PEMBANGUNAN SISTEM PENJADWALAN KULIAH MENGGUNAKAN ALGORITMA PEWARNAAN GRAF

Rusmala[1], Heliawaty Hamrul[2]
Dosen Universitas Cokroaminoto Palopo
Email : rusmalaoddang@yahoo.com

Abstrak

Penjadwalan kuliah merupakan suatu pekerjaan rutin dalam sistem akademik di Perguruan Tinggi yang dilakukan setiap menghadapi semester baru. Pada pelaksaanaannya, seringkali jadwal yang telah dikeluarkan belum fix sehingga membutuhkan adanya penjadwalan ulang. Hal ini mengakibatkan perkuliahan di awal semester berjalan tidak efektif karena harus melakukan penyesuaian jadwal dengan keadaan real setelah jadwal dikeluarkan. Selain itu, kesulitan dalam hal pencarian slot yang masih kosong juga menjadi suatu kendala terutama pada saat mencari jadwal kuliah pengganti atau kuliah tambahan. Permasalahan penjadwalan kuliah terkait erat dengan masalah optimasi. Oleh karena itu, pengembangan sistem penjadwalan kuliah dilakukan dengan melalui beberapa iterasi perbaikan. Fungsi tujuannya adalah memenuhi sejumlah constraint penjadwalan, seperti menghindari terjadinya bentrok jadwal. Dalam kajian ilmu di Matematika Diskrit, teori graf memberi solusi untuk permasalahan ini melalui bahasannya tentang pewarnaan graf. Pembangunan sistem penjadwalan kuliah yang menerapkan teori ini diharapkan mampu menjawab permasalahan ini secara jitu sehingga dapat diimplementasikan untuk penjadwalan kuliah.

Kata kunci : algoritma pewarnaan graf, permutasi, kombinasi

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penjadwalan kegiatan belajar mengajar dalam suatu kampus adalah hal yang rumit. Terdapat berbagai aspek yang berkaitan dalam penjadwalan tersebut yang harus dilibatkan antara lain terdapat jadwal-jadwal di mana dosen yang bersangkutan tidak bisa mengajar. Tidak boleh adanya jadwal kuliah yang beririsan dengan jadwal kuliah angkatan sebelumnya maupun sesudahnya, sehingga mahasiswa dapat mengambil mata kuliah angkatan sebelumnya maupun sesudahnya. Distribusi jadwal perkuliahan juga diharapkan dapat merata tiap harinya untuk setiap kelas. Pekerjaan penjadwalan mata kuliah ini akan semakin berat jika melibatkan semakin banyak kelas per angkatannya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, disusun perumusan permasalahan yaitu bagaimana memperoleh optimasi penjadwalan dengan menggunakan Pewarnaan Graf sehingga diperoleh kombinasi terbaik untuk pasangan mata kuliah dan dosen pengajar secara keseluruhan, tidak ada permasalahan bentrokan jadwal pada sisi mahasiswa, serta ketersediaan ruang yang cukup dan sesuai secara fasilitas untuk seluruh mata kuliah yang ada.

1.3 Batasan Masalah

Dari analisis yang telah dilakukan dapat dirumuskan beberapa batasan masalah pada proses penjadwalan kuliah. Adapun batasan masalah tersebut adalah:

1. Tidak boleh adanya bentrok waktu, ruang mengajar dosen dan perkuliahan mahasiswa.
2. Adanya matakuliah dengan ruangan khusus (Praktikum).
3. Durasi kuliah antara praktek dan teori yang berbeda persksnya.
4. Adanya batas hari dalam satu minggu.
5. Adanya batas jam kuliah dalam satu hari.
6. Dosen dapat memilih jam mengajar.
7. Adanya waktu ruang tidak dapat digunakan.

8. Kapasitas ruangan sesuai jumlah mahasiswa.
9. Adanya waktu tertentu tidak boleh ada perkuliahan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian adalah untuk meningkatkan pemahaman tentang penggunaan Pewarnaan Graf dalam memperoleh optimasi penjadwalan sehingga diperoleh kombinasi terbaik untuk pasangan mata kuliah dan dosen pengajar secara keseluruhan, tidak ada permasalahan bentrokan jadwal pada sisi mahasiswa, serta ketersediaan ruang yang cukup dan sesuai secara fasilitas untuk seluruh mata kuliah yang ada.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan akhir dari penelitian ini adalah pembangunan sistem penjadwalan kuliah. Adapun tujuan lainnya adalah:

1. Melakukan analisis pengaruh penjadwalan kuliah dengan kualitas perkuliahan.
2. Melakukan sistem praregistrasi lebih awal sebagai trigger penjadwalan. Hal ini dimaksudkan untuk mengefektifkan waktu perkuliahan ketika sudah memasuki semester baru.
3. Mempelajari dan mendesain algoritma pewarnaan graf sehingga dapat digunakan dalam sistem penjadwalan kuliah.
4. Meminimalkan proses registrasi ulang (FKK-B).
5. Membuat sistem penjadwalan kuliah yang bisa melakukan pencarian slot.

II.. PEMBAHASAN

Pokok masalah dari penjadwalan kuliah adalah kesulitan dalam memetakan perkuliahan ke dalam timeslot (matriks ruang dan waktu) tanpa melanggar constraint penjadwalan seperti:

1. Setiap mahasiswa yang mengontrak mata kuliah harus dijadwalkan dalam waktu yang berbeda agar dapat mengikuti seluruh mata kuliah yang dikontraknya.
2. Setiap dosen yang mengampu mata kuliah tertentu harus dijadwalkan dalam waktu yang berbeda dan dengan kekhususan waktu mengajar untuk beberapa dosen tertentu.

2.1 Permutasi dan Kombinasi

Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa permasalahan penjadwalan kuliah disebabkan oleh pola kontrak mata kuliah yang dilakukan mahasiswa. Hal ini merupakan permasalahan kombinatorial sehingga dibutuhkan penulusuran 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 $n(n - 1)(n – 2) … (2)(1) = n!$

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

$$P(n, r) = n (n – 1)(n – 2) … (n – (r – 1)) = \frac{n!}{(n – r)!}$$

Kombinasi merupakan bentuk khusus dari permutasi. Kombinasi mengabaikan urutan kemunculan. Dalam kasus penjadwalan kuliah, 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 tertertu adalah r objek. Rumus kombinasi-r adalah

$$C(n,r) = \frac{n!}{r!\,(n – r)!}$$

2.2 Pewarnaan Graf

Teori Graf merupakan salah satu bahasan dalam Matematika Diskrit yang menarik untuk dibahas karena berkaitan dengan permasalahan yang banyak ditemui di dunia nyata. 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). Paper ini hanya akan membahas pewarnaan untuk elemen graf yang paling sederhana yaitu pewarnaan simpul graf.

1. Definisi 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. Studi Kasus Penjadwalan Ujian Mata Kuliah

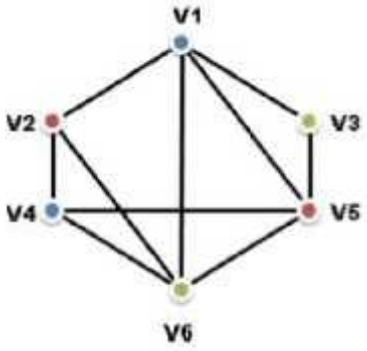
Misal, terdapat 10 mahasiswa yang mengontrak 6 matakuliah dengan kombinasi berbeda, seperti pada tabel di berikut ini:

Tabel 1. Kombinasi

MAHASISWA	MATA KULIAH					
	V1	V2	V3	V4	V5	V6
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

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 berbentrokan agar mahasiswa dapat mengikuti seluruh ujian dari mata kuliah yang dikontraknya. Berikut ini adalah representasi graf yang terbentuk dari tabel di atas.

Dengan menerapkan teori pewarnaan simpul graf, hasilnya adalah sebagai berikut:



Gamba 1. Simpul graf

Berdasarkan gambar di atas, terdapat tiga warna berbeda untuk 6 simpul mata kuliah. Pewarnaan tersebut memiliki arti bahwa mata kuliah (simpul) dengan warna yang sama dapat menyelenggarakan ujian dalam waktu bersamaan (bisa di ruang berbeda) dan dapat dipastikan bahwa mahasiswa yang mengikuti ujian tersebut tidak memiliki jadwal ujian mata kuliah lain pada waktu yang sama. Solusi inilah yang menjadikan teori pewarnaan graf banyak diimplementasikan pada berbagai kasus scheduling (penjadwalan), yaitu mengefektifkan waktu untuk banyak keperluan dan jumlah resource yang terbatas.

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 (.(G)) adalah jumlah warna minimum yang dapat digunakan untuk mewarnai simpul (verteks/ V). Pada contoh sebelumnya, simpul graf dapat diwarnai dengan tiga warna artinya jumlah bilangan kromatik dari graf tersebut adalah 3. Dengan demikian, slot waktu yang dapat digunakan untuk ujian enam mata kuliah di atas ada sebanyak tiga slot waktu dengan dua buah ruangan.

2.4 Algoritma Pewarnaan Graf

Untuk dapat melakukan pewarnaan graf, ada beberapa algoritma yang bisa digunakan. Dalam tulisannya, Hussein Al-Omari & Khair Eddin Sabri tahun 2006 menyebutkan beberapa algoritma yang telah banyak dikenal sebagai berikut:

a. First Fit (FF)

Algoritma ini adalah algoritma yang termudah dan tercepat. Prinsipnya adalah mewarnai setiap simpul graf dengan warna yang tidak akan diubah lagi. Algoritma ini sangat mudah untuk diimplementasikan dan juga sangat cepat, namun memiliki probabilitas besar untuk menghasilkan jumlah warna yang melebihi bilangan kromatiknya.

b. Largest Degree Ordering (LDO)

Algoritma ini merupakan algoritma yang prinsipnya berdasarkan pada nilai derajat dari setiap simpul. Simpul yang memiliki derajat yang lebih tinggi diwarnai lebih dulu. Algoritma ini memberikan hasil yang lebih baik daripada algoritma first fit.

c. Saturated Degree Ordering (SDO)

Algoritma ini berprinsipkan pada jumlah warna berlainan yang ada pada tetangga-tetangga dari sebuah simpul. Simpul yang bertetanggaan dengan simpul-simpul yang memiliki lebih banyak aneka warna akan diwarnai lebih dulu. Algoritma ini memberikan hasil yang lebih baik daripada algoritma LDO.

d. Incident Degree Ordering (IDO)

Algoritma ini berprinsipkan pada jumlah simpul tetangga yang telah diwarnai dari suatu simpul. Simpul yang lebih banyak bertetanggaan dengan simpul yang telah diwarnai akan diwarnai lebih dulu. Algoritma ini merupakan modifikasi dari algoritma SDO. Algoritma ini dapat dieksekusi dalam waktu yang lebih cepat, tetapi hasilnya tidak sebaik algoritma SDO.

Berikut ini adalah tabel yang menggambarkan jumlah warna yang dihasilkan dari setiap algoritma. Kepadatan adalah perbandingan dari jumlah sisi (vertex) yang ada terhadap jumlah sisi dari graf lengkapnya.

Tabel 2. Jumlah warna yang dihasilkan

Jumlah Simpul	Kepadatan	FF	LDO	IDO	SDO
200	25%	20	18	18	17
200	50%	36	34	34	32
200	75%	58	55	56	53
1000	25%	64	62	63	58
1000	50%	127	123	126	116
1000	75%	217	212	214	204

2.5 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). Berikut algoritmanya:

1. Urutkan simpul-simpul dari G dalam derajat yang menurun (urutan seperti ini mungkin tidak unik karena beberapa simpul mungkinberderajat sama).
2. Gunakan satu warna untuk mewarnai simpul pertama (yang mempunyai derajat tertinggi) dan simpul-simpul lain (dalam urutan yang berurut) yang tidak bertetanga 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.

Dari contoh kasus sebelumnya, daftar simpul graf dan ketetanggaannya adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Daftar simpul graf

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

Dengan algoritmaWelch-Powell, hasil yang didapatkan adalah:

Tabel 4. Algoritma welch-powell

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

Algoritma Welch-Powell dapat digunakan untuk mewarnai sebuah graf 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 graf. Algoritma Welch-Powell hanya cocok digunakan untuk graf dengan orde yang kecil [3].

III. KESIMPULAN DAN SARAN

3.1 Kesimpulan

1. Dengan bantuan Algoritma Pewarnaan Graf penyusunan penjadwalan mata kuliah dapat dioptimalkan. Program dapat mencari solusi penjadwalan pada waktu yang dapat digunakan baik oleh dosen, kelas maupun ruangan yang terlibat dalam suatu mata kuliah. Di samping itu, program dapat meminimalkan tingginya frekuensi mengajar seorang dosen, frekuensi kuliah suatu kelas dan factor-faktor pengaruh lainnya.
2. Proses penjadwalan mata kuliah menggunakan Algoritma Pewarnaan Graf ini dapat diterapkan pada kasus-kasus penjadwalan dengan multi angkatan dan multi ruangan.
3. Dengan menggunakan metode best fitness, maka Algoritma Pewarnaan Graf akan selalu menunjukkan kenaikan fitness atau dengan kata lain generasi selanjutnya lebih baik atau minimal sama dengan generasi sebelumnya.

Saran

1. Perubahan nilai bobot dan jumlah mata kuliah saat mutasi tidak akan membawa pengaruh pada kecepatan Algoritma Pewarnaan Graf dalam melakukan pencarian solusi optimal, tetapi berpengaruh pada hasil akhir yang dicapai pada akhir generasi. Dapat dilakukan suatu penelitian nilai bobot dan jumlah mata kuliah saat mutasi yang dapat memaksimalkan hasil akhir dari proses penjadwalan menggunakan Algoritma Pewarnaan Graf ini.
2. Program penjadwalan mata kuliah ini dapat disempurnakan agar dapat memberikan output akhir tidak hanya berupa jadwal kuliah saja tetapi juga termasuk berita acara perkuliahan, jadwal pemakaian ruang dan arsip-arsip serupa lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Munir, Rinaldi. (2005). Matematika Diskrit. Bandung: Informatika.

Al-Omari, Hussein & Khair Eddin Sabri. (2006). New Graf Coloring Algorithms [Online]. Tersedia: www.scipub.org/fulltext/jms2/jms224739-741.pdf, Diakses tanggal 15 Oktober 2008.

Budiman, Hengky. Penerapan Graph Colouring untuk Merencanakan Jadwal [Online] ttp://www.informatika.org/~rinaldi/Matdis/2007/2008/Makalah/MakalahIF2153-0708-025.pdf Diakses tanggal 14 September 2008.

Setiadi, Robert. (2001). Pemecahan Masalah Penjadwalan Kuliah dengan Menggunakan Teknik Intelligent Search [Online]. Tersedia: http://www.robertsetiadi.net/articles/snkk.htm [12 Oktober 2008].
Pressman, Roger S., SoftwareEngineering (A Practicional's Approach), Mc.Graw Hill, 1997