

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Aplikasi Teori Pewarnaan Graph dalam Pengaturan Jadwal Perkuliahan

Saat ini teori graph semakin berkembang dan menarik karena keunikan dan banyak sekali penerapannya. Keunikan teori graph adalah kesederhanaan pokok bahasan yang dipelajarinya, karena dapat disajikan sebagai simpul (*vertex*) dan sisi (*edge*). Materi-materi didalamnya pun sangat beragam. Sehingga dari keunikannya ini banyak ilmuwan menggunakannya dalam berbagai bidang kehidupan untuk mempermudah dalam menyelesaikan permasalahan.

Salah satu materi yang paling banyak terapannya adalah pewarnaan graph. Pewarnaan sisi pada graph adalah pemberian warna untuk setiap sisi pada graph sehingga tidak ada dua sisi yang terhubung langsung pada satu simpul berwarna sama. Sedangkan pewarnaan sisi- k untuk G adalah pemberian k warna pada sisi-sisi G sedemikian hingga setiap dua sisi yang bertemu pada simpul yang sama mendapatkan warna berbeda. Penyelesaian kasus penjadwalan adalah berupaya untuk mengalokasikan sejumlah aktifitas yang mengandung batasan ke dalam ruang dan waktu. Jumlah ruang dan waktu tersebut juga memiliki keterbatasan, baik berupa jumlah ruang maupun waktu penggunaannya. Oleh karena itu penjadwalan yang baik haruslah dapat menyesuaikan sejumlah keterbatasan atau sumber daya yang ada agar seluruh aktifitas dapat tetap terlaksana tanpa melanggar aturannya. Pewarnaan graph mengakomodasikan hal tersebut dengan

bilangan kromatik. Teori inilah yang akan digunakan dalam pembagian jadwal perkuliahan pada Prodi Matematika.

4.2 Kondisi Subyek Penelitian

Universitas Muhammadiyah Surabaya memiliki beberapa program studi salah satu diantaranya adalah program studi pendidikan matematika. Prodi pendidikan matematika memiliki cabang empat kelas, yaitu kelas Sutorejo pagi, kelas Sutorejo sore, kelas Wiyung, dan kelas Krian. Namun yang diambil sebagai subyek dalam penelitian kali ini adalah kelas Sutorejo pagi. Dengan terbatasnya ruang kelas yang disediakan dan banyaknya mata kuliah yang harus ditempuh dalam satu semester mengakibatkan sering terjadinya kerancuan dalam perkuliahan sehari-harinya, baik dari segi ruang kelas maupun tenaga pengajarnya. Adapun ruang kelas yang tersedia adalah dua ruangan, ruang C 101 dan C 102. Setiap ruangan dapat digunakan penuh dari jam pelajaran pertama hingga jam pelajaran terakhir. Dalam satu hari terdapat tujuh pembagian jam pelajaran (satu jam pelajaran 50 menit), diantaranya :

1. Pukul 08.00 – 08.50
2. Pukul 08.50 – 09.40
3. Pukul 09.40 – 10.30
4. Pukul 10.30 – 11.20
5. Pukul 12.30 – 13.20
6. Pukul 13.20 – 14.10

7. Pukul 14.10 – 15.00

Sedangkan jumlah mata kuliah yang wajib ditempuh dalam satu semester antara 8-9 mata kuliah untuk setiap tingkatan semester.

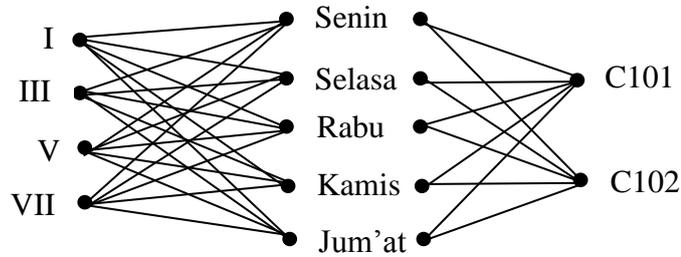
Keadaan tersebut mengharuskan setiap tingkatan semester menempuh perkuliahan selama lima hari dalam satu minggu, yakni dari hari senin sampai hari jum'at agar semua mata kuliah yang ditempuh dapat terlaksana. Jika banyaknya ruang kelas yang tersedia paling sedikit sama dengan banyaknya tingkatan semester, pastilah jadwal dapat diatur dengan mudah tanpa terhalang oleh apapun. Tetapi disini banyaknya ruang kelas yang ditempati lebih sedikit dari banyaknya tingkatan semester, maka yang dibutuhkan disini adalah menyesuaikan kedua permasalahan tersebut dengan penyusunan jadwal perkuliahan dengan tepat dan efektif, serta harus ada kesesuaian antara mata kuliah yang ditempuh, jadwal pemakaian kelas yang disesuaikan dengan hari perkuliahan senin sampai jum'at. Sehingga diperlukan jadwal yang paten atau konsisten agar tidak terjadi tumpang tindih ruang ataupun waktu dalam proses jadwal perkuliahan.

4.3 Pewarnaan Sisi Pada Graph Bipartit

4.3.1 Graph Antara Tingkatan Semester, Hari Aktif Perkuliahan, Dan Ruang Kelas

Perkuliahan pada Prodi Pendidikan Matematika UMSurabaya setiap tahunnya memiliki dua semester yaitu semester ganjil dan semester genap, masing-masing memiliki empat tingkatan semester aktif perkuliahan. Di setiap semester terdapat minimal delapan mata kuliah yang wajib ditempuh dalam satu semester. Sehingga untuk menghabiskan seluruh mata kuliah tersebut dengan

memaksimalkan sumber daya yang tersedia, yaitu hari perkuliahan dan ruang kelas. Maka dibentuklah graph sebagai gambaran awal untuk penjadwalan perkuliahan.



Gambar 4.1

Graph antara tingkatan semester, hari aktif perkuliahan, dan ruang kelas

Graph pada Gambar 4.1 menggambarkan seluruh kemungkinan perkuliahan yang terjadi pada semua semester. Mulai dari semester I hingga semester VII memungkinkan ada jam kuliah setiap hari dan menempati seluruh ruangan. Sehingga dalam pembuatan jadwal perlu diuraikan mata kuliah pada tiap tingkatan semester untuk ditetapkan ke dalam hari sesuai dengan pesanan dosen pengajar.

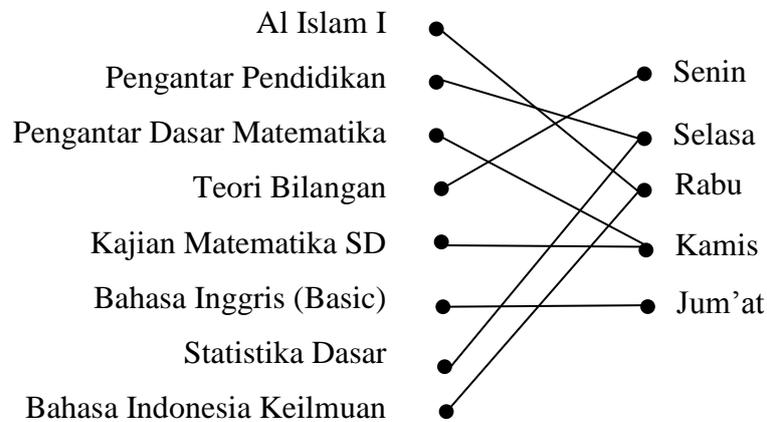
Permasalahan yang kemudian muncul adalah keterbatasan ruang kelas yang tersedia menimbulkan kerancuan dalam penjadwalan, karena dibandingkan dengan jumlah mata kuliah yang harus ditempuh dalam satu semester, maka dibutuhkan ruang kelas yang cukup dengan jumlah tingkatan semester tersebut agar tidak terjadi tumpang tindih dalam perkuliahan. Ruang kelas yang seharusnya tersedia berjumlah empat kelas karena terdapat empat semester yang aktif perkuliahan, namun yang tersedia adalah dua kelas.

Dari permasalahan tersebut didapatkan solusi berupa pemakaian kelas secara bergantian untuk semua semester. Rumus yang tepat untuk penjadwalan tersebut adalah menggunakan teori pewarnaan graph dengan metode pewarnaan simpul dan graph bipartisi.

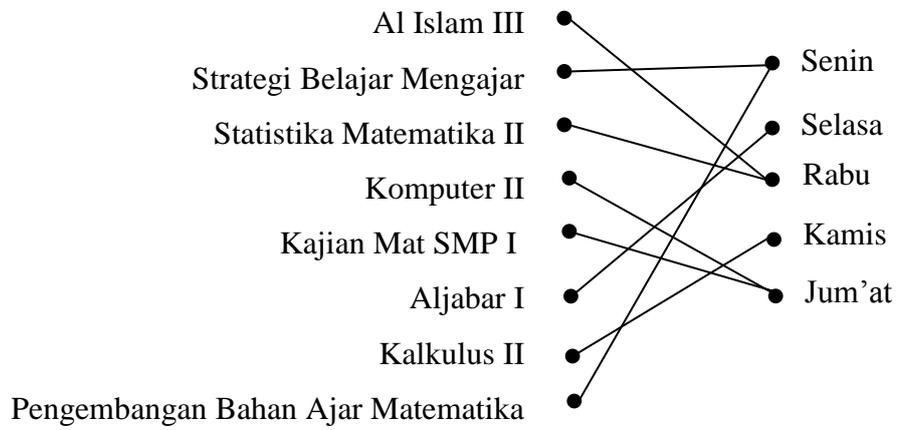
4.3.2 Penjadwalan Mingguan

Banyaknya seluruh mata kuliah pada semester ganjil berjumlah 26 dengan rincian semester I terdapat 8 mata kuliah, semester III delapan mata kuliah, semester V sembilan mata kuliah dan semester VII satu mata kuliah. Mata kuliah tersebut akan dibentuk graph yang direlasikan dengan hari sesuai permintaan dosen pengajarnya masing-masing.

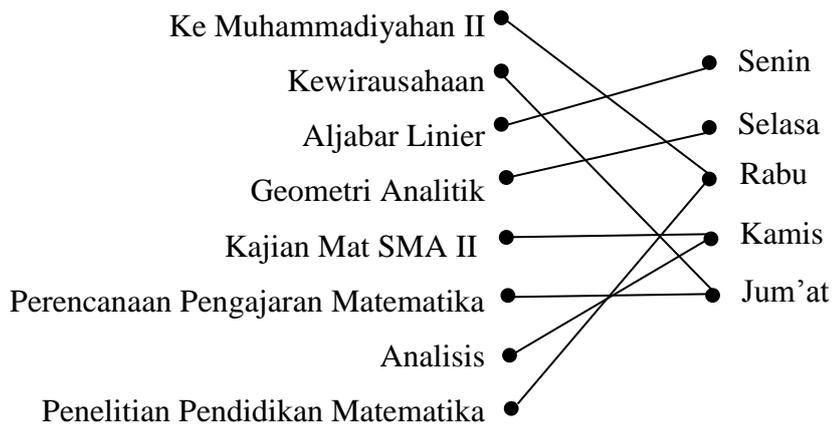
a. Semester I



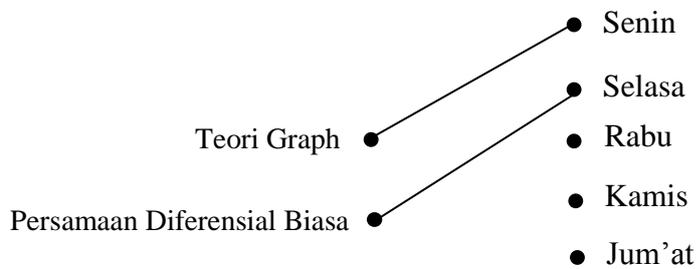
b. Semester III



c. Semester V



d. Semester VII



Gambar 4.2

Graph Penjadwalan Mingguan

Seluruh mata kuliah yang terdapat dalam semester I sampai V terpetakan ke dalam lima hari dalam satu minggu. Pemetaan mata kuliah dan hari pada gambar di atas sesuai dengan permintaan masing-masing dosen pengajar mata kuliah. Keadaan tersebut membuat semester I hingga semester V menjalani mata kuliah setiap harinya. Sedangkan untuk semester VII hanya ada perkuliahan di hari jum'at karena jumlah mata kuliah yang ditempuh dalam semester VII memang sedikit.

4.3.3 Penjadwalan Harian

Berdasarkan data yang telah terkumpul, Prodi Pendidikan Matematika UMSurabaya memiliki dua ruang kelas yang dapat digunakan untuk perkuliahan sehari-hari dan dapat digunakan hingga jam perkuliahan usai, yaitu ruang C101 dan C102. Dengan terbatasnya jumlah ruang kelas yang tersedia, tidak memungkinkan bagi seluruh tingkatan semester menjalani perkuliahan secara bersamaan dalam satu waktu. Selain itu, berdasarkan prinsip *pigeon hole* (Yoel Krisnanda Sumitro; Prinsip *Pigeon Hole* dan Aplikasinya), karena banyaknya ruang kelas yang ditempati lebih sedikit dari pada banyaknya semester yang menempati, maka satu ruangan paling sedikit dapat digunakan oleh dua tingkatan semester dalam satu harinya. Sehingga yang dibutuhkan disini adalah pembagian ruang kelas secara berkala agar semua mata kuliah dapat terlaksana tanpa adanya benturan ruangan.

(1) Hari Senin



Gambar 4.3

Penjadwalan Graph Hari Senin

- 1 Warna biru untuk semester VII menempati ruang C101 dan semester III menempati ruang C102 dapat dilaksanakan perkuliahan dalam satu waktu yang bersama
- 2 Warna hijau untuk semester III menempati ruang C101 dan semester I menempati ruang C102 dapat dilaksanakan perkuliahan dalam satu waktu yang bersamaan.
- 3 Warna merah untuk perkuliahan semester V menempati ruang C102.

(2) Hari Selasa



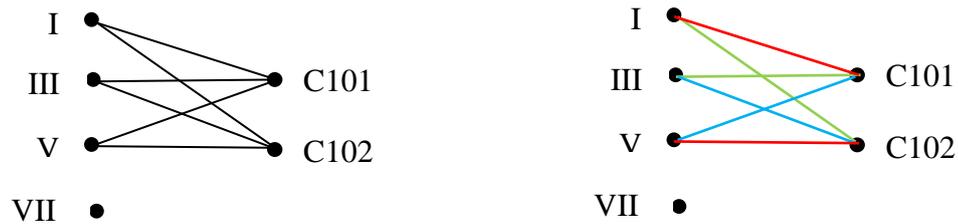
Gambar 4.4

Penjadwalan Graph Hari Selasa

1. Warna biru untuk semester I menempati ruang C101 dan semester III menempati ruang C102 dapat dilaksanakan perkuliahan dalam satu waktu yang bersama.

2. Warna hijau untuk semester VII menempati ruang C101 dan semester I menempati ruang C102 dapat dilaksanakan perkuliahan dalam satu waktu yang bersama.
3. Warna merah untuk perkuliahan semester V menempati ruang C101.

(3) Hari Rabu

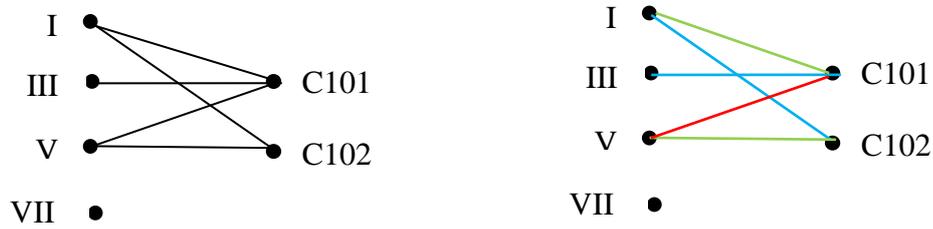


Gambar 4.5

Penjadwalan Graph Hari Rabu

1. Warna biru untuk semester V menempati ruang C101 dan semester III menempati ruang C102 dapat dilaksanakan perkuliahan dalam satu waktu yang bersama.
2. Warna hijau untuk semester III menempati ruang C101 dan semester I menempati ruang C102 dapat dilaksanakan perkuliahan dalam satu waktu yang bersama.
3. Warna biru untuk semester I menempati ruang C101 dan semester V menempati ruang C102 dapat dilaksanakan perkuliahan dalam satu waktu yang bersama

(4) Hari Kamis



Gambar 4.6

Penjadwalan Graph Hari Kamis

1. Warna biru untuk semester III menempati ruang C101 dan semester I menempati ruang C102 dapat dilaksanakan perkuliahan dalam satu waktu yang bersama
2. Warna hijau untuk semester I menempati ruang C101 dan semester V menempati ruang C102 dapat dilaksanakan perkuliahan dalam satu waktu yang bersama
3. Warna merah untuk perkuliahan semester V menempati ruang C102

(5) Hari Jum'at



Gambar 4.7

Penjadwalan Graph Hari Jum'at

1. Warna biru untuk semester I menempati ruang C101 dan semester III menempati ruang C102 dapat dilaksanakan perkuliahan dalam satu waktu yang bersama

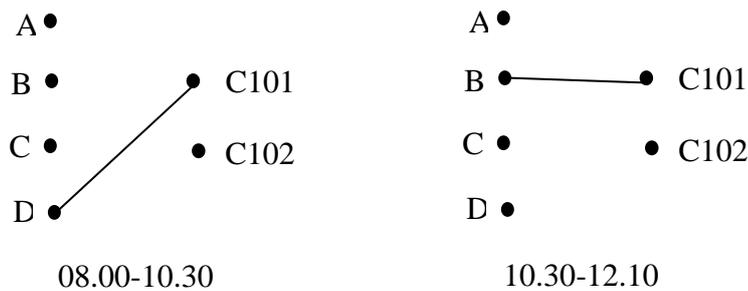
2. Warna hijau untuk semester III menempati ruang C101 dan semester V menempati ruang C102 dapat dilaksanakan perkuliahan dalam satu waktu yang bersama
3. Warna merah untuk perkuliahan semester V menempati ruang C101

4.3.4 Graph Pembagian Jam Kuliah

Dari pewarnaan graph antara tingkatan semester dan ruang kelas berdasarkan hari menghasilkan pembagian ruang kelas untuk tiap tingkatan semester setiap harinya. Maka untuk menentukan mata kuliah dari tingkatan semester tersebut dengan mendistribusikan pembagian mata kuliah dan hari yang sesuai dengan permintaan dosen pengajar. Berikut graph pembagian jam perkuliahan serta mata kuliah setiap harinya.

Hari Senin

Ruang C101

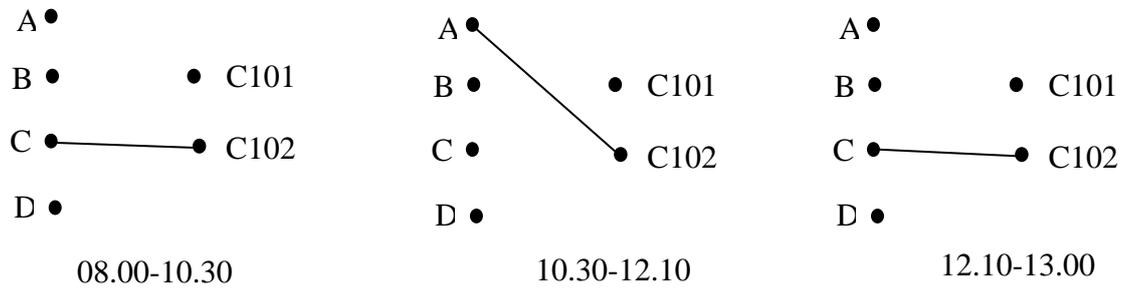


Gambar 4.8

Graph pembagian jam kuliah hari Senin ruang C101

Untuk jam pertama kelas C101 ditempati oleh Semester VII yang diwakili simpul D dalam graph, dan jam kedua semester III yang diwakili oleh simpul B dalam graph.

Ruang C102



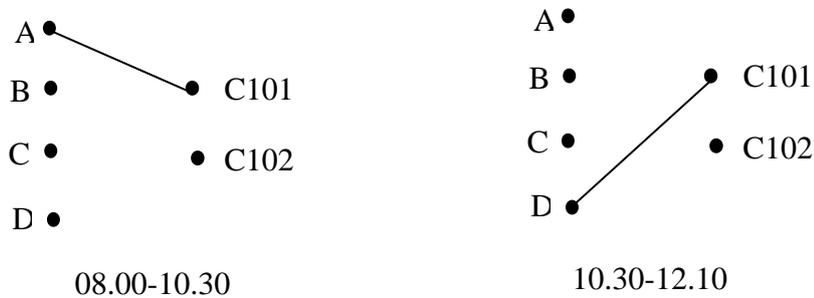
Gambar 4.9

Graph pembagian jam kuliah hari Senin ruang C102

Untuk jam pertama kelas C102 ditempati oleh Semester I yang diwakili simpul A dalam graph, jam kedua semester I yang diwakili oleh simpul A, dan jam ketiga ditempati oleh semester V yang diwakili oleh simpul C dalam graph.

Hari Selasa

Ruang C101

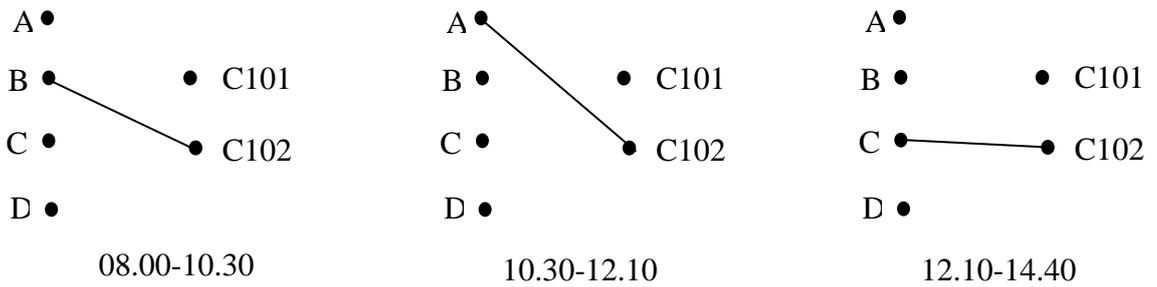


Gambar 4.10

Graph pembagian jam kuliah hari Selasa ruang C101

Untuk jam pertama kelas C101 ditempati oleh Semester I yang diwakili simpul A dalam graph, dan jam kedua semester VII yang diwakili oleh simpul D dalam graph.

Ruang C102



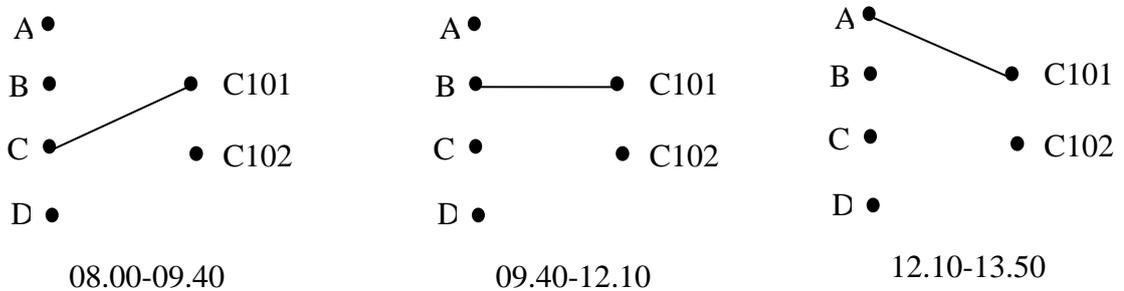
Gambar 4.11

Graph pembagian jam kuliah hari Selasa ruang C102

Untuk jam pertama kelas C102 ditempati oleh Semester III yang diwakili simpul B dalam graph, jam kedua semester I yang diwakili oleh simpul A, dan jam ketiga ditempati oleh semester V yang diwakili oleh simpul C dalam graph.

Hari Rabu

Ruang C101

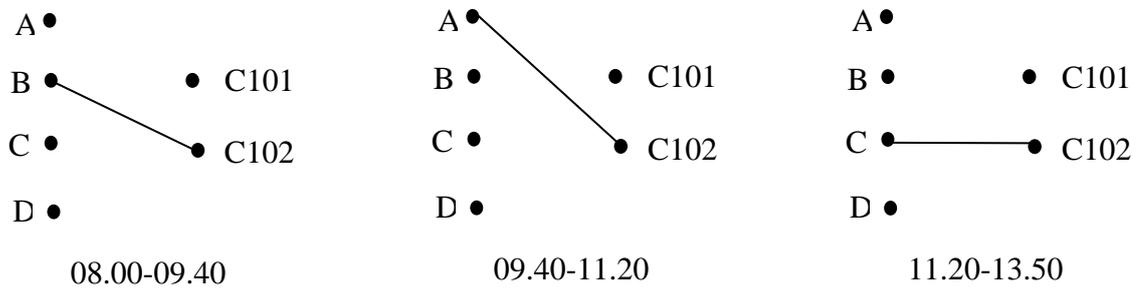


Gambar 4.12

Graph pembagian jam kuliah hari Rabu ruang C101

Untuk jam pertama kelas C101 ditempati oleh Semester V yang diwakili simpul C dalam graph, jam kedua semester III yang diwakili oleh simpul B, dan jam ketiga ditempati oleh semester I yang diwakili oleh simpul A dalam graph.

Ruang C102



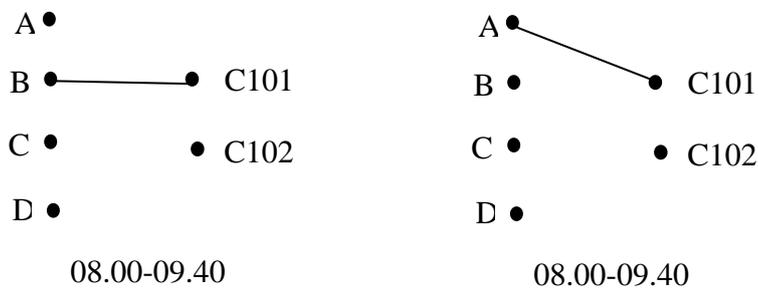
Gambar 4.13

Graph pembagian jam kuliah hari Rabu ruang C102

Untuk jam pertama kelas C102 ditempati oleh Semester III yang diwakili simpul B dalam graph, jam kedua semester I yang diwakili oleh simpul A, dan jam ketiga ditempati oleh semester V yang diwakili oleh simpul C dalam graph.

Hari Kamis

Ruang C101

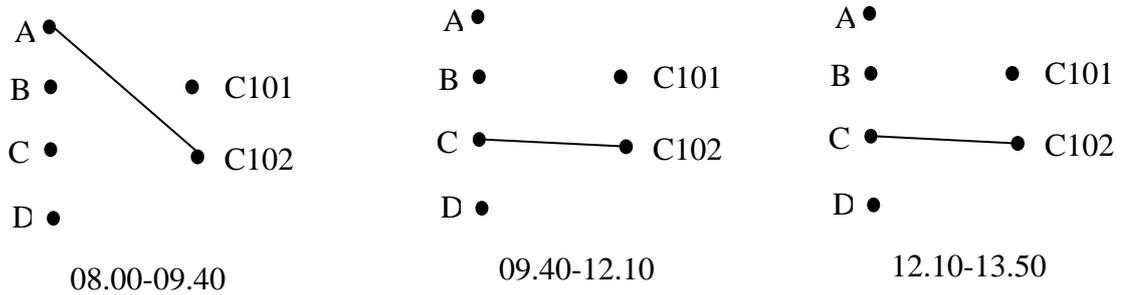


Gambar 4.14

Graph pembagian jam kuliah hari Kamis ruang C101

Untuk jam pertama kelas C101 ditempati oleh Semester III yang diwakili simpul B dalam graph, dan jam ketiga ditempati oleh semester 1 yang diwakili oleh simpul A dalam graph.

Ruang C102



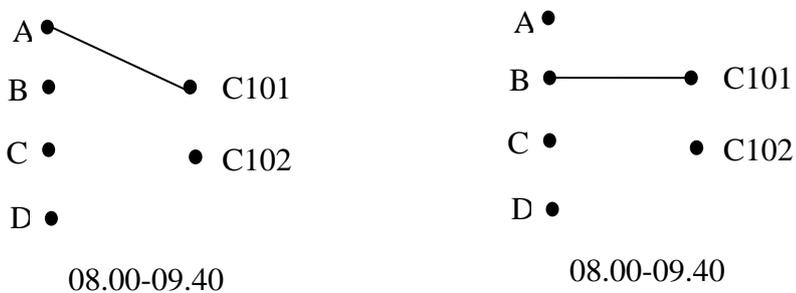
Gambar 4.15

Graph pembagian jam kuliah hari Kamis ruang C102

Untuk jam pertama kelas C102 ditempati oleh Semester I yang diwakili simpul A dalam graph, jam kedua semester V yang diwakili oleh simpul C, dan jam ketiga ditempati oleh semester V yang diwakili oleh simpul C dalam graph.

Hari Jum'at

Ruang C101

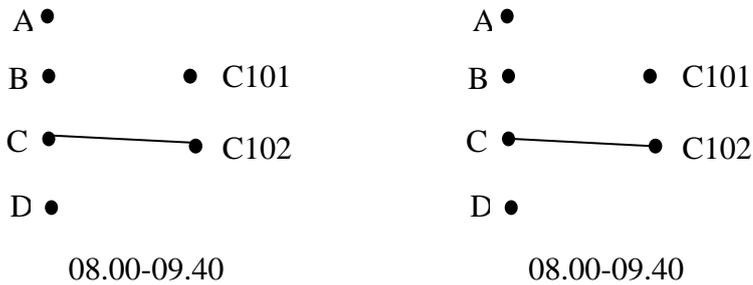


Gambar 4.16

Graph pembagian jam kuliah hari Jum'at ruang C101

Untuk jam pertama kelas C102 ditempati oleh Semester I yang diwakili simpul A dalam graph, dan jam kedua ditempati oleh semester III yang diwakili oleh simpul B dalam graph.

Ruang C102



Gambar 4.17

Graph pembagian jam kuliah hari Jum'at ruang C102

Untuk jam pertama dan kedua kelas C102 ditempati oleh Semester V yang diwakili simpul C dalam graph.

4.4 Pewarnaan Simpul

4.4.1 Distribusi Mata Kuliah dan Tingkatan Semester Ke dalam Tabel

Penjadwalan kuliah tersebut dilakukan dengan terlebih dahulu mendata seluruh mata kuliah yang kemudian akan didistribusikan ke dalam tabel mata kuliah. Berdasarkan data-data yang telah didapat, terdapat total 26 mata kuliah dalam semester ganjil, dengan rincian 8 mata kuliah untuk tingkat semester I dan III, 9 mata kuliah untuk tingkat semester V, dan 1 mata kuliah untuk tingkat semester VII. Kedua komponen tersebut menjadi tiang pengisi tabel dimana tingkat semester sebagai kolom dan mata kuliah sebagai garis, dengan memberikan kode pada masing-masing mata kuliah. Penyusunan mata kuliah dalam tabel diacak atau tidak diurutkan berdasarkan semester agar lebih mudah dalam pembuatan grafnya. Berikut data mata kuliah semester ganjil beserta kodenya :

Tabel 4.1
Kode Mata Kuliah

KODE	MATA KULIAH	SEMESTER
1	Al Islam 1	1
2	Bahasa Indonesia	1
3	Kemuhammadiyah II	5
4	Persamaan Diferensial Biasa	7
5	Kajian Matematika SD	1
6	Al Islam 3	3
7	Perencanaan Pengajaran Matematika	1
8	Geometri Analitik	5
9	Pengantar Dasar matematika	1
10	Aljabar Linier	5
11	Kajian Matematika SMA 2	5
12	Bahasa Inggris	1
13	Komputer 2	3
14	Analisis Real	5
15	Pengembangan Bahan Ajar	3
16	Statistik Dasar	1
17	Teori Graf	7
18	Aljabar	3
19	Penelitian Pendidikan Matematika	5
20	Kewirausahaan	5
21	Kajian Matematika SMP	3
22	Teori Bilangan	1
23	Strategi Belajar Mengajar	3
24	Pengantar Pendidikan	1
25	Statistik Matematika	3
26	Kalkulus 2	3

Setelah diberikan kode pada setiap mata kuliah, kemudian mata kuliah dan tingkatan semester tersebut dibuat tabel relasi antara keduanya.

Tabel 4.2

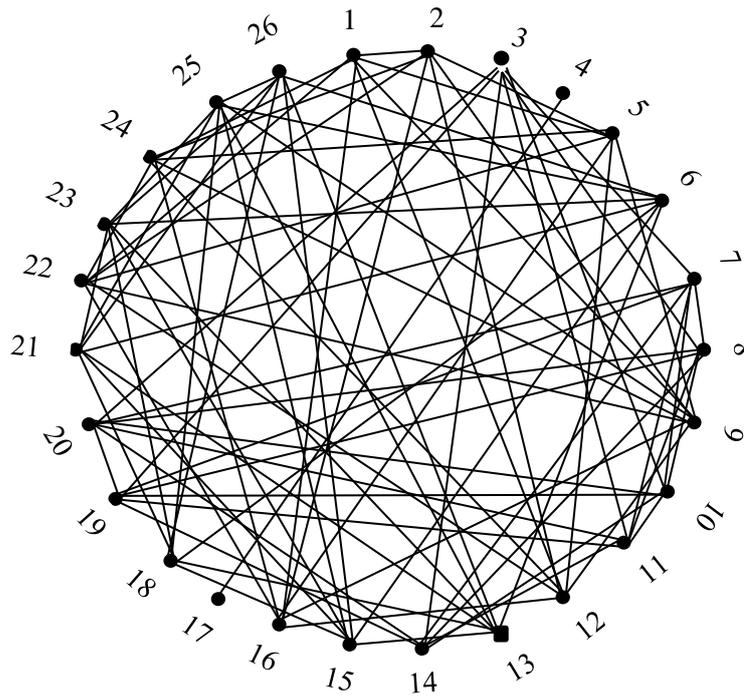
Distribusi Mata Kuliah dan Tingkatan Semester

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

Pada table tersebut tanda v menggambarkan mata kuliah dalam tingkat semester. Variasi mata kuliah yang dikontrak oleh mahasiswa dimodelkan secara matematis dalam bentuk graf. Mata kuliah disimbolkan di dalam graf berupa simpul yang merupakan subjek dari permasalahan penjadwalan. Adapun permasalahan tersebut merupakan syarat bahwa mata kuliah yang dijadwalkan tidak boleh berbentrok antara masing-masing tingkatan semester yang disimbolkan oleh sisi.

4.4.2 Graph Antara Mata Kuliah dan Tingkatan Semester

Variasi mata kuliah pada masing tingkatan semester dimodelkan secara sistematis dalam bentuk graph. Mata kuliah disimbolkan dalam graph berupa simpul yang merupakan subjek dari masalah penjadwalan. Sedangkan jadwal harus disusun seefektif mungkin yang juga disesuaikan dengan dosen pengajar dan ruang kelas agar semua mata kuliah dapat terlaksana hingga tidak ada mata kuliah yang bentrok satu sama lain. Berikut ini adalah graph yang terbentuk dari tabel diatas.



Gambar 4.18

Graph Antara Mata Kuliah dan Tingkatan Semester

Graph diatas menggambarkan mata kuliah disimbolkan oleh simpul dan tingkatan semester disimbolkan oleh sisi. Jika mata kuliah berada pada satu semester maka simpul-simpul yang mewakilinya akan saling terhubung oleh suatu sisi, atau titik-titik yang mewakili mata kuliah tersebut menjadi saling terkait dan bertetangga, sedangkan untuk mata kuliah yang berada pada semester yang berbeda akan saling terlepas (tidak ada sisi yang mengaitkan). Namun terdapat simpul istimewa yaitu simpul 13, yakni mewakili untuk mata kuliah Komputer II yang mana simpul tersebut dalam pelaksanaan pembelajarannya membutuhkan ruangan khusus, yaitu bertempat di laboratorium komputer. Berikut daftar simpul atau mata kuliah yang saling berkaitan :

1. Mata kuliah 1, 2, 5, 9, 12, 16, 22, 24 berada pada semester I
2. Mata kuliah 6, 13, 15, 18, 21, 23, 25, 26 berada pada semester III

3. Mata kuliah 3, 7, 8, 10, 11, 14, 19, 20 berada pada semester V
4. Mata kuliah 4 dan 17 berada pada semester VII

Jika dikaitkan dengan teori pewarnaan graph yaitu pewarnaan simpul, titik yang bertetangga akan diberikan warna yang berbeda, sehingga mata kuliah atau titik yang memiliki warna yang sama menandakan bahwa mata kuliah tersebut dapat dilaksanakan pada waktu yang bersamaan. Seperti pada simpul 1, 2, dan 9 akan diberikan warna yang sama karena berada pada satu semester, maka ketiga mata kuliah tersebut tidak dapat dilaksanakan perkuliahan pada waktu yang bersamaan.

4.4.3 Pewarnaan Simpul-Simpul Graph

Pewarnaan simpul adalah pemberian warna pada simpul-simpul graph sedemikian sehingga setiap dua simpul yang saling dihubungkan oleh satu sisi mendapatkan warna yang berbeda. Terdapat banyak algoritma yang dapat digunakan dalam pewarnaan simpul, seperti algoritma *depth first*, algoritma runut balik, dan lain-lain. Sedangkan untuk pewarnaan simpul dalam pengaturan jadwal ini digunakan algoritma *welch powell*. Algoritma *welch powell* merupakan salah satu algoritma pewarnaan graph yang melakukan pewarnaan berdasarkan derajat tertinggi dari simpul-simpulnya atau disebut Largest Degree Ordering (LDO). Algoritma *welch powell* dapat digunakan untuk mewarnai sebuah graph G secara efisien. Algoritma ini tidak selalu memberikan jumlah warna minimum yang diperlukan untuk mewarnai G, namun cukup praktis untuk digunakan dalam pewarnaan simpul sebuah graph terutama dalam masalah penjadwalan. Langkah-langkah algoritma *welch powell* sebagai berikut :

1. Urutkan simpul-simpul dari graph dalam urutan derajat yang menurun. Simpul yang berderajat paling tinggi berada pada baris paling atas.
2. Gunakan satu warna tertentu untuk mewarnai simpul pertama. Secara berurut, setiap simpul dalam daftar yang tidak berelasi dengan simpul sebelumnya diwarnai dengan warna ini.
3. Ulangi langkah 2 di atas untuk simpul dengan urutan tertinggi yang belum diwarnai.
4. Ulangi langkah 3 di atas sampai semua simpul dalam daftar terwarnai.

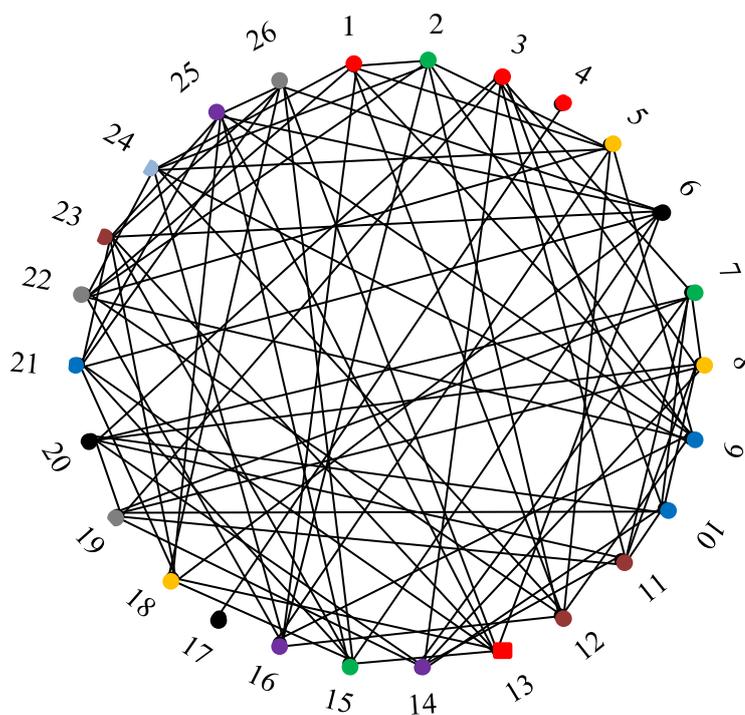
Tabel 4.3

Pewarnaan dengan Metode Welch Powell

Simpul	3	7	8	10	11	14	19	20	24	1	2	5	9
Derajat	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Warna													

Simpul	12	16	22	6	13	15	18	21	23	25	26	17	4
Derajat	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	1	1
Warna													

Adapun pewarnaan simpul yang dapat diaplikasikan ke dalam graph adalah sebagai berikut



Gambar 4.19

Pewarnaan Simpul Graph antara Mata Kuliah dan Tingkatan Semester

Menurut teori pewarnaan graph khususnya untuk pewarnaan simpul, suatu simpul diberikan warna yang sama jika tidak ada sisi yang menghubungkan kedua simpul tersebut, atau bisa dikatakan kedua simpul tersebut tidak bertetangga. Pada gambar graph di atas, simpul 1, 3, 4, dan 13 diberikan warna yang sama, yaitu warna merah, karena tidak ada sisi yang menghubungkan ke empat simpul tersebut. Demikian juga untuk simpul 1 dan 2 diberikan warna yang berbeda karena terdapat satu sisi yang menghubungkan keduanya. Jadi graph tersebut minimal bisa diwarnai dengan empat warna sehingga bilangan kromatiknya $\chi(G) = 9$.

Dari pewarnaan simpul terlihat bahwa mata kuliah yang berada dalam semester yang sama memiliki warna yang berbeda. hal ini menandakan bahwa mata kuliah yang berwarna sama dapat dilaksanakan secara bersamaan dalam satu waktu, namun juga tak lepas dengan memperhatikan dosen pengajarnya.

Didapatkan hasil 9 warna yang berbeda. Warna yang berbeda tersebut dapat diartikan sebagai kelompok perkuliahan, sehingga terdapat 9 kelompok perkuliahan. Warna yang sama menandakan bahwa mata kuliah tersebut dapat dilaksanakan dalam waktu yang bersamaan. Karena terdapat 2 ruang kuliah dalam satu waktu, maka dalam satu warna dapat dibagi ke dalam dua bagian (dua ruangan).

Sembilan warna tersebut adalah merah, kuning, hijau, biru muda, biru tua, ungu, coklat, abu-abu, hitam, dengan klasifikasi sebagai berikut :

Tabel 4.4

Klasifikasi Mata Kuliah Berdasarkan Hasil Pewarnaan Sisi Graph

Warna	Kode	Mata kuliah	Semester
Merah	1	Al-islam 1	1
Merah	3	Kemuhammadiyah 2	5
Merah	4	Persamaan diferensial biasa	7
Merah	13	Komputer 2	3
Hijau	2	Bahasa Indonesia	1
Hijau	7	Perencanaan pengajaran matematika	5
Hijau	15	Pengembangan bahan ajar	3
Kuning	8	Geometri Analitik	5
Kuning	5	Kajian Matematika SD	1
Kuning	18	Aljabar	3
Biru muda	9	Bahasa Inggris	1
Biru muda	10	Aljabar Linier	5
Biru muda	21	Kajian Matematika SMP	3
Coklat	11	Kajian Matematika SMA 2	5
Coklat	12	Pengantar dasar matematika	1
Coklat	23	Strategi belajar mengajar	3
Purple	14	Analisis Real	5
Purple	16	Statistik Dasar	1
Purple	25	Statistik Matematika	3
Abu-abu	19	Penelitian Pendidikan Matematika	5
Abu-abu	22	Teori bilangan	1
Abu-abu	26	Kalkulus 2	3
Hitam	20	Kewirausahaan	5
Hitam	6	Al-Islam 3	3

Warna	Kode	Mata kuliah	Semester
	17	Teori Graf	7
	24	Pengantar Pendidikan	1

Klasifikasi mata kuliah berdasarkan warna tersebut menjadi kelompok perkuliahan yang dapat dilaksanakan dalam waktu yang bersamaan. Jika warna yang terbentuk adalah Sembilan kelompok maka idealnya perkuliahan dilaksanakan dalam waktu Sembilan hari dengan jumlah mata kuliah yang diajarkan setiap harinya adalah tiga mata kuliah. Tetapi keadaan tersebut tidak memungkinkan untuk dilaksanakan perkuliahan dalam waktu sembilan hari untuk menyelesaikan seluruh mata kuliah selama satu semester. Selain itu, dengan jumlah tiga mata kuliah per harinya adalah terlalu minimal karena dalam satu waktu kuliah disediakan dua ruangan yang dapat digunakan bersamaan. Maka alternatif dalam pembuatan jadwal dengan hasil pewarnaan ini adalah dengan memindahkan kelompok perkuliahan di atas ke dalam kelompok lain sehingga terpenuhi seluruh jam perkuliahan yang telah disediakan, baik dari segi hari, ruangan, maupun jam perkuliahan.

Maka hasil perpindahan kelompok dan pembagian ruang kelas dalam memenuhi jam perkuliahan dapat disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.5

Pengelompokan Mata Kuliah Berdasarkan Ruangan

ruangan	Kode mata kuliah				
C101	1	2	8	9	11
C102	3	7	5	10	12
C101	4	15	18	21	23
C102	13	19	20	17	16
C101	14	22	6	24	
C102	25	26			

Tabel 4.5 menunjukkan terdapat lima kelompok perkuliahan setelah perpindahan kelompok yang lain. Kelompok yang telah terbentuk di atas dapat dijadikan sebagai hari perkuliahan dari hari senin sampai hari jum'at. Selain itu, perpindahan mata kuliah juga dapat dilakukan sesuai dengan pesanan hari masing-masing dosen pengajarnya. Pembagian kelompok tersebut dapat memudahkan dalam pengaturan jadwal perkuliahan sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya bentrok antar mata kuliah, dosen pengajar, dan ruang kelas.

4.4.4 Pengaturan Jadwal

Setelah pemindahan kelompok dan menghasilkan kelompok perkuliahan baru yang sesuai dengan hari yang telah ditentukan, maka kode-kode mata kuliah yang tertera dapat diaplikasikan langsung ke dalam jadwal yang sesuai dengan jam perkuliahannya.

Tabel 4.6

Jadwal Perkuliahan Hasil Pewarnaan

Ruang 101	Jam I	Jam II	Jam III
Senin	Al-Islam I	Persamaan Diferensial Biasa	Analisis Real
Selasa	B. Indonesia	Pengembangan Bahan Ajar	Teori Bilangan
Rabu	Geometri Analitik	Aljabar	Al-Islam III
Kamis	Pengantar Dasar Matematika	Kajian Matematika SMP	Pengantar Pendidikan
Jumat	Kajian Matematika SMA II	Strategi Belajar Mengajar	

Ruang 102	Jam I	Jam II	Jam III
Senin	Kemuhammaiyahan II	Statistik Matematika	-
Selasa	Perencanaan Pengajaran Matematika	Penelitian Pendidikan Matematika	Kalkulus II
Rabu	Kajian Matematika SD	Kewirausahaan	-
Kamis	Aljabar Linier	Teori Graph	-
Jumat	B. Inggris	Statistik Dasar	-

Pada tabel 4.6 merupakan hasil dari pewarnaan simpul graph dimana sisi yang menghubungkan titik-titik merupakan tingkatan semester dan simpul yang dihubungkan oleh sisi adalah mata kuliah. Dengan menghubungkan mata kuliah dan tingkatan semester maka didapatkan graph yang diwarnai dengan menggunakan algoritma welch powell untuk mendapatkan bilangan kromatik dari pewarnaan tersebut (Laily Rizkia; Pewarnaan Graph). Bilangan kromatik yang ditemukan menjadi kelompok perkuliahan untuk diatur ke dalam jadwal. Setelah merubah kode-kode menjadi mata kuliah dan memindahkan kelompok perkuliahan atau menyederhanakan kelompok menjadi lebih sedikit, maka didapatkan jadwal perkuliahan yang runtut sesuai dengan segala sumber daya yang tersedia.

4.5 Analisis Pembahasan

Masalah utama dalam penjadwalan perkuliahan di Prodi Pendidikan Matematika UMSurabaya adalah penentuan kelas yang terbatas dan harus disesuaikan dengan banyaknya jumlah mata kuliah yang ditempuh dalam satu semester. Jika banyaknya ruang kelas yang tersedia paling sedikit sama dengan banyaknya tingkatan semester, pastilah jadwal dapat diatur dengan mudah tanpa

terhalang oleh apapun. Permasalahan ini sesuai dengan prinsip *pigeon hole*, yaitu jika banyaknya ruang kelas yang akan diempati lebih sedikit dari pada kelompok semester yang membutuhkan kelas, maka untuk satu ruang kelas akan ditempati oleh minimal dua kelompok semester. Sehingga teori pewarnaan graph menjadi rumus yang sesuai untuk permasalahan ini.

Dalam pewarnaan simpul memisalkan mata kuliah sebagai simpul dan tingkatan semester sebagai sisi. Dengan menghubungkan kedua obyek tersebut ke dalam tabel distribusi tingkatan semester dan mata kuliah menghasilkan Sembilan kelompok perkuliahan yang kemudian Sembilan kelompok ini disederhanakan menjadi lima kelompok untuk menyesuaikan dengan hari perkuliahan. Dari kelompok-kelompok yang terbentuk dapat langsung dibagi ke dalam dua ruangan dan jam perkuliahan yang tersedia.

Sedangkan pada pewarnaan sisi, graph yang terbentuk dari relasi antara mata kuliah dan ruang kelas adalah graph bipartit. Dalam pewarnaan ini, sisi yang berujung dan berpangkal pada titik yang sama akan diberikan warna yang berbeda. Pemberian warna seperti ini dimaksudkan agar tidak terjadi bentrok mata kuliah maupun tingkatan semester yang memiliki waktu kuliah yang bersamaan. Hal ini juga dapat membuktikan Teorema Konig, Jika G adalah graph bipartit yang memiliki derajat maksimum simpul adalah d , maka $\chi(G) = d$. Pada graph pembagian hari antara tingkatan semester dengan ruang kelas, derajat maksimum dari graph bipartite tersebut adalah tiga, sehingga bilangan kromatiknya adalah tiga. Warna yang terbentuk dari pewarnaan tersebut menjadi pembagian jam perkuliahan.

4.5.1 Kelebihan dan Kelemahan Pewarnaan Simpul

Pada pewarnaan simpul terdapat obyek berupa mata kuliah yang disimbolkan sebagai simpul dan tingkatan semester sebagai sisi. Penentuan jadwal kuliah dengan pewarnaan simpul yaitu dengan mewarnai simpul-simpul yang tidak saling bertetangga memiliki warna yang sama, sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya bentrok antar mata kuliah dalam satu semester, karena mata kuliah yang berada pada satu semester tersebut masing-masing diberikan warna yang berbeda, dimana warna yang berbeda menunjukkan waktu yang berbeda pula. Hal ini menjadi kelebihan pada pewarnaan simpul dalam masalah penjadwalan dibanding dengan teori yang lainnya.

Namun teori ini juga memiliki kekurangan, yaitu rumitnya dalam penggambaran graph karena banyaknya mata kuliah yang diasumsikan sebagai simpul, sehingga memerlukan kejelian serta ketelitian yang tinggi untuk menghindari kekeliruan.

4.5.2 Kelebihan dan Kelemahan Pewarnaan Sisi graph bipartit

Pada penjadwalan menggunakan graph bipartit dalam pewarnaan sisinya menghasilkan 3 bilangan kromatik yang kemudian warna kromatik tersebut menjadi pembagian waktu perkuliahan. Adapun pewarnaan sisi ini memiliki kelebihan berupa keakuratan jadwal yang langsung terpetakan ke dalam setiap kelas yang dibutuhkan. Selain itu dalam pembuatan graph tidak terlalu rumit sehingga tidak terlalu memerlukan banyak tenaga dan waktu sebagaimana pada pewarnaan simpul.

Namun di sisi lain pewarnaan sisi juga memiliki kekurangan, yakni besarnya kemungkinan tumpang tindih mata kuliah dalam satu semester karena mata kuliah tidak disimpulkan oleh obyek seperti simpul.

Berdasarkan pada pembahasan kedua teori penjadwalan, yaitu teori pewarnaan simpul dan graph bipartit, teori dengan menggunakan graph bipartit lebih efektif untuk digunakan dalam menyelesaikan masalah penjadwalan Prodi Pendidikan Matematika. Karena dengan menggunakan teori pewarnaan sisi pada graph bipartit, mata kuliah dan tingkatan semester terpetakan langsung ke dalam ruang kelas dan diklasifikasikan dengan pewarnaan sisi dari graph bipartit tersebut. Sehingga kemungkinan terjadinya tumpang tindih antara tingkatan semester dan ruang kelas lebih kecil.

Pada kedua pewarnaan tersebut, seluruh hari aktif dalam seminggu yaitu hari senin sampai jum'at terpakai untuk jam perkuliahan yang dimulai dari pukul 08.00 dengan akhir perkuliahan yang bervariasi setiap harinya. Sedangkan untuk ruang kelas yang disediakan masing-masing terpakai hingga jam perkuliahan usai. pada jadwal tertera pemakai ruang kelas runtut dan berselang dari jam perkuliahan pertama hingga akhir. Dengan demikian, jadwal yang terbentuk dari hasil pewarnaan graf adalah seluruh hari aktif dalam seminggu terpakai beserta ruang kelas.