



## **Penjadwalan Perkuliahan Dengan Metode *Vertex Graph Coloring* Dan *Simulated Annealing***

### ***Lecturing Schedule With Vertex Graph Coloring And Simulated Annealing Method***

**Anggi Natanael Silitonga<sup>1)</sup> & Dicky Apdillah<sup>\*2)</sup>**

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area, Indonesia

\*Corresponding Email: [dicky@nusa.net.id](mailto:dicky@nusa.net.id)

---

#### **Abstrak**

Pada perguruan tinggi, penjadwalan kuliah sangat penting dalam proses perkuliahan, karena aktivitas dosen dan mahasiswa tergantung pada jadwal kuliah. Untuk mengatasi masalah, menggunakan *Vertex Graph Coloring* dan *Simulated Annealing*. Pada *Vertex Graph Coloring*, mencari *vertex* bertetangga dan tidak bertetangga. Sedangkan pada *Simulated Annealing*, mencari ruang dan bertukar posisi secara acak. Penggabungan *Vertex Graph Coloring* dan *Simulated Annealing* bertujuan untuk membuat jadwal kuliah secara optimal dengan melihat *hard constraint* dan *soft constraint*. Pengujian dilakukan di Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara, dengan membuat jadwal dari manual menjadi komputerisasi, sehingga diharapkan dapat membuat jadwal secara optimal dan mampu menghindari *hard constraint* dan *soft constraint*.

**Kata Kunci :** *Penjadwalan, Vertex Graph Coloring, Simulated Annealing, Hard Constraint, SoftConstraint*

#### **Abstract**

*In college, lecture scheduling is very important in lecturing process, because the activities of lecturers and students depend on lecture schedule. To solve the problem, use Vertex Graph Coloring and Simulated Annealing. In Vertex Graph Coloring, look for neighboring and non-neighboring vertices. While on Simulated Annealing, look for space and exchange positions randomly. The merger of Vertex Graph Coloring and Simulated Annealing aims to create optimum lecture schedule by looking at hard constraint and soft constraint. Testing is done at Faculty of Pharmacy University of North Sumatra, by making schedule from manual to computerized, so it is expected to make the schedule optimally and able to avoid hard constraint and soft constraint.*

**Keywords:** *Scheduling, Vertex Graph Coloring, Simulated Annealing, Hard Constraint, SoftConstraint*

**How to Cite:** Silitonga, A.N, & Apdillah, D. (2017), Penjadwalan Perkuliahan Dengan Metode *Vertex Graph Coloring* Dan *Simulated Annealing*, *JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering)*, 1(2): 56-61

---

## PENDAHULUAN

Penjadwalan kuliah merupakan hal terpenting dalam kegiatan pembelajaran. Memiliki jadwalkuliah yang baik, berarti memiliki distribusi mata kuliah yang merata setiap hari tanpa mengalami kendala dalam proses perkuliahan. Dalam membuat jadwal kuliah tidak mudah. Beberapa aspek yang mempengaruhi yaitu penyusunan jadwal kuliah, mata kuliah, dan slot waktu. Setiap aspek memiliki kelemahan dalam penyusunan jadwal perkuliahan. Untuk mengatasi masalah tersebut, menggunakan sistem terkomputerisasi untuk simulasi jadwal kuliah. Sistem menerima semua permasalahan untuk menghasilkan solusi terbaik dalam menetapkan jadwal kuliah. Dalam penjadwalan kuliah, membutuhkan model untuk memecahkan masalah. Menentukan model yang tepat, dapat dilakukan dalam bentuk identifikasi masalah, analisis ruang lingkup masalah, dan identifikasi variabel yang terlibat dalam pengambilan keputusan. Masalah yang dihadapi dalam penjadwalan kuliah adalah masalah kompleks yang harus dihadapi secara teratur. Aspek penyusunan jadwal kuliah, terhubung dengan aspek yang lain. Penjadwalan perkuliahan dilakukan setiap semester dengan lingkup berbeda dari masalah dalam setiap semester. Penyusunan slot

waktu dilalui berdasarkan penjadwalan mata kuliah, sehingga mendapatkan jalur terpendek yang optimal. Solusi yang dibutuhkan adalah penggabungan *Vertex Graph Coloring* dan *Simulated Annealing*. Tujuannya adalah untuk mendapatkan penjadwalan yang terstruktur dan optimal.

## METODE PENELITIAN

### Penjadwalan

Penjadwalan merupakan proses pengembangan jadwal atau urutan proses yang diperlukan dalam persoalan. Jadwal harus memenuhi beberapa persyaratan dan memenuhi keinginan semua orang yang terlibat. Penjadwalan perkuliahan adalah proses belajar mengajar dan rencanapembelajaran yang mencakup mata kuliah, dosen, slot waktu, dan ruang kelas. Penjadwalan dibuat dalam tabel sesuai dengan subyek pengajaran.

Karakteristik penjadwalan kuliah, antara lain :

- a) Setiap mahasiswa dapat memiliki jumlah mata kuliah yang berbeda.
- b) Ketersediaan ruang kuliah sangat penting.
- c) Jika ada dua ruang kuliah memiliki mahasiswa yang sama, maka ruangan tersebut tidak dapat dijadwalkan pada waktu yang sama.
- d) Penjadwalan ujian.

Karakteristik penjadwalan ujian, antara lain:

- a) Hanya ada satu ujian untuk mata kuliah.
- b) Adanya pembatasan, contoh pada hari sama, ada mahasiswa memiliki ujian yang banyak dan berurutan waktu.

Batasan pada penjadwalan mata kuliah, yaitu:

- a) *Edge Constraint*. Batasan yang mengatur dua kejadian yang tidak boleh menempati satu slot waktu yang sama.
- b) *Ordering Constraint*. Batasan yang menjaga urutan kejadian secara *timeable*.
- c) *Event-Spread Constraint*. Batasan yang mengatur penyebaran kejadian pada *timeable*.
- d) *Present Specification and Exclusion*. Menentukan slot waktu terlebih dahulu yang digunakan sebelum proses pencarian solusi dilakukan.
- e) *Capacity Constraint*. Batasan yang berhubungan dengan kapasitas ruangan.
- f) *Hard Constraint*. Batasan yang tidak boleh dilanggar.
- g) *Soft Constraint*. Batasan yang diusahakan semaksimal mungkin tidak boleh dilanggar, jika dilanggar masih dapat diterima.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Teori Graf

Teori Graf merupakan cabang dari studi yang mempelajari sifat-sifat grafik. Secara informal, graf adalah satu set obyek seperti node (simpul) yang terhubung oleh sisi (edge) atau busur. Dalam grafik, terdapat dua sisi atau lebih yang menghubungkan dua titik yang berbeda. Kedua sisi tersebut disebut sisi ganda. Grafik yang berisi loop atau sisi rangkap disebut grafik ganda. Biasanya, grafik digambarkan sebagai kumpulan titik-titik yang terhubung dengan garis atau panah. Satu sisi dapat terhubung node dengan node yang sama. Sisi tersebut dinamakan bracelet (loop).

Sebuah grafik yang tidak mempunyai loop dan sisi sejajar disebut graf sederhana. Teori graf dibatasi pada graf sederhana, tetapi banyak aplikasi teknik, penggunaan loop dan sisi paralel yang diperlukan. Cara mempresentasikan grafik adalah berupa diagram. Dalam diagram, ada titik-titik yang dinyatakan sebagai node dan setiap sisi dinyatakan sebagai segmen garis yang menghubungkan dua titik. Sisi yang mempunyai dua titik akhir yang sama disebut *loop*.

Definisi perwarnaan graf adalah pemberian warna, dipresentasikan sebagai bilangan urut atau diwakili langsung dengan menggunakan warna merah, biru,

hijau, atau yang lain pada objek tertentu pada grafik. Objek dapat berupa simpul, sisi, wilayah, atau kombinasi ketiganya. Ada tiga macam pewarnaan graf yaitu :

- a) Pewarnaan Simpul (*Vertex Coloring*). Merupakan pemberian warna atau label pada setiap simpul sehingga tidak ada 2 simpul bertetangga yang memiliki warna yang sama.
- b) Pewarnaan Sisi (*Edge Coloring*). Merupakan pemberian warna pada setiap sisi graf sehingga sisi-sisi yang berhubungan tidak memiliki warna yang sama.
- c) Pewarnaan Wilayah (*Region Coloring*). Merupakan pemberian warna pada setiap wilayah graf sehingga tidak ada wilayah yang bersebelahan yang memiliki warna yang sama.

### **Vertex Graph Coloring**

Graf adalah pasangan himpunan (V, E) dengan V adalah kumpulan simpul (vertex atau node), dan E adalah himpunan sisi (edge atau arc) yang menghubungkan sepasang simpul pada graf, sehingga graf diartikan sebagai kumpulan vertex yang menjelaskan hubungan antar vertex melalui edge yang terkait. Notasi vertex dan edge dituliskan dengan persamaan :

$$V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$$

Dan yang membentuk *graph* sebagai berikut :

$$E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$$

Semakin sedikit warna yang digunakan, hasil yang diperoleh semakin optimal. Masalah penjadwalan mata kuliah adalah cenderung terjadinya pelanggaran *soft constraint* yaitu pewarnaan mata kuliah lebih dari jumlah ruang kuliah yang tersedia. Sehingga mata kuliah yang tidak dijadwalkan, dapat dijadwalkan dengan melanggar *soft constraint*.

### **Simulated Annealing**

Masalah yang membutuhkan pendekatan *simulated annealing* adalah masalah optimasi kombinatorial, dimana ruang lingkup pencarian terlalu besar, sehingga tidak memungkinkan menemukan solusi yang tepat terhadap permasalahan. *Simulated Annealing* adalah algoritma untuk optimasi yang bersifat generik. Berbasiskan probabilitas dan statistik, dapat digunakan untuk mencari pendekatan terhadap solusi optimum global dari suatu permasalahan. Ada empat hal dalam penggunaan *simulated annealing* untuk memodelkan suatu permasalahan yaitu :

- a) Representasi akurat dari konfigurasi dalam suatu permasalahan.
- b) Proses modifikasi, langkah acak atau perubahan yang harus dilakukan

terhadap elemen-elemen konfigurasi untuk menghasilkan konfigurasi berikutnya.

- c) Fungsi evaluasi atau fungsi objektif yang dapat menyatakan baik-buruknya solusi terhadap permasalahan.
- d) Jadwal penurunan suhu dalam proses *annealing* dan berapa lama proses dilakukan.

Parameter awal yang digunakan algoritman *simulated annealing* yaitu :

- a) Temperatur awal, merupakan penanda awal iterasi.
- b) Temperatur akhir, merupakan batas akhir penanda iterasi yang sudah dihentikan.
- c) Faktor reduksi suhu, merupakan angka yang digunakan untuk menurunkan suhu secara bertahap dan terkendali.
- d) Angka replikasi (nrep), merupakan angka yang menunjukkan berapa kali loop yang harus dilakukan sebelum menurunkan suhu.
- e) Cari solusi awal *S* menggunakan parameter awal dan metode heuristik awal yang dapat ditentukan sendiri.

Proses optimalisasi dilakukan menggunakan *Simulated Annealing*, dengan cara memeriksa pengalokasian jadwal dengan menelusuri ruang secara acak, menukar posisi dan melihat

pelanggaran yang terjadi terhadap aturan yang telah digunakan. Berdasarkan analisis desain sistem yang telah dilakukan, dapat menerapkan penjadwalan kelas dengan menggunakan *Vertex Grafik Mewarnai* dan *Simulated Annealing*. Sistem dianalisis sesuai dengan aturan berlaku. Berdasarkan hasil survey, didapatkan aturan untuk pembentukan jadwal sebagai berikut :

1) *Hard Constraint*

Merupakan aturan yang tidak boleh dilanggar, jika dilanggar menimbulkan jadwal yang berbenturan. Ada beberapa jenis dari *hard constraint* yaitu :

- a) *Hard constraint* terkait dengan dosen. Dosen yang sama dapat mengajar sejumlah matakuliah, maka jadwal kelas untuk dosen yang sama sudah tentu berbeda.
- b) *Hard constraint* terkait jumlah ruang yang digunakan untuk perkuliahan. Ketersediaan ruang kelas diatur oleh sistem agar tidak terjadi benturan dalam perkuliahan.

Tabel 1 Ruang Kuliah

No	Ruang	No Ruang
1	H1-203	H1-304
2	H1-204	H1-305
3	H1-205	H3-201
4	H2-202	H3-202
5	H2-203	H3-203
6	H2-204	H3-204

- c) *Hard constraint* terkait dengan mata kuliah. Mata kuliah dalam satu semester yang sama, untuk kelas yang

beda dapat dibenturkan, tetapi jika sama tidak boleh dilaksanakan dalam waktu yang sama. *Hard constraint* terkait dengan slot waktu.

Tabel 2 Slot Waktu Penjadwalan

No	Jam ( Slot)	Waktu Keterangan
1	07.30 - 10.00	3 SKS
	08.20 - 10.00	2 dan 1 SKS
2	10.00 - 11.40	2 dan 1 sks
3	12.20 - 14.00	2 dan 1 sks
4	14.00 - 14.45	1 sks
5	14.45 - 16.30	2 dan 1 sks

## 2) Soft Constraint

Merupakan aturan yang boleh dilanggar, namun apabila dilanggar, maka hasil penjadwalan yang dihasilkan lebih baik. Ada beberapa jenis *soft constraint* yaitu :

- Soft constraint* untuk mata kuliah pilihan yang termasuk dalam satu bidang kajian yang sama, penjadwalan tidak boleh ditabrakan.
- Soft constraint* untuk mata kuliah pilihan sebaiknya tidak ditabrakkan jadwal dengan mata kuliah di semester 5, 6, 7, karena pada semester tersebut mahasiswa dapat mengambil mata kuliah pilihan.

Hasil dari penjadwalan dengan sistem harus dilakukan uji hasil dengan penjadwalan secara manual sehingga dapat dibandingkan. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan data yaitu:

## Pengujian Penjadwalan Dosen

Tabel 1 Pengujian Penjadwalan Dosen

Semester	Jumlah Kelas				Total	Pelanggaran				Total	Prosentase Keberhasilan
	A	B	H	I		A	B	H	I		
1	5	5	5	5	20	0	0	0	0	0	100 %
2	5	5	5	5	20	0	0	0	0	0	100 %
3	8	8	8	8	32	0	0	0	0	0	100 %
4	8	8	8	8	32	0	0	0	0	0	100 %
5	9	9	9	9	36	0	0	0	0	0	100 %
6	13	13	15	15	56	0	0	0	0	0	100 %
7	10	10	10	7	37	0	0	0	0	0	100 %

## Pengujian Penjadwalan Ruang Kelas

Tabel 2 Pengujian Penjadwalan Ruang Kelas

Semester	Jumlah Kelas				Total	Pelanggaran				Total	Prosentase Keberhasilan
	A	B	H	I		A	B	H	I		
1	5	5	5	5	20	0	1	0	2	3	85%
2	5	5	5	5	20	0	0	1	0	1	95%
3	8	8	8	8	32	0	1	0	0	1	96.875%
4	8	8	8	8	32	0	0	0	1	1	96.875%
5	9	9	9	9	36	0	1	1	0	2	94.4%
6	13	13	15	15	56	0	0	1	2	3	94.6%
7	10	10	10	7	37	0	1	0	1	2	94.5%

## Pengujian Penjadwalan Slot Waktu

Tabel 3 Pengujian Penjadwalan Slot Waktu

Semester	Jumlah Kelas				Total	Pelanggaran				Total	Prosentase Keberhasilan
	A	B	H	I		A	B	H	I		
1	5	5	5	5	20	0	0	0	0	0	100 %
2	5	5	5	5	20	0	0	0	0	0	100 %
3	8	8	8	8	32	0	0	0	0	0	100 %
4	8	8	8	8	32	0	0	0	0	0	100 %
5	9	9	9	9	36	0	0	0	0	0	100 %
6	13	13	15	15	56	0	0	0	0	0	100 %
7	10	10	10	7	37	0	0	0	0	0	100 %

Pengujian terhadap *soft constraint* pada mata kuliah pilihan, sebaiknya tidak dibentur kandungan jadwal mata kuliah semester 5, 6, 7, dikarenakan pada semester tersebut, ada mahasiswa yang mengambil mata kuliah pilihan.

Tabel 4 Pengujian *Soft Constraint* Berdasarkan Mata Kuliah Pilihan Semester 5, 6, dan 7

Semester	Jumlah Kelas				Total	Pelanggaran				Total	Prosentase Keberhasilan
	A	B	H	I		A	B	H	I		
5	9	9	9	9	36	2	3	4	4	13	63,89%
6	13	13	15	15	56	0	1	2	1	4	92,8%
7	10	10	10	7	37	2	2	1	1	6	83,78%

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan data pelanggaran terhadap *hard constraint* dan *soft Constraint* yaitu: Pelanggaran pengujian terhadap *hard constraint*

Tabel 5 Pelanggaran Pengujian *Hard Constraint*

Hard Constraint	Jumlah Pelanggaran	Prosentase Keberhasilan
Ke - 1	0	100 %
Ke - 2	13	93,89 %
Ke - 3	0	100 %
Ke - 4	0	100 %
Total	13	

Berdasarkan hasil pengujian sistem didapatkan pelanggaran *hard constraint* ke-2 yaitu ruangkelas dengan total pelanggaran 13 kelas dari total jumlah kelas mulai semester 1 sampai dengan semester 7 yaitu 269 kelas, dengan rata-rata presentase keberhasilan :

Keterangan:

a = Jumlah Prosentasi keberhasilan

b = Jumlah *constraint*

## SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut Menggunakan model solusi dengan *Vertex Graph Coloring* dan

*Simulated Annealing* dalam pembuatan jadwal dapat menghindari kemungkinan jadwal ruang kuliah benturan, dikarenakan metode tersebut memeriksa setiap kemungkinan penjadwalan yang benturan dari dosen, ruang kelas, mata kuliah dan slot waktu yang sama. Berdasarkan hasil pengujian, rata-rata hasil pengujian berdasarkan mata kuliah 100%, rata-rata hasil pengujian berdasarkan dosen 100%, rata-rata hasil pengujian berdasarkan ruang kuliah 93,89%, rata-rata hasil pengujian berdasarkan slot waktu 100%. Penjadwalan ruang kuliah dengan *vertex Graph Coloring*, mampu memenuhi aturan yang berlaku, terdiri dari *hard constraint* dan *soft constraint*. Sistem dapat membantu dalam penyusunan jadwal ruang kuliah terkomputerisasi, sehingga mempermudah dan mempercepat proses.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, D. (2011). Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah di Jurusan Teknik Informatika PENS dengan Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Arviani, Y. (2013). Algoritma Ant Colony System Dalam Penjadwalan Kegiatan Belajar Mengajar di Sekolah Dasar. Jurnal Ilmu Komputer. Universitas Sumatera Utara.
- Latifah, S.S. (2011). Perbedaan Kerja Ilmiah Siswa Sekolah Alam dalam Pembelajaran Sains dengan Pendekatan PJBL Yang Terintegrasi. Tesis. Sekolah Pascasarjana Univesitas Pendidikan Indonesia.
- Fang, H. (1994). Genetic Algorithms in Timetabling and Scheduling. Thesis. Edinburg, Scotland: University of Edinburg.
- J.A. Bondy, and Murty U.S.R. (1976) Graph Theory with Applications. North-Holland NewYork

- Amsterdam Oxford, Elsevier Science Publishing.
- Chartand, G. and Ortrudr, O. (1993). Applied and Algorithmic Graph Theory. McGraw- Hill, Inc.
- Kubale, M. (2004). Graph Coloring. AMS Bookstore.
- Bertsimas, D, and Tsitsiklis, J. (1993). Simulated Annealing. Statistica Science.
- Benjamin W. Wan, Yixin Chen, and Wang, T. (2007). Simulated Annealing with AsymptoticConvergence for Nonlinear Constrained Optimization. Journal of Global Optimization Vol. 39, pp 1-37.
- Suwarningsih, W. (2014). Simulation of Object Movement in the Graph for DistributionOptimization Products Inter-City. Journal Scientific of Information Technology Applied, vol. 1 no. 1, pp 6-10.
- S. Kirkpatrick, C.D. Gelatt, and M.P. Vecchi. (1983). Optimization by Simulated Annealing.Science New Series, vol. 220, no. 4598, pp. 671-680.