

## **Penerapan Pewarnaan Graf Pada Penjadwalan Ujian Semester Program Studi Bisnis Digital Menggunakan Algoritma Welch Powell**

**Hanifah Ekawati<sup>1</sup>, Presa Taruna Oliver<sup>2</sup>, Kristian Vandi Hermawan<sup>3</sup>, Richardo Ariyanto Fernando<sup>4</sup>**

<sup>1,2,4</sup>Bisnis Digital, STMIK Widya Cipta Dharma, Samarinda, Indonesia

<sup>3</sup>Teknik Informatika, STMIK Widya Cipta Dharma, Samarinda, Indonesia

<sup>1</sup>hanifah@wicida.ac.id, <sup>2</sup>presa@wicida.ac.id, <sup>3</sup>2343016@wicida.ac.id, <sup>4</sup>2342007@wicida.ac.id

**Abstract** The scheduling of final semester examinations (UAS) is one of the crucial aspects of academic management that requires efficient and conflict-free planning. In this study, the graph coloring method using the Welch-Powell algorithm is applied to create the UAS schedule for the Digital Business Study Program. Each course is represented as a vertex, while conflicts between two courses—if they have students in common—are represented as edges in the graph. The objective of this research is to minimize the number of exam time slots required without causing any scheduling conflicts for students. The implementation results show that the Welch-Powell algorithm is capable of producing an optimal schedule with high efficiency in exam time allocation. This approach can serve as a practical and structured solution for managing complex exam scheduling.

**Keywords:** Graph coloring, final exam scheduling, Welch-Powell algorithm, graph theory, Digital Business.

**Abstrak** Penjadwalan ujian akhir semester (UAS) merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen akademik yang memerlukan perencanaan yang efisien dan minim konflik. Dalam penelitian ini, diterapkan metode pewarnaan graf menggunakan algoritma Welch-Powell untuk menyusun jadwal UAS pada Program Studi Bisnis Digital. Setiap mata kuliah direpresentasikan sebagai simpul (vertex), sedangkan konflik antara dua mata kuliah—if mereka memiliki mahasiswa yang sama—direpresentasikan sebagai sisi (edge) pada graf. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimalkan jumlah slot waktu ujian yang dibutuhkan tanpa adanya benturan jadwal bagi mahasiswa. Hasil implementasi menunjukkan bahwa algoritma Welch-Powell mampu menghasilkan jadwal yang optimal dengan efisiensi tinggi dalam alokasi waktu ujian. Pendekatan ini dapat menjadi solusi praktis dan terstruktur dalam pengelolaan penjadwalan ujian yang kompleks.

**Kata Kunci:** Pewarnaan graf, penjadwalan UAS, algoritma Welch-Powell, teori graf, Bisnis Digital.

## PENDAHULUAN

Penjadwalan ujian akhir semester (UAS) merupakan aspek krusial dalam manajemen akademik yang menuntut perencanaan yang efisien dan bebas konflik. Pada Program Studi Bisnis Digital STMIK Widya Cipta Dharma, kompleksitas penjadwalan semakin meningkat seiring dengan jumlah mahasiswa dan mata kuliah yang terus bertambah setiap semester. Permasalahan seperti tumpang tindih jadwal ujian bagi mahasiswa yang mengambil lebih dari satu mata kuliah, keterbatasan ruang ujian, serta ketersediaan dosen pengawas menjadi tantangan utama yang harus diatasi.

Untuk menjawab tantangan tersebut, pendekatan berbasis teori graf, khususnya teknik graph coloring, menjadi salah satu solusi yang efektif dan terstruktur. Pembelajaran teori graf memiliki potensi besar sebagai alat untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis (Damanik et al., 2025). Dalam pendekatan ini, setiap mata kuliah direpresentasikan sebagai simpul (vertex), dan apabila dua mata kuliah memiliki mahasiswa yang sama, maka dihubungkan oleh sisi (edge) yang

menandakan potensi konflik. Pewarnaan graf digunakan untuk memberikan "warna" berbeda kepada simpul yang saling terhubung, yang dalam konteks penjadwalan berarti memberikan slot waktu ujian yang berbeda.

Salah satu algoritma pewarnaan graf yang terkenal adalah algoritma Welch-Powell. Algoritma ini telah digunakan secara luas untuk menyelesaikan masalah penjadwalan ujian. Penelitian oleh Andrari et al. (2023) menunjukkan bahwa algoritma Welch-Powell berhasil mengoptimalkan jadwal ujian Tahfidz dengan menghilangkan bentrokan antar kelas dan penguji (Andrari et al., 2023).

Dengan mempertimbangkan keberhasilan penerapan algoritma tersebut di berbagai institusi pendidikan, penelitian ini mengangkat studi kasus penjadwalan UAS di Program Studi Bisnis Digital STMIK Widya Cipta Dharma. Tujuannya adalah untuk menerapkan algoritma Welch-Powell guna menghasilkan jadwal ujian yang optimal dan bebas dari bentrokan, serta memberikan kontribusi terhadap sistem manajemen akademik yang lebih efisien dan adaptif.

## KAJIAN TEORI

Penjadwalan ujian merupakan bagian penting dari sistem akademik yang memerlukan pendekatan sistematis agar tidak terjadi konflik antar jadwal. Seiring meningkatnya jumlah mata kuliah dan mahasiswa, kompleksitas dalam menyusun jadwal ujian juga meningkat. Hal ini dialami oleh banyak perguruan tinggi, termasuk Program Studi Bisnis Digital STMIK Widya Cipta Dharma, yang memiliki jumlah mahasiswa dengan pengambilan mata kuliah yang bervariasi setiap semesternya. Ada beberapa masalah dalam pembuatan jadwal yang seringkali juga menjadikan hambatan untuk membuat jadwal, yaitu seperti adanya benturan antara waktu kegiatan yang satu dengan waktu kegiatan yang lainnya, sehingga diperlukan sebuah cara untuk dapat membuat sebuah jadwal yang baik tanpa adanya benturan antara kegiatan yang satu dengan yang lainnya (Ermanto & Riti, 2022)

Salah satu pendekatan yang efektif untuk menyelesaikan masalah penjadwalan adalah penggunaan teori graf, khususnya teknik graph coloring. Dalam konteks ini, setiap mata kuliah dianggap sebagai simpul (vertex), dan jika dua mata kuliah memiliki mahasiswa yang sama, maka dihubungkan

dengan sisi (edge). Tujuan utama dari pewarnaan graf adalah memberikan warna berbeda pada simpul-simpul yang terhubung langsung, yang dalam penjadwalan berarti memberikan slot waktu ujian yang berbeda untuk mencegah konflik.

Sejarah graf (Retnoningsih et al., 2022) dimulai pada Abad ke 19, sejak adanya permasalahan jembatan Konigsberg tahun 1736. Graf  $G$  didefinisikan sebagai pasangan himpunan  $(V, E)$  ditulis dengan notasi  $G = (V, E)$ , dengan  $V$  merupakan himpunan titik (vertex) tak kosong dan  $E$  adalah himpunan sisi (edge) boleh kosong yang menghubungkan sepasang titik, sebuah graf mungkin tidak memiliki sisi, namun harus memiliki titik atau simpul minimal satu. Dua titik  $v_2$  dan  $v_3$  pada graf  $G$  dikatakan bertetangga (adjacent) jika  $u$  dan  $v$  merupakan titik ujung dari sisi  $e = v_2v_3$  pada graf  $G$  sehingga sisi  $e$  dikatakan bersisihan (incident) dengan titik  $v_2$  dan  $v_3$ . Banyaknya titik pada suatu graf disebut order dari  $G$  dan banyaknya sisi pada graf  $G$  disebut size, untuk menjelaskan bahwa  $V$  adalah himpunan titik dari graf  $G$ , maka penulisannya dinotasikan sebagai  $V(G)$ , begitupun untuk  $E$  merupakan himpunan sisi pada graf  $G$  penulisannya yaitu  $E(G)$ . Derajat sebuah titik  $v$  pada graf  $G$  adalah

banyaknya titik yang bertetangga dengan titik v. Notasi dari derajat titik v yaitu  $d(v)$ , notasi dari derajat minimum pada suatu graf G yaitu  $\delta(G)$ , dan notasi dari derajat maksimum pada suatu graf G yaitu  $\Delta(G)$ . Pewarnaan graf diawali dengan permasalahan batas wilayah pada peta, sehingga tiap daerah yang berbeda pada peta memiliki warna yang berbeda. Pada teori graf ada istilah pewarnaan, yakni pewarnaan titik, pewarnaan sisi dan pewarnaan wilayah (Santi, 2023). Pewarnaan titik merupakan pemberian warna setiap titik dalam sebuah graf, sedemikian hingga tidak terdapat dua titik terhubung langsung memperoleh warna sepadan (Matematika et al., 2022). Pewarnaan Sisi (Edge Coloring) merupakan pemberian warna pada setiap sisi graf sehingga sisi-sisi yang berhubungan tidak memiliki warna yang sama, dan Pewarnaan Wilayah (Region Coloring) merupakan pemberian warna pada setiap wilayah graf sehingga tidak ada wilayah yang bersebelahan yang memiliki warna yang sama (Silitonga & Apdillah, 2017).

Algoritma Welch-Powell merupakan salah satu metode pewarnaan graf yang populer karena kemudahannya dalam implementasi dan efisiensinya dalam

menyelesaikan konflik penjadwalan. Penelitian oleh Andrari et al. (2023) menunjukkan bahwa algoritma Welch-Powell efektif dalam menyusun jadwal ujian Tahfidz bebas konflik di MAN 2 Banyuwangi, dengan meminimalkan jumlah slot waktu yang dibutuhkan (Andrari et al., 2023). Aristianto dan Danawati (2022) juga menerapkan algoritma yang sama untuk menyusun jadwal ujian skripsi di Universitas Duta Bangsa Surakarta. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa konflik jadwal antar dosen pengaji dapat dihindari secara efektif dengan metode ini (Aristianto, 2022). Penelitian oleh Kurniawan et al. (2021) mengembangkan sistem penjadwalan otomatis berbasis pewarnaan graf dengan membandingkan algoritma Welch-Powell dan DSATUR. Hasilnya menunjukkan bahwa Welch-Powell lebih unggul dalam kasus jumlah konflik rendah hingga sedang (Kurniawan et al., 2021).

Sementara itu, studi oleh Kusuma dan Santosa (2019) menggunakan algoritma pewarnaan graf untuk penjadwalan mata kuliah reguler di salah satu perguruan tinggi swasta. Mereka menemukan bahwa pendekatan ini mampu menghasilkan jadwal dengan efisiensi penggunaan ruang

yang lebih tinggi (Kusuma & Santosa, 2019). Hasil dari penelitian lainnya pada penelitian dewi 2020 menunjukkan bahwa pewarnaan graf dengan algoritma Welch Powell dapat diterapkan untuk menyusun jadwal seminar proposal skripsi mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung.(Dewi, 2020). Penyusunan penjadwalan kuliah di program studi Matematika UNUGIRI menggunakan graf pewarnaan dengan algoritma Welch Powell juga dilakukan pada peneltian (Rohmawati et al., 2022) denganmembentuk matriks penyesuaian antara kesedian dosen untuk mengajar mata kuliah sehingga menghasilkan 6 warna, dianta keenam warna tersebut jika simpul-simpulnya berwarna tidak sama berarti simpul tersebut bersebelahan sehingga dapat ditempatkan pada kelas yang sama dan begitu sebaliknya.

Berdasarkan studi-studi tersebut, dapat disimpulkan bahwa algoritma Welch-Powell memiliki potensi besar untuk diimplementasikan dalam penjadwalan UAS di Program Studi Bisnis Digital STMIK Widya Cipta Dharma. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan efektivitas algoritma tersebut dalam konteks nyata,

sekaligus memberikan kontribusi terhadap peningkatan sistem penjadwalan akademik yang efisien dan terstruktur.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen komputasi, di mana data yang diperoleh dianalisis menggunakan teori graf, khususnya algoritma pewarnaan graf Welch-Powell. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk menghasilkan penjadwalan ujian akhir semester (UAS) yang optimal dan bebas konflik di Program Studi Bisnis Digital STMIK Widya Cipta Dharma.

### 1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah terapan (applied research) yang bertujuan untuk menyelesaikan masalah praktis dalam dunia akademik, khususnya dalam hal penjadwalan ujian.

### 2. Objek dan Subjek Penelitian

Objek: Penjadwalan UAS pada Program Studi Bisnis Digma dan Subjek: Mata kuliah dan mahasiswa yang terdaftar pada semester berjalan.

### 3. Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui beberapa sumber berikut:

a) Data mata kuliah yang ditawarkan

Jurnal BeduManagers, Vol.6, No.1, 30 Juni 2025

pada semester tersebut.

- b) Data mahasiswa yang mengambil masing-masing mata kuliah.
  - c) Jadwal ketersediaan ruang dan dosen pengawas.
4. Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan berikut:

a) Representasi Graf

Data mata kuliah direpresentasikan dalam bentuk graf tidak berarah. Setiap mata kuliah menjadi simpul (*vertex*), dan dua mata kuliah yang memiliki mahasiswa yang sama akan dihubungkan dengan sisi (*edge*), menandakan potensi konflik jika dijadwalkan di waktu yang sama.

b) Penerapan Algoritma Welch Powell

Langkah-langkah algoritma:

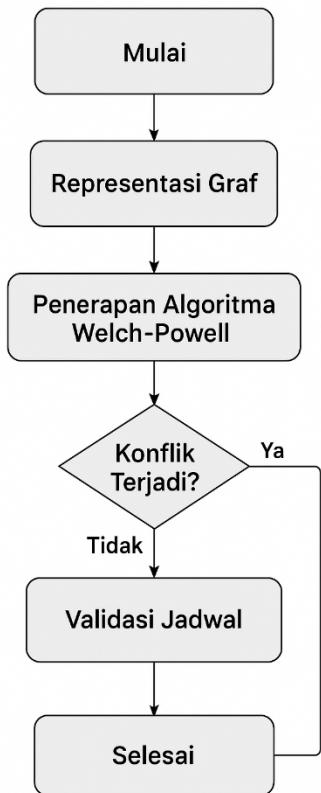
1. Urutkan simpul berdasarkan derajat tertinggi ke terendah.
2. Berikan warna pertama pada simpul dengan derajat tertinggi.
3. Berikan warna yang sama pada simpul lain yang tidak terhubung langsung dengan simpul sebelumnya.

4. Ulangi proses dengan warna berikutnya hingga semua simpul terwarnai.

Setiap warna mewakili satu slot waktu ujian.

a) Validasi Jadwal

Jadwal yang dihasilkan divalidasi untuk memastikan tidak ada konflik (dua mata kuliah dengan mahasiswa yang sama dijadwalkan dalam waktu yang sama) dan mempertimbangkan efisiensi penggunaan waktu dan ruang.



Gambar 1. Flowchart tahapan penelitian

Input: Graph  $G = (V, E)$

Output: Pewarnaan simpul tanpa konflik

1. Urutkan simpul  $V$  berdasarkan derajatnya dari tertinggi ke terendah
2. Inisialisasi warna pertama (misal: warna = 1)
3. Selama masih ada simpul yang belum diberi warna:
  - a) Pilih simpul pertama yang belum diberi warna
  - b) Warnai simpul tersebut dengan warna saat ini
  - c) Untuk setiap simpul lainnya:

Jika simpul belum diberi warna dan tidak berdekatan dengan simpul yang sudah diberi warna saat ini, maka beri warna yang sama

- d) Tambahkan warna baru dan ulangi langkah dari (a)

4. Selesai

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan konflik jadwal mata kuliah berdasarkan kesamaan mahasiswa dan dosen pengampu menggunakan pendekatan teori graf. Dengan merepresentasikan 18 mata kuliah sebagai 18 vertex dan membangun edge berdasarkan multikonflik antar mata kuliah, diperoleh pemodelan graf tak berarah yang berguna untuk pengaturan jadwal dan pemetaan konflik.

Tabel 1. Daftar Mata Kuliah Program studi bisnis Digital untuk Angkatan 2023 dan 2024

No	Kode MK	Nama Mata Kuliah	SKS	Nama Dosen	Kode Vertex
<b>SEMESTER 2</b>					
1	MPK-6W2215	Kewarganegaraan	2	Pajar Pahrudin	A
2	MKK-6W2216	Akuntansi Keuangan	2	Muhammad NurMadani	B
3	MKK-6W2217	Algoritma dan Pemrograman	2	Ita Arfyanti	C
4	MKK-6W2218	Praktikum Algoritma dan Pemrograman	2	Ita Arfyanti	D
5	MKK-6W2219	Infrastruktur Teknologi Informasi	2	Presa taruna Oliver	E
6	MKK-6W2220	Manajemen Sumber Daya Manusia	2	Renni Mayasari	F
7	MKK-6W2221	Pemikiran Desain	2	Muhammad Amir Ariandi	G

8	MKK-6W2322	Sistem Informasi Bisnis	3	Yunita	H
9	MKK-6W2323	Statistika dan Probabilitas	3	Hanifah Ekawati	I
<b>Jumlah</b>		<b>20</b>			
<b>SEMESTER 4</b>					
1	MKK-6W4233	Analisis dan Perancangan Sistem Bisnis	2	Presa taruna Oliver	J
2	MKK-6W4234	Analisis Media Sosial	2	Rizky Zakarriya Rasyad	K
3	MKK-6W4335	Kecerdasan Bisnis	3	Heny Pratiwi	L
4	MKK-6W4236	Manajemen Media Digital	2	Muhammad NurMadani	M
5	MKK-6W4237	Pembelajaran Mesin	2	Wahyuni	N
6	MKK-6W4238	Perdagangan Elektronik	2	Yunita	O
7	MKK-6W4239	Praktikum Pembelajaran Mesin	2	Wahyuni	P
8	MKK-6W4240	Pemodelan Bisnis	2	Renni Mayasari	Q
9	MKK-6W4341	Pemasaran Digital	3	Muhammad Amir Ariandi	R
<b>Jumlah</b>		<b>20</b>			

Keterangan:

- Mata kuliah A s.d. I berada di

### Semester 2

- Mata kuliah J s.d. R berada di

### Semester 4

Beberapa vertex mewakili lebih dari satu mata kuliah yang dianggap satu entitas karena memiliki keterkaitan data. Untuk Ruangan yang disediakan hanya ada 2 ruang yaitu ruang 9 dan 10 Gedung B dalam 1 minggu yang disediakan untuk jadwal Ujian.

### Vertex (V):

Terdiri dari 18 titik yang masing-masing mewakili satu mata kuliah. Misalnya,  $V=\{A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,P,Q,R\}$  yang berarti ada 18 mata kuliah yang terlibat.

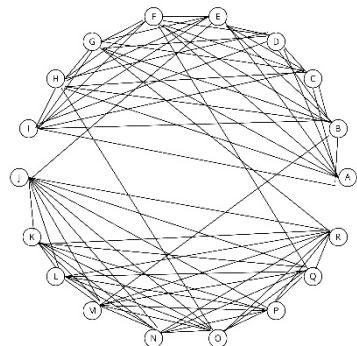
### Edge (E):

Setiap sisi antara dua vertex menunjukkan adanya konflik, baik dalam hal jadwal (dua mata kuliah diambil oleh mahasiswa yang sama) atau dosen yang mengajar kedua mata kuliah. Dalam hal ini, edge yang diberikan adalah:

- (B, M)
- (C, D)
- (E, J)
- (F, Q)
- (G, R)
- (H, O)
- (N, P)

Sisi-sisi tersebut menunjukkan adanya konflik antara mata kuliah yang terdaftar pada dua semester yang berbeda, yaitu Semester 2 (A, B, C, D, E, F, G, H, I) dan Semester 4 (J, K, L, M, N, O, P, Q, R).

Sisi-sisi yang ditunjukkan dalam edge (misalnya, B dengan M) menunjukkan adanya konflik antara mata kuliah B yang terjadwal pada Semester 2 dan mata kuliah M yang terjadwal pada Semester 4, yang artinya ada mahasiswa yang mengambil kedua mata kuliah tersebut atau kedua mata kuliah diajarkan oleh dosen yang sama.



Gambar 1. Visualisasi Graph Konflik

**Langkah 1**

Step 1

$$V(G) = \{A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R\}$$

$$C = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18\}$$

Step 2

$$C1 = \{1\}$$

$$C2 = \{1, 2\}$$

$$C3 = \{1, 2, 3\}$$

$$C4 = \{1, 2, 3, 4\}$$

$$C5 = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

$$C6 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

$$C7 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$$

$$C8 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$$

$$C9 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

$$C10 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$$

$$C11 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11\}$$

$$C12 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12\}$$

$$C13 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13\}$$

$$C14 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14\}$$

$$C15 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15\}$$

$$C16 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16\}$$

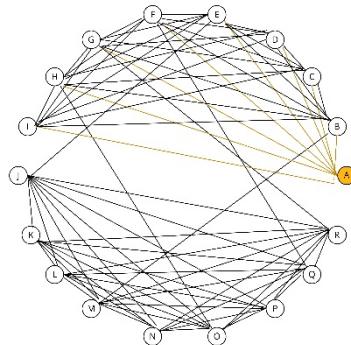
$$C17 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17\}$$

$$C18 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18\}$$

Step 3

$$I = 1 \Rightarrow A$$

Gambar 2. Visualisasi  
 Gambar  
 Step 4  
 Warna Pertama di  $C1 = 1$ , Maka A Warna 1



Gambar 2. Pewarnaan Vertex A

Step 5

$$C2 = \{1, 2\} - \{1\} = \{2\}$$

$$C3 = \{1, 2, 3\} - \{1\} = \{2, 3\}$$

$$C4 = \{1, 2, 3, 4\} - \{1\} = \{2, 3, 4\}$$

$$C5 = \{1, 2, 3, 4, 5\} - \{1\} = \{2, 3, 4, 5\}$$

$$C6 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} - \{1\} = \{2, 3, 4, 5, 6\}$$

$$C7 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\} - \{1\} = \{2, 3, 4, 5, 6, 7\}$$

$$C8 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\} - \{1\} = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$$

$$C9 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\} - \{1\} = \{2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$$

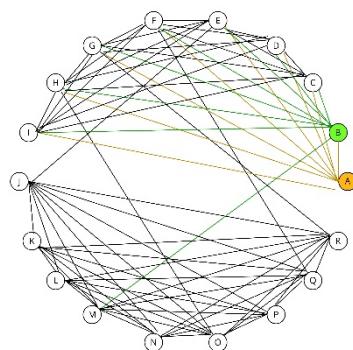
**Langkah 2**

Step 3

$$I = 1 + 1 = 2 \Rightarrow B$$

Step 4

Warna Pertama di  $C2 = 2$ , Maka B Warna 2



Gambar 3. Pewarnaan Vertex B

**Step 5**

$$C3 = \{2,3\} - \{2\} = \{3\}$$

$$C4 = \{2,3,4\} - \{2\} = \{3,4\}$$

$$C5 = \{2,3,4,5\} - \{2\} = \{3,4,5\}$$

$$C6 = \{2,3,4,5,6\} - \{2\} = \{3,4,5,6\}$$

$$C7 = \{2,3,4,5,6,7\} - \{2\} = \{3,4,5,6,7\}$$

$$C8 = \{2,3,4,5,6,7,8\} - \{2\} = \{3,4,5,6,7,8\}$$

$$C9 = \{2,3,4,5,6,7,8,9\} - \{2\} = \{3,4,5,6,7,8,9\}$$

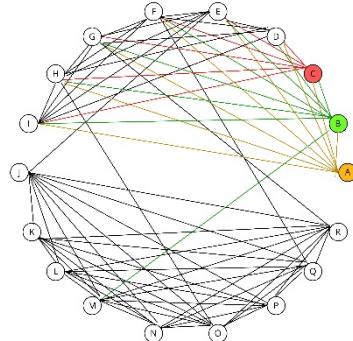
$$C13 = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13\} - \{2\} = \{1,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13\}$$

**Langkah 3****Step 3**

$$I = 2 + 1 = 3 \Rightarrow C$$

**Step 4**

Warna Pertama di  $C3 = 3$ , Maka C Warna 3



Gambar 4. Pewarnaan Vertex C

**Step 5**

$$C4 = \{3,4\} - \{3\} = \{4\}$$

$$C5 = \{3,4,5\} - \{3\} = \{4,5\}$$

$$C6 = \{3,4,5,6\} - \{3\} = \{4,5,6\}$$

$$C7 = \{3,4,5,6,7\} - \{3\} = \{4,5,6,7\}$$

$$C8 = \{3,4,5,6,7,8\} - \{3\} = \{4,5,6,7,8\}$$

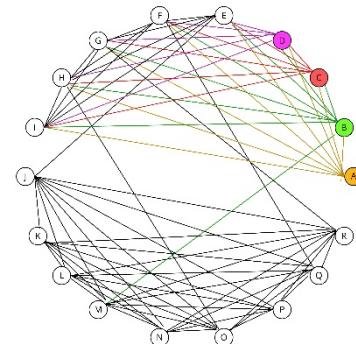
$$C9 = \{3,4,5,6,7,8,9\} - \{3\} = \{4,5,6,7,8,9\}$$

**Langkah 4****Step 3**

$$I = 3 + 1 = 4 \Rightarrow D$$

**Step 4**

Warna Pertama di  $C4 = 4$ , Maka D Warna 4



Gambar 5. Pewarnaan Vertex D

**Step 5**

$$C5 = \{4,5\} - \{4\} = \{5\}$$

$$C6 = \{4,5,6\} - \{4\} = \{5,6\}$$

$$C7 = \{4,5,6,7\} - \{4\} = \{5,6,7\}$$

$$C8 = \{4,5,6,7,8\} - \{4\} = \{5,6,7,8\}$$

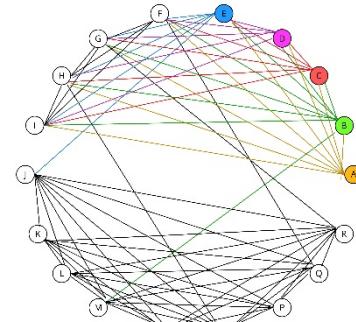
$$C9 = \{4,5,6,7,8,9\} - \{4\} = \{5,6,7,8,9\}$$

**Langkah 5****Step 3**

$$I = 4 + 1 = 5 \Rightarrow E$$

**Step 4**

Warna Pertama di  $C5 = 5$ , Maka E Warna 5



Gambar 6. Pewarnaan Vertex E

**Step 5**

$$C6 = \{5,6\} - \{5\} = \{6\}$$

$$C7 = \{5,6,7\} - \{5\} = \{6,7\}$$

$$C8 = \{5,6,7,8\} - \{5\} = \{6,7,8\}$$

$$C9 = \{5,6,7,8,9\} - \{5\} = \{6,7,8,9\}$$

$$C10 = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\} - \{5\} =$$

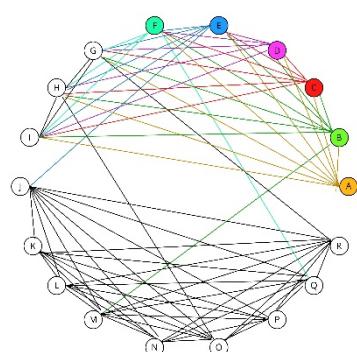
$$\{1,2,3,4,6,7,8,9,10\}$$

**Langkah 6****Step 3**

$$I = 5 + 1 = 6 \Rightarrow F$$

**Step 4**

Warna Pertama di  $C6 = 6$ , Maka F Warna 6



Gambar 7. Pewarnaan Vertex F

**Step 5**

$$C7 = \{6,7\} - \{6\} = \{7\}$$

$$C8 = \{6,7,8\} - \{6\} = \{7,8\}$$

$$C9 = \{6,7,8,9\} - \{6\} = \{7,8,9\}$$

**C17 =**

$$\{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\} -$$

$$\{6\} =$$

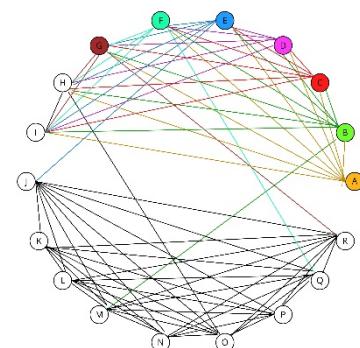
$$\{1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\}$$

**Langkah 7****Step 3**

$$I = 6 + 1 = 7 \Rightarrow G$$

**Step 4**

Warna Pertama di  $C7 = 7$ , Maka G Warna 7



Gambar 8. Pewarnaan Vertex G

**Step 5**

$$C8 = \{7,8\} - \{7\} = \{8\}$$

$$C9 = \{7,8,9\} - \{7\} = \{8,9\}$$

**C18 =**

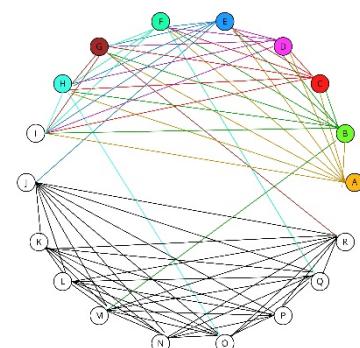
$$\{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,1$$

$$8\} - \{7\} = \{1,2,3,4,5,6,$$

$$8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\}$$

**Langkah 8****Step 3**

$$I = 7 + 1 = 8 \Rightarrow H$$



Gambar 10. Pewarnaan Vertex H

**Step 4**

Warna Pertama di  $C8 = 8$ , Maka H Warna 8

**Step 5**

$$C9 = \{8,9\} - \{8\} = \{9\}$$

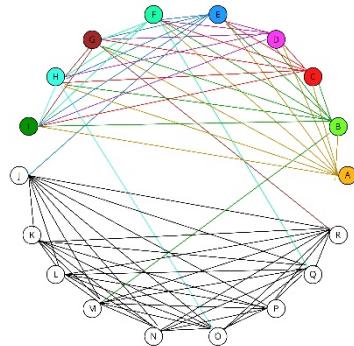
$$C15 = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15\} - \{8\} = \{1,2,3,4,5,6,7,9,10,11,12,13,14,15\}$$

**Langkah 9****Step 3**

$$I = 8 + 1 = 9 \Rightarrow I$$

Step 4

Warna Pertama di C9 = 9, Maka I Warna 9



Gambar 9. Pewarnaan Vertex I

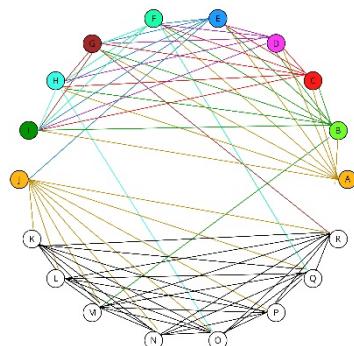
#### Langkah 10

Step 3

$$I = 9 + 1 = 10 \Rightarrow J$$

Step 4

Warna Pertama di C10 = 1, Maka J Warna 1



Gambar 11. Pewarnaan Vertex J

Step 5

$$C11 = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11\} - \{1\} = \{2,3,4,5,6,7,8,9,10,11\}$$

$$C12 = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12\} - \{1\} = \{2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12\}$$

$$C13 = \{1,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13\} - \{1\} = \{3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13\}$$

$$C14 = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14\} - \{1\} = \{2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14\}$$

$$C15 = \{1,2,3,4,5,6,7,9,10,11,12,13,14,15\} - \{1\} = \{2,3,4,5,6,7,9,10,11,12,13,14,15\}$$

$$C16 =$$

$$\{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16\} - \{1\} = \{2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16\}$$

$$C17 =$$

$$\{1,2,3,4,5,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\} - \{1\} = \{2,3,4,5,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\}$$

$$C18 =$$

$$\{2,3,4,5,6,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\} - \{1\} = \{2,3,4,5,6,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\}$$

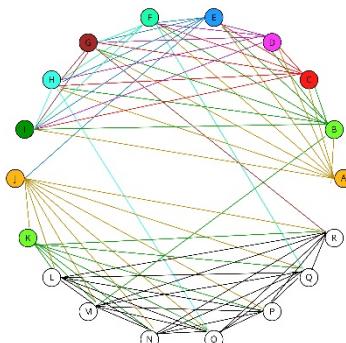
#### Langkah 11

Step 3

$$I = 10 + 1 = 11 \Rightarrow K$$

Step 4

Warna Pertama di C11 = 2, Maka K Warna 2



Gambar 12. Pewarnaan Vertex K

Step 5

$$C12 = \{2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12\} - \{2\} = \{3,4,5,6,7,8,9,10,11,12\}$$

$$C13 = \{3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13\} - \{2\} = \{3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13\}$$

$$C14 = \{2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14\} - \{2\} = \{3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14\}$$

$$C15 = \{2,3,4,5,6,7,9,10,11,12,13,14,15\} - \{2\} = \{3,4,5,6,7,9,10,11,12,13,14,15\}$$

$$C16 = \{2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16\} - \{2\} = \{3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16\}$$

$$C17 =$$

$$\{2,3,4,5,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\} - \{2\} = \{3,4,5,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\}$$

$$C18 =$$

$$\{2,3,4,5,6,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\} -$$

$\{2\} =$   
 $\{3,4,5,6,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\}$

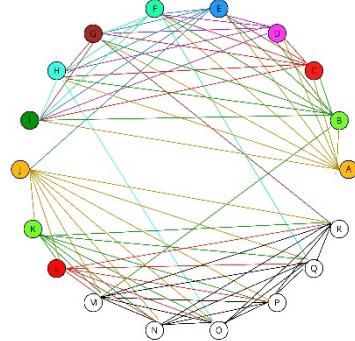
### Langkah 12

Step 3

$I = 11 + 1 = 12 \Rightarrow L$

Step 4

Warna Pertama di  $C_{12} = 3$ , Maka L Warna 3



Gambar 13. Pewarnaan Vertex L

Step 5

$C_{13} = \{3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13\} - \{3\} =$   
 $\{4,5,6,7,8,9,10,11,12,13\}$

$C_{14} = \{3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14\} - \{3\} =$   
 $\{4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14\}$

$C_{15} = \{3,4,5,6,7,9,10,11,12,13,14,15\} - \{3\} =$   
 $\{4,5,6,7,9,10,11,12,13,14,15\}$

$C_{16} = \{3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16\} -$   
 $\{3\} = \{4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16\}$

$C_{17} = \{3,4,5,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\} -$   
 $\{3\} = \{4,5,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\}$

$C_{18} =$

$\{3,4,5,6,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\} -$   
 $\{3\} = \{4,5,6,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\}$

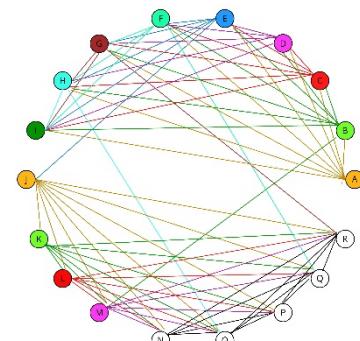
### Langkah 13

Step 3

$I = 12 + 1 = 13 \Rightarrow M$

Step 4

Warna Pertama di  $C_{13} = 4$ , Maka M Warna 4



Gambar 14. Pewarnaan Vertex M

Step 5

$C_{14} = \{4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14\} - \{4\} =$   
 $\{5,6,7,8,9,10,11,12,13,14\}$

$C_{15} = \{4,5,6,7,9,10,11,12,13,14,15\} - \{4\} =$   
 $\{5,6,7,9,10,11,12,13,14,15\}$

$C_{16} = \{4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16\} -$   
 $\{4\} = \{5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16\}$

$C_{17} = \{4,5,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\} -$   
 $\{4\} = \{5,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\}$

$C_{18} =$   
 $\{4,5,6,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\} - \{4\} =$   
 $\{5,6,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\}$

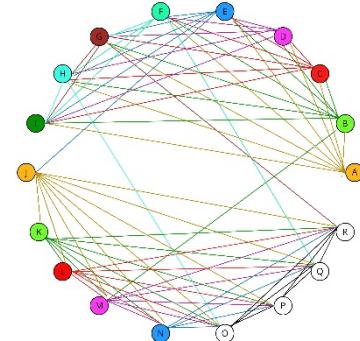
### Langkah 14

Step 3

$I = 13 + 1 = 14 \Rightarrow N$

Step 4

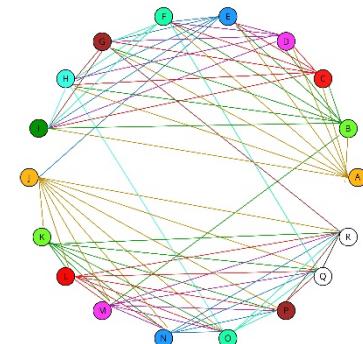
Warna Pertama di  $C_{14} = 5$ , Maka N Warna 5



Gambar 15. Pewarnaan Vertex N

**Step 5**

$$\begin{aligned}
 C15 &= \{5,6,7,9,10,11,12,13,14,15\} - \{5\} = \\
 &= \{6,7,9,10,11,12,13,14,15\} \\
 C16 &= \{5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16\} - \{5\} \\
 &= \{6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16\} \\
 C17 &= \{5,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\} - \\
 &\quad \{5\} = \{7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\} \\
 C18 &= \{5,6,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\} \\
 &\quad - \{5\} = \{6,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\}
 \end{aligned}$$



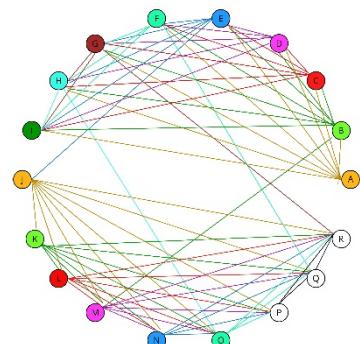
Gambar 17. Pewarnaan Vertex P

**Langkah 15****Step 3**

$$I = 14 + 1 = 15 \Rightarrow 0$$

**Step 4**

Warna Pertama di C15 = 6, Maka O Warna 6



Gambar 16. Pewarnaan Vertex O

**Step 5**

$$\begin{aligned}
 C16 &= \{6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16\} - \{6\} = \\
 &= \{7,8,9,10,11,12,13,14,15,16\} \\
 C17 &= \{7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\} - \{6\} \\
 &= \{7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\} \\
 C18 &= \{6,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\} - \\
 &\quad \{6\} = \{8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\}
 \end{aligned}$$

**Langkah 16****Step 3**

$$I = 15 + 1 = 16 \Rightarrow P$$

**Step 4**

Warna Pertama di C16 = 7, Maka P Warna 7

**Step 5**

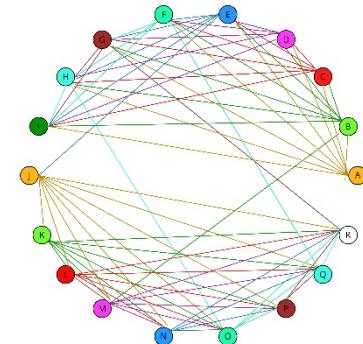
$$\begin{aligned}
 C17 &= \{7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\} - \{7\} \\
 &= \{8,9,10,11,12,13,14,15,16,17\} \\
 C18 &= \{8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\} - \\
 &\quad \{7\} = \{8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\}
 \end{aligned}$$

**Langkah 17****Step 3**

$$I = 16 + 1 = 17 \Rightarrow Q$$

**Step 4**

Warna Pertama di C17 = 8, Maka Q Warna 8



Gambar 18. Pewarnaan Vertex Q

**Step 5**

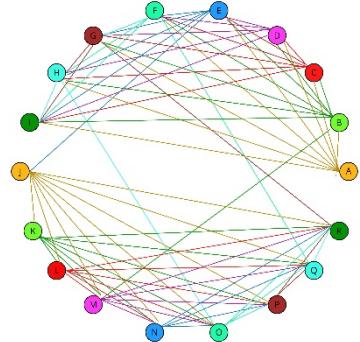
$$\begin{aligned}
 C18 &= \{8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\} - \\
 &\quad \{8\} = \{9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\}
 \end{aligned}$$

**Langkah 18****Step 3**

$$I = 17 + 1 = 18 \Rightarrow R$$

Step 4

Warna Pertama di C18 = 9, Maka R Warna 9



Gambar 19. Pewarnaan Vertex R

E	5
F	6
G	7
H	8
I	9
J	1
K	2
L	3
M	4
N	5
O	6
P	7
Q	8
R	9

Step 5

 $I = 18 + 1 = 19 > 18 = n$  lanjut ke Step 6

Step 6

Pada penjadwalan ini, huruf A sampai R mewakili mata kuliah yang akan mengikuti ujian. Setiap mata kuliah diberi warna tertentu. Warna tersebut menunjukkan kelompok waktu ujian. Mata kuliah yang memiliki warna yang sama dijadwalkan di waktu yang sama, namun ditempatkan di ruangan yang berbeda. Sementara itu, mata kuliah dengan warna berbeda harus dijadwalkan di waktu yang berbeda agar tidak saling bentrok, karena bisa saja ada mahasiswa yang mengikuti kedua mata kuliah tersebut.

Tabel 2. Warna Setiap Vertex

V(G)	Warna A-R
A	1
B	2
C	3
D	4

Berdasarkan tabel pada Step 6, Mata kuliah yang memiliki warna sama dijadwalkan pada waktu yang sama tetapi di dua ruangan yang berbeda, yaitu Ruang 9 dan Ruang 10 Gedung B. Misalnya, mata kuliah A dan J yang memiliki warna sama akan melaksanakan ujian pada sesi pertama hari Senin, di mana A berada di Ruang 9 dan J di Ruang 10. Pola ini diterapkan secara konsisten untuk semua pasangan mata kuliah sesuai dengan warna masing-masing. Setiap hari ujian terdiri dari tiga sesi yang dimulai pukul 08.00 sampai pukul 15.00, sehingga pemanfaatan dua ruangan tersebut menjadi maksimal. Dengan penjadwalan ini, seluruh mata kuliah semester 2 dan semester 4 dapat diselesaikan dalam waktu satu minggu tanpa terjadi bentrok jadwal.

Tabel 3. Contoh Jadwal

Hari	Sesi	Jam	Ruang 9 (Smt 2)	Ruang 10 (Smt 4)
Senin	Sesi 1	08.00–09.30	A	J
	Sesi 2	10.00–11.30	B	K
	Sesi 3	13.30–15.00	C	L
Selasa	Sesi 1	08.00–09.30	D	M
	Sesi 2	10.00–11.30	E	N
	Sesi 3	13.30–15.00	F	O
Rabu	Sesi 1	08.00–09.30	G	P
	Sesi 2	10.00–11.30	H	Q
	Sesi 3	13.30–15.00	I	R

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian dan pembahasan di atas, bahwa pewarnaan graph pada titik dengan Algoritma *Welch-Powell* dapat digunakan untuk menyusun jadwal ujian akhir semester mahasiswa program studi Bisnis Digital dengan menerapkan dua konflik yaitu kesamaan semester dan dosen pengampu. Hasil yang diperoleh yaitu pola jadwal yang efisien dari segi waktu dan ruangan karena pewarnaan titik yang digunakan adalah pewarnaan dengan barisan besar utama yaitu dengan memulai dari derajat yang terbesar. Pada kasus yang sama dapat menambah jumlah mata kuliah yang lebih banyak untuk semua semester pada program studi Bisnis Digital dan mengembangkan dalam bentuk aplikasi penjadwalan.

## DAFTAR PUSTAKA

Aristianto, S. (2022). Penentuan Jadwal Ujian Skripsi di Universitas Duta

Bangsa Surakarta Menggunakan Algoritma Welch-Powell. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Bisnis*.

Damanik, N. G., Andriani, A., Damanik, T., Kembaren, S. N. B., Hutagalung, C. F., Harahap, D. M., Manik, S. G., Silitonga, N. S. S., & Haris, D. (2025). Studi Literatur: Pembelajaran Teori Graph Sebagai Alat Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Kognitif: Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, 5(2). <https://doi.org/10.51574/KOGNITIF.V5I2.2381>

Dewi, N. R. (2020). Penerapan Pewarnaan Graf Terhadap Penyusunan Jadwal Seminar Proposal Skripsi di Prodi Pendidikan Matematika UIN Raden Intan Lampung. *Buana Matematika : Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 10(1), 103–112. <https://doi.org/10.36456/BUANAMA TEMATIKA.V10I1.2610>

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.V4 I1.402>

Matematika, J. I., Abdullah, M. D., & Rahadjeng, B. (2022). APLIKASI PEWARNAAN TITIK PADA GRAF UNTUK OPTIMALISASI DURASI LAMPU LALU LINTAS DI SIMPANG JALAN JEMURSARI KOTA SURABAYA. *MATHunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, 10(2), 289–298. <https://doi.org/10.26740/MATHUNE SA.V10N2.P289-298>

Retnoningsih, I. I., Dafik, D., & Hussen, S. (2022). Pewarnaan Titik pada Keluarga Graf Sentripetal. *CGANT*

- JOURNAL OF MATHEMATICS AND APPLICATIONS*, 3(1), 48–56.  
<https://doi.org/10.19184/CGANTJMA.V3I1.75>
- Rohmawati, R. M., Fathoni, M. I. A., & Ismanto, I. (2022). Penerapan Algoritma Welch-Powell Pada Penyusunan Jadwal Perkuliahinan di Program Studi Pendidikan Matematika. *Euler : Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*, 10(2), 200–210.  
<https://doi.org/10.34312/EULER.V10I2.16649>
- Santi, N. (2023). Pewarnaan Titik Dengan Algoritma Welch-Powell Untuk Penentuan Jadwal Kuliah. *AKTUARIA*, 2(2), 30–36. <https://ojs.unitas-pdg.ac.id/index.php/aktuaria/article/view/925>
- Silitonga, A. N., & Apdillah, D. (2017). Penjadwalan Perkuliahinan Dengan Metode Vertex Graph Coloring Dan Simulated Annealing. *JOURNAL OF INDUSTRIAL AND MANUFACTURE ENGINEERING*, 1(2), 56–63.  
<https://doi.org/10.31289/JIME.V1I2.2328>
- Kurniawan, B., Sari, R. M., & Sutopo, J. (2021). *Perbandingan Algoritma Pewarnaan Graf Welch-Powell dan DSATUR dalam Penjadwalan Otomatis*. Journal of Electrical Engineering and Informatics, 8(2).