

# PENYUSUNAN JADWAL UJIAN MATA KULIAH DENGAN ALGORITMA PEWARNAAN GRAF WELCH POWELL

Setia Astuti

Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dian Nuswantoro Semarang

## Abstract :

*In making a schedule in our daily life, it often causes a clash or trouble. Personally it will be not a big problem since there is time tolerance and different schedule of each person. If there are many persons on a schedule it will be a big problem which causes a big trouble. A schedule of a university includes variety subjects and many students. Graph coloring Welch Powell algorithm offers a good solution to know the minimum amount of days which are available for an examination, as the result there will be no schedule clash anymore for students.*

**Keywords :** graph, node, coloring, exam schedule

## PENDAHULUAN

Penjadwalan ujian merupakan suatu pekerjaan rutin dalam sistem akademik di Perguruan Tinggi yang dilakukan setiap semester. Pada pelaksanaannya, seringkali jadwal ujian yang telah dikeluarkan belum *fix* sehingga membutuhkan adanya penjadwalan ulang. Hal ini disebabkan jenis mata kuliah yang banyak dan variasi pengambilan mata kuliah dari mahasiswa yang banyak juga. Pada dasarnya dalam menentukan jadwal ujian harus diatur sedemikian rupa sehingga semua mahasiswa dapat mengikuti ujian mata kuliah yang diambilnya tanpa bertabrakan waktunya dengan jadwal ujian kuliah lain yang juga diambilnya. Dengan kata lain jika ada mahasiswa yang mengambil dua buah mata kuliah atau lebih, jadwal ujian mata kuliah tersebut harus pada waktu yang tidak bersamaan. Ujian dua buah mata kuliah dapat dijadwalkan pada waktu yang bersamaan jika tidak ada mahasiswa yang sama yang mengikuti ujian dua mata kuliah tersebut.

Dalam melakukan penjadwalan ujian, diperlukan pemikiran yang cukup rumit untuk dapat memetakan sejumlah komponen penjadwalan (mata kuliah, mahasiswa, ruang, dan waktu) ke dalam *timeslot* (matriks ruang dan waktu) dengan mempertimbangkan semua batasan yang ada. Masalah tersebut antara lain setiap mahasiswa yang mengontrak mata kuliah harus dijadwalkan ujian dalam waktu yang berbeda dan ketersediaan ruang yang sesuai untuk peserta ujian dalam jumlah tertentu.

Proses manual memerlukan waktu yang cukup lama untuk dapat melakukan hal ini dan memungkinkan terjadinya pelanggaran constraint akibat *human error*. Pelanggaran constraint dalam penjadwalan ujian menjadikan jadwal tidak valid dan harus direkonstruksi ulang. Jika kejadian seperti ini selalu berulang tiap kali menghadapi ujian semester, maka sepatutnya permasalahan ini mendapat prioritas untuk dicari solusinya demi peningkatan mutu sistem akademik di Perguruan Tinggi.

Permasalahan penjadwalan ujian terkait erat dengan masalah optimasi. Oleh karena itu, pengembangan sistem penjadwalan ujian dilakukan dengan melalui beberapa iterasi perbaikan. Fungsi tujuannya adalah memenuhi sejumlah constraint penjadwalan, seperti menghindari terjadinya bentrok jadwal ujian. Dalam kajian ilmu di Matematika Diskrit, teori graf memberi solusi untuk permasalahan ini melalui bahasannya tentang pewarnaan graf. Pembuatan sistem penjadwalan ujian yang menerapkan teori ini diharapkan mampu menjawab permasalahan ini.

Beberapa constraint di atas menunjukkan bahwa permasalahan penjadwalan ujian ditimbulkan oleh suatu variabel yang bersifat dinamis yaitu pola kontrak mata kuliah yang dilakukan mahasiswa. Variabel lainnya seperti ruang pada umumnya tidak mengalami perubahan yang begitu signifikan

sehingga masih mungkin diadaptasi dengan keadaan real. Sedangkan pola kontrak mata kuliah yang berbeda pada tiap semester sangat menjadi kendala untuk penjadwalan ujian sehingga prediksi mengenai hal ini sangat diperlukan.

## LANDASAN TEORI

### 1. Permutasi dan Kombinasi

Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa permasalahan penjadwalan ujian disebabkan oleh pola kontrak mata kuliah yang dilakukan mahasiswa. Hal ini merupakan permasalahan kombinatorial sehingga dibutuhkan penulisan masalah secara matematis agar hasil yang didapatkan lebih optimal. Pemahaman dimulai dari teori tentang permutasi dan kombinasi.

Permutasi adalah jumlah urutan berbeda dari pengaturan objek-objek. Permutasi merupakan bentuk khusus aplikasi aturan perkalian. Misalkan jumlah objek adalah  $n$ , maka urutan pertama dipilih dari  $n$  objek, urutan kedua dipilih dari  $n - 1$  objek, urutan ketiga dipilih dari  $n - 2$  objek, begitu seterusnya, dan urutan terakhir dipilih dari 1 objek yang tersisa. Menurut kaidah perkalian, permutasi dan  $n$  objek adalah

$$n(n - 1)(n - 2) \dots (2)(1) = n!$$

Adapun jumlah susunan berbeda dari pemilihan  $r$  objek yang diambil dan  $n$  objek disebut *permutasi- $r$* , dilambangkan dengan  $P(n,r)$ , yaitu

$$P(n, r) = n(n - 1)(n - 2) \dots (n - (r - 1)) = n!(n - r)!$$

Kombinasi merupakan bentuk khusus dari permutasi. Kombinasi mengabaikan urutan kemunculan. Dalam kasus penjadwalan ujian, kombinasi merupakan variasi yang mungkin terjadi ketika mahasiswa memilih untuk mengontrak mata kuliah pada semester tertentu. Jumlah mata kuliah yang ditawarkan Program Studi sebanyak  $n$  objek dan jumlah mata kuliah yang dikontrak dengan batasan SKS tertentu adalah  $r$  objek. Rumus kombinasi- $r$  adalah

$$C(n, r) = \frac{n!}{r!(n - r)!}$$

### 2. Graf

Teori Graf merupakan salah satu bahasan dalam Matematika Diskrit yang menarik untuk dibahas karena berkaitan dengan permasalahan yang banyak ditemui di dunia nyata. Graf  $G$  didefinisikan sebagai pasangan himpunan  $(V, E)$ , ditulis dengan notasi  $G = (V, E)$ , di mana  $V$  adalah himpunan tidak kosong dari simpul – simpul (verteks) dan  $E$  adalah himpunan sisi (Edges) yang menghubungkan sepasang simpul.

Berdasarkan arahnya Graf dibedakan menjadi 2 yaitu :

- Graf Tak Berarah : Graf yang sisinya tidak mempunyai orientasi arah
- Graf Berarah : Graf yang sisinya mempunyai orientasi arah

Pada tulisan ini hanya dibahas Graf Tak Berarah saja.

#### 2.1. Derajat Graf

Derajat suatu simpul pada graf tak berarah adalah jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.

#### 2.1. Pewarnaan Graf

Dalam teori graf, pewarnaan graf merupakan suatu bentuk pelabelan graf, yaitu dengan memberikan warna pada elemen graf yang akan dijadikan subjek dalam memahami constraint

permasalahan. Ada tiga macam persoalan pewarnaan graf (*graph colouring*), yaitu pewarnaan simpul, pewarnaan sisi, dan pewarnaan wilayah (*region*). Pada tulisan ini hanya akan membahas pewarnaan untuk elemen graf yang paling sederhana yaitu pewarnaan simpul graf.

## 2.2. Pewarnaan Simpul Graf

Pewarnaan simpul adalah memberi warna pada simpul-simpul di dalam graf sedemikian sehingga setiap dua simpul bertetangga mempunyai warna yang berbeda [1]. Contoh kasus yang merepresentasikan permasalahan ini diantaranya adalah penjadwalan ujian mata kuliah.

## 2.3. Bilangan Kromatik

Penyelesaian kasus penjadwalan pada hakikatnya adalah berupaya untuk mengalokasikan sejumlah aktifitas yang mengandung *constraint* atau batasan ke dalam timeslot (matriks ruang dan waktu). Jumlah timeslot yang tersedia juga memiliki batasan, baik berupa jumlah ruang, maupun waktu penggunaannya. Oleh karena itu, penjadwalan yang baik haruslah dapat menyesuaikan sejumlah keterbatasan *resource* atau sumber daya yang ada agar seluruh aktifitas dapat tetap terlaksana tanpa melanggar *constraint*-nya. Pewarnaan graf mengakomodasi hal tersebut dengan bilangan kromatik.

Bilangan Kromatik Graf  $G$  ( $\chi(G)$ ) adalah jumlah warna minimum yang dapat digunakan untuk mewarnai simpul (verteks/  $V$ ).

## 2.4. Algoritma Welch-Powell

Algoritma Welch-Powell merupakan salah satu algoritma pewarnaan graf yang melakukan pewarnaan berdasarkan derajat tertinggi dari simpul-simpulnya atau disebut *Largest Degree Ordering* (LDO). Algoritma Welch-Powell dapat digunakan untuk mewarnai sebuah graf  $G$  secara efisien. Algoritma ini tidak memberikan jumlah warna minimum yang diperlukan untuk mewarnai  $G$ , namun cukup praktis untuk digunakan dalam pewarnaan simpul sebuah graf. Algoritma Welch-Powell hanya cocok digunakan untuk graf dengan orde yang kecil [3].

Berikut algoritmanya:

- 1) Urutkan simpul-simpul dari  $G$  dalam derajat yang menurun (urutan seperti ini mungkin tidak unik karena beberapa simpul mungkin berderajat sama).
- 2) Gunakan satu warna untuk mewarnai simpul pertama (yang mempunyai derajat tertinggi) dan simpul-simpul lain (dalam urutan yang berurutan) yang tidak bertetangga dengan simpul pertama ini.
- 3) Mulai lagi dengan simpul berderajat tertinggi berikutnya di dalam daftar terurut yang belum diwarnai dan ulangi proses pewarnaan simpul dengan menggunakan warna kedua.
- 4) Ulangi penggunaan warna-warna sampai semua simpul telah diwarnai.

Flowchart Algoritma Welch-Powell adalah sebagai berikut:



**Gambar 1.**  
Flowchart Algoritma Welch-Powell

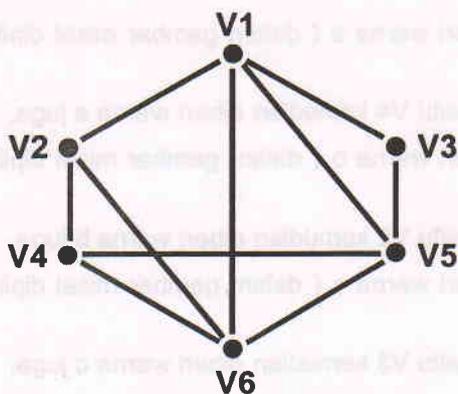
## ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan dimisalkan terdapat 10 mahasiswa dan 6 matakuliah yang berbeda. Masing – masing mahasiswa mengontrak mata kuliah dengan kombinasi berbeda, seperti pada tabel di berikut ini:

		MATA KULIAH					
		V1	V2	V3	V4	V5	V6
MAHASISWA	1	1	1				1
	2	1				1	1
	3	1		1		1	
	4				1	1	
	5		1		1		
	6	1		1			
	7					1	1
	8	1	1				
	9			1		1	
	10	1					1

Tabel 1. Tabel relasi mahasiswa yang mengambil matakuliah

Variasi mata kuliah yang dikontrak oleh mahasiswa dimodelkan secara matematis dalam bentuk graf. Mata kuliah disimbolkan di dalam graf berupa simpul yang merupakan *subject* dari *constraint* yang akan dipenuhi. Adapun *constraint* yang dimaksud adalah syarat bahwa jadwal ujian mata kuliah yang diselenggarakan tidak boleh berbentrok agar mahasiswa dapat mengikuti seluruh ujian dari mata kuliah yang dikontraknya. Berikut ini adalah representasi graf yang terbentuk dari tabel di atas.



Gambar 2. Gambar Graf hasil dari tabel 1

Kemudian disusun daftar simpul graf dan ketetanggaannya sebagai berikut

Verteks (simpul)	Simpul Tetangga
V1	V2, V3, V5, V6
V2	V1, V4, V6
V3	V1, V5
V4	V2, V5
V5	V1, V3, V4, V6
V6	V1, V2, V5

**Tabel 2. Tabel simpul dan ketetanggaannya**

Dengan algoritma Welch-Powell, hasil yang didapatkan adalah:

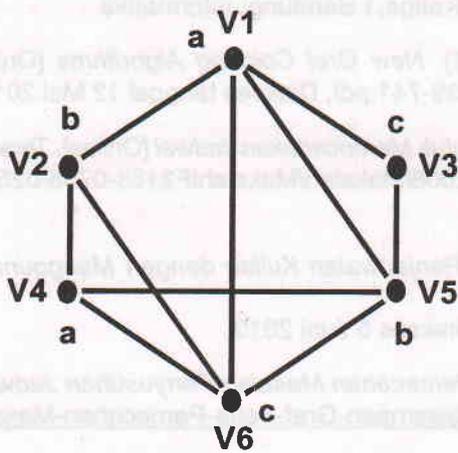
Verteks	V1	V5	V6	V2	V4	V3
Derajat	4	4	4	3	3	2
Warna	a	b	c	r	a	c

**Tabel 3. Tabel pewarnaan graf dengan algoritma Welch-Powell**

Alur kerjanya sebagai berikut :

1. Pilih Verteks V1 dengan derajat 4 kemudian diberi warna a ( dalam gambar misal dipilih warna biru)
2. Pilih Verteks yang tidak bertetangga dengan V1 yaitu V4 kemudian diberi warna a juga.
3. Pilih Verteks V5 dengan derajat 4 kemudian diberi warna b ( dalam gambar misal dipilih warna hijau)
4. Pilih Verteks yang tidak bertetangga dengan V5 yaitu V2 kemudian diberi warna b juga.
5. Pilih Verteks V6 dengan derajat 4 kemudian diberi warna c ( dalam gambar misal dipilih warna merah)
6. Pilih Verteks yang tidak bertetangga dengan V6 yaitu V3 kemudian diberi warna c juga.

Gambar graf yang didapat sebagai berikut:



Gambar 3. Gambar Hasil Pewarnaan Graf

Berdasarkan gambar graf tersebut terdapat 3 warna berbeda untuk 6 simpul mata kuliah yaitu a, b dan c atau biru, hijau dan merah. Atau dikatakan Graf mempunyai bilangan kromatis 3. Sehingga dapat dianalisa bahwa dari 6 mata kuliah tersebut bisa dijadwalkan ujian selama 3 hari yaitu:

1. Hari ke 1: ujian untuk mata kuliah v1 dan v4
2. Hari ke 2: ujian untuk mata kuliah v2 dan v5
3. Hari ke 3: ujian untuk mata kuliah v3 dan v6

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan pembahasan diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Algoritma Pewarnaan Graph Welch Powell bisa digunakan untuk menentukan jadwal ujian semester pada sistem informasi akademik Perguruan Tinggi sehingga tidak terjadi bentrokan jadwal ujian untuk semua mahasiswa.
2. Algoritma Pewarnaan Graph Welch Powell bisa digunakan untuk menentukan minimal jumlah hari ujian yang dibutuhkan dalam mengadakan ujian tersebut sehingga bisa menghemat waktu.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Munir, Rinaldi. (2005). *Matematika Diskrit* edisi Ketiga, 1 Bandung: Informatika.
2. Al-Omari, Hussein & Khair Eddin Sabri. (2006). *New Graf Coloring Algorithms* [Online]. Tersedia: [www.scipub.org/fulltext/jms2/jms224739-741.pdf](http://www.scipub.org/fulltext/jms2/jms224739-741.pdf), Diakses tanggal 12 Mei 2010.
3. Budiman, Hengky. *Penerapan Graph Colouring untuk Merencanakan Jadwal* [Online]. Tersedia: <http://www.informatika.org/~rinaldi/Matdis/2007/2008/Makalah/MakalahIF2153-0708-025.pdf>, Diakses tanggal 14 Mei 2010.
4. Setiadi, Robert. (2001). *Pemecahan Masalah Penjadwalan Kuliah dengan Menggunakan Teknik Intelligent Search* [Online]. Tersedia: <http://www.robertsetiadi.net/articles/snkk.htm>, Diakses 5 Juni 2010.
5. As'ad, Nabila. *Aplikasi Pewarnaan Graf Pada Pemecahan Masalah Penyusunan Jadwal* [http://www.scribd.com/doc/38875880/Aplikasi-Pewarnaan-Graf-Pada-Pemecahan-Masalah-Penyusunan Jadwal](http://www.scribd.com/doc/38875880/Aplikasi-Pewarnaan-Graf-Pada-Pemecahan-Masalah-Penyusunan-Jadwal), Diakses 6 Juni 2010.

## KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan pembahasan diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Algoritma Pemecahan Graph Coloring dengan menggunakan teknik pewarnaan graf dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan kuliah.
2. Algoritma Pemecahan Graph Coloring dengan menggunakan teknik pewarnaan graf dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan kuliah.