



Penerapan Pewarnaan Graf Pada Penjadwalan Mata Kuliah Program Studi Matematika UIN Imam Bonjol Padang

Novita Hasanah¹, Raudhatul Jannah²,

Mohamad Syafi'i [✉] ³, Lilis Harianti Hasibuan⁴

^{1,2,3,4} (Program Studi Matematika, UIN Imam Bonjol Padang, Indonesia)

email: novitahasanah92@gmail.com¹, ara270719@gmail.com²,

mohamadsyafii@uinib.ac.id³, lilisharianti@uinib.ac.id⁴

Received 18 Juli 2022,

Accepted 24 Agustus 2022,

Published 30 September 2022

Abstrak

Graf merupakan struktur diskrit yang terdiri dari simpul-simpul (*vertices*) dan sisi-sisi (*edges*) yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. Salah satu pembahasan dalam teori graf adalah Pewarnaan graf. Pada penelitian ini pewarnaan graf akan diterapkan dalam pembuatan jadwal matakuliah program studi Matematika UIN Imam Bonjol Padang dengan memisalkan matakuliah sebagai titik dan dosen Pengampu sebagai sisi. Salah satu manfaat dengan menerapkan Pewarnaan graf dalam penjadwalan mata kuliah adalah memudahkan pengaturan penjadwalan. Algoritma pewarnaan graf yang digunakan adalah Algoritma *Welsh Powell*. Berdasarkan penerapan pewarnaan graf dengan Algoritma *Welsh Powell* diperoleh jadwal mengajar dosen sesuai dengan SKS, waktu dan ruang kelas yang diberikan.

Kata Kunci: Graf, Pewarnaan Graf, *Welsh Powell*, Jadwal Mata Kuliah

Abstract

A graph is a discrete structure consisting of vertices and edges connecting these vertices. One of the discussions in graph theory is graph coloring. In this research, graph coloring will be applied in making the schedule for the Mathematics study program at UIN Imam Bonjol Padang by assuming the subject as a vertex and the lecturer as an edge. One of the benefits of applying graph coloring in scheduling makes scheduling arrangements easier. The graph coloring algorithm use the *Welsh Powell* Algorithm. Based on the application of graph coloring with the *Welsh Powell* Algorithm obtained the lecturer's teaching schedule according to the SKS, time and classroom given.

Keywords: graph, coloring graph, *Welsh Powell*, class schedule

Corresponding author

PENDAHULUAN

Pengaturan jadwal mata kuliah merupakan hal yang penting karena berhubungan dengan mutu akademik lembaga. Penjadwalan mata kuliah di lembaga perguruan tinggi biasanya dilakukan disetiap pergantian semester. Dalam pembuatannya tentunya membutuhkan waktu serta ketelitian. Selain itu, dalam pembuatan jadwal mata kuliah juga harus memenuhi aturan penjadwalan untuk menghindari terjadinya beberapa masalah seperti adanya jadwal dosen yang mengampu mata kuliah berbeda dalam waktu bersamaan atau tidak tersedianya ruang kelas untuk perkuliahan tertentu [1]. Penyusunan jadwal mata kuliah tentunya diperlukan tenaga dan pemikiran untuk dapat memetakan sejumlah komponen penjadwalan sebelum dimasukkan ke dalam sistem [2].

Graf G merupakan pasangan himpunan (V, E) dengan V adalah himpunan tidak kosong dan berhingga dari objek-objek yang disebut dengan titik dan E adalah himpunan (mungkin kosong) pasangan tak berurutan dari titik-titik yang berbeda di G yang disebut dengan sisi [3]. Beberapa terminology yang digunakan dalam graf diantaranya adalah dua buah simpul dikatakan bertetangga jika kedua simpul tersebut terhubung oleh suatu sisi[4], derajat suatu simpul menyatakan jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut[5] Salah satu pembahasan pada teori graf adalah pewarnaan graf. Pewarnaan graf merupakan suatu bentuk pelabelan graf, yaitu dengan memberi warna pada elemen graf yang akan dijadikan subjek dalam memahami *constraint* permasalahan. Terdapat tiga macam persoalan pewarnaan graf yaitu pewarnaan simpul, pewarnaan sisi, dan pewarnaan wilayah (*region*) [6]. Berdasarkan teori diatas peneliti akan menerapkan pewarnaan graf dalam menyusun jadwal mata kuliah program studi Matematika UIN Imam Bonjol, hal ini digunakan untuk lebih memudahkan dalam menyusun jadwal mata kuliah. Penerapan ini juga mengacu pada penelitian sebelumnya tentang penerapan pewarnaan graf dalam penyusunan jadwal mata kuliah atau jadwal ujian diantaranya penjadwalan mata kuliah menggunakan pewarnaan graf dengan algoritma *Largest First* [7], penerapan pewarnaan graf pada penjadwalan mengajar dosen pendidikan matematika Universitas Nurul Jadid [8], Penjadwalan kuliah dengan algoritma *Welsh Powell* (Studi Kasus: Jurusan Matematika F-MIPA UNAND) [9], implementasi algoritma *Welsh Powell* dalam pembuatan jadwal ujian akhir semester [10].

Pada penelitian ini pewarnaan graf yang digunakan dalam menyusun jadwal mata kuliah menggunakan algoritma *Welsh Powell*. Algoritma ini dipublikasikan pertama kali oleh Welsh dan Powell pada tahun 1967. Algoritma *Welsh-Powell* memiliki kesamaan dengan algoritma Greedy yaitu simpul-simpul graf haruslah diurutkan terlebih dahulu, biasanya berdasarkan derajatnya, yaitu dari derajat tertinggi sampai derajat terendah. Hanya ada 1 perbedaan langkah pada algoritma ini, yaitu pewarnaan simpul setelah simpul pertama [11]. Algoritma *Welsh Powell* mengurutkan simpul-simpul dari graf G dalam derajat yang menurun dan menggunakan satu warna untuk mewarnai simpul pertama yang mempunyai

derajat tertinggi dan simpul-simpul lain yang tidak bertetangga dengan simpul pertama. Langkah tersebut berulang dalam pewarnaan simpul lain [12]. Pewarnaan graf berhubungan dengan bilangan kromatik untuk menentukan minimal pewarnaan. Bilangan kromatik (*chromatic number*) dari graf G , dinyatakan dengan $\chi(G)$, adalah bilangan n terkecil sehingga G dapat diwarnai dengan n warna. Biasanya warna-warna yang digunakan untuk mewarnai suatu graf dinyatakan dengan $1, 2, 3, \dots, n$ dan memenuhi $\chi(G) \leq |V(G)|$ [13].

Berdasarkan latar belakang dan landasan teori di atas, maka tujuan penelitian ini adalah menyusun jadwal mata kuliah program studi matematika dengan pewarnaan graf menggunakan algoritma *Welsh Powell*.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2021/2022. Penelitian ini merupakan penelitian studi kasus. Studi kasus pada penelitian ini adalah penyusunan jadwal mata kuliah program studi Matematika UIN Imam Bonjol Padang Semester Genap tahun ajaran 2021/2022. Batasan masalah pada penelitian ini adalah ruangan yang digunakan perkuliahan terdapat 3 ruang kelas dan perkuliahan diselenggarakan hari Senin sampai Jum'at.

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data sebaran mengajar dosen program studi Matematika UIN Imam Bonjol Padang semester genap 2021/2022. Program studi Matematika saat ini baru memiliki tiga angkatan, dimana masing-masing menempuh semester II, IV, dan VI. Adapun sebaran mata kuliah ditunjukkan pada Tabel 1 dibawah ini

Tabel 1. Sebaran Mata Kuliah Program Studi Matematika Semester Genap Tahun Ajaran 2021/2022

No.	Nama Mata Kuliah	Semester	Kelas	SKS	Dosen Pengampu
1.	Pengantar Studi Hukum Islam	II	IIA	2	SylviaYani, S.Fil.I, MA.
2.	Pengantar Studi Hukum Islam	II	IIB	2	SylviaYani, S.Fil.I, MA.
3.	Teori Bilangan	II	IIB	4	Ilham Dangu Rianjaya, M.Si.
4.	Bahasa Inggris Matematika	II	IIA	2	Lilis Harianti Hasibuan, S.Pd.I, M.Si.
5.	Kalkulus Integral	II	IIA	4	Lilis Harianti Hasibuan, S.Pd.I, M.Si.
6.	Analisis Real	VI	VIA	3	Lilis Harianti Hasibuan, S.Pd.I, M.Si.
7.	KSM Terapan	VI	VIA	2	Lilis Harianti Hasibuan, S.Pd.I, M.Si.
8.	Statistika Inferensial	IV	IVA	4	Lilis Harianti Hasibuan, S.Pd.I, M.Si.
9.	Islam dan Budaya Minangkabau	II	IIA	2	Nurus Shalihin, M.Si., Ph.D
10.	Islam dan Budaya Minangkabau	II	IIB	2	Nurus Shalihin, M.Si., Ph.D

**Penerapan Pewarnaan Graf Pada Penjadwalan Mata Kuliah
Program Studi Matematika UIN Imam Bonjol Padang**

11.	Pengantar Studi Pemikiran Islam	II	IIA	2	Mufti Ulil Amri, MA.
12.	Pengantar Studi Pemikiran Islam	II	IIB	2	Mufti Ulil Amri, MA.
13.	Kalkulus Integral	II	IIB	4	Miftahul Jannah, M.Si.
14.	Peng. Apl. Komp. Mat.	IV	IVA	3	Miftahul Jannah, M.Si.
15.	Matematika Keuangan	VI	VIA	2	Miftahul Jannah, M.Si.
16.	Matematika Aktuaria	VI	VIA	3	Miftahul Jannah, M.Si.
17.	Kewarganegaraan	II	IIA	2	Ramadhan Hamzah, M.H.
18.	Kewarganegaraan	II	IIB	2	Ramadhan Hamzah, M.H.
19.	Aljabar Linier Elementer	II	IIB	4	Amalina, M.Si.
20.	Program Nonlinier	IV	IVA	3	Amalina, M.Si.
21.	Geometri Transformasi	IV	IVA	3	Amalina, M.Si.
22.	Pemodelan Matematika	VI	VIA	4	Amalina, M.Si.
23.	Fungsi Kompleks	VI	VIA	3	Amalina, M.Si.
24.	Pemrograman Komputer	IV	IVA	3	Syarto Musthofa, M.Sc.
25.	Bahasa Inggris Matematika	II	IIB	2	Syarto Musthofa, M.Sc.
26.	Aljabar Linier Elementer	II	IIA	4	Ezhari Asfa'ani, M.Sc.
27.	PDB	IV	IVA	4	Ezhari Asfa'ani, M.Sc.
28.	PDP	VI	VIA	2	Ezhari Asfa'ani, M.Sc.
29.	Teknik Sampling	IV	IVA	2	Darvi Mailisa Putri, M.Si.
30.	Teori Bilangan	II	IIA	4	Darvi Mailisa Putri, M.Si.
31.	Analisis Regresi	VI	VIA	3	Darvi Mailisa Putri, M.Si.
32.	Tafsir Sains	IV	IVA	2	Oktari Kanus, S.Th.I., M.Ag.
33.	Bahasa Arab Matematika	II	IIA	2	Afwan, MA.
34.	Bahasa Arab Matematika	II	IIB	2	Afwan, MA.

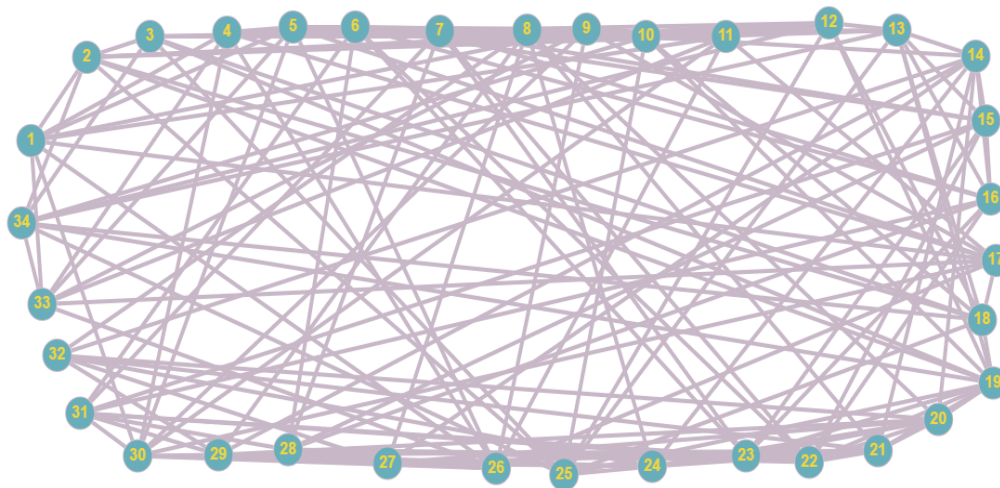
Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam memodelkan jadwal mata kuliah sesuai dengan data sebaran mata kuliah yang ditunjukkan pada tabel 1 adalah sebagai berikut:

1. Memodelkan data sebaran mata kuliah menjadi suatu graf dengan penomoran simpul sesuai dengan penomoran nama mata kuliah dalam tabel. Simpul mempresentasikan nama mata kuliah. Mata kuliah yang diampu oleh dosen yang sama dihubungkan dengan sisi, selain itu mata kuliah yang ditempuh di semester yang sama juga dihubungkan dengan sisi.
2. Menentukan derajat masing-masing simpul
3. Mewarnai simpul dengan menggunakan algoritma *Welsh Powell* dengan Langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Simpul diurutkan berdasarkan derajatnya yaitu dari derajat terbesar ke derajat terkecil.
 - b. Simpul dengan derajat terbesar diberikan sebuah warna

- c. Semua simpul yang tidak bertetangga dengan simpul yang telah diambil diberikan warna yang sama
 - d. Mengulangi Langkah b dan c yang dimulai dari simpul berderajat terbesar berikutnya yang belum diwarnai sampai seluruh simpul sudah diwarnai [14].
4. Menyusun Jadwal Mata Kuliah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama dalam penyusunan jadwal mata kuliah Program Studi Matematika semester genap tahun ajaran 2021/2022 adalah memodelkan data sebaran mata kuliah yang terdapat pada tabel menjadi suatu graf, dengan ketentuan penomoran simpul sesuai dengan penomoran sebaran mata kuliah. Model graf data sebaran mata kuliah dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut



Gambar 1. Graf Sebaran Mata Kuliah

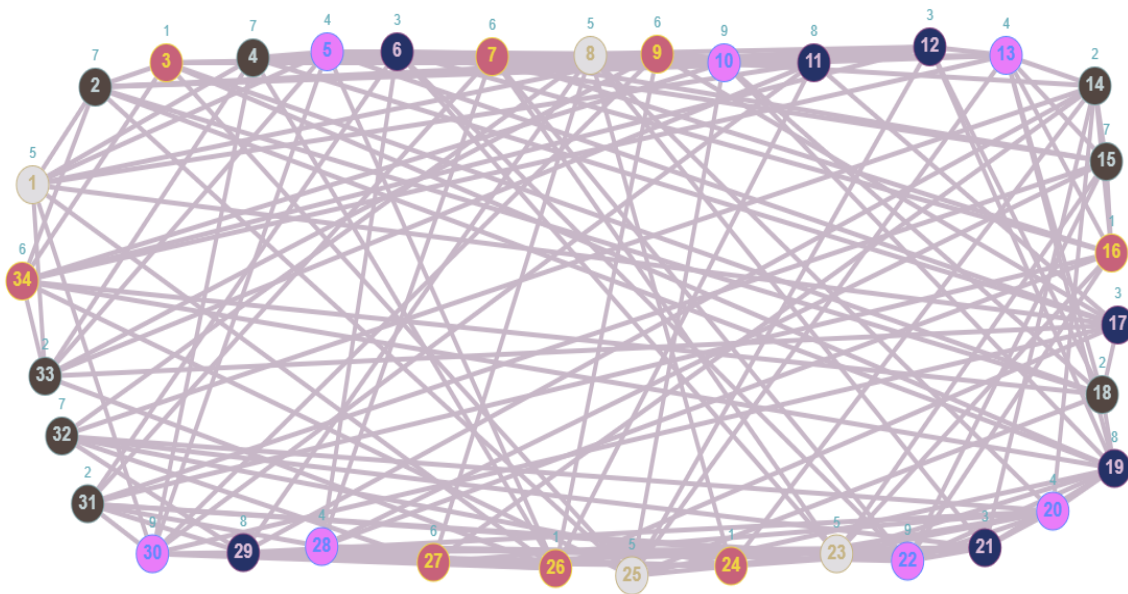
Pada Gambar 1 titik merupakan representasi dari mata kuliah, sedangkan sisi merupakan representasi dari mata kuliah yang diampu oleh dosen yang sama dan mata kuliah yang ditempuh disemester yang sama. Setelah dimodelkan dengan menggunakan graf, langkah selanjutnya adalah menentukan derajat dari masing-masing simpul. Derajat suatu simpul pada graf tak berarah adalah jumlah sisi yang *incident* dengan simpul tersebut. Sedangkan *indicident* merupakan untuk sembarang sisi $e = v_i v_j$, dikatakan *incident* dengan simpul v_i dan simpul v_j [15]. Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan derajat dari graf sebaran mata kuliah pada Gambar 1

Tabel 2. Derajat Simpul dari Graf Sebaran Mata Kuliah

Simpul	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Derajat	9	9	8	11	11	10	10	11	9	9	9	9	11	10
Simpul	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Derajat	9	9	9	9	12	10	10	10	10	8	9	10	9	9

Simpul	29	30	31	32	33	34
Derajat	9	9	9	7	8	9

Berdasarkan tabel 2 diperoleh derajat simpul terbesar adalah 11. Berdasarkan Gambar 1 diperoleh bilangan kromatik atau $\chi(G) = 9$, sehingga jumlah warna minimal yang digunakan adalah 9 warna. Dengan menggunakan algoritma *Welsh Powell* didapatkan pewarnaan graf sebaran mata kuliah seperti pada Gambar 2 di bawah ini



Gambar 2. Pewarnaan Graf Sebaran Mata Kuliah Menggunakan Algoritma *Welsh Powell*

Berdasarkan gambar 2 tentang pewarnaan graf sebaran mata kuliah, didapatkan kelompok sebaran mata kuliah sebagai berikut:

Tabel 3. Kelompok Pewarnaan Graf Sebaran Mata Kuliah

Warna	Simpul	Mata Kuliah	SKS	Smstr/Kls	Dosen Pengampu
1	3	Teori Bilangan	4	II/B	Ilham Dangu Rianjaya, M.Si.
	16	Matematika Aktuaria	3	VI/A	Miftahul Jannah, M.Si.
	24	Pemrograman Komputer	3	IV/A	Syarto Musthofa, M.Sc.
	26	Aljabar Linier Elementer	4	II/A	Ezhari Asfa'ani, M.Sc.
2	14	Peng. Apl. Komp. Mat.	3	IV/A	Miftahul Jannah, M.Si.
	18	Kewarganegaraan	2	II/B	Ramadhan Hamzah, M.H.
	31	Analisis Regresi	3	VI/A	Darvi Mailisa Putri, M.Si.
	33	Bahasa Arab Matematika	2	II/A	Afwan, MA.
3	6	Analisis Real	3	VI/A	Lilis Harianti Hasibuan, S.Pd.I, M.Si.
	12	Pengantar Studi	2	II/B	Mufti Ulil Amri, MA.

**Penerapan Pewarnaan Graf Pada Penjadwalan Mata Kuliah
Program Studi Matematika UIN Imam Bonjol Padang**

		Pemikiran Islam			
	17	Kewarganegaraan	2	II/A	Ramadhan Hamzah, M.H.
	21	Geometri Transformasi	3	IV/A	Amalina, M.Si.
4	5	Kalkulus Integral	4	II/A	Lilis Harianti Hasibuan, S.Pd.I, M.Si.
	13	Kalkulus Integral	4	II/B	Miftahul Jannah, M.Si.
	20	Program Nonlinier	3	IV/A	Amalina, M.Si.
	28	PDP	2	VI/A	Ezhari Asfa'ani, M.Sc.
5	1	Pengantar Studi Hukum Islam	2	II/A	SylviaYani, S.Fil.I, MA.
	8	Statistika Inferensial	4	IV/A	Lilis Harianti Hasibuan, S.Pd.I, M.Si.
	23	Fungsi Kompleks	3	VI/A	Amalina, M.Si.
	25	Bahasa Inggris Matematika	2	II/B	Syarто Musthofa, M.Sc.
6	7	KSM Terapan	2	VI/A	Lilis Harianti Hasibuan, S.Pd.I, M.Si.
	9	Islam dan Budaya Minangkabau	2	II/A	Nurus Shalihin, M.Si., Ph.D
	27	PDB	4	IV/A	Ezhari Asfa'ani, M.Sc.
	34	Bahasa Arab Matematika	2	II/B	Afwan, MA.
7	2	Pengantar Studi Hukum Islam	2	II/B	SylviaYani, S.Fil.I, MA.
	4	Bahasa Inggris Matematika	2	II/A	Lilis Harianti Hasibuan, S.Pd.I, M.Si.
	15	Matematika Keuangan	2	VI/A	Miftahul Jannah, M.Si.
	32	Tafsir Sains	2	IV/A	Oktari Kanus, S.Th.I., M.Ag.
8	11	Pengantar Studi Pemikiran Islam	2	II/A	Mufti Ulil Amri, MA.
	19	Aljabar Linier Elementer	4	II/B	Amalina, M.Si.
	29	Teknik Sampling	2	IV/A	Darvi Mailisa Putri, M.Si.
9	10	Islam dan Budaya Minangkabau	2	II/B	Nurus Shalihin, M.Si., Ph.D
	22	Pemodelan Matematika	4	VI/A	Amalina, M.Si.
	30	Teori Bilangan	4	II/A	Darvi Mailisa Putri, M.Si.

Berdasarkan tabel 3 tentang kelompok pewarnaan graf sebaran mata kuliah, maka didapatkan salah satu bentuk penyusunan jadwal sebagai berikut dengan batasan ruang kelas yang dijadikan perkuliahan terdapat 3 kelas

**Tabel 4. Salah Satu Model Penyusunan Jadwal Mata Kuliah
Program Studi Matematika UIN Imam Bonjol
Semester Genap Tahun Ajaran 2021/2022**

Hari	Jam	Ruang 1	Ruang 2	Ruang 3
Senin	07.30-08.20	Teori Bilangan (IIA) DMP	Analisis Real (VIA) LHH	Teori Bilangan (IIB) IDR
	08.20-09.10			
	09.10-10.00			
	10.00-10.50			

**Penerapan Pewarnaan Graf Pada Penjadwalan Mata Kuliah
Program Studi Matematika UIN Imam Bonjol Padang**

	Istirahat			
	13.00-13.50	Pemodelan Mat. (VIA) AML	Kewarganegaraan (IIA) RH	Pemro. Komp. (IVA) SM
	13.50-14.40			
	14.40-15.30			
15.30-16.20				
Selasa	07.30-08.20	Kalkulus Integral (IIA) LHH	PDB (IVA) EA	Aljabar Linier E. (IIB) AML
	08.20-09.10			
	09.10-10.00			
	10.00-10.50			
	Istirahat			
	13.00-13.50	PDP (VI A) EA	Islam Bdy Minangkabau (IIA) NS	Teknik Sampling (IVA) DMP
	13.50-14.40			
	14.40-15.30		Bhs Arab Mat (IIB) AFW	Peng.Std. Pem. Islam (IIA) MUA
15.30-16.20				
Rabu	07.30-08.20	Statistika Inf. (IVA) LHH	Kalkulus Int (IIB) MJ	Analisis Regresi (VIA) DMP
	08.20-09.10			
	09.10-10.00			
	10.00-10.50			
	Istirahat			
	13.00-13.50	Bhs. Ing. Mat (IIB) SM	Program Nonlinier (IVA) AML	Bhs Arab Mat (IIA) AFW
	13.50-14.40			
	14.40-15.30			
15.30-16.20				
Kamis	07.30-08.20	Aljabar Linier E. (IIA) EA	Matematika Keu (VIA) MJ	Geometri Trans. (IVA) AML
	08.20-09.10		Peg. Std. Hkm. Islam (IIB) SY	
	09.10-10.00			
	10.00-10.50			
	Istirahat			
	13.00-13.50	Matematika Aktuaria (VIA) MJ	Bhs. Ing. Mat (IIA) LHH	Peng.Std. Pem. Islam (IIB) MUA
	13.50-14.40		Tafsir Sains (IVA) OK	
	14.40-15.30			
15.30-16.20				
Jum'at	07.30-08.20	Fungsi Kompleks (VIA) AML	Peng. Apl. Komp. Mat (IVA) MJ	Islam Bdy Minangkabau (IIB) NS
	08.20-09.10			
	09.10-10.00			
	10.00-10.50			
	Istirahat			
	13.30-14.20	Peg. Std. Hkm. Islam (IIA) SY	Kewarganegaraan (IIB) RH	KSM Terapan (VIA) LHH
	14.20-15.10			
	15.10-16.00			
16.00-16.60				

Tabel 4 merupakan salah satu contoh model penyusunan jadwal mata kuliah program studi Matematika semester genap tahun ajaran 2021/2022 dengan fasilitas 3 ruang kelas dan pelaksanaan kuliah Senin-Jum'at. Berdasarkan susunan tersebut menunjukkan bahwa pewarnaan graf dengan algoritma *Welsh Powell* dapat digunakan dan memudahkan dalam penyusunan jadwal mata kuliah.

SIMPULAN

Adapun kesimpulan dalam penelitian ini adalah penerapan pewarnaan graf dengan algoritma *Welsh Powell* bisa menjadi solusi untuk memudahkan dalam penyusunan jadwal mata kuliah, sehingga didapatkan jadwal mata kuliah lebih optimal dan tidak tumpang tindih. Selain itu, dengan pewarnaan graf jadwal mata kuliah bisa diubah dan disusun kembali jika terdapat permintaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Gunawan, "Perancangan Aplikasi Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Metode Constraint Programming," *Jurnal Petir*, vol. 9, no. 1, pp. 38–41, 2016.
- [2] S. Astuti, "Penyusunan Jadwal Ujian Mata Kuliah dengan Algoritma Pewarnaan Graf Welch Powell," *Jurnal Dian*, vol. 11, no. 1, pp. 68–74, 2011.
- [3] M. Syafii, D. M. Putri, and A. Rahman, "Nullitas maksimum matriks hermitian digambarkan oleh graf g ," *MAp (Mathematics and Applications) Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 53–61, 2021, doi: <https://doi.org/10.15548/map.v3i1.2784>.
- [4] M. Sam and Yuliani, "Penerapan Algoritma Prim Untuk Membangun Pohon Merentang Minimum (Minimum Spanning Tree) Dalam Pengoptimalan Jaringan Transmisi Nasional Provinsi Sulawesi Selatan," *Jurnal Dinamika*, vol. 7, no. 1, pp. 50–61, 2016, [Online]. Available: www.djlpe.go.id
- [5] S. E. Irwan, "Aplikasi Pewarnaan Graf pada Penempatan Kamar Mahasiswa (Studi Kasus: Asrama Institut Teknologi Sumatera)," *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, vol. 17, no. 1, p. 17, Apr. 2020, doi: [10.31851/sainmatika.v17i1.3137](https://doi.org/10.31851/sainmatika.v17i1.3137).
- [6] R. Munir, *Matematika Diskrit*, Edisi 3. Bandung: Informatika Bandung, 2010.
- [7] A. P. Rahadi, "Graf Dengan Algoritma Largest First," *Jurnal Padeagogik*, vol. 2, pp. 1–13, 2019.
- [8] O. I. R. Farisi, S. Maysyaroh, and E. F. Dewi, "Penerapan Pewarnaan Graf pada Penjadwalan Mengajar Dosen Pendidikan Matematika Universitas Nurul Jadid," *Jurnal Matematika*, vol. 11, no. 1, p. 10, 2021, doi: [10.24843/jmat.2021.v11.i01.p132](https://doi.org/10.24843/jmat.2021.v11.i01.p132).
- [9] P. W. Sari, L. Yulianti, and . N., "Penjadwalan Kuliah Dengan Algoritma Welsh-Powell (Studi Kasus: Jurusan Matematika FMIPA UNAND)," *Jurnal Matematika UNAND*, vol. 6, no. 1, p. 134, 2017, doi: [10.25077/jmu.6.1.134-141.2017](https://doi.org/10.25077/jmu.6.1.134-141.2017).
- [10] P. Pasnur, "Implementasi Algoritma Welch Powell Dalam Pembuatan Jadwal Ujian Akhir Semester," *Inspiration: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 2, no. 1, pp. 35–44, 2012.
- [11] J. L. Gross, J. Yellen, and P. Zhang, *Handbook of Graph Theory*, Second Edi. New York: CRC Press.
- [12] Y. Rusdiana and A. Maulani, "Algoritma Welch-Powell Untuk Pewarnaan Graf pada Penjadwalan Perkuliahan," *Science and Physics Education Journal (SPEJ)*, vol. 3, no. 1, pp. 37–47, 2019, doi: [10.31539/spej.v3i1.915](https://doi.org/10.31539/spej.v3i1.915).

- [13] M. Abdy, R. Syam, and T. Tina, "Bilangan Kromatik Pewarnaan Titik pada Graf Dual dari Graf Roda," *Journal of Mathematics Computations and Statistics*, vol. 4, no. 2, p. 95, 2021, doi: 10.35580/jmathcos.v4i2.24443.
- [14] Apriyanto, "Pewarnaan Graph Berbasis Algoritma Welch Powell dalam Pengaturan Jadwal Praktikum," *Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 1, no. 2, pp. 11-21, 2018.
- [15] D. D. Setyowidi and L. Ratnasari, "Energi Derajat Maksimal pada Graf Terhubung," *Jurnal Matematika*, vol. 1, no. 1, pp. 46-55, 2012.