

Penerapan Algoritma Welch Powell Untuk Menyusun Jadwal Mata Kuliah Di IST Annuqayah

Inda Arundani¹, Luluk Sarifah², Fiqih Rahman Hartiansyah³

^{1,2,3}Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Annuqayah Guluk-Guluk, Sumenep, Jawa Timur, Indonesia

Article Info

Article history:

Received January 2, 2025

Revised January 15, 2025

Accepted January 30, 2025

Keywords:

Graph

Graph Coloring

Welch Powell Algoritm

ABSTRACT

Graph coloring is the giving of color to certain objects in the graph. These objects can be nodes, edges, and regions. This study aims to look at the process and results of graph coloring using the Welch Powell Algorithm in the preparation of class schedules for the Mathematics and Biology Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Annuqayah Institute of Science and Technology. The type of research used is descriptive qualitative research. The object of research in this study is the list of lecturers, list of courses, lecture active hours, and the number of rooms used. Data analysis was carried out by modeling a list of lecturers with a list of courses into a graph and determining the minimum color in the coloring process using Welch Powell's algorithm. In this research, we know the performance of the Welch Powell algorithm in compiling schedules for each study program and combined scheduling. Based on the scheduling results, it can be concluded that the application of Welch Powell's algorithm for combined scheduling is more effective and more efficient to use than scheduling for each study program. In addition to not overlapping between courses, it can also save space.

Corresponding Author:

Inda Arundani

Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Sains dan Teknologi Annuqayah Guluk-Guluk, Sumenep, Jawa Timur, Indonesia

Email: indaar22@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Penerapan teori graf banyak digunakan oleh masyarakat saat ini dalam menyajikan masalah agar lebih mudah dipahami. Masalah penjadwalan merupakan salah satu masalah yang paling sering digunakan untuk dipecahkan oleh teori graf. Salah satu bidang yang menggunakan teori graf dalam pemecahan masalah adalah bidang pendidikan, dan dalam penelitian ini digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan mahasiswa di Institut Sains dan Teknologi (IST) Annuqayah. Salah satu lembaga di Annuqayah yang wajib melaksanakan penyusunan jadwal mata kuliah setiap tahun ajaran baru adalah IST Annuqayah. IST Annuqayah didirikan pada tahun 2018 dan sebelumnya merupakan institut tunggal bernama Instika. Untuk Ruang Mahasiswa IST Annuqayah masih menyatu dengan mahasiswa Instika.

Pada tahun pertama, ruangan yang tersedia di kampus masih mencukupi kebutuhan ruangan mahasiswa Instika dan IST Annuqayah karena pada saat itu mahasiswa IST Annuqayah masih sedikit hanya terdapat 3 program studi dengan jumlah mahasiswa 22 orang. Akan tetapi selama tiga tahun terakhir, mahasiswa Instika sering tidak kebagian untuk belajar dikarenakan adanya benturan jadwal mahasiswa IST Annuqayah dan juga sebaliknya.

Proses penjadwalan tidak semudah yang direncanakan. Dalam pembuatan jadwal banyak faktor yang harus disesuaikan dengan anggaran agar jadwal yang dibuat optimal dan tidak ada bentrok antara jadwal yang satu dengan yang lainnya. Permasalahan penjadwalan dapat diatasi dengan suatu sistem yang dapat membantu dalam mengatasi dan mengoptimalkan dalam pembuatan jadwal. Terdapat beberapa algoritma dalam menyusun jadwal, Salah satunya adalah algoritma Welch Powell.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Rusdiana & Maulani memberikan kesimpulan bahwa Algoritma Welch-Powell mampu memberikan solusi dalam penyusunan jadwal pendidikan sarjana di Program Studi Matematika Universitas Pamulang menghasilkan jadwal mata kuliah yang optimal [1]. Olief Ilmandira Ratu Farisi, dkk juga telah melakukan penelitian dengan judul "Penerapan Pewarnaan Graf pada

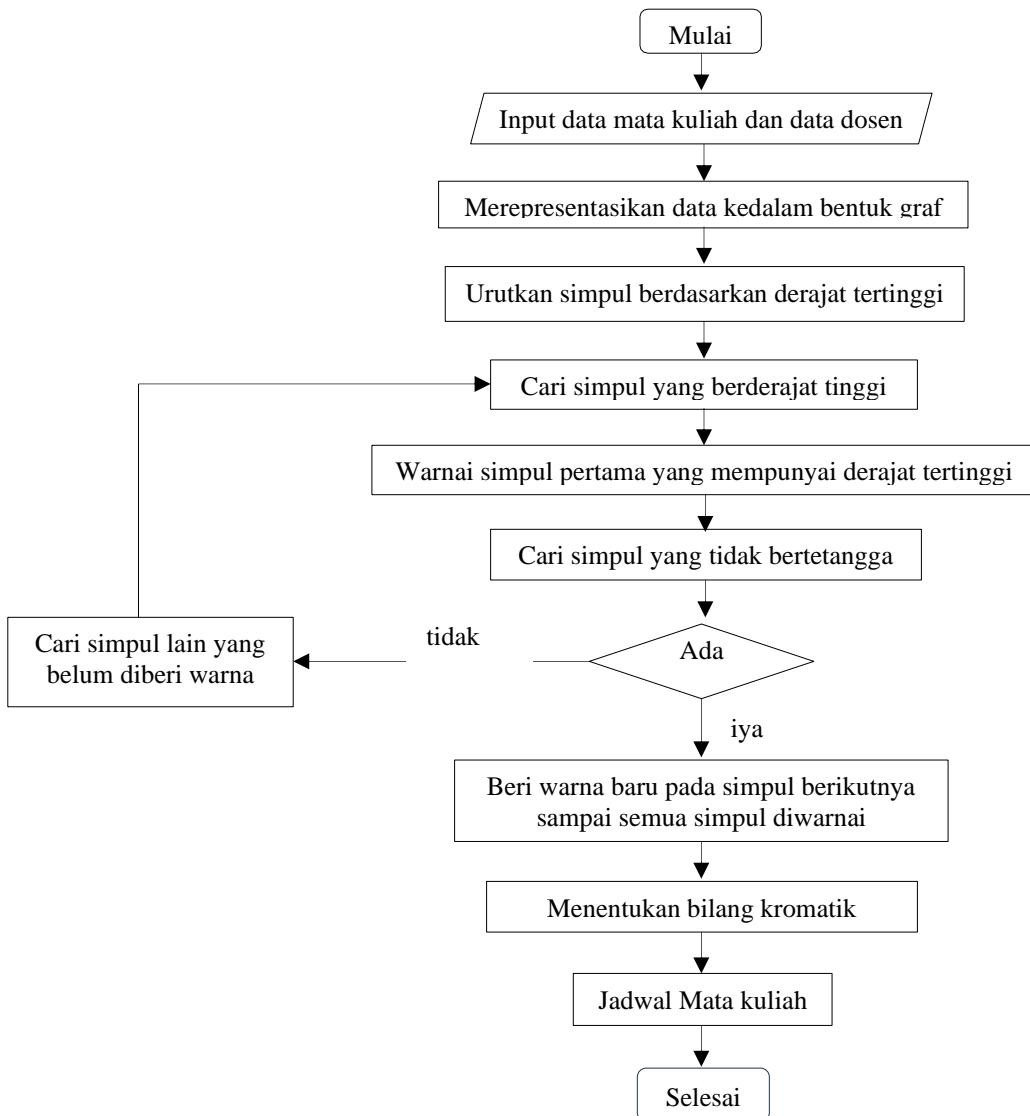
Penjadwalan Mengajar Dosen Pendidikan Matematika Universitas Nurul Jadid” dan memberikan hasil bahwa pewarnaan graf dengan menggunakan algoritma welsh powell (welch-powell) didapat jadwal mengajar yang optimal dan tidak tumpang tindih [2]. Koko Harianto dan Fatdha (2016) yang berjudul Penerapan Pewarnaan Simpul Graf untuk Menentukan Jadwal Ujian Skripsi pada STMIK Amik Riau Menggunakan Algoritma *Welch Powell*. Berdasarkan warna simpul yang dihasilkan, maka diperoleh jadwal ujian skripsi sebanyak 4 kelompok ujian berdasarkan warna bilangan Kromatik [3].

Berdasarkan penjelasan di atas penulis tertarik melakukan penelitian untuk menerapkan teknik pewarnaan simpul graf dalam membentuk jadwal mata kuliah di IST Annuqayah agar tidak ditemukannya lagi jadwal ujian yang tumpang tindih.

2. METODE

Penelitian dilakukan menggunakan metode deskriptif kualitatif, kemudian diterapkan dalam pewarnaan pada representasi graf dari penjadwalan perkuliahan program studi Matematika dan Biologi semester genap tahun akademik 2022/2023 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IST Annuqayah.

Adapun flowchart algoritma Welch Powell adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart Algoritma Welch Powell

Langkah-langkah proses algoritma *Welch Powell* adalah sebagai berikut:

- a. Mendata mata kuliah dan dosen program Masukkan data mata kuliah dan data dosen program studi Matematika dan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Sains dan Teknologi Annuqayah.
- b. Representasikan data kedalam bentuk graf
- c. Urutkan simpul-simpul dari graf tersebut dalam derajat yang menurun
- d. Cari simpul yang berderajat paling tinggi, berikan warna baru.
- e. Cari simpul lain yang tidak bertetangga dengan simpul paling tinggi tersebut, berikan warna yang sama.
- f. Cari simpul yang berderajat tinggi selanjutnya, berikan warna baru
- g. Cari simpul yang tidak bertetangga dengan simpul tersebut. Berikan warna yang sama.
- h. Ulangi Langkah 6 dan 7 di atas untuk simpul yang belum diwarnai.
- i. Ulangi penambahan semua warna-warna sampai semua simpul telah diwarnai.
- j. Hitung warna minimum (bilangan kromatik) yang dihasilkan
- k. Lakukan penyusunan jadwal mata kuliah berdasarkan bilangan kromatik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, dilakukan penyusunan jadwal tiap program studi antar program studi Matematika dan Biologi dan penyusunan jadwal gabungan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari *algoritma Welch Powell*. Data yang digunakan adalah data mata kuliah program studi Maematika dan Biologi semester II, IV dan VI beserta data dosen khusus penyusunan jadwal mahasiswa.

Berikut langkah-langkah merepresentasikan dosen dan mata kuliah yang diampu ke dalam setiap graf:

1. Seluruh mata kuliah diberi kode simpul sebagai nama simpul dalam graf
2. Membuat tabel mengenai simpul tetangga dan perhitungan jumlah derajat masing-masing simpul berdasarkan pembagian tugas dosen
3. Membuat graf yang menghubungkan relasi dari masing-masing simpul

Dibawah ini adalah sebaran data mata kuliah program studi Matematika

Tabel 1. Data mata kuliah prodi Matematika

Nama Mata Kuliah	SMT	SKS	KM
Kalkulus II		4	A
Geometri Analitik		3	B
Aljabar Linear Eleementer	II	3	C
Pengantar Statistika		3	D
Algoritma pemrograman		3	E
Himpunan dan Logika		3	F
Struktur aljabar II		3	G
Fungsi komplek I		2	H
Matematika Diskrit II		2	I
Statistika Matematika	IV	3	J
Persamaan Diferensial Parsial		3	K
Pemrograman Dasar		3	L
Metode Numerik		3	M
Kewarganegaraan		2	N
Matematika Ekonomi dan Bisnis		2	O
Proses Stokastik		2	P
Pemodelan Matematika		3	Q
Analisis Real II	VI	3	R
Pengolahan Citra Digital		2	S
Persamaan Diferensial Numerik		3	T
Teori Graf		2	U
TecnoPreneurship		2	V

Selanjutnya adalah mendata kode beserta mata kuliah yang diampu. Berikut merupakan data nama dan kode dosen program studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Sains dan Teknologi Annuqayah beserta kode mata kuliah yang diampu oleh setiap dosen, yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data Dosen Beserta Kode Mata Kuliah Yang Diampu

Nama Dosen	Kode Mata Kuliah Yang Diampu
Luluk Sarifah, M.Mat	A, M, S
Siti Khotijah, M.Si	B, E, I, L
Fathorrozi Ariyanto, M.Si	H, J, P
Istianah Alifia, S.Pd, M.Mat	C, F, O
Prasanti Mia Purnama, M. Mat	G, R, U
Amaliyatul Hasanah, M.Mat	K, Q, T
Fitriya S, S.Pd, M.Pd	D
Khairul Umam, S.Pd, M.A	N
Robi'aatul Andawiyah, M.Si	V
Nurul Inayah, M.Si	W

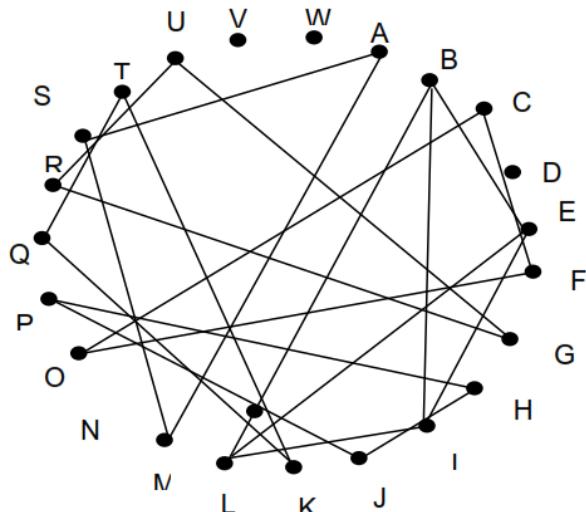
Setelah mengetahui data dosen beserta kode mata kuliah yang diampu pada tabel 2., maka selanjutnya adalah menghitung simpul tetangga dan derajat tiap simpul.

Tabel 3. Simpul Tetangga dan Derajat Tiap Simpul

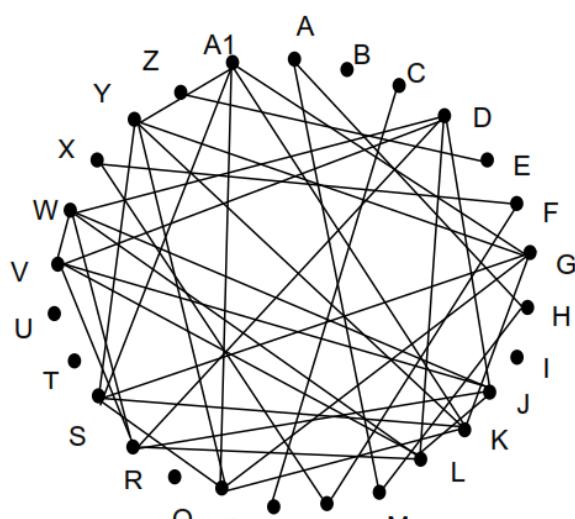
Simpul	Simpul Tetangga	Derajat
A	M, S	2
B	E, I, L	3
C	F, O	2
D	-	-
E	B, I, L	3
F	C, O	2
G	R, U	2
H	J, P	2
I	B, E, L	3
J	H, P	2
K	Q, T	2
L	B, E, I	3
M	A, S	2
N	-	2
O	C, F	2
P	H, J	2
Q	K, T	2
R	G, U	2
S	A, M	2
T	K, Q	2
U	G, R	2
V	-	0
W	-	0

Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa semua mata kuliah diberi label yang berbeda-beda. Selanjutnya dibuat tabel nama dosen sekaligus mata kuliah yang diampu, yaitu pada tabel 2. kemudian dibuat tabel simpul relasi atau simpul yang dihubungkan dengan garis untuk program studi Matematika, yaitu tabel 3. jika terdapat mata kuliah yang diampu oleh dosen yang sama, maka mata kuliah tersebut dikatakan saling terhubung atau memiliki relasi. Kemudian jumlah derajat dari masing-masing simpul dihitung berdasarkan simpul relasi yang dimiliki tiap simpul.

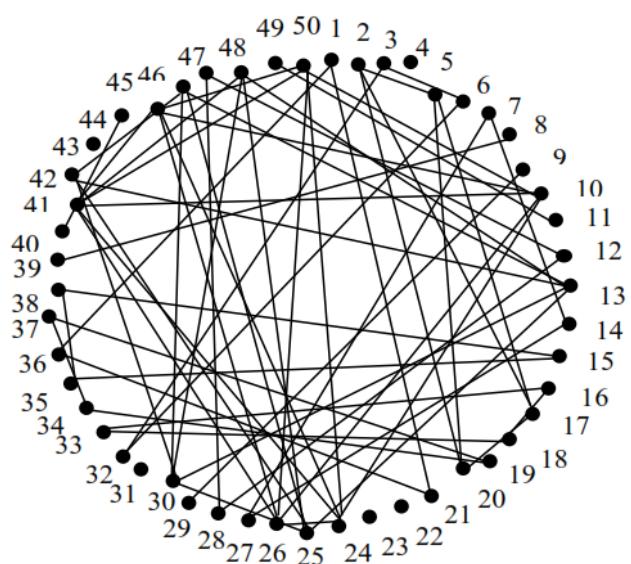
Langkah-langkah diatas juga dilakukan pada program studi Biologi dan program studi gabungan. Sehingga menghasilkan graf sebagai berikut



Gambar 2. Graf Program Studi Matematika



Gambar 3. Graf Program Studi Biologi

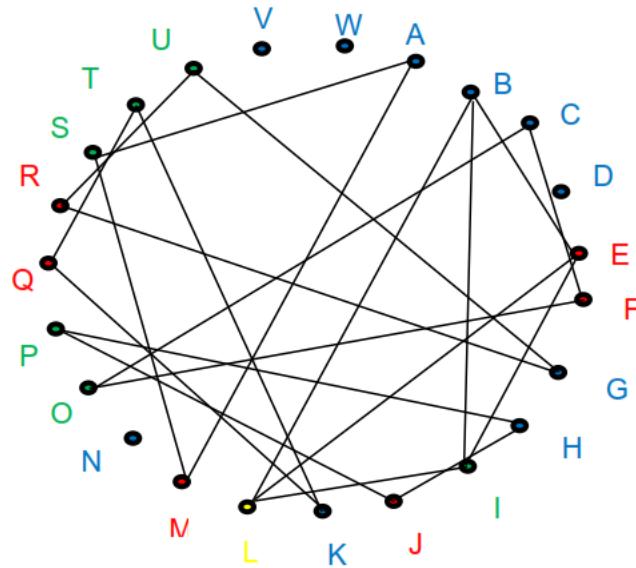


Gambar 4. Graf Gabungan Prodi

Setelah merepresentasikan mata kuliah dan data dosen kedalam graf, selanjutnya adalah melakukan pewarnaan pada simpul-simpul graf. Berikut proses pewarnaan simpul pada graf dengan menggunakan algoritma *welch powell*:

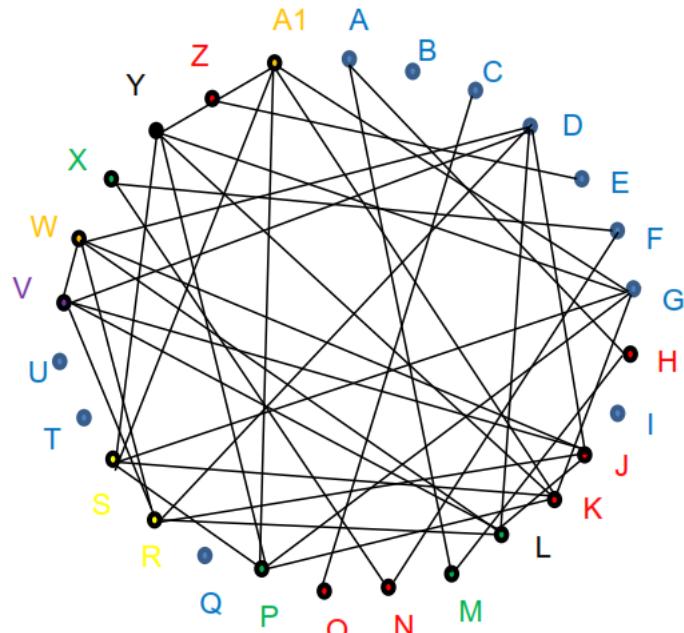
1. Mengurutkan simpul dari jumlah derajat terbesar ke terkecil
2. Memberi warna pada simpul simpul graf

Setelah melakukan proses pewarnaan diatas, didapat hasil pewarnaan graf sebagai berikut:



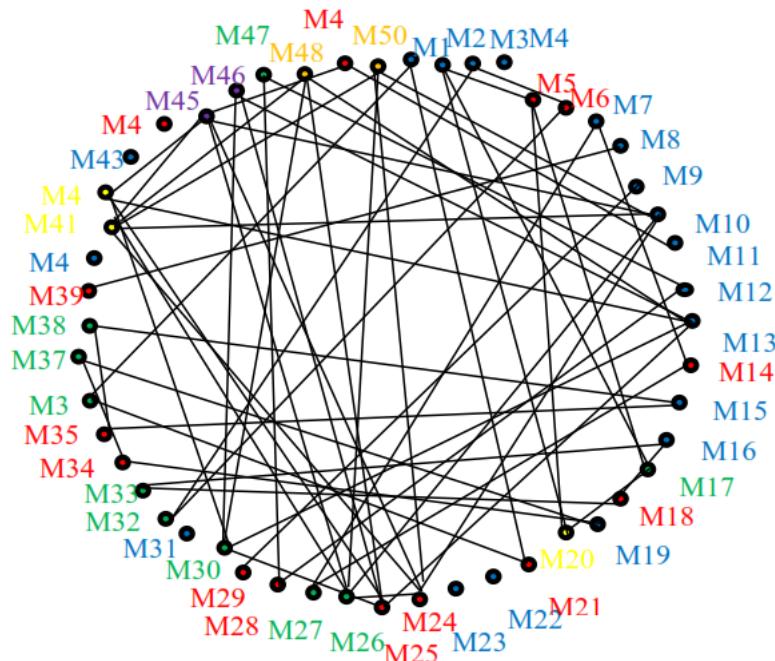
Gambar 5. Hasil pewarnaan graf Prodi Matematika

Bilangan kromatik dari graf tersebut adalah 4 atau $X(G) = 4$, meliputi biru, merah, hijau dan kuning. Berikut ini adalah pengelompokan warna beserta mata kuliah sesuai kode simpul.



Gambar 6. Hasil pewarnaan graf Prodi Biologi

Bilangan kromatik dari graf tersebut adalah 6 atau $X(G) = 6$, meliputi biru, merah, hijau, kuning, ungu dan orange.



Gambar 7. Hasil pewarnaan graf Gabungan

Diperoleh warna atau bilangan kromatik dari graf sebanyak 6 atau $X(G) = 6$, meliputi biru, merah, hijau, orange, ungu dan coklat. Dibawah ini adalah pengelompokan mata kuliah program studi matematika sesuai warna (pengelompokan mata kuliah juga dilakukan pada program studi biologi dan gabungan).

Tabel 4. Pengelompokan mata kuliah prodi Matematika berdasarkan warna

Warna	Mata Kuliah
Biru	B, A, C, G, H, K, D, N, V, W (Geometri Analitik, Kalkulus II, Aljabar Linear Elementer, Struktur aljabar II, Fungsi kompleks I, Persamaan Diferensial Parsial, Pengantar Statistika, Kewarganegaraan, Technopreneurship, Integrasi Islam dan Sains)
Merah	E. M, F, R, J, Q (Algoritma Pemrograman, Metode Numerik, Himpunan dan Logika, Analisis Real II, Statistika Matematika, Pemodelan Matematika)
Hijau	I, S, O, U, P, T (Matematika Diskrit II, Pengolahan Citra Digital, Matematika Ekonomi dan Bisnis, Teori Graf, Proses Stokastik, Persamaan Diferensial Numerik)
Kuning	L (Pemrograman Dasar)

Setelah mengetahui pengelompokan mata kuliah, selanjutnya adalah melakukan penyusunan jadwal. Rincian jumlah jam aktivitas belajar mengajar perhari dalam satu minggu adalah sebagai berikut

Tabel 5. Rincian jumlah jam aktivitas belajar mengajar perhari dalam satu minggu

Hari	Jam	Waktu
Sabtu-Kamis	1	07.30-08.20
	2	08.20-09.10
	3	09.15-10.05
	4	10.05-10.55
	5	11.00-11.50
	6	11.50-12.40
	7	13.15-14.05
	8	14.05-14.55

Ruang kelas yang digunakan dalam penjadwalan program studi Matematika membutuhkan 2 ruang mata kuliah yaitu KB11 dan KB12. Sedangkan untuk penjadwalan mata kuliah Program studi Biologi membutuhkan dua ruang yaitu KB13 dan KB14. Adapun untuk penjadwalan program studi gabungan (Matematika & Biologi) membutuhkan 3 ruang yaitu KB11, KB12 dan KB13. Hal ini berdasarkan jumlah

SKS dan warna minimum yang dihasilkan Adapun jadwal mata kuliah program studi Matematika adalah sebagai berikut

Tabel 6. Jadwal Prodi Matematika

Jam	SABTU	
	KB11	KB12
1	Geometri Analitik (II) Siti Khotijah, M.Si	Metode Numerik (IV) Luluk Sarifah, M.Mat
2	Geometri Analitik (II) Siti Khotijah, M.Si	Metode Numerik (IV) Luluk Sarifah, M.Mat
3	Geometri Analitik (II) Siti Khotijah, M.Si	Metode Numerik (IV) Luluk Sarifah, M.Mat
4	Integrasi Islam dan Sains (VI) Robi'aatul Andawiyah, M.Si	Algoritma Pemrograman (II) Siti Khotijah, M.Si
5	Integrasi Islam dan Sains (VI) Robi'aatul Andawiyah, M.Si	Algoritma Pemrograman (II) Siti Khotijah, M.Si
6		Algoritma Pemrograman (II) Siti Khotijah, M.Si
7	Matematika Diskrit II (IV) Siti Khotijah, M.Si	Kalkulus II (II) Luluk Sarifah, M.Mat
8	Matematika Diskrit II (IV) Siti Khotijah, M.Si	Kalkulus II (II) Luluk Sarifah, M.Mat
9	Technoprneur ship (VI) Nurul Inayah, M.Si	Kalkulus II (II) Luluk Sarifah, M.Mat
10	Technoprneur ship (VI) Nurul Inayah, M.Si	Kalkulus II (II) Luluk Sarifah, M.Mat
	AHAD	
	KB11	KB12
1	Aljabar Linear Elementer (II) Istianah Alifia, S.Pd, M.Mat	Pemrograman Dasar (IV) Siti Khotijah, M.Si
2	Aljabar Linear Elementer (II) Istianah Alifia, S.Pd, M.Mat	Pemrograman Dasar (IV) Siti Khotijah, M.Si
3	Aljabar Linear Elementer (II) Istianah Alifia, S.Pd, M.Mat	Pemrograman Dasar (IV) Siti Khotijah, M.Si
4	Matematika Ekonomi dan Bisnis (VI) Istianah Alifia, S.Pd, M.Mat	
5	Matematika Ekonomi dan Bisnis (VI) Istianah Alifia, S.Pd, M.Mat	
6	Pengolahan Citra Digital (VI) Luluk Sarifah, M.Mat	Struktur aljabar II (IV) Prasanti Mia Purnama, M.Mat
7	Pengolahan Citra Digital (VI) Luluk Sarifah, M.Mat	Struktur aljabar II (IV) Prasanti Mia Purnama, M.Mat
8	Himpunan dan Logika (II) Istianah Alifia, S.Pd, M.Mat	Struktur aljabar II (IV) Prasanti Mia Purnama, M.Mat
9	Himpunan dan Logika (II) Istianah Alifia, S.Pd, M.Mat	Analisis Real II (VI) Prasanti Mia Purnama, M. Mat
10	Himpunan dan Logika (II) Istianah Alifia, S.Pd, M.Mat	Analisis Real II (VI) Prasanti Mia Purnama, M. Mat
	SENIN	
	KB11	KB11
1	Fungsi komplek I (VI) Fathorrozi Ariyanto, M.Si	Persamaan Diferensial Parsial (IV) Amaliyatul Hasanah, M.Mat
2	Fungsi komplek I (VI) Fathorrozi Ariyanto, M.Si	Persamaan Diferensial Parsial (IV) Amaliyatul Hasanah, M.Mat
3		Persamaan Diferensial Parsial (IV)

		Amaliyatul Hasanah, M.Mat
4	Statistika Matematika IV) Fathorrozi Ariyanto, M.Si	Pemodelan Matematika (VI) Amaliyatul Hasanah, M.Mat
5	Statistika Matematika IV) Fathorrozi Ariyanto, M.Si	Pemodelan Matematika (VI) Amaliyatul Hasanah, M.Mat
6	Statistika Matematika IV) Fathorrozi Ariyanto, M.Si	Pemodelan Matematika (VI) Amaliyatul Hasanah, M.Mat
7	Teori Graf (VI) Prasanti Mia Purnama, M. Mat	
8	Teori Graf (VI) Prasanti Mia Purnama, M.Mat	
9		Proses Stokastik (VI) Fathorrozi Ariyanto, M.Si
10		Proses Stokastik (VI) Fathorrozi Ariyanto, M.Si
	SELASA	
	KB11	KB11
1	Pengantar Statistika (II) Fitriya S, S.Pd, M.Pd	Kewarganegaraan (IV) Khairul Umam, S.Pd, M.A
2	Pengantar Statistika (II) Fitriya S, S.Pd, M.Pd	Kewarganegaraan (IV) Khairul Umam, S.Pd, M.A
3	Pengantar Statistika (II) Fitriya S, S.Pd, M.Pd	
4		
5		
6	Persamaan Diferensial Numerik (VI) Amaliyatul Hasanah, M.Mat	
7	Persamaan Diferensial Numerik (VI) Amaliyatul Hasanah, M.Mat	
8	Persamaan Diferensial Numerik (VI) Amaliyatul Hasanah, M.Mat	
9		
10		

Proses penjadwalan diatas juga dilakukan pada penjadwalan program studi Biologi dan Program studi gabungan prodi.

Berdasarkan hasil penjadwalan diatas, untuk penjadwalan program studi Matematika membutuhkan 2 ruang kelas, yaitu KB11 dan KB12. Sedangkan untuk penjadwalan program studi Biologi juga membutuhkan 2 ruang kelas, yaitu KB13 dan KB14. Adapun ruang kelas untuk mata kuliah gabungan membutuhkan 3 ruang kelas, yaitu KB11, KB12 dan KB13. Pengalokasian jumlah ruangan didapat dari jumlah SKS dan warna minimum yang dihasilkan Dari hasil penelitian ini bisa disimpulkan bahwa penjadwalan menggunakan algoritma *Welch Powell* untuk penjadwalan mata kuliah gabungan lebih efisien dari pada penjadwalan mata kuliah tiap program studi. Karena untuk masing-masing program studi Matematika dan Biologi membutuhkan 2 ruang kelas yang totalnya berjumlah 4 ruang kelas. Sedangkan untuk penjadwalan gabungan hanya membutuhkan 3 ruang kelas

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari data yang diperoleh yaitu kode dosen dan kode mata kuliah, dapat direpresentasikan ke dalam graf. Kode mata kuliah diasumsikan sebagai titik, sedangkan kode dosen diasumsikan sebagai sisi. Dua titik dihubungkan dengan sebuah sisi jika terdapat dosen yang sama mengampu dua mata

kuliah tertentu. Titik- titik yang *adjacent* kemudian dihubungkan sehingga terbentuklah representasi graf dari data yang diperoleh. Penerapan pewarnaan pada graf untuk menyusun jadwal pelajaran menggunakan algoritma *Welch Powell* yaitu dengan cara:

- a. Mentransformasikan data ke dalam bentuk graf
 - b. Menghubungkan titik-titik yang *adjacent*
 - c. Mewarnai setiap titik pada graf dengan menggunakan algoritma *Welch Powell*
 - d. Menginterpretasikan bilangan kromatik
2. Dari hasil pewarnaan graf diperoleh bilangan kromatik (warna minimum) untuk graf prodi matematika adalah 4 warna. Keempat warna tersebut merepresentasikan 23 mata kuliah. Bilangan kromatik diinterpretasikan sebagai banyaknya minimum periode waktu penjadwalan mata kuliah dalam satu minggu, sehingga minimal dalam 4 hari mata kuliah prodi matematika dapat dijadwalkan. Adapun jumlah SKS prodi Matematika adalah 61 sehingga membutuhkan 2 ruang kelas yaitu KB11 dan KB12. Sedangkan untuk program studi Biologi menghasilkan 6 warna dengan jumlah SKS 64 sehingga membutuhkan 2 ruang kelas, yaitu KB13 dan KB14. Keenam warna tersebut merepresentasikan 27 mata kuliah. Adapun untuk penjadwalan gabungan antara program studi Matematika dan Biologi menghasilkan 6 bilangan kromatik dengan jumlah SKS 127 sehingga membutuhkan 3 ruang kelas saja, yaitu KB11, KB12 dan KB13. Diantara warna-warna tersebut, jika simpul-simpulnya tidak sama, berarti simpul-simpul tersebut tidak bersebelahan sehingga bisa ditempatkan di kelas yang sama. Sedangkan jika simpul- simpul tersebut bersebelahan dan memiliki warna yang sama, maka harus ditempatkan di ruangan yang berbeda. Keenam warna tersebut merepresentasikan penjadwalan 50 mata kuliah program studi Matematika dan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IST Annuqayah dalam enam hari dengan 3 ruang yang digunakan tanpa adanya tumpang tindih.

Berdasarkan hasil penjadwalan diatas, dapat disimpulkan bahwa penerapan algoritma *Welch Powell* untuk penjadwalan gabungan lebih efektif dan lebih efisien untuk digunakan, selain tidak terjadi tumpang tindih juga bisa menghemat ruangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Rusdiana, A. Maulani, P. S. Matematika, and K. T. Selatan, “PROSIDING SEMINAR NASIONAL Enhancing Innovations for Sustainable Development : Dissemination of Unpam’s Research Result ALGORITMA WELCH-POWELL UNTUK PEWARNAAN GRAF PADA PROSIDING SEMINAR NASIONAL Enhancing Innovations for Sustainable Development : Disse”.
- [2] O. I. R. Farisi, S. Maysyarah, and E. F. Dewi, “Penerapan Pewarnaan Graf pada Penjadwalan Mengajar Dosen Pendidikan Matematika Universitas Nurul Jadid,” *J. Mat.*, vol. 11, no. 1, p. 10, 2021, doi: 10.24843/jmat.2021.v11.i01.p132.
- [3] K. Harianto and T. S. Eiva Fatdha, “Penerapan Pewarnaan Simpul Graf untuk Menentukan Jadwal Ujian Skripsi pada STMIK Amik Riau Menggunakan Algoritma Welch-powell,” *SATIN - Sains dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 2, pp. 48–54, Jul. 2016, doi: 10.33372/stn.v1i2.27.
- [4] Apriyanto, “Pewarnaan Graph Berbasis Algoritma Welch Powell dalam Pengaturan Jadwal Praktikum,” *J. Penelit. Mat. dan Pendik. Mat.*, vol. 1, no. 2, pp. 11–21, 2018, [Online]. Available: <http://www.journal.uncp.ac.id/index.php/proximal/article/view/1040>
- [5] F. Daniel and P. N. L. Taneo, *teori graf*. Deepublish, 2019.
- [6] R. . Gani, “Penerapan Pewarnaan Titik pada Graf untuk Menyusun Jadwal Pelajaran (Studi Kasus MI Al Wathoniyah 02 Semarang),” Universitas Negeri Semarang, 2018.
- [7] K. Harianto, “MODIFIKASI ALGORITMA WELCH-POWELL UNTUK OPTIMALISASI PENJADWALAN UJIAN SKRIPSI,” *Rabit J. Teknol. dan Sist. Inf. Univrab*, vol. 2, no. 1, pp. 119–128, Feb. 2017, doi: 10.36341/rabit.v2i1.146.
- [8] D. Manongga and Y. Nataliani, *Matematika Diskrit*, 1st ed. Indonesia: Kencana, 2013.
- [9] Marsudi, *Teori Graf*. Indonesia: Universitas Brawijaya Press, 2016.
- [10] R. Munir, *Matematika Diskrit*, 6th ed. Indonesia: Informatika Bnadung, 2016.
- [11] L. D. Putri, “Penerapan Pewarnaan Graf Menggunakan Algoritma Welch Powell Dengan Pemrograman Python Untuk Menyusun Jadwal Mata Pelajaran Di SMP Kanisius Pakem,” Universitas Sanata Dharma, 2021.
- [12] R. Syam, H. Ihsan, and A. Asman, “Aplikasi Pewarnaan Graf dengan Algoritma Recursive Largest First pada Penjadwalan Mata Kuliah,” *J. Math. Comput. Stat.*, vol. 2, no. 1, p. 63, May 2020, doi: 10.35580/jmathcos.v2i1.12461.
- [13] G. Sukewen, *Matematika Diskrit*, 1st ed. Indonesia: PT RajaGrafindo Persada, 2017.