



PDF Complete
Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh

SITI DWI HABIBAH PUJI LESTARI
NIM 10305144024

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2015

i

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Persoalan penyusunan jadwal merupakan persoalan umum yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Masalah umum yang terdapat dalam penyusunan jadwal adalah sering terjadinya konflik waktu dan ruang yang digunakan. Konflik yang terjadi bergantung pada banyak faktor yang berpengaruh dalam proses penyusunan jadwal. Faktor tersebut merupakan komponen penyusun jadwal seperti objek yang akan dijadwalkan, ruang dan waktu. Jenis dan banyaknya komponen bergantung pada jenis penjadwalan yang akan disusun. Penyusunan jadwal dengan komponen berjumlah sedikit dapat dilakukan secara manual dan memerlukan waktu yang singkat. Permasalahan penjadwalan dengan komponen yang lebih besar dan kompleks serta melibatkan banyak kombinasi waktu dan ruang, akan memerlukan waktu yang lama dan lebih sulit dalam menentukan jadwal.

Salah satu contoh penjadwalan yang sering dilakukan di lembaga/institusi pendidikan/universitas adalah penjadwalan ujian. Penjadwalan ujian adalah bagaimana mengatur kegiatan ujian dari sehimpunan matakuliah sehingga mahasiswa tidak mengikuti lebih dari satu kegiatan ujian pada waktu yang sama dan jadwal ujian mahasiswa sebisa mungkin menyebar pada periode tersebut (Salwani, 2006: 11). Kegiatan ujian yang dilaksanakan di universitas adalah ujian tengah semester dan ujian akhir semester. Ujian tengah semester merupakan kegiatan ujian yang dilaksanakan setiap pertengahan semester, sedangkan ujian

1

PENYUSUNAN JADWAL UJIAN DI UNIVERSITAS MENGGUNAKAN MODEL PEWARNAAN GRAF

Oleh:
Siti Dwi Habibah Puji Lestari
10305144024

ABSTRAK

Masalah penyusunan jadwal ujian merupakan masalah administrasi rutin yang dihadapi oleh setiap universitas. Permasalahan tersebut memiliki berbagai variasi karena setiap instansi pendidikan memiliki kebijakan tersendiri terhadap masalah penyusunan jadwal, dan masing-masing mempertimbangkan kendala yang berbeda-beda. Pada Program Studi Pendidikan Bahasa Inggris Universitas Tidar Magelang, terdapat puluhan matakuliah yang harus dijadwalkan dalam kegiatan ujian. Selama ini penjadwalan kegiatan ujian dilakukan secara manual sehingga hasil yang diperoleh kurang maksimal.

Penelitian ini membahas tentang aplikasi model pewarnaan graf untuk penjadwalan kegiatan ujian dari sehimpunan matakuliah di Program Studi Pendidikan Bahasa Inggris Universitas Tidar Magelang. Model pewarnaan graf dipilih karena sesuai dengan kondisi perkuliahan di prodi tersebut. Pada model pewarnaan graf, matakuliah dilambangkan sebagai suatu simpul, dan rusuk yang menghubungkan dua simpul melambangkan konflik (mahasiswa yang mengikuti kedua matakuliah tersebut). Tujuan dari pewarnaan graf adalah meminimalkan warna yang berarti meminimalkan banyaknya slot waktu yang digunakan untuk kegiatan ujian sehingga banyaknya hari pelaksanaan ujian menjadi lebih minimal. Warna yang diberikan pada simpul matakuliah merupakan waktu pelaksanaan kegiatan ujian matakuliah tersebut. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diambil pada semester genap tahun ajaran 2013/2014.

Setelah dilakukan pengujian terhadap data yang digunakan, diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa model pewarnaan graf mampu menyelesaikan penjadwalan ujian untuk Program Studi Pendidikan Bahasa Inggris Universitas Tidar Magelang. Jadwal yang diperoleh dengan menerapkan model pewarnaan graf memiliki selisih 3 hari lebih sedikit dibandingkan jadwal yang disusun oleh pihak universitas yaitu selama 12 hari. Banyaknya hari yang dihasilkan adalah 9 hari tanpa adanya konflik dan aspek keadilan terpenuhi. Banyaknya hari yang digunakan dalam pelaksanaan kegiatan ujian dipengaruhi oleh derajat maksimal graf. Semakin besar derajat maksimal yang dihasilkan, maka semakin banyak hari yang dibutuhkan untuk pelaksanaan kegiatan ujian.

Kata kunci: model pewarnaan graf, penjadwalan, kegiatan ujian

vii

2

akhir semester merupakan kegiatan ujian yang dilaksanakan setiap akhir semester.

Kedua jenis ujian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan akademik setiap mahasiswa.

Carter dan Laporte (1996) mendefinisikan masalah penjadwalan ujian sebagai suatu penugasan beberapa kegiatan ujian untuk meminimalkan periode waktu yang tersedia sedemikian sehingga tidak terdapat konflik atau perselisihan. Penjadwalan ujian disusun selama dua atau tiga minggu sesuai dengan banyaknya komponen penyusun jadwal ujian. Komponen tersebut adalah banyaknya mahasiswa yang mengikuti kegiatan ujian, ruang yang tersedia, serta matakuliah yang diujikan. Komponen tersebut merupakan faktor yang menyebabkan terjadinya konflik waktu maupun ruang dalam kegiatan ujian.

Jadwal ujian yang baik adalah jadwal yang tidak mempunyai konflik, yaitu tidak terdapat dua atau lebih kegiatan ujian yang dilaksanakan dalam waktu yang sama. Semakin banyak kegiatan ujian yang dilaksanakan dalam waktu yang terbatas serta ruang kelas yang terbatas menyebabkan permasalahan penjadwalan ujian semakin kompleks.

Jadwal ujian yang telah disusun oleh pihak universitas terkadang masih terdapat konflik antara waktu dan kegiatan ujian yang diikuti oleh beberapa mahasiswa. Hal ini sangat disayangkan karena mengakibatkan mahasiswa yang bersangkutan harus mengorbankan salah satu kegiatan ujian untuk tidak diikuti. Mahasiswa harus mengikuti ujian susulan yang mana sulit untuk mengatur ulang jadwal ujian susulan dan terkadang soal yang dikerjakan mempunyai tingkat kesulitan yang lebih tinggi dibandingkan sebelumnya.

namun dari sekian berlangsung selama 12 hari sehingga waktu yang digunakan untuk pelaksanaan ujian belum maksimal. Program Studi Pendidikan Bahasa Inggris merupakan salah satu program studi unggulan yang ada di Universitas Tidar. Pada prodi ini terdapat 33 matakuliah dengan jumlah mahasiswa aktif yang tercatat adalah sebanyak 432 orang. Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis bermaksud melakukan penelitian penyusunan jadwal ujian akhir semester di Universitas Tidar.

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai penyelesaian masalah penjadwalan ujian. Riendu Magistriyanti Haryono (2012) menggunakan algoritma memetika dengan pengkodean langsung dalam menyelesaikan masalah penjadwalan ujian. Pada penelitian tersebut terdapat tiga batasan yang digunakan, yaitu: (1) tidak terdapat mahasiswa yang melaksanakan dua ujian atau lebih pada waktu atau ruangan yang sama, (2) tidak terdapat dua kegiatan ujian yang dilaksanakan pada satu ruang yang sama, dan (3) banyaknya peserta setiap ruang tidak melebihi kapasitas maksimal. Laninca Swarinta Christine (2010) menggunakan algoritma berbasis pewarnaan graf dengan kendala terdapat jeda selama satu slot waktu antara dua kegiatan ujian pada algoritma dan program yang dijalankan. Hasil dari penelitian tersebut terbukti memberikan solusi optimum sesuai dengan kendala yang telah ditentukan. Harri Dwinugroho Putro (2012) menganalisis penjadwalan ujian akhir semester dengan metode *goal*

berderajat terkecil. Derajat pada sebuah simpul merupakan banyak konflik yang terjadi, sehingga kegiatan ujian dengan konflik paling banyak dilaksanakan terlebih dahulu. Salah satu tujuan pewarnaan graf adalah mewarnai semua simpul pada graf menggunakan warna seminimal mungkin. Simpul yang bertetangga diharuskan memiliki warna yang berbeda agar tidak terjadi konflik waktu. Warna yang digunakan untuk mewarnai graf merupakan banyaknya slot waktu yang digunakan dalam penjadwalan ujian.

Kegiatan ujian dialokasikan pada sejumlah blok waktu dan ruang sedemikian sehingga konflik waktu dapat dihindari. Penjadwalan ujian melibatkan banyaknya mahasiswa yang mengikuti kegiatan ujian dan banyaknya ruang yang digunakan dalam ujian. Data masukan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah daftar mahasiswa, daftar slot waktu, daftar matakuliah dan daftar ruang. Peserta ujian adalah keseluruhan mahasiswa yang terdaftar dalam himpunan matakuliah yang akan diujikan. Matakuliah yang sama dan diajarkan oleh dosen yang sama dilaksanakan dalam waktu yang sama agar tidak terjadi kebocoran soal ujian. Banyaknya ruang yang dibutuhkan untuk kegiatan ujian matakuliah yang diampu dosen yang sama diparalel dan dilaksanakan secara bersamaan pada ruang yang berbeda disebut *concurrency level*(CL) matakuliah. Misalnya, terdapat sebanyak 74 mahasiswa yang terdaftar pada matakuliah KG212202 yang diampu oleh dosen PF, maka kegiatan ujian matakuliah ini dibagi menjadi 2 kelas paralel agar memenuhi kapasitas ruang ujian yaitu 40 orang. Banyaknya ruang yang tersedia pada hari dan slot waktu tertentu disebut *concurrency level*(CL) ruang.

programming. Hasil pengujian menggunakan metode tersebut menunjukkan penggunaan model penjadwalan UAS mampu menghasilkan pola ujian yang terstruktur tanpa mengubah sistem yang telah ada.

Penelitian ini memiliki dasar algoritma yang sama dengan penelitian Laninca S. C. (2010). Perbedaan terletak pada kendala yang mengharuskan tidak terdapat jeda selama satu periode slot waktu antar dua kegiatan ujian. Selain itu, pada penelitian ini pelaksanaan kegiatan ujian paralel ditentukan berdasarkan matakuliah yang sama dan diampu oleh dosen yang sama dengan memperhatikan kapasitas ruang ujian.

Pemilihan model pewarnaan graf pada masalah ujian di Program Studi Pendidikan Bahasa Inggris Universitas Tidar dikarenakan sesuai dengan sistem perkuliahan di Program Studi tersebut. Sistem pemilihan matakuliah di prodi ini bukan dalam bentuk paket, sehingga mahasiswa leluasa memilih matakuliah dan dosen pengampu yang diminati tanpa harus terikat dengan kelompok kelas yang sama setiap semesternya.

Langkah awal memodelkan permasalahan penjadwalan ujian dengan model graf adalah dengan memisalkan setiap matakuliah yang akan diujikan sebagai sebuah simpul pada graf tersebut. Kegiatan ujian dengan matakuliah yang sama dan diampu oleh dosen yang sama dimodelkan oleh satu simpul, kemudian setiap dua simpul matakuliah yang diikuti oleh setidaknya satu mahasiswa yang sama direpresentasikan dalam bentuk rusuk yang menghubungkan dua simpul tersebut. Teknik yang dipakai untuk mewarnai graf adalah *largest degree ordering* (LDO) yaitu mewarnai secara urut simpul yang berderajat terbesar sampai simpul

Masalah penjadwalan ujian dapat dirumuskan sebagai masalah optimasi kombinatorik (diskrit). Misalkan terdapat N kegiatan ujian, dan setiap kegiatan i berlangsung selama t_i menit. Banyaknya ruang yang tersedia adalah R , dan setiap ruang j mempunyai kapasitas Q_j . Berikutnya dalam sehari terdapat S slot waktu (slot waktu yang digunakan setiap hari banyaknya sama) dan setiap kegiatan i berlangsung pada slot waktu w_i . Selanjutnya, misalkan variabel x_{jt}^i adalah suatu kegiatan ujian, maka $x_{jt}^i = 1$ jika kegiatan i dijadwalkan pada ruang j slot waktu t hari ke- d , dan $x_{jt}^i = 0$ untuk kasus yang lain. Variabel biner lainnya adalah y_{pq}^d mempunyai nilai 1 jika kegiatan p dan q diujikan berturut-turut pada slot waktu t dan $t + 1$ pada hari ke- d , dan $y_{pq}^d = 0$ untuk kasus yang lain. Permasalahan yang dihadapi adalah meminimalkan fungsi tujuan yang merupakan penjumlahan total slot waktu dan konflik waktu pada jadwal ujian. Maka dapat dirumuskan model matematika untuk masalah penjadwalan ujian sebagai berikut.

Meminimalkan

$$f = \sum_{d=1}^M \sum_{t=1}^S \sum_{j=1}^R x_{jt}^i + \sum_{d=1}^{M-1} \sum_{q=t+1}^S \sum_{j=1}^R e_{pq}^d (w_p, w_q) \quad (1.1)$$

dengan syarat:

$$\sum_{j=1}^R \sum_{t=1}^S \sum_{i=1}^N x_{jt}^i = 1, \quad (i = 1, \dots, N), \quad (1.2)$$

$$\sum_{d=1}^{M-1} \sum_{q=p+1}^S \sum_{j=1}^R e_{pq}^d (w_p, w_q) = 0, \quad (1.3)$$

$$\sum_{d=1}^M (x_{p,t}^d + x_{q,t+1}^d) \leq y_{pq}^d + 1, \quad \begin{matrix} (p = 1, \dots, N-1; q = p+1, \dots, N; \\ j = 1, \dots, R; t = 1, \dots, S) \end{matrix} \quad (1.4)$$

$$\gamma(t_p, t_q) \in \{0,1\}, \quad (p = 1, \dots, N-1; q = p+1, \dots, N). \quad (1.8)$$

Keterangan:

N = banyaknya kegiatan ujian;

t_i = durasi waktu yang dibutuhkan kegiatan i ;

e_i = mahasiswa yang mengikuti ujian i ;

M = maksimal hari pelaksanaan ujian;

S = banyaknya slot waktu dalam sehari;

R = banyaknya ruang yang tersedia untuk pelaksanaan kegiatan ujian;

Q_j = kapasitas ruang j , dengan $j \in \{1, \dots, R\}$;

w_i = slot waktu yang digunakan untuk pelaksanaan ujian E_i , dimana $w_i \in \{1, \dots, S\}$ dan $i \in \{1, \dots, N\}$;

d_i = hari yang digunakan untuk pelaksanaan ujian E_i , dimana $d_i \in \{1, \dots, T\}$ dan $i \in \{1, \dots, N\}$;

Banyaknya mahasiswa yang mengikuti kegiatan ujian matakuliah i dinyatakan oleh e_i . Banyaknya mahasiswa yang mengikuti kegiatan ujian matakuliah p dan q dinyatakan oleh $e_{p,q}$, dan $\gamma(w_p, w_q) = 1$ jika kegiatan ujian matakuliah p dan q dilaksanakan dalam waktu yang sama $w_p = w_q$ dan $\gamma(w_p, w_q) = 0$ untuk kasus lainnya. Fungsi objektif (1.1) menyatakan total

9

konflik antar dosen, banyaknya karyawan sudah mencukupi untuk mengawas kegiatan ujian.

4. Penjadwalan menggunakan model pewarnaan graf dengan algoritma yang dikembangkan Malkawi, Al-Haj dan Hassan (2008) tanpa membandingkan dengan algoritma atau metode lain.

C. Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana cara mengalokasikan beberapa kegiatan ujian di Program Studi Pendidikan Bahasa Inggris Universitas Tidar agar waktu atau banyaknya hari pelaksanaan ujian seminimal mungkin dan semua kendala terpenuhi dengan menerapkan model pewarnaan graf.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan penelitian ini adalah menerapkan model pewarnaan graf pada penyusunan jadwal ujian akhir semester genap tahun 2013/2014 di Program Studi Pendidikan Bahasa Inggris Universitas Tidar agar diperoleh banyaknya hari pelaksanaan ujian yang minimal serta dapat memenuhi semua kendala yang telah ditentukan.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Pembaca dapat menambah pengetahuan serta wawasan tentang penerapan model pewarnaan graf dalam penyusunan jadwal ujian.

8

banyaknya slot waktu dan konflik waktu yang harus diminimalkan. Kendala (1.2) memaksa setiap kegiatan ujian harus dijadwalkan sekali pada blok waktu dan ruang tertentu. Kendala (1.3) menjamin tidak terdapat bentrokan waktu antara dua kegiatan ujian yang diikuti oleh mahasiswa yang sama. Kendala (1.4) mensyaratkan aspek keadilan bagi mahasiswa terpenuhi, yaitu mahasiswa tidak mengikuti dua kegiatan ujian dalam satu hari. Kendala (1.5) mensyaratkan bahwa banyaknya mahasiswa yang mengikuti setiap kegiatan ujian tidak melebihi kapasitas ruang ujian. Kendala (1.6), (1.7) dan (1.8) membatasi nilai-nilai variabel keputusan harus 0 atau 1.

Pada penelitian ini akan ditunjukkan bagaimana model pewarnaan graf yang diselesaikan menggunakan algoritma Malkawi, Hassan & Al-Haj (2008) dapat menyelesaikan permasalahan penjadwalan ujian akhir semester di Universitas Tidar khususnya Program Studi Pendidikan Bahasa Inggris.

B. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian hanya dilakukan di Program Studi Pendidikan Bahasa Inggris Universitas Tidar.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diambil pada semester genap tahun ajaran 2013/2014.
3. Penelitian hanya dilakukan pada penjadwalan ujian matakuliah, penjadwalan pengawas ujian tidak termasuk hal yang diteliti. Hal ini dikarenakan pengawas ujian merupakan dosen matakuliah yang bersangkutan dan kalau pun terjadi

10

2. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kemudahan dalam penyusunan penjadwalan ujian sehingga banyaknya hari yang digunakan dalam penjadwalan ujian dapat lebih minimal.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

dikembangkan oleh Malkawi, AlHaj dan Hassan (2008). Agar lebih memahami bagaimana cara kerja dan proses menyelesaikan masalah penjadwalan ujian menggunakan pewarnaan graf, maka akan dijelaskan beberapa kajian yang terkait dengan pewarnaan graf dan proses penjadwalan ujian di universitas

A. Graf

Permasalahan penjadwalan ujian dapat disajikan dengan model pewarnaan graf. Matakuliah disajikan sebagai simpul, konflik yang terjadi antara dua matakuliah diumpamakan sebagai rusuk pada kedua simpul matakuliah tersebut, dan warna yang digunakan merupakan slot waktu pelaksanaan ujian. Berikut ini akan dijelaskan beberapa hal terkait graf dan pewarnaan graf sebagai model penjadwalan ujian.

1. Definisi Graf

Suatu graf G didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V, E) , dengan $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ adalah himpunan tak kosong dari simpul-simpul pada G , dan $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ adalah himpunan rusuk pada G yang memuat satu atau dua simpul. Dalam hal ini, simpul-simpul tersebut disebut titik-titik ujung rusuk e_k (endpoini) (Sutarno, 2005: 66).

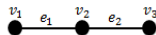
Berdasarkan orientasi arah pada rusuknya, graf digolongkan menjadi dua yaitu graf tak berarah dan graf berarah.

2. Insidensi dan Ajasensi (Ketetanggaan)

Suatu graf yang memiliki simpul v_i dan rusuk e_k memiliki keterhubungan yang disebut insidensi dan ajasensi (ketetanggaan). Jika sebuah simpul v_i merupakan titik ujung dari suatu rusuk e_k , maka v_i dan e_k disebut saling berinsidensi atau simpul v_i menempel/insiden dengan rusuk e_k .

a. Rusuk yang bertetangga (ajasen)

Dua rusuk yang kedua simpulnya sama, yakni $e_1 = (u, v)$ dan $e_2 = (u, v)$, dikatakan rusuk paralel. Dua rusuk yang tidak paralel disebut bertetangga/ajasen apabila salah satu ujung dari kedua rusuk tersebut menempel pada simpul yang sama.



Gambar 2.3. Rusuk yang Bertetangga

Pada gambar 2.3 di atas, rusuk e_1 dan rusuk e_2 adalah rusuk-rusuk yang bertetangga. Salah satu ujung dari masing-masing rusuk tersebut menempel pada satu simpul yang sama, yaitu simpul v_2 .

b. Simpul yang Bertetangga/ajasen

Dua simpul v_i dan v_j yang merupakan titik-titik ujung dari suatu rusuk e_k disebut saling bertetangga/ajasen.

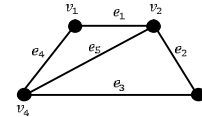


Gambar 2.4. Simpul yang Bertetangga

Pada Gambar 2.4 di atas, simpul v_1 dan simpul v_2 merupakan simpul yang bertetangga karena saling terhubung dengan rusuk yang sama e_1 .

a. Graf Tak Berarah (Undirected Graph)

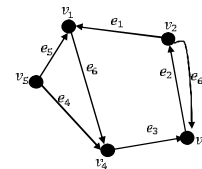
Graf yang rusuknya tidak mempunyai orientasi arah disebut graf tak berarah. Pada graf tak berarah, urutan pasangan simpul yang dihubungkan oleh rusuk tidak diperhatikan. Jadi (v_i, v_j) dan (v_j, v_i) adalah rusuk yang sama. Bentuk penyajian graf yang digunakan dalam masalah penjadwalan ujian adalah graf tak berarah.



Gambar 2.1. Contoh Graf Tidak Berarah

a. Graf Berarah (Directed Graph)

Graf yang setiap rusuknya memiliki orientasi arah disebut graf berarah. Pada graf berarah, $(v_i, v_j) \neq (v_j, v_i)$. Sebagai contoh pada gambar 2.2, rusuk e_2 dan rusuk e_6 adalah rusuk yang berbeda walaupun bertetangga dengan dua simpul yang sama, yakni v_2 dan v_3 .



Gambar 2.2. Contoh Graf Berarah

3. Derajat (degree) Simpul

Pada graf G , banyaknya rusuk e_k yang menempel di simpul v_i disebut derajat (*degree*) dari simpul v_i dan ditulis $deg(v_i)$. Suatu simpul dengan derajat nol disebut sebagai *isolated vertex* (simpul terisolasi) dan sebuah simpul dengan derajat satu disebut sebagai *end-vertex*. Derajat suatu simpul sering juga disebut valensi simpul. Banyaknya rusuk yang paling sedikit menempel di v_i dinamakan derajat minimal graf G dan dinotasikan dengan $\delta(G)$, sedangkan banyaknya rusuk yang paling banyak menempel di v_i disebut derajat maksimal dari graf G dan dinotasikan dengan $\Delta(G)$. Sebagai contoh pada Gambar 2.3 $deg(v_1) = deg(v_3) = 1$ dan $deg(v_2) = 3$. Jadi, $\delta(G) = 1$ dan $\Delta(G) = 2$.

Banyaknya derajat semua simpul graf G dapat ditentukan berdasarkan banyak rusuk yang terdapat pada graf tersebut. Pada graf G yang mempunyai n simpul dan m rusuk, banyaknya derajat semua simpul dalam G sama dengan dua kali banyaknya rusuk dalam G . Hal ini dikarenakan setiap simpul menyumbangkan dua rusuk.

Lemma Jabat Tangan (Handshaking Lemma)

Banyaknya derajat semua simpul pada suatu graf adalah genap, yaitu dua kali banyak rusuk pada graf tersebut.

Dengan kata lain, untuk setiap graf dengan n simpul dan m rusuk berlaku,

$$\sum_{i=1}^n deg(v_i) = 2m \tag{2.1}$$

Akibat dari lemma Jabat Tangan di atas, didapat:

Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features

jika simpul-simpul berderajat ganjil dan genap dipisahkan, maka jumlah ruas kiri persamaan (2.1) dapat dinyatakan sebagai jumlah dari dua bilangan, pertama diperoleh dari simpul-simpul berderajat ganjil dan kedua diperoleh dari simpul-simpul berderajat genap. Jadi untuk suatu graf dengan n simpul berlaku

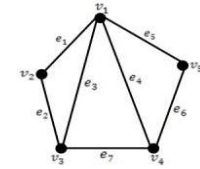
$$\sum_{i=1}^n deg(v_i) = \sum deg(v_j) + \sum deg(v_k). \quad (2.2)$$

dengan $\sum deg(v_j)$ adalah jumlah derajat simpul-simpul yang berderajat genap dan $\sum deg(v_k)$ adalah jumlah derajat simpul-simpul yang berderajat ganjil. Karena ruas (2.2) genap, dan suku pertama dari ruas kanan adalah genap, maka suku kedua ruas kanan juga pasti genap. $\sum deg(v_k)$ adalah sebuah bilangan genap, dan setiap $deg(v_k)$ adalah bilangan ganjil, maka banyaknya simpul berderajat ganjil pastilah genap.

4. Penyajian Graf

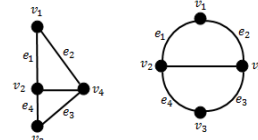
a. Graf dalam Bentuk Diagram

Cara menyajikan graf yang paling umum adalah dengan diagram graf. Pada diagram graf, simpul v_i dinyatakan sebagai titik atau lingkaran kecil dan setiap rusuk e_k dinyatakan sebagai kurva sederhana yang menghubungkan dua simpul v_i dan v_j . Untuk lebih jelasnya perhatikan contoh graf pada gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5. Graf dalam Bentuk Diagram

Penyajian rusuk dalam diagram graf dapat berupa ruas garis lurus atau ruas garis lengkung. Hal yang perlu diperhatikan dalam suatu graf adalah insidensi antara simpul-simpul dengan rusuk-rusuknya. Sebagai contoh, gambar 2.6 dibawah ini menyajikan dua graf yang sama, karena insidensi antara rusuk-rusuk dan simpul-simpul pada kedua graf tersebut adalah sama.

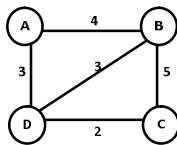


Gambar 2.6. Contoh 2 Graf yang Sama

Apabila terdapat suatu graf yang setiap rusuknya diberi sebuah harga (bobot), maka graf tersebut dinamakan graf berbobot (*Weighted Graph*). Bobot pada setiap rusuk dapat berbeda-beda bergantung pada permasalahan yang dimodelkan dengan graf. Pada permasalahan penjadwalan ujian, bobot yang terdapat pada suatu rusuk graf menyatakan banyaknya mahasiswa yang

mengambil dua matakuliah yang dilambangkan oleh dua simpul yang terhubung oleh suatu rusuk.

Sebagai contoh, terdapat empat matakuliah yang diujikan dengan masing-masing mahasiswa yang terdaftar dalam matakuliah tersebut merupakan bobot dari setiap rusuk dan disajikan pada gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2.7. Contoh Graf Kegiatan Ujian

Pada gambar 2.7, dapat dilihat bahwa terdapat empat matakuliah A, B, C, D dan masing-masing disajikan dalam bentuk satu simpul. Simpul yang saling bertetangga menandakan bahwa terdapat mahasiswa yang terdaftar dalam matakuliah yang disajikan oleh kedua simpul tersebut. Sebagai contoh, pada simpul A dan B terdapat empat mahasiswa yang sama yang mengikuti kedua matakuliah tersebut, sehingga rusuk yang menghubungkan simpul A dan B mempunyai bobot 4.

b. Graf dalam Bentuk Matriks Ketetangaan

Selain dalam bentuk diagram graf, graf dapat disajikan dalam bentuk matriks ketetangaan. Matriks ketetangaan digunakan untuk menyajikan suatu graf berdasarkan banyak rusuk yang menghubungkan simpul-simpulnya (Srianto,

2010: 22). Banyak baris dan kolom matriks ketetangaan sama dengan banyak simpul dalam graf.

Jok Jek Siang (2006: 273) mendefinisikan matriks ketetangaan dengan memisalkan G adalah graf tak berarah dengan simpul-simpul $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$ dengan n berhingga. Matriks ketetangaan yang sesuai dengan graf G adalah matriks $A = [a_{ij}]$ dengan a_{ij} merupakan banyak rusuk yang menghubungkan simpul v_i dan simpul v_j dengan $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$.

Karena banyak rusuk yang menghubungkan simpul v_i dengan simpul v_j pada graf tak berarah selalu sama dengan banyak rusuk yang menghubungkan simpul v_j dan simpul v_i , maka matriks ketetangaannya merupakan matriks yang simetris. Matriks yang terbentuk adalah matriks dengan ordo yang sama, artinya banyak baris dan kolom adalah sama.

Graf G pada gambar 2.5, jika direpresentasikan dalam matriks ketetangaan adalah sebagai berikut.

$$G = \begin{matrix} & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & v_5 \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Jika pada graf G dengan n simpul terdapat bobot pada setiap rusuk yang menghubungkan simpul i dan j , maka graf G dapat direpresentasikan dalam bentuk matriks bobot W . Matriks bobot dari graf G merupakan matriks $n \times n$ dengan elemen ke- ij adalah besarnya bobot dari rusuk yang menghubungkan simpul i dan j .

$$\begin{pmatrix} 0 & 3 & 0 & 2 \\ 3 & 3 & 2 & 0 \end{pmatrix} v_4$$

Pada masalah penjadwalan ujian, matriks yang dibentuk merupakan matriks bobot dari setiap matakuliah yang diujikan $W = (e_{ij})_{N \times N}$, dengan e_{ij} ($i, j \in \{1, \dots, N\}$) merupakan elemen matriks yang menunjukkan bobot/banyaknya konflik (mahasiswa yang terdaftar pada setiap dua matakuliah). Matriks ini juga disebut sebagai matriks konflik matakuliah.

5. Jenis-Jenis Graf

a. Graf Kosong (Null Graph)

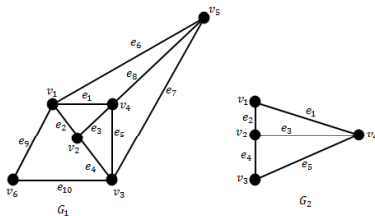
Suatu graf dengan himpunan rusuknya merupakan himpunan kosong disebut graf kosong (Jonathan dan Jay, 2005: 2). Graf kosong dengan n simpul dinyatakan dengan N_n . Setiap simpul pada graf kosong ini merupakan simpul terisolasi karena tidak memiliki rusuk. Contoh graf kosong disajikan pada gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2.8. Graf Kosong dengan 3 Simpul (Graf N_3)

d. Graf Bagian (Subgraf)

Suatu graf bagian dari graf G sering disimbolkan dengan notasi $S \subseteq G$, jika $V(S) \subseteq V(G)$ dan $E(S) \subseteq E(G)$. Sebagai contoh, perhatikan gambar di bawah ini.



Gambar 2.11. G_2 merupakan Graf Bagian dari G_1

Menurut Sutarno (2005: 87), terdapat beberapa sifat pada graf bagian antara lain:

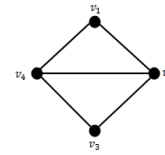
1. setiap graf merupakan graf bagian dari dirinya sendiri,
2. graf bagian dari suatu graf bagian G merupakan graf bagian dari G ,
3. sebuah simpul dalam graf G merupakan graf bagian dari G , dan
4. sebuah rusuk dari G bersama dengan kedua ujungnya juga merupakan graf bagian dari G .

6. Pewarnaan Graf

Suatu graf G dapat diwarnai berdasarkan simpul maupun rusuknya. Terdapat tiga macam pewarnaan graf, yaitu pewarnaan simpul (titik), pewarnaan

b. Graf Sederhana

Suatu rusuk yang kedua titik ujungnya bertemu pada satu simpul yang sama disebut *loop*. Sebuah graf yang tidak memiliki rusuk paralel dan tidak memiliki *loop* disebut graf sederhana. Sebagai contoh, perhatikan gambar 2.9 di bawah ini.

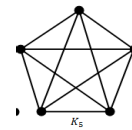


Gambar 2.9. Graf Sederhana

Graf pada gambar 2.9 tidak memiliki *loop* dan tidak memiliki rusuk paralel, maka graf tersebut termasuk graf sederhana.

c. Graf Lengkap

Suatu graf sederhana yang setiap pasang simpulnya saling bertetangga satu sama lain dinamakan graf lengkap (Soegeng, 1996:32). Graf lengkap dengan n simpul dinotasikan dengan K_n . Gambar 2.10 di bawah ini menunjukkan graf lengkap dengan lima simpul.



Gambar 2.10. Graf Lengkap K_5

rusuk (garis), dan pewarnaan bidang. Pewarnaan simpul merupakan model yang digunakan dalam masalah penjadwalan ujian.

a. Pewarnaan Simpul (Titik)

Suatu pewarnaan simpul pada graf G adalah penempatan paling banyak k warna pada semua simpul graf G sedemikian sehingga dua simpul yang bertetangga memiliki warna berbeda dan sering disebut k -colorable. Pewarnaan simpul menitikberatkan untuk meminimalkan penggunaan warna yang digunakan untuk mewarnai simpul.

Suatu graf G dikatakan memiliki k warna jika terdapat k warna dalam pewarnaan graf G tersebut. Bilangan yang menunjukkan cacah minimal warna berbeda yang dapat digunakan untuk mewarnai simpul-simpul suatu graf, sedemikian sehingga dua simpul bertetangga mempunyai warna berbeda dinamakan bilangan kromatik (*chromatic number*) suatu graf (Kolman, et al., 1996: 220). Bilangan kromatik simpul dari graf G biasa dinotasikan $\chi(G)$.

Mewarnai simpul pada graf dapat menggunakan beberapa warna dengan batas maksimal warna yang digunakan adalah sebanyak derajat terbesar ditambah 1.

Teorema 2.1 (Balakrishnan, 1997:443)

Jika G graf sederhana yang mempunyai derajat maksimal $\Delta(G)$, maka $\chi(G) \leq \Delta(G) + 1$.

Akan dibuktikan dengan menggunakan induksi matematika.

1. Untuk banyaknya simpul $n = 1$, graf tersebut merupakan G_1 dengan $\Delta(G) = 0$ dan $\chi(G) = 1$, maka pertidaksamaan $\chi(G) \leq \Delta(G) + 1$ bernilai benar.

Misalkan G adalah graf dengan n simpul dan derajat maksimal dari simpulnya adalah $\Delta(G)$, dan misalkan H adalah graf yang didapat dari menghapus sebarang simpul v dan rusuk yang bertetangga dengan simpul v dari graf G . Karena banyaknya simpul di graf H lebih kecil daripada n dan derajat maksimal dari simpulnya adalah $\Delta(G)$ (atau kurang), maka dari asumsi induksi didapat $\chi(H) \leq \Delta(H) + 1 \leq \Delta(G) + 1$. Derajat maksimal simpul v adalah $\Delta(G)$, karena v merupakan simpul di graf G paling banyak mempunyai $\Delta(G)$ tetangga. Jika v dikembalikan ke graf G , maka dibutuhkan hanya satu warna baru yang lain dari $\Delta(G)$ warna yang digunakan oleh tetangga v . Dengan demikian graf G dapat diwarnai maksimal dengan $\Delta(G) + 1$ warna, dapat ditulis $\chi(G) \leq \Delta(G) + 1$.

b. Pewarnaan Rusuk (Garis)

Menurut Michel Godran dan Michel Minoux (1984: 446) pemberian warna setiap rusuk pada suatu graf sedemikian sehingga setiap dua rusuk yang bertetangga mendapatkan warna yang berbeda dinamakan pewarnaan rusuk.

Bilangan minimal yang menentukan banyaknya warna yang berbeda untuk mewarnai rusuk G sedemikian sehingga $\chi'(G) = k$ apabila graf G adalah rusuk k -colorable tetapi bukan rusuk $(k-1)$ -colorable dinamakan indeks kromatik graf G , dinotasikan $\chi'(G)$ (Jonathan dan Jay, 2005: 347).

25

c. Algoritma adalah sekumpulan instruksi yang harus dijalankan dan harus berakhir prosesnya dengan menghasilkan suatu keluaran.

Setelah membaca beberapa pengertian algoritma menurut Horowitz et al (1998: 1) di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa algoritma adalah urutan langkah-langkah penyelesaian masalah yang disusun secara sistematis untuk menyelesaikan suatu permasalahan matematika.

Adapun ciri-ciri sebuah algoritma yang baik (Ema dan Sukrisno, 2005: 28) adalah sebagai berikut.

- Precise* (tepat, betul, teliti): setiap instruksi harus ditulis dengan seksama dan tidak terdapat keraguan, dengan demikian setiap intruksi harus dinyatakan secara eksplisit dan tidak terdapat bagian yang dihilangkan.
- Banyaknya langkah (instruksi) adalah berhingga dan tertentu; langkah yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang sama harus tetap dan tertentu, walaupun datanya berbeda.
- Efektif: keefektifan suatu algoritma diukur berdasarkan intruksi yang akan dijalankan. Intruksi yang digunakan harus jelas, tidak terdapat intruksi yang tidak mungkin dikerjakan oleh pemroses.
- Terminate*: algoritma yang dijalankan harus mempunyai kriteria berhenti.
- Output* yang dihasilkan tepat: langkah-langkah algoritma yang dijalankan harus logis, sehingga dihasilkan *output* yang tepat.

2. Analisis Algoritma

Menurut Jhonsenbaugh (2009: 193), suatu proses untuk menentukan waktu yang dibutuhkan dalam mengeksekusi sebuah algoritma dinamakan analisis

24

c. Pewarnaan Bidang

Salah satu aplikasi pewarnaan graf khususnya pewarnaan bidang adalah pewarnaan pada peta. Masalah pewarnaan bidang adalah menentukan warna minimal agar bidang-bidang yang berdekatan mempunyai warna yang berbeda. Pengertian pewarnaan bidang hampir sama dengan pewarnaan simpul, hanya saja dalam pewarnaan bidang yang berperan sebagai simpul adalah bidang-bidang pada peta tersebut. Bidang-bidang pada peta dimodelkan sebagai simpul terlebih dahulu sebelum menentukan minimal warna yang dapat digunakan.

B. ALGORITMA

Masalah penjadwalan ujian diselesaikan berdasarkan algoritma yang telah dibangun agar proses penyelesaian masalah terstruktur dengan jelas dan logis. Di bawah ini akan dijelaskan beberapa hal terkait algoritma.

1. Definisi Algoritma

Menurut Horowitz et al (1998: 1) terdapat beberapa pengertian mengenai algoritma.

- Algoritma adalah metode yang dapat dipakai untuk menyelesaikan suatu masalah. Pengertian ini dikemukakan oleh Abu Ja'far Mohammad ibn Musa al Khwarizmi dari Persia pada bukunya yang berjudul Kitab al-jabr al-muqabala (*Rules of Restoration and Reduction*).
- Algoritma adalah urutan sejumlah operasi yang terdefinisi dengan baik yang masing-masing membutuhkan memori dan waktu yang terbatas untuk menyelesaikan suatu masalah.

26

algoritma. Algoritma dirancang untuk bekerja dengan menerima masukan berupa data komponen penjadwalan ujian yaitu mahasiswa, matakuliah yang diujikan, ruang dan slot waktu dalam jumlah tertentu.

Menurut Horowitz (1998: 12), waktu yang dibutuhkan untuk mengeksekusi sejumlah instruksi yang dilakukan (*time complexity*) dan memori yang dibutuhkan (*space complexity*) berdasarkan jumlah input tertentu data menentukan efisiensi atau kompleksitas algoritma.

C. Penjadwalan

1. Pengertian Penjadwalan

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), jadwal adalah pembagian waktu berdasarkan rencana pengaturan kerja, daftar atau tabel kegiatan atau rencana kegiatan dengan pembagian waktu yang terperinci. Pengertian penjadwalan menurut KBBI adalah suatu proses, cara, perbuatan menjadwalkan atau memasukkan ke dalam jadwal.

Menurut Wren (1996) penjadwalan adalah pengalokasian permasalahan berdasarkan kendala sesuai sumber daya pada periode waktu tertentu, sehingga memenuhi tujuan yang diinginkan. Kegiatan penjadwalan ini meliputi pengurutan aktivitas, pengalokasian aktivitas pada fasilitas dan pemetaan aktivitas menurut waktu. Permasalahan penjadwalan biasanya terjadi dalam kasus penjadwalan kerja di suatu instansi, penjadwalan pelajaran di sekolah, penjadwalan kereta api, bahkan penjadwalan kegiatan ujian untuk perkuliahan.

Menurut Sahid (1997: 30), terdapat beberapa proses umum dalam penyusunan jadwal, proses tersebut adalah sebagai berikut.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

yang digunakan dalam penjadwalan,

- b. ketersediaan dosen; dan
 - c. data mahasiswa dan matakuliah yang diikuti.
2. Formulasi masalah dan metode penyelesaian, antara lain: penggunaan model tertentu atau pendekatan lain, solusi manual, metode deterministik, menggunakan program komputer, metode heuristik umum, metode heuristik khusus, dll.
 3. Mengaplikasikan metode penyelesaian untuk menyelesaikan masalah.
 4. Mencetak jadwal.
 5. Menyimpan data yang memuat jadwal untuk direvisi atau disesuaikan di masa yang akan datang.

Adapun terminologi umum yang digunakan dalam penjadwalan menurut Salwani (2006: 25) disajikan dalam tabel sebagai berikut.

Terminologi	Definisi
<i>Event</i>	Suatu aktifitas untuk dijadwalkan. Misalnya: ujian dan matakuliah.
<i>Timeslot</i>	Interval (periode) waktu dimana <i>event-event</i> bisa dijadwalkan.
<i>Resource</i>	Sumber daya yang diperlukan oleh suatu <i>event</i> . Misalnya: ruang dan peralatan.
<i>Constraint</i>	Suatu batasan untuk menjadwalkan <i>event</i> .

Simpul yang mempunyai warna yang sama menunjukkan bahwa kegiatan ujian tersebut dilaksanakan dalam waktu yang bersamaan dan banyak kelasnya tidak boleh melebihi ruang yang tersedia.

Sebagai contoh, jika terdapat maksimal tiga hari pelaksanaan kegiatan ujian dengan empat periode slot waktu perhari, maka dapat dibentuk dalam matriks warna R berordo 3×4 sebagai berikut.

$$R = \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & r_{1,3} & r_{1,4} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & r_{2,3} & r_{2,4} \\ r_{3,1} & r_{3,2} & r_{3,3} & r_{3,4} \end{bmatrix}$$

Pada matriks warna di atas, $r_{1,1}$ merupakan warna yang diberikan untuk kegiatan ujian pada hari pertama slot waktu pertama, $r_{1,2}$ merupakan warna yang diberikan untuk kegiatan ujian pada hari pertama slot waktu kedua, dan seterusnya.

Pada algoritma yang akan digunakan, batas maksimal banyaknya ruang adalah *concurrency level* (CL) ruang yang merupakan banyaknya ruang yang tersedia untuk pelaksanaan ujian pada waktu t_{dt} .

Hal lain yang perlu dipertimbangkan, untuk kegiatan ujian dengan matakuliah yang sama dan dosen pengampu yang sama pula dibagi menjadi beberapa bagian paralel. Ujian paralel harus dijadwalkan pada waktu yang sama, tetapi dalam ruang yang berbeda. Berdasarkan hal tersebut, akan diberikan sebuah nilai yang dinamakan *concurrency level* (CL) matakuliah. Sebagai contoh, misalkan kegiatan ujian matakuliah dengan kode KG212202 merupakan matakuliah yang dibagi menjadi 2 bagian paralel maka diberikan nilai $CL(KG212202) = 2$ untuk simpul mata kuliah KG212202.

	Misalnya: kapasitas ruang dan waktu yang digunakan.
<i>Individual</i>	Orang yang mengikuti <i>event</i> .
<i>Conflict</i>	Dua <i>event</i> yang berselisih satu sama lain dan memiliki sedikitnya satu individu yang sama dan dijadwalkan pada waktu yang sama.

2. Penjadwalan Ujian

Carter dan Laporte (1996) mendefinisikan masalah penjadwalan ujian sebagai suatu penugasan beberapa kegiatan ujian untuk meminimalkan periode waktu yang tersedia sedemikian sehingga tidak terdapat konflik atau perselisihan.

Salah satu tujuan penjadwalan ujian adalah meminimalkan slot waktu yang digunakan, sehingga akan berpengaruh pada banyaknya hari pelaksanaan ujian yang dihasilkan. Selain itu juga untuk menghindari konflik waktu dan ruang yang akan digunakan dalam ujian serta bentrokan antara mahasiswa yang mengikuti ujian.

3. Aturan dalam Penyusunan Jadwal Ujian

Aturan yang telah ditetapkan untuk penjadwalan ujian adalah sebagai berikut.

a. Skema pewarnaan

Skema pewarnaan untuk persoalan penjadwalan ujian menggunakan warna berindeks ganda r_{dt} , dengan d menunjukkan hari pelaksanaan ujian dan t menunjukkan periode (slot waktu) pelaksanaan ujian di hari ke- d .

b. Aspek Keadilan

Terdapat beberapa aspek keadilan bagi mahasiswa yang diperhatikan dalam menyusun jadwal ujian, yaitu mahasiswa hanya mengikuti maksimal dua kegiatan ujian setiap harinya. Pembatasan jumlah ujian bagi mahasiswa dilakukan agar mahasiswa dapat belajar maksimal untuk mengikuti maksimal dua kegiatan ujian setiap harinya.

Beberapa universitas terkadang memberikan jeda waktu selama satu ataupun lebih dari satu slot waktu antara pelaksanaan dua kegiatan ujian yang dilaksanakan berturut-turut. Untuk menentukan jeda waktu antara dua kegiatan ujian yang berlangsung dalam sehari, didefinisikan beberapa parameter.

• Internal Distance (D_1)

Internal distance (D_1) merupakan jarak antara dua indeks slot waktu dalam hari yang sama, misal k dan j yang didefinisikan sebagai berikut.

$$D_1 = |k - j|. \quad (2.3)$$

Internal distance (D_1) menunjukkan penyebaran kegiatan ujian pada hari yang sama d untuk himpunan mahasiswa yang sama.

• Eksternal Distance (D_2)

Eksternal distance (D_2) merupakan jarak antara dua indeks hari pelaksanaan kegiatan ujian, misal e dan d yang didefinisikan sebagai berikut.

$$D_2 = |e - d|. \quad (2.4)$$

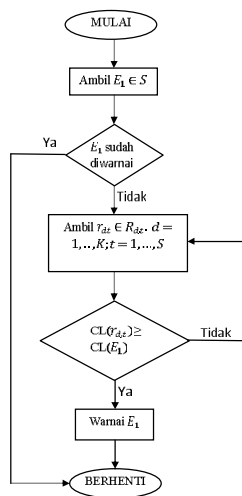
Eksternal distance (D_2) menunjukkan penyebaran kegiatan ujian pada hari yang berbeda.

pewarnaan graf seperti yang dijelaskan sebagai berikut.

1. Membentuk matriks bobot (matriks konflik matakuliah).
 - a. Tempatkan daftar mahasiswa ke semua matakuliah yang akan dijadwalkan untuk ujian. Setiap matakuliah dilambangkan oleh satu simpul pada graf.
 - b. Tentukan CL matakuliah dari setiap simpul $E_i (i \in \{1, \dots, K\})$ sesuai dengan banyaknya bagian paralel.
 - c. Untuk setiap simpul E_i , tentukan himpunan simpul tetangganya dan bobot dari setiap rusuk yang menghubungkan simpul E_i dengan simpul tetangganya.
 - d. Bentuk matriks bobot $C = (c_{ij})_{K \times K}$, dengan $c_{ij} (i, j \in \{1, \dots, K\})$ merupakan elemen matriks yang menunjukkan bobot/banyaknya mahasiswa yang mengambil matakuliah E_i dan E_j .

Langkah-langkah menentukan warna simpul adalah sebagai berikut.

 - a. Tentukan batas maksimal hari (d) dan banyaknya slot waktu (t) untuk warna r_{dt} yang akan dipakai dalam menentukan warna simpul pada graf yang dibentuk.
 - b. Tentukan $CL(r_{dt})$ sesuai dengan banyaknya ruang yang tersedia untuk pelaksanaan kegiatan ujian.
 - c. Buat daftar $S = E_i (i \in \{1, \dots, K\})$ dari matriks konflik matakuliah secara menurun berdasarkan derajat simpul. Simpul dengan derajat yang sama



Gambar 2.12. Algoritma Pewarnaan Simpul Pertama

b. Algoritma Meminimalkan Warna

Langkah-langkah pada algoritma pewarnaan simpul pertama akan dijelaskan dalam bentuk diagram alir di bawah ini.

diurutkan secara menurun berdasarkan bobot dari rusuk yang terhubung ke simpul tersebut. Simpul dengan derajat dan bobot yang sama diurutkan berdasarkan nama simpulnya (dari indeks terkecil).

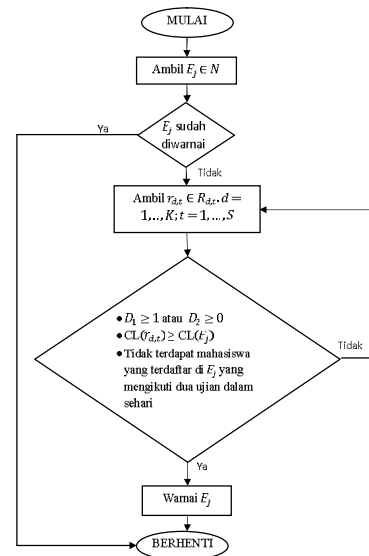
- d. Ambil simpul pertama misalkan E_1 pada daftar S lalu beri warna simpul tersebut menggunakan algoritma pewarnaan simpul pertama.
- e. Buat daftar semua simpul tetangganya yang terurut secara menurun sama seperti langkah c, misal N .
- f. Berikan warna untuk semua simpul di daftar N menggunakan algoritma meminimalkan warna.
- g. Ambil simpul selanjutnya, misal E_2 pada daftar S , jika simpul tersebut belum diwarnai, maka berikan warna untuk simpul tersebut menggunakan algoritma meminimalkan warna.
- h. Lakukan kembali langkah e dan f.
- i. Lakukan kembali langkah g dan h sampai semua simpul di S terwarnai.

2. Mewarnai simpul tetangga

Pada langkah 2 (menentukan warna simpul graf), terdapat dua algoritma yang digunakan untuk mewarnai simpul tetangga.

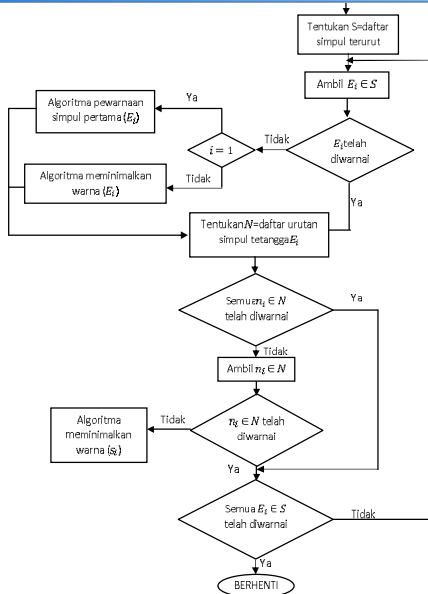
a. Algoritma pewarnaan simpul pertama

Langkah-langkah pada algoritma pewarnaan simpul pertama akan dijelaskan dalam bentuk diagram alir di bawah ini.



Gambar 2.13. Algoritma Meminimalkan Warna

Keseluruhan langkah-langkah dalam mewarnai graf untuk penjadwalan ujian di universitas dapat dilihat dari gambar diagram alir dibawah ini.



Gambar 2.14. Diagram Alir Algoritma dengan Pewarnaan Graf

D. MATLAB (Matrix Laboratory)

Matlab merupakan bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh *TheMathwork Inc.* Bahasa pemrograman ini banyak digunakan untuk perhitungan numerik keteknikan, komputasi simbolik, visualisasi grafis, analisis data matematis, statistika, simulasi pemodelan, dan desain GUI (*graphical user interface*). Dengan memanfaatkan Matlab, pengguna dapat melakukan analisis data, mengembangkan algoritma, dan membuat model maupun aplikasi. Matlab menggunakan konsep array/matriks sebagai standar variabel elemennya tanpa memerlukan pendeklarasian array seperti pada bahasa pemrograman lainnya.

Pada penelitian ini, untuk menyusun jadwal ujian akhir semester di jurusan Pendidikan Bahasa Inggris Universitas Tidar, peneliti menggunakan bahasa pemrograman Matlab. Adapun program yang digunakan diadaptasi dari penelitian Laninca S. C. (2010). Program yang dijalankan adalah program penjadwalan. *Script M-File* penjadwalan beserta fungsi-fungsi yang digunakan dalam program ditunjukkan pada lampiran 3. Adapun *input* yang digunakan dalam *Script M-File* penjadwalan terdiri atas:

1. matriks konflik matakuliah yang diujikan,
2. banyak maksimal hari pelaksanaan kegiatan ujian,
3. banyaknya slot waktu dalam sehari, dan
4. banyaknya ruang yang tersedia untuk pelaksanaan kegiatan ujian.

Adapun *input* dan diagram alir dari fungsi M-File yang terdapat dalam program penjadwalan akan dijelaskan sebagai berikut.

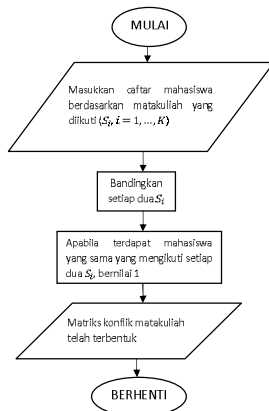
a. Fungsi membangun matrikskonflik matakuliah

```
function W=membangun_matriks(S)
```

Variabel *input* yang digunakan terdiri atas:

%S=daftar mahasiswa yang mengikuti kegiatan ujian.

Diagram alir dari fungsi untuk membangun matriks konflik matakuliah adalah sebagai berikut.



Gambar 2.15. Diagram Alir Algoritma Membangun Matriks

b. Fungsi untuk mengurutkan simpul berdasarkan derajat, bobot dan indeksny

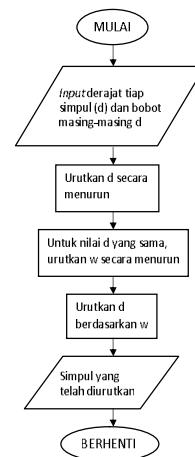
```
function C = sortir(d,w)
```

Variabel *input* yang digunakan terdiri atas:

%d=derajat masing-masing simpul, dan

%w=bobot masing-masing derajat.

Diagram alir dari fungsi untuk mengurutkan simpul berdasarkan derajat, bobot dan indeksny adalah sebagai berikut.



Gambar 2.16. Diagram Alir Algoritma Sortir

c. Fungsi untuk mewarnai simpul pertama

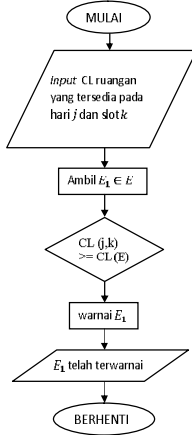
```
Function R=
pewarnaan_simpul_pertama(E, hari, slot, CL_Ruang, CL_E, Ruang)
```

Variabel *input* yang digunakan terdiri atas:

%E=simpul suatu matakuliah,

%Ruang=ruang yang tersedia.

Adapun diagram alir dari fungsi untuk mewarnai simpul pertama adalah sebagai berikut.



Gambar 2.17. Diagram Alir Algoritma Pewarnaan Simpul Pertama

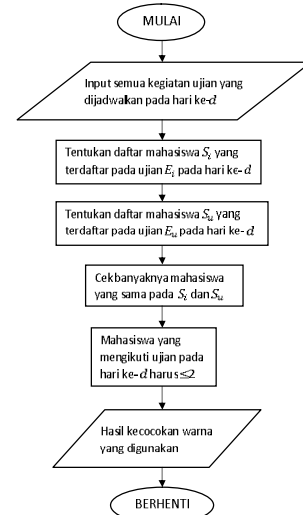
d. Fungsi untuk mengecek mahasiswa tidak mengikuti lebih dari dua ujian dalam sehari

```
function check = cek_mata_kuliah(E,S,j,slot,warna)
```

variabel input yang digunakan terdiri atas:

- %E=simpul matakuliah,**
- %S=daftar mahasiswa yang mengikuti kegiatan ujian,**
- %j=batas maksimal banyaknya hari pelaksanaan ujian,**
- %slot=slot waktu yang disediakan untuk kegiatan ujian, dan**
- %warna=simpul yang sudah diwarnai.**

Adapun diagram alir dari fungsi untuk mengecek mahasiswa tidak mengikuti lebih dari dua ujian dalam sehari adalah sebagai berikut.



Gambar 2.18. Diagram Alir Algoritma Cek Mata Kuliah

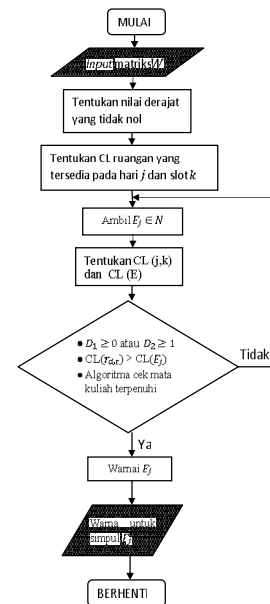
e. Fungsi untuk meminimalkan warna

```
function R = meminimalkan_warna(W,E,S,hari,slot,warna,CL_Ruang,CL_E,Ruang)
```

Variabel *input* yang digunakan terdiri atas:

- %W=matriks konflik matakuliah,**
- %E=simpul suatu matakuliah,**
- %S=daftar mahasiswa yang mengikuti kegiatan ujian suatu matakuliah,**
- %hari= hari yang disediakan untuk kegiatan ujian,**
- %slot=slot waktu yang disediakan untuk kegiatan ujian,**
- %CL_Ruang=ruangan yang tersedia pada satu slot waktu,**
- %CL_E=ruangan yang dibutuhkan untuk kegiatan ujian matakuliah E,**
- %warna=simpul yang sudah diwarnai,dan**
- %ruang=ruang yang tersedia.**

Adapun diagram alir dari fungsi untuk meminimalkan warna adalah sebagai berikut.



Gambar 2.19. Diagram Alir Algoritma Meminimalkan Warna

Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features

outline series: McGRAW-HILL.

- Carter, Michael W., Gilbert Laporte, and Sau Yan Lee. (1996). Examination Timetabling: Algorithmic Strategies and Applications. *Journal of the Operational Research Society*, 47(3), 373-383. Diakses dari <http://www.jstor.org/pss/3010580> pada tanggal 2 Januari 2015.
- Ema Utami & Sukrisno. (2005). 10 Langkah Belajar Logika dan Algoritma, Menggunakan Bahasa C dan C++ di GNU/Linux. Yogyakarta: Andi.
- Gross, Jonathan., Yellen, Jay. 1999. *Graph Theory and Its Applications*. Florida: CRC Press.
- Harri Dwinugroho Putro. (2013). Analisis Penjadwalan Ujian Akhir Semester dengan Metode *Goal Programming* pada program Studi Manajemen Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Padang. Skripsi. Universitas Negeri Padang.
- Horowitz, Ellis, Sahni, Sartaj, and Rajasekaran, S. (1998). *Computer Algorithms C++*. W. H. Freeman.
- Johnsonbaugh, R. (2001). *Discrete Mathematics*. New Jersey : Prentice Hall.
- Kolman, B., Busby, R. C. and Ross, S. (1996). *Discrete Mathematical Structures*. Third Edition. Englewood. Cliff NJ: Prentice Hall International.
- Laninca Swarintha C. (2010). Implementasi Algoritma Pewarnaan Graf pada Persoalan Penjadwalan Ujian. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Studi Sarjana Matematika UI.
- Malkawi, M., Al-Haj, and Hassan, M. (2008). *A New Exam Scheduling Algorithm Using Graph Coloring*. *The International Arab Journal of Information Technology*, 5, 80-86.
- Michel Godran and Michel Minoux. (1984). *Graphs and Algorithms*. Singapore: John Wiley and Sons.
- Carter, M. W., Laporte, G. and Lee, S. (1996). *Examination timetabling: Algorithmic strategies and applications*. *Journal of the Operational Research Society*, 47(3), pp 373-383.
- Novian. (2006). Penerapan Algoritma *Particle Swarm Optimization* untuk Permasalahan Penjadwalan Flowshop NIQ. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UGM.

- Respati Wahyu Nugroho. (2010). Aplikasi Algoritma Genetika untuk Penjadwalan Matakuliah (Studi Kasus: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta). Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNY.
- Riendu Magistriyanti Haryono. (2012). Penjadwalan Ujian Menggunakan Algoritma Memetika Dengan Pengkodean Langsung. Skripsi. Universitas Telkom.
- Sahid. (1997). *A Study on University Timetabling*. Thesis. Department of Mathematics The University of Queensland Australia.
- Salwani Abdullah. (2006). *Heuristic Approaches for University Timetabling Problems*. Thesis. The School of Computer Science and Information Technology. Diakses dari <http://www.asap.cs.nott.ac.uk/publications/pdf/sqa-thesisFinal.pdf> pada tanggal 2 Januari 2015.
- Siang, Jong Jek. (2006). Matematika Diskrit dan Aplikasi pada Ilmu Komputer. Yogyakarta: Andi Offset.
- Sodikin, Imam & Mashuri, Aang. (2012). Penjadwalan Produksi pada Sistem Manufaktur *Repetitive Make to Order Flow Shop* melalui Pendekatan *Theory of Constraints*. *Jurnal Teknologi Technoscienti*, volume 4. Hlm. 173-183.
- Srianto. (2010). Aplikasi Teori Graf dan Algoritma Backtrack dalam Penyelesaian Masalah Perjalanan Bidak Kuda (*Knights Tour*) pada Papan Catur. Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNY.
- Sutarno, dkk. (2005). Matematika Diskrit. Universitas Negeri Malang: UM Press.

LAMPIRAN