Adapun tahap pengelompokan simpul berdasarkan warna dilakukan seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Daftar simpul berdasarkan warna

Warna	Simpul	Kelas
Merah	1, 3, 14	1A, 1C, 5B
Biru	7, 16, 17	3A, 6A, 6B
Kuning	4, 11, 12	2A, 4B, 4C
Hijau	2, 8, 13	1B, 3B, 5A
Jingga	6, 10, 18	2C, 4A, 6B
Ungu	5, 9, 15	2B, 3C, 5C

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui ada 6 kelompok berdasarkan warna yang dihasilkan. Warna yang sama menunjukkan bahwa kelas tersebut dapat dijadwalkan pada sesi waktu yang sama, sehingga diperlukan minimal 6 sesi untuk penjadwalan ujian Tahfidz SDIT Al Amanah.

Contoh penyusunan jadwal ujian Tahfidz dapat dilihat pada Tabel 5. Dalam hal ini tidak ada ketentuan pembatasan jumlah ruangan yang digunakan, sehingga pada satu sesi penjadwalan bisa dilaksanakan ujian praktik Tahfidz maksimal 3 kelas pada sesi yang sama. Pada contoh penjadwalan Tabel 5, kelompok merah dijadwalkan hari Senin sesi pertama dan kelompok biru hari Senin sesi kedua. Kelompok kuning dan hijau dijadwalkan hari Selasa, dengan kelompok kuning pada sesi pertama dan kelompok hijau pada sesi kedua. Kemudian pada Rabu sesi 1 diisi oleh kelompok jingga dan dilanjutkan kelompok ungu pada sesi kedua. Pada contoh jadwal pada Tabel 5, ujian dilaksanakan hari Senin hingga Rabu.

Tabel 5. Contoh Penyusunan Jadwal Berdasarkan Warna

Hari	Sesi	Kelas	Guru Penguji 1	Guru Penguji 2
Senin	1	1A	M. Asep, Lc	Eming S., S.Ag
		1C	Trisna Latifah, S.Ag	Haryanto, S.H.I
		5B	Fahmi Irfan, S.TP	Aris Alfiansyah, S.Q
	2	3A	Haryanto, S.H.I	Aris Alfiansyah, S.Q
		6A	Budi S., S.Pd.I	Trisna Latifah, S.Ag
		6B	Fahmi Irfan, S.TP	Eming S., S.Ag
Selasa	1	2A	Fahmi Irfan, S.TP	Trisna Latifah, S.Ag
		4B	M. Asep, Lc	Haryanto, S.H.I
		4C	Aris Alfiansyah, S.Q	Eming S., S.Ag
	2	1B	Budi S., S.Pd.I	Aris Alfiansyah, S.Q
		3B	Trisna Latifah, S.Ag	Haryanto, S.H.I
		5A	Sidik Abdul, S.Pd	Fahmi Irfan, S.TP
Rabu	1	2C	Budi S., S.Pd.I	Eming S., S.Ag
		4A	Fahmi Irfan, S.TP	Trisna Latifah, S.Ag
		6B	Haryanto, S.H.I	Aris Alfiansyah, S.Q
	2	2B	Sidik Abdul, S.Pd	Fahmi Irfan, S.TP
		3C	Budi S., S.Pd.I	Eming S., S.Ag
		5C	M. Asep, Lc	Haryanto, S.H.I

Dengan penyusunan jadwal berdasarkan hasil algoritma Welch Powell, tidak ditemukan jadwal yang tumpang tindih. Selain itu dapat diketahui jumlah sesi minimum yang dibutuhkan dalam penyusunan jadwal.

Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dan implementasi, dapat disimpulkan bahwa teknik pewarnaan simpul graf dengan menggunakan algoritma Welch Powell dapat diterapkan untuk menyusun jadwal ujian praktik Tahfidz di SDIT Al Amanah dan membutuhkan minimal 6 sesi. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem penjadwalan ujian praktik Tahfidz dengan algoritma Welch Powell dapat dilakukan tanpa adanya tumpang tindih waktu pelaksanaan.

Daftar Pustaka

Ammar, M. (2019). Implementasi Algoritma Sequential dan Welch Powell pada Pewarnaan Graf (Studi Kasus Pewarnaan Peta Kota Makassar). *Jurnal Varian*,

3(1), 28–35.

- Bustan, A. W., & Salim, M. R. (2019). Penerapan Pewarnaan Graf Menggunakan Algoritma Welch Powell untuk Menentukan Jadwal Bimbingan Mahasiswa. *Jurnal THEOREMS: The Original Research of Mathematics*, 4(1), 79–86.
- Farisi, O. I. R., Maysyaroh, S., & Dewi, E. F. (2021). Penerapan Pewarnaan Graf pada Penjadwalan Mengajar Dosen Pendidikan Matematika Universitas Nurul Jadid. *Jurnal Matematika*, 11(1), 10–19.
- Handayani, D., Rosely, E., & Mayadewi, R. P. (2016). Penerapan Algoritma Welch Powell dengan Pewarnaan Graph pada Penjadwalan Mata Pelajaran SMA. *Seminar Nasional Sistem Informasi Indonesia*, 1–6.
- Mahardika, F., & Marcos, H. (2017). Penerapan Algoritma Graf Welch Powell pada Penjadwalan Mata Kuliah dan Jadwal Asisten Studi Kasus Forum Asisten STMIK Amikom Purwokerto. *Jurnal SIMETRIS*, 8(2), 825–832.
- Mahmudah, M., & Irawati, T. N. (2018). Aplikasi Pewarnaan Graf terhadap Pembuatan Jadwal Ujian Semester di Jurusan Pendidikan Matematika Universitas Jember. *Kadikma*, 9(2), 12–21.
- 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.
- Meiliana, C. H., & Maryono, D. (2014). Aplikasi Pewarnaan Graf untuk Optimalisasi Traffic Light di Sukoharjo. *JIPTEK*, VII(1), 25–34.
- Muflikhudin, B. (2020). Teknik Pewarnaan Graf pada Penjadwalan Piket OSIS dengan Algoritma Welch Powell pada SMP Negeri 2 Kemranjen. *Fusioma: Fundamental Scientific Journal of Mathematics*, 1(2), 8–13.
- Munir, R. (2016). *Matematika Diskrit* (6th ed., Vol. 1). Informatika Bandung.
- Nasir, A. M., Faisal, & Setyawan, D. (2022). Optimalisasi Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Teori Pewarnaan Graf. *PROXIMAL: Jurnal Penelitian Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 5(1), 57–69.
- Rusdiana, Y., & Maulani, A. (2019). Algoritma Welch Powell Untuk Pewarnaan Graf pada Penjadwalan Perkuliahan. *Science and Physics Education Journal (SPEJ)*, 3(1), 37–47. <https://doi.org/10.31539/spej.v3i1.915>
- Sa'adah, T. N., Fathoni, M. I. A., & Sari, A. C. (2023). Pewarnaan Graf pada Penjad-

walan UAS Program Studi Matematika UNIGIRI Menggunakan Algoritma Welch Powell. *PROXIMAL Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika*, 6(1), 14–24.

Wicaksono, P. S., & Kartono. (2020). Analisis Penjadwalan Mata Pelajaran Menggunakan Algoritma Welch Powell. *Prismatika: Jurnal Pendidikan dan Riset Matematika*, 3(1), 1–21.