



Metode Simulated Annealing untuk Optimasi Penjadwalan Perkuliahan Perguruan Tinggi

Wiktasari^{a,*}, Jatmiko Endro Suseno^b

^a Universitas Islam Sultan Agung Semarang

^c Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

Naskah Diterima : 21 Mei 2016; Diterima Publikasi : 11 Oktober 2016

DOI: 10.21456/vol6iss2pp133-143

Abstract

Course scheduling an assignment of courses and lecturers in the available time slots involving certain restrictions. Simulated annealing is a heuristic method can be used as search method and provide acceptable solutions with good results. The research aims to make scheduling courses at the college using simulated annealing using five variables data that lecturer courses, the time slot is comprised of the day and the time period and class room. The research has two objective functions to be generated, the first is the assignment of a lecturer on courses that will be of teaching, second lecturers and their assignment course on the time slot and the room available. The objective function is calculated by taking into account the restrictions involved to produce the optimal solution. The validation is performed by testing to simulated annealing method with an varian average of 77.791% of the data variance can reach a solution with a standard deviation of 3.931509. In this research given the method of solution in the use of the remaining search space to be reused by the data that is unallocated.

Keywords: Scheduling; Timetabling; Simulated annealing; Heuristic; Objective function; Constraint

Abstrak

Penjadwalan kuliah merupakan penugasan mata kuliah dan dosen pengampu pada slot waktu yang tersedia dengan melibatkan batasan tertentu. *Simulated annealing* merupakan salah satu metode *heuristic* yang dapat digunakan sebagai metode pencarian dan memberikan solusi yang dapat diterima dengan hasil yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk membuat penjadwalan mata kuliah pada perguruan tinggi menggunakan metode *simulated annealing* dengan lima variabel data yaitu dosen, mata kuliah, slot waktu yang terdiri dari hari dan waktu periode dan variabel ruang. Penelitian ini memiliki dua fungsi tujuan yang akan dihasilkan, pertama adalah penugasan dosen pada mata kuliah yang akan diampu, kedua penugasan mata kuliah beserta dosen pada slot waktu dan ruang yang tersedia. Fungsi tujuan dihitung dengan memperhatikan batasan yang terlibat untuk menghasilkan solusi yang optimal. Validasi dilakukan dengan uji coba terhadap metode *simulated annealing* dengan menghasilkan rata-rata varian sebesar 77,791% data dapat mencapai solusi dengan standar deviasi sebesar 3.931509. Pada penelitian ini diberikan metode solusi dalam penggunaan ruang pencarian yang tersisa untuk dapat digunakan kembali oleh data yang belum terlokasi.

Kata kunci: Penjadwalan, Timetabling, *Simulated annealing*, *Heuristic*, *Objective auction*, Batasan

1. Pendahuluan

Penjadwalan perguruan tinggi menjelaskan dimana dan kapan sumber daya manusia dan sumber daya pendukung ditempatkan pada waktu yang telah ditentukan yang terdiri dari mahasiswa, dosen dan staff pendukung sedangkan sumber daya ruang terdiri dari kelas, ruang dan laboratorium (Chamber, 1998, Basir *et al.*, 2013).

Masalah penjadwalan (*timetabling*) mata kuliah perguruan tinggi termasuk kedalam permasalahan

*) Penulis korespondensi: wiktasari@unissula.ac.id

penjadwalan yang harus diselesaikan pada setiap semester secara terus menerus, alokasi pada slot waktu dan ruang dengan mempertimbangkan *hard constraints* dan *soft constraints*. Penjadwalan mata kuliah perguruan tinggi terdiri dari hard constraint merupakan batasan yang harus dihindari dengan berbagai kondisi dan *soft constraint* yang merupakan batasan yang sedapat mungkin dihindari (Babai *et al.*, 2015).

Penjadwalan universitas dapat diperlakukan sebagai permasalahan optimasi yang bertujuan untuk optimasi *objective function*. *Objective function* dapat

berapa kepuasan preferensi yang dimiliki dosen dalam memilih slot waktu (*timeslot*) dalam sehari atau seminggu (Daskalaki *et al.*, 2004). Salah satu metode yang digunakan untuk permasalahan optimasi adalah *simulated annealing* (SA). SA telah digunakan untuk permasalahan optimasi kombinatorial. SA merupakan metode dengan pendekatan pencarian solusi yang random (Mu *et al.*, 2015).

Metode yang dipilih *simulated annealing* dapat diterapkan pada berbagai jenis masalah *timetabling* atau penjadwalan dengan menggunakan berbagai macam *hard constraint* dan *soft constraint* didapatkan fitness function yang baik atau optimum (Basir, 2013)

Penelitian ini bertujuan untuk membuat penjadwalan mata kuliah pada perguruan tinggi menggunakan metode *simulated annealing* dengan lima variabel data yaitu dosen, mata kuliah, slot waktu yang terdiri dari hari dan waktu periode dan variabel ruang. Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah dapat memaksimalkan penggunaan sumber daya yang terlibat dalam proses penjadwalan sehingga menghasilkan jadwal kuliah lebih baik.

2. Kerangka Teori

2.1. Model Permasalahan Penjadwalan Mata Kuliah

Penjadwalan merupakan alokasi sumber daya yang tersedia dari waktu ke waktu dalam menjalankan tugas tertentu untuk mencapai tujuan tertentu (Kopanosa *et al.*, 2012). Jadwal tidak hanya terdiri dari daftar operasi tetapi juga dapat berisi informasi mengenai beberapa operasi yang mungkin dilaksanakan secara bersamaan dan beberapa operasi perlu diselesaikan sebelum operasi lain dimulai. Penjadwalan dan pembebanan merupakan kunci efisiensi dalam produksi dan operasi adalah kemampuan untuk menyusun jadwal secara efektif (Yamit, 2011).

Penjadwalan mata kuliah perguruan tinggi merupakan penugasan himpunan mata kuliah kedalam slot waktu yang tersedia dengan memperhatikan batasan. Optimasi himpunan dengan beberapa kriteria variabel sebagai input akan menghasilkan keputusan dengan memperhatikan batasan yang terkait untuk menghasilkan jadwal kuliah. Model dataset penjadwalan mata kuliah adalah sebagai berikut (Fong *et al.*, 2014):

Tujuan yang diharapkan dari penjadwalan adalah dapat menjadwalkan semua mata kuliah C kedalam slot waktu yang tersedia dengan menggunakan ruang kelas yang tersedia dengan memperhatikan semua *hard constraint*.

2.2. Formulasi Simulated Annealing

Terdapat beberapa kebutuhan dalam formulasi optimasi metode SA yaitu (Kalivas, 1995):

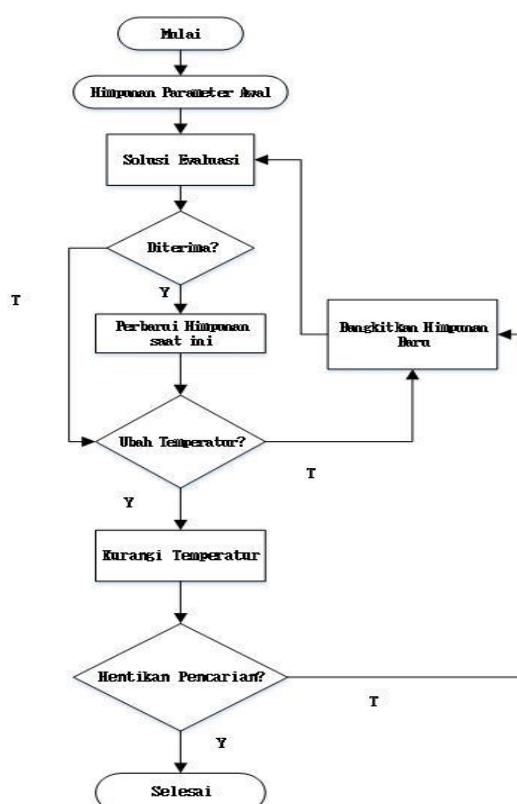
1. Melakukan spesifikasi nilai tunggal dari *objective function* baik dalam bentuk ekspresi tertutup maupun sebuah prosedur untuk komputasi.
2. Mendeskripsikan variabel (argumen dari *objective function*) dan daerah dimana akan

dilakukan pencarian solusi atau yang disebut dengan *constraint*. Variabel yang digunakan adalah variabel input yang terkait dengan variabel dalam pengambilan keputusan.

3. Mendefinisikan tetangga dari variabel. Tetangga ini harus bernilai kecil dibanding dengan nilai *objective function* dari tetangga-tetangga terdekatnya.
4. Membuat sebuah prosedur yang menghasilkan langkah-langkah pseudo-random untuk melewati tetangga.
5. Membuat kriteria perhentian langkah-langkah random yang dibuat pada langkah 4. Langkah perhentian dibedakan menjadi dua kasus, yaitu: a) Nilai optimal *objective function* dan lokasi yang akan ditentukan telah diketahui sebelumnya; b) Baik nilai optimal maupun lokasinya tidak diketahui.

2.3. Algoritma Simulated Annealing

SA memiliki kemampuan untuk keluar dari lokal optimum berdasarkan aturan penerimaan solusi kandidat. Aturannya adalah jika nilai *objective function* pada solusi sekarang lebih kecil dibanding solusi dulu, maka solusi sekarang diterima. T adalah parameter pengendali temperatur. Parameter T merupakan pengendali ruang pencarian atau ruang penempatan partikel pada proses pendinginan. *Flowchart* algoritma SA dapat dilihat pada Gambar (Chibante, 2010).



Gambar 1. Flowchart Algoritma SA

1. Populasi Awal
Menentukan definisi dari nilai parameter yang akan digunakan.
 2. Temperatur Awal
Temperatur atau suhu pada SA digunakan sebagai parameter pengendali yang harus didefinisikan secara hati-hati pada saat penentuan populasi awal.
 3. Mekanisme Gangguan
Metode yang berfungsi untuk membuat solusi baru yang berasal dari solusi sekarang yaitu melakukan eksplorasi tetangga dari solusi sekarang dan melakukan perubahan pada solusi sekarang. Pada umumnya SA digunakan dalam optimasi bilangan integer untuk permasalahan kombinatorial.
 4. *Objective Function*
Objective function merupakan ekspresi yang berhubungan dengan parameter dengan beberapa property untuk diminimasi atau dimaksimasi.
 5. Jadwal Pendinginan
Jadwal pendinginan pada umumnya digunakan dalam aturan geometrik untuk variasi temperature:
- $$T_{i+1} = sT_i \quad (1)$$
- dengan $s < 1$.
6. Kriteria Akhir
Terdapat beberapa metode untuk pengendali perhentian dari sebuah algoritma, yaitu:
 - a. Jumlah maksimum perulangan
 - b. Nilai minimum temperatur
 - c. Nilai minimum *objective function*
 - d. Nilai minimum kecepatan penerimaan.
- Ada 6 tahapan algoritma SA yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi (Kalivas, 1995):
1. Memilih titik awal X_0 secara acak atau ditentukan terlebih dahulu berdasarkan pengetahuan dari permasalahan yang dihadapi dan menentukan nilai yang sesuai dengan objective function $\phi(X_0)$;
 2. Memilih langkah acak $s \in X$;
 3. Pada titik X_k hitung perubahan sementara nilai *objective function*

$$\Delta f \leftarrow f(s') - f(s);$$
 4. Memeriksa kriteria perhentian, jika memenuhi berhenti, sebaliknya;
 5. Untuk $\Delta f \leq 0$ tentukan $X_{k+1} + \Delta f$, kembali ke langkah (2);
 6. Untuk $\Delta f > 0$ periksa $\exp(-\beta\Delta f)$ pilih nilai acak ρ , $0 < \rho < 1$, dari beberapa spesifikasi distribusi pada $[0,1]$ kemudian bandingkan :
 - a. Jika $\exp(-\beta\Delta f) \leq \rho$ kembali ke langkah (5)
 - b. Jika $\exp(-\beta\Delta f) > \rho$ kembali ke langkah (2)

2.4. Constrain dalam Penjadwalan Kuliah

Dalam penjadwalan mahasiswa dan penjadwalan mata kuliah terdapat beberapa *hard constraint* dan *soft constraint* yaitu (Cacchiani dkk., 2013):

1. *Hard constraint*
 - a. Semua dosen untuk setiap mata kuliah harus dijadwalkan.
 - b. Setiap dosen tidak dapat mengajar lebih dari satu mata kuliah dalam satu waktu periode.
 - c. Setiap ruang tidak dapat memiliki dosen lebih dari satu dalam satu waktu.
 - d. Waktu periode yang tidak ditawarkan tidak dapat digunakan dalam penjadwalan.
2. *Soft constraint*
 - a. Jumlah kelas harus dijaga sesedikit mungkin dan kelas sebisa mungkin harus memenuhi kapasitas.
 - b. Setiap kelas memiliki jumlah mahasiswa maksimum.

2.5. Pernyataan dan Formulasi Permasalahan

1. Himpunan

Himpunan yang digunakan dalam pemodelan untuk permasalahan penjadwalan terdiri dari himpunan dosen, mata kuliah, mahasiswa, hari, slot waktu dan mata kuliah dengan dosen pengampu dapat dinotasikan sebagai berikut di bawah ini (Gunawan *et al.*, 2012):

I	himpunan semua dosen
J	himpunan semua mata kuliah
H	himpunan semua mahasiswa
L	himpunan semua hari yang tersedia
M	himpunan semua slot waktu (<i>timeslot</i>) yang tersedia
j_i	himpunan semua mata kuliah yang dapat diajar oleh dosen i , $j_i \subset J (\forall i \in I)$
2. Parameter Input	
	Parameter input yang digunakan dalam pemodelan untuk permasalahan penjadwalan dapat ditunjukkan sebagai berikut :
N_i	maksimum beban dosen
C	jumlah ruang kelas yang tersedia per waktu periode
H_j	jumlah slot waktu yang dibutuhkan per mata kuliah j ($i \forall j \in J$)
PC_{ij}	nilai preferensi yang diberikan untuk dosen i untuk ditugaskan mengajar mata kuliah j ($\forall i \in I, \forall j \in J$)
PT_{ilm}	nilai preferensi yang diberikan oleh dosen i untuk ditugaskan mengajar dalam sehari dan waktu periode m ($\forall i \in I, \forall m \in M$).
LT_j	jumlah minimum dosen yang dapat mengampu mata kuliah j ($\forall i \in J$)
UT_j	jumlah maksimum dosen yang dapat mengampu mata kuliah j ($\forall i \in J$)

3. Variabel Keputusan

Variabel keputusan yang digunakan dalam pemodelan untuk permasalahan penjadwalan dapat ditunjukkan sebagai berikut :

$X_{ijlm} = 1$ jika dosen i mengajar mata kuliah j pada hari l pada slot waktu m ; sebaliknya 0 maka

$$(\forall i \in I, \forall j \in J, \forall l \in L, \forall m \in M)$$

$Y_{ijl} = 1$ jika dosen i mengajar mata kuliah j pada hari l ; sebaliknya 0 maka ($\forall i \in I, \forall j \in J, \forall l \in L$)

$U_{ijlm} = 1$ jika dosen i mengajar mata kuliah j pada hari l dengan mulai pada slot waktu m ; sebaliknya 0 maka ($\forall i \in I, \forall j \in J, \forall l \in L, \forall m \in M$)

$P_{ij} = 1$ jika dosen i mengajar mata kuliah j ; 0 maka ($\forall i \in I, \forall j \in J$)

L_i jumlah mata kuliah yang diajar oleh dosen i ($\forall i \in I$)

V_i jumlah mata kuliah yang diajar oleh dosen i setiap hari ($\forall i \in I$)

4. Objective Function :

[MataKuliah – Dosen]Max

$$= \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} PC_{ij} P_{ij} \quad (2.3)$$

[Plotting – SlotWaktu]Max

$$= \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{l \in L} \sum_{m \in M} PT_{ilm} X_{ijlm} \quad (2.4)$$

Persamaan (2.1) merupakan objective function yang akan dimaksimalkan, yang terdiri dari penjumlahan nilai preferensi total untuk pengusana mata kuliah j ke dosen i kemudian persamaan (2.2) adalah objective function 2 yaitu penugasan mata kuliah j dengan dosen pengampu i pada hari l pada slot waktu ($m \in M$).

$$1 \leq \sum_{j \in J} P_{ij} \leq N_i \quad (i \in I) \quad (2.5)$$

$$LT_j \leq \sum_{i \in I} P_{ij} \leq UT_j \quad (j \in J) \quad (2.6)$$

$$\sum_{m \in M} X_{ijlm} = Y_{ijl} H_j \quad (i \in I, j \in J, l \in L) \quad (2.7)$$

$$\sum_{j \in J} X_{ijlm} \leq 1 \quad (i \in I, l \in L, m \in M) \quad (2.8)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} X_{ijlm} \leq C \quad (m \in M) \quad (2.9)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{l \in L} Y_{ijl} = 1 \quad (j \in J) \quad (2.10)$$

$$X_{ijlm} = 0 \quad (i \in I, j \notin J_i, m \in M) \quad (2.11)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{l \in L} Y_{ijl} = L_i \quad (i \in I) \quad (2.12)$$

$$\sum_{j \in J} Y_{ijl} \leq V_i \quad (i \in I, l \in L) \quad (2.13)$$

$$X_{ijlm} \in \{0,1\} \quad (i \in I, j \in J, l \in L, m \in M) \quad (2.14)$$

$$Y_{ijl} \in \{0,1\} \quad (i \in I, j \in J, l \in L) \quad (2.15)$$

$$U_{ijlm} \in \{0,1\} \quad (i \in I, j \in J, l \in L, m \in M) \quad (2.16)$$

$$P_{ij} \in \{1,0\} \quad (i \in I, j \in J) \quad (2.17)$$

$$L_i \in Z^+ \quad (i \in I) \quad (2.18)$$

$$V_i \in Z^+ \quad (i \in I) \quad (2.19)$$

Pers. (2.3) dan pers (2.4) menunjukkan objective function yang akan dimaksimasi, merupakan penjumlahan nilai preferensi yaitu penugasan dosen ke mata kuliah, pemilihan hari dan slot waktu dosen untuk mengajar dan penempatan slot waktu untuk mata kuliah dalam dalam kurikulum yang sama. Pers. (2.5) membatasi jumlah mata kuliah yang dapat diampu oleh dosen, dosen paling tidak mengampu satu mata kuliah.

Pers. (2.6) batasan jumlah minimum dan maksimum dosen yang mengampu mata kuliah. Pers. (2.7) merupakan penjumlahan slot waktu dosen mengampu mata kuliah dalam sehari. Pers. (2.8) memastikan bahwa setiap dosen hanya mengampu satu mata kuliah tiap satu slot waktu. Pers. (2.9) mencegah mata kuliah yang dijadwalkan pada satu hari menggunakan slot waktu yang tersedia melebihi jumlah kelas yang tersedia. Pers. (2.10) memastikan hanya satu dosen yang mengampu satu mata kuliah.

Pers. (2.11) memastikan bahwa dosen tidak boleh mengampu mata kuliah yang tidak dapat mereka ampu. Pers. (2.12) menghitung jumlah mata kuliah yang diampu oleh dosen. Pers. (2.13) menentukan jumlah mata kuliah yang diampu dosen setiap harinya. Pers. (2.14) – (2.17) merupakan konstrain atau batasan dengan nilai 0-1 untuk variabel keputusan X_{ijlm} , Y_{ijl} , U_{ijlm} , dan P_{ij} . Pers. (2.18) – (2.19) menentukan agar nilai L_i dan V_i tidak negatif.

3. Metodologi

3.1. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya: perangkat keras berupa Laptop Asus Prosesor Intel® Core™ i3-3217U CPU @ 1.80GHz 1.70GHz, RAM 2.00 GB, Hardisk 500 GB dan perangkat lunak yang digunakan adalah Microsoft Windows 8 ultimate (32-bit) dan Matlab 2012a (32-bit).

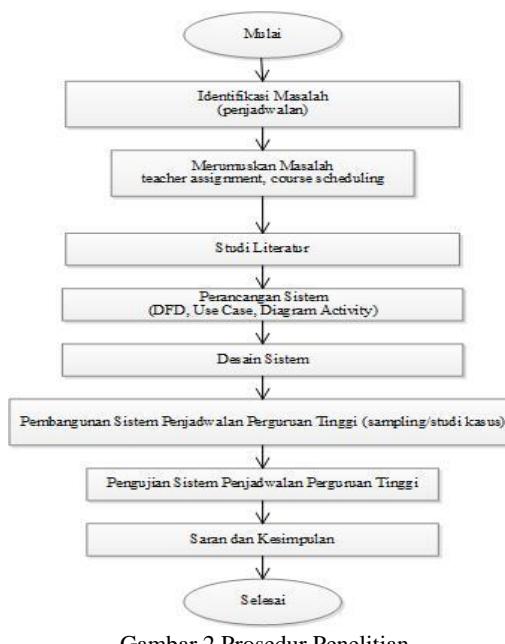
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah data program studi, data dosen, data mahasiswa aktif, data mata kuliah, data ruang kelas serta kapasitas, data jadwal semester aktif, dan data hari serta waktu periode yang digunakan untuk perkuliahan. Data tersebut diperoleh dari Fakultas Teknologi Industri Unissula semester genap tahun ajaran 2015/2016. Data yang terlibat dalam penelitian ini terdiri dari data tiga program studi.

3.2. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini diawali dengan melakukan identifikasi masalah, analisis kebutuhan sistem, pengujian metode yang dipilih, membandingkan hasil dengan metode lain. Hasil akhir penelitian ini adalah penjadwalan mata kuliah pada perguruan tinggi.

Identifikasi masalah dengan permasalahan penjadwalan yang dihadapi yaitu, TACS (*teacher assignment course scheduling*) merupakan penugasan dosen pada mata kuliah untuk kemudian dialokasikan ke slot waktu dan ruang yang tersedia. Dalam penugasan dosen ke mata kuliah yang akan diampu melibatkan penguasaan dosen terhadap mata kuliah, dosen tidak dapat ditugaskan pada mata kuliah yang tidak dikuasai secara materi. Selanjutnya adalah alokasi mata kuliah dengan dosen pengampu pada slot waktu dan ruang yang tersedia. Permasalahan ini melibatkan bentrok dosen dalam slot waktu.

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah maka dilakukan langkah-langkah dalam prosedur penelitian, prosedur penelitian yang dilakukan dapat ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2 Prosedur Penelitian

Penjelasan tahapan prosedur penelitian:

a. Tahap Perencanaan

Tahapan ini menjelaskan tujuan utama dari penelitian yang akan dilaksanakan.

b. Identifikasi Masalah

Merupakan tahapan dalam mengenali permasalahan yang dihadapi mengenai penugasan dosen pada mata kuliah yang diampu. Mata kuliah yang telah memiliki dosen pengampu untuk kemudian diplotkan pada slot waktu yang tersedia.

c. Studi Literatur

Setelah mengetahui permasalahan yang dihadapi dilakukan studi literatur mengenai permasalahan tersebut. Studi literatur dilakukan dengan melibatkan jurnal dan buku yang berkaitan serta melakukan analisa kepada pihak-pihak yang berhubungan dengan sistem penjadwalan di Universitas.

d. Pembangunan Sistem

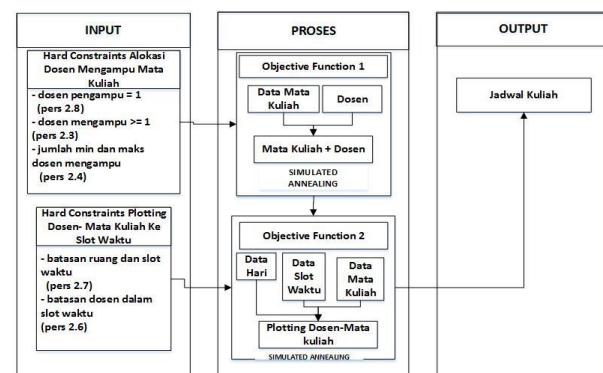
Tahapan berikutnya adalah melakukan pembangunan sistem yang terdiri dari langkah-langkah perancangan sistem, desain sistem, pembangunan sistem dan pengujian sistem yang telah dibangun.

d. Saran Kesimpulan

Tahap terakhir adalah memberi kesimpulan atas sistem yang telah dibangun dengan metode yang digunakan mengenai efisiensi metode apakah telah tepat digunakan untuk mengembangkan optimasi penjadwalan mata kuliah pada perguruan tinggi.

3.3. Kerangka Sistem Informasi

Kerangka sistem informasi yang akan dibangun terlihat pada Gambar 3 dengan input berupa data-data yang dibutuhkan. Data yang dibutuhkan berupa data dosen, data mata kuliah, data timeslot dan data kurikulum. Pembuatan sistem melibatkan *hard constraint* dan *soft constraint*. Hard constraint yang terlibat adalah maksimum beban kerja dosen, jumlah ruang yang tersedia dan jumlah waktu periode yang tersedia. Soft constraint yang terlibat adalah preferensi dosen untuk mengajar mata kuliah tertentu, maksimum jumlah dosen yang dapat mengajar mata kuliah tertentu, minimum jumlah dosen yang dapat mengajar mata kuliah tertentu, dan preferensi dosen mengajar mata kuliah tertentu dalam waktu periode tertentu. Data input kemudian diolah sesuai ketentuan dengan menggunakan metode *simulated annealing* untuk optimasi baik proses maupun hasil.



Gambar 3 . Kerangka sistem informasi

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengujian Sistem Informasi Penjadwalan Kuliah

Pada Gambar 4 menunjukkan distribusi mata kuliah pada dosen pengampu. Dengan jumlah mata kuliah sebanyak 152 didistribusikan pada 52 dosen sesuai dengan bidang penguasaan materi. Data mata kuliah dan dosen tersedia dalam bentuk excel, dimana terdapat indexing dosen pengampu dalam penguasaan materi. Data mata kuliah disertai jumlah sks dan dosen pengampu. Dosen ditugaskan pada mata kuliah dengan berbagai batasan yaitu jumlah minimum dan maksimum dosen dapat mengampu mata kuliah dan penguasaan mata kuliah oleh dosen. Antarmuka yang

ditunjukkan menampilkan nama mata kuliah, kode mata kuliah, jumlah sks dan dosen pengampu.

Jadwal Mata Kuliah-Dosen			
OBJECTIVE FUNCTION 1			
Mata Kuliah	Data	Optimasi	Prosentase
Mata Kuliah	152	152	100 Pers 2.8 memenuhi
Dosen	52	52	100 Pers 2.3 memenuhi
Jumlah Mata Kuliah yang diampu Keterangan Persamaan 2.4			
1 210693029		4 Tidak melebihi batas kerja	
2 210693030		2 Tidak melebihi batas kerja	
3 210693031		2 Tidak melebihi batas kerja	
4 210693032		4 Tidak melebihi batas kerja	
5 210693023		4 Tidak melebihi batas kerja	
6 210693026		4 Tidak melebihi batas kerja	
7 210693027		3 Tidak melebihi batas kerja	
8 210693028		5 Tidak melebihi batas kerja	
9 230692006		3 Tidak melebihi batas kerja	
10 210690017		4 Tidak melebihi batas kerja	
11 210693003		3 Tidak melebihi batas kerja	
12 210693007		1 Tidak melebihi batas kerja	
13 210693004		4 Tidak melebihi batas kerja	
14 210690015		3 Tidak melebihi batas kerja	
15 210693005		3 Tidak melebihi batas kerja	
16 210690021		3 Tidak melebihi batas kerja	
17 230692004		2 Tidak melebihi batas kerja	
18 230692002		2 Tidak melebihi batas kerja	
19 230692003		3 Tidak melebihi batas kerja	
20 230692005		2 Tidak melebihi batas kerja	
21 210695009		3 Tidak melebihi batas kerja	
22 210610040		2 Tidak melebihi batas kerja	
23 230699012		4 Tidak melebihi batas kerja	
24 210695008		2 Tidak melebihi batas kerja	
25 210693006		1 Tidak melebihi batas kerja	

Gambar 4. Jadwal mata kuliah dan dosen pengampu

Jadwal dosen dan waktu slot pada Gambar 5 menunjukkan distribusi mata kuliah dengan dosen pengampu pada waktu periode, hari dan ruang kelas yang tersedia. Dengan jumlah mata kuliah sebanyak 152 dan slot (jumlah waktu periode X jumlah hari X jumlah ruang) sebanyak 450 slot terdapat 129 mata kuliah dengan sks yang sesuai mendapat plot pada slot yang tersedia. Mata kuliah menempati slot waktu sesuai dengan jumlah sks, jumlah sks yang digunakan sesuai data pada studi kasus adalah 3 atau 2. Untuk setiap sks adalah 50 menit, dan dalam 1 hari terdapat 10 waktu periode yang berarti 500 menit dalam sehari

dan waktu istirahat pukul 12.00 – 13.00 tidak digunakan dalam plotting mata kuliah. Waktu periode dimulai dari pukul 07.00 untuk periode pertama dan periode terakhir selesai pukul 16.20. Hari aktif yang digunakan adalah hari senin hingga hari jumat dengan ketersediaan ruang kelas dalam sehari adalah 9. Ruang kelas yang digunakan adalah ruang kelas umum yang dapat digunakan untuk perkuliahan biasa dan tersedia sepanjang slot waktu.

4.2 Hasil Pengujian Sistem Informasi Penjadwalan Kuliah

Hasil pengujian pengujian persamaan baik *objective function* dan *hard constraint*. *Objective function* 1 berfungsi untuk melakukan penugasan dosen pada mata kuliah. Dalam penugasan dosen pada mata kuliah melibatkan tiga batasan (*hard constraints*) yaitu membatasi jumlah mata kuliah yang dapat diampu oleh dosen paling tidak mengampu satu mata kuliah (pers 2.5), memastikan hanya satu dosen yang mengampu satu mata kuliah (pers 2.10) dan batasan jumlah minimum dan maksimum dosen yang mengampu mata kuliah (pers 2.6).

Pada Gambar 6 pada tabel pertama baris pertama terlihat bahwa mata kuliah tepat diampu oleh satu dosen berdasarkan hasil optimasi dengan jumlah yang sama dengan data mentah (152). Data ini melakukan pengujian persamaan 2.10 memastikan hanya satu dosen yang mengampu satu mata kuliah. Sedangkan pada tabel pertama baris kedua melakukan pengujian terhadap persamaan 2.5 dimana satu dosen paling tidak mengampu satu mata kuliah. Pada tabel kedua melakukan pengujian terhadap persamaan 2.6 yaitu dosen memiliki jumlah minimum dan maksimum jumlah mata kuliah yang diampu

OBJECTIVE FUNCTION 2				Soluksi			
Jadwal Kuliah				Jadwal Selasa			
Ploott MK (Pers. 2.7) Ploott Dosen (Pers 2.6) Total Ploott Mata Kuliah - Dosen				Data	Optimasi	Prosentase	
				152	129	84.6684	
				152	145	95.3947	
				152	122	80.2632	
Jadwal Senin				Jadwal Rabu			
RUANG 1 RUANG 2 RUANG 3 RUANG 4				RUANG 1	RUANG 2	RUANG 3	RUANG 4
PERIODE 1 Arsitektur St... Proses Manu... -----				PERIODE 1 Pengolahan ... -----	PERIODE 2 Pengolahan ... -----	PERIODE 3 Mekatronik ... -----	PERIODE 4 Mekatronik ... -----
PERIODE 2 ----- ----- ----- -----				PERIODE 2 ----- ----- ----- -----	PERIODE 3 ----- ----- ----- -----	PERIODE 4 ----- ----- ----- -----	PERIODE 5 ----- ----- ----- -----
PERIODE 3 Arsitektur St... Managemen E... Proses Manu... Basis Data -----				PERIODE 3 ----- ----- ----- -----	PERIODE 4 ----- ----- ----- -----	PERIODE 5 ----- ----- ----- -----	PERIODE 6 ----- ----- ----- -----
PERIODE 4 Perancangan ... Managemen E... Proses Manu... Basis Data -----				PERIODE 4 ----- ----- ----- -----	PERIODE 5 ----- ----- ----- -----	PERIODE 6 ----- ----- ----- -----	PERIODE 7 ----- ----- ----- -----
PERIODE 5 Perancangan ... Sensor dan ... Proses Manu... Basis Data -----				PERIODE 5 ----- ----- ----- -----	PERIODE 6 ----- ----- ----- -----	PERIODE 7 ----- ----- ----- -----	PERIODE 8 ----- ----- ----- -----
PERIODE 6 Perancangan ... Sensor dan ... Proses Manu... Mikroprosesor ... -----				PERIODE 6 ----- ----- ----- -----	PERIODE 7 ----- ----- ----- -----	PERIODE 8 ----- ----- ----- -----	PERIODE 9 ----- ----- ----- -----
PERIODE 7 Probabilitas ... Sensor dan ... Proyek Kerja ... Mikroprosesor ... -----				PERIODE 7 ----- ----- ----- -----	PERIODE 8 ----- ----- ----- -----	PERIODE 9 ----- ----- ----- -----	PERIODE 10 ----- ----- ----- -----
PERIODE 8 Probabilitas ... Arsitektur St... Proyek Kerja ... Teknik Robotik ... -----				PERIODE 8 ----- ----- ----- -----	PERIODE 9 ----- ----- ----- -----	PERIODE 10 ----- ----- ----- -----	
PERIODE 9 Probabilitas ... Arsitektur St... Proyek Kerja ... Teknik Robotik ... -----				PERIODE 9 ----- ----- ----- -----	PERIODE 10 ----- ----- ----- -----		
PERIODE 10 ----- ----- ----- -----				PERIODE 10 ----- ----- ----- -----			
Jadwal Kamis				Jadwal Jumat			
RUANG 1 RUANG 2 RUANG 3 RUANG 4 RUANG 5 RUANG 6				RUANG 1 RUANG 2 RUANG 3 RUANG 4 RUANG 5 RUANG 6			
PERIODE 1 ----- ----- ----- ----- ----- -----				PERIODE 1 ----- ----- ----- ----- ----- -----			
PERIODE 2 Pengelahan ... Komunikasi ... ----- ----- ----- -----				PERIODE 2 Pengelahan ... Komunikasi ... ----- ----- ----- -----			
PERIODE 3 Pengelahan ... Komunikasi ... ----- ----- ----- -----				PERIODE 3 Pengelahan ... Komunikasi ... ----- ----- ----- -----			
PERIODE 4 Pengelahan ... Bahasa Ing... ----- ----- ----- -----				PERIODE 4 Pengelahan ... Bahasa Ing... ----- ----- ----- -----			
PERIODE 5 ----- ----- ----- ----- ----- -----				PERIODE 5 ----- ----- ----- ----- ----- -----			
PERIODE 6 ----- ----- ----- ----- ----- -----				PERIODE 6 ----- ----- ----- ----- ----- -----			
PERIODE 7 ----- ----- ----- ----- ----- -----				PERIODE 7 ----- ----- ----- ----- ----- -----			
PERIODE 8 ----- ----- ----- ----- ----- -----				PERIODE 8 ----- ----- ----- ----- ----- -----			
PERIODE 9 ----- ----- ----- ----- ----- -----				PERIODE 9 ----- ----- ----- ----- ----- -----			
PERIODE 10 ----- ----- ----- ----- ----- -----				PERIODE 10 ----- ----- ----- ----- ----- -----			

Gambar 5. Jadwal kuliah pada slot waktu

Jadwal Mata Kuliah-Dosen				
OBJECTIVE FUNCTION 1				
Mata Kuliah	Data	Optimasi	Prosentase	Keterangan Persamaan
Mata Kuliah	152	152	100 Pers 2.8 memenuhi	
Dosen	52	52	100 Pers 2.3 memenuhi	

Dosen	Jumlah Mata Kuliah yang diampu	Keterangan Persamaan 2.4
1	210603029	4 Tidak melebihi beban kerja
2	210603030	2 Tidak melebihi beban kerja
3	210603031	2 Tidak melebihi beban kerja
4	210603032	4 Tidak melebihi beban kerja
5	210600023	4 Tidak melebihi beban kerja
6	21060326	4 Tidak melebihi beban kerja
7	210603027	3 Tidak melebihi beban kerja
8	210603028	3 Tidak melebihi beban kerja
9	230602006	3 Tidak melebihi beban kerja
10	210600017	4 Tidak melebihi beban kerja
11	210693003	3 Tidak melebihi beban kerja
12	210693007	1 Tidak melebihi beban kerja
13	210693004	4 Tidak melebihi beban kerja
14	21060015	3 Tidak melebihi beban kerja
15	210693005	3 Tidak melebihi beban kerja
16	210693001	1 Tidak melebihi beban kerja
17	230602004	2 Tidak melebihi beban kerja
18	230602002	2 Tidak melebihi beban kerja
19	230602003	3 Tidak melebihi beban kerja
20	230602005	2 Tidak melebihi beban kerja
21	210695009	3 Tidak melebihi beban kerja
22	210610040	2 Tidak melebihi beban kerja
23	220699012	4 Tidak melebihi beban kerja
24	210695008	2 Tidak melebihi beban kerja
25	210693006	1 Tidak melebihi beban kerja

Gambar 6. Optimasi data dosen dan mata kuliah

Pada Tabel 1 menunjukkan parameter yang digunakan dalam persamaan *objective function* 1. Total iterasi menunjukkan jumlah perulangan dalam pencarian dosen pengampu untuk mata kuliah yang dapat diampu. Temperatur awal menunjukkan ruang pencarian yaitu sebanyak jumlah data yang akan dioptimasi. Faktor pendingin menunjukkan pengali pada sekali iterasi pencarian solusi. Temperatur akhir menunjukkan kondisi data setelah dioptimasi.

Tabel 2. Parameter Objective Function 1

Parameter	Nilai
Total iterasi	$ I \times J $
Temperatur awal T_0	[1, 152]
Cooling factor α	{0.1}
Temperatur akhir T_n	0

Pengujian *objective function* 2 pada persamaan *objective function* 2 menghasilkan jadwal dosen dan mata kuliah yang diampu. Setelah jadwal dosen dan mata kuliah diketahui langkah selanjutnya adalah menempatkan (*plotting*) jadwal dosen dan mata kuliah pada slot waktu dan ruang yang tersedia. Slot waktu terdiri dari jumlah hari dan periode yang tersedia. Dalam penempatan jadwal dosen dan mata kuliah melibatkan dua batasan (*hard constraints*) yaitu mencegah mata kuliah yang dijadwalkan pada satu hari menggunakan slot waktu yang tersedia melebihi jumlah kelas yang tersedia (pers 2.9), dan memastikan bahwa setiap dosen hanya mengampu satu mata kuliah tiap satu slot waktu (pers 2.8).

152 mata kuliah dapat dialokasikan sebanyak 129 mata kuliah atau 84,8684%. Hal ini berarti terdapat 23 mata kuliah tidak dapat plotting pada slot waktu yang tersedia. Pada baris kedua menunjukkan kondisi bantuan dosen yang mengampu mata kuliah. Terlihat bahwa terdapat sebanyak 145 mata kuliah dimana dosen pengampu mata kuliah yang bersangkutan tidak mengalami bantuan waktu periode yang tersedia atau

sebanyak 95,3947. Hal ini berarti terdapat 7 mata kuliah dengan dosen pengampu yang mengalami bantuan. Dari jumlah mata kuliah yang tidak mendapat plot slot waktu dan mata kuliah dengan dosen yang mengalami bantuan maka didapat jumlah seluruh mata kuliah yang tidak dapat mendapat plot pada slot waktu yaitu sebanyak 30 mata kuliah atau setara dengan 80,2632%.

OBJECTIVE FUNCTION 2

	Data	Optimasi	Prosentase
Plot MK (Pers. 2.7)	152	129	84.8684
Plot Dosen (Pers 2.6)	152	145	95.3947
Total Plot Mata Kuliah - Dosen	152	122	80.2632

Gambar 7. Optimasi jadwal dosen-matakuliah pada slot waktu

Pada Gambar 7 pada baris pertama terlihat bahwa plotting mata kuliah pada slot waktu yang tersedia dari

Tabel 2 menunjukkan parameter yang digunakan dalam persamaan *objective function* 2. Total iterasi menunjukkan jumlah perulangan dalam pencarian dosen pengampu untuk mata kuliah yang dapat diampu. Temperatur awal menunjukkan ruang pencarian yaitu sebanyak jumlah data yang akan dioptimasi. Faktor pendingin menunjukkan pengali pada sekali iterasi pencarian solusi. Temperatur akhir menunjukkan kondisi data setelah dioptimasi.

Tabel 2. Parameter *Objective Function* 2

Parameter	Nilai
Total iterasi	$ I \times J $
Temperatur awal T_0	[1, 152]
Cooling factor α	{0.19}
Temperatur akhir T_n	30

Tabel 1 menunjukkan parameter yang digunakan dalam persamaan *objective function* 2. Total iterasi menunjukkan jumlah perulangan dalam pencarian dosen pengampu untuk mata kuliah yang dapat diampu. Temperatur awal menunjukkan ruang pencarian yaitu sebanyak jumlah data yang akan dioptimasi. Faktor pendingin menunjukkan pengali pada sekali iterasi pencarian solusi. Temperatur akhir menunjukkan kondisi data setelah dioptimasi.

Temperatur awal menunjukkan jumlah data yang akan dioptimasi yaitu data mata kuliah dengan dosen pengampu sebanyak 152 data. Faktor pendingin α merupakan faktor pengali pada percobaan diatas menghasilkan nilai 0.19 yang menghasilkan temperatur akhir yaitu 30. Temperatur akhir menunjukkan jumlah mata kuliah yang tidak mendapat plot pada slot waktu yang tersedia. Sedangkan analisa metode dengan data sampel dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji coba metode dengan data sampel

No	Objective Function 1								Objective Function 2										
	Dataset				SA			dataset				SA							
	Data		Optimasi		(%)		T_0	α	T_n	Data		Optimasi		(%)	T_0	α	T_n		
	Mata Kuliah	Dosen	Mata Kuliah	Dosen	Mata Kuliah	Dosen				Dosen-matkul	Hari x periode	Jumlah Kelas	Mata Kuliah	Dosen					
1.	152	52	152	52	100	100	[1, 152]	{0.1}	0	152	5 x 10	9	129	149	126	82.89	[1, 152]	{0.82}	26
2.	10	10	10	7	100	70	[1, 10]	{0.1}	0	10	5 x 10	9	8	9	7	70	[1, 10]	{0.7}	3
3.	10	10	10	7	100	70	[1, 10]	{0.1}	0	10	5 x 5	9	7	9	6	60	[1, 10]	{0.6}	4
4.	10	10	10	7	100	70	[1, 10]	{0.1}	0	10	5 x 10	2	10	9	9	90	[1, 10]	{0.9}	1
5.	10	10	10	7	100	70	[1, 10]	{0.1}	0	10	5x5	2	7	9	6	60	[1, 10]	{0.6}	4
6.	10	5	10	5	100	100	[1, 10]	{0.1}	0	10	5 x 10	9	9	9	8	80	[1, 10]	{0.8}	2
7.	10	5	10	5	100	100	[1, 10]	{0.1}	0	10	5 x 5	9	9	9	8	80	[1, 10]	{0.8}	2
8.	10	5	10	5	100	100	[1, 10]	{0.1}	0	10	5 x 10	2	8	9	7	70	[1, 10]	{0.7}	3
9.	10	5	10	5	100	100	[1, 10]	{0.1}	0	10	5x5	2	7	9	6	60	[1, 10]	{0.6}	4
10.	5	10	5	5	100	50	[1, 5]	{0.1}	0	5	5 x 10	9	4	5	4	80	[1, 5]	{0.4}	1
11.	5	10	5	5	100	50	[1, 5]	{0.1}	0	5	5 x 5	9	4	5	4	80	[1, 5]	{0.4}	1
12.	5	10	5	5	100	50	[1, 5]	{0.1}	0	5	5 x 10	2	4	5	4	80	[1, 5]	{0.4}	1
13.	5	10	5	5	100	50	[1, 5]	{0.1}	0	5	5 x 10	2	4	5	4	80	[1, 5]	{0.4}	1

Tabel 3 menunjukkan uji coba metode pada beberapa variasi data. Data utama berupa data mata kuliah dan data dosen yang digunakan bervariasi dengan berbagai perbandingan. Variasi pertama adalah perbandingan data mata kuliah dengan data dosen 1:1. Dari percobaan untuk *objective function* 1 terlihat bahwa seluruh data baik mata kuliah dapat terlokasi 100% sedangkan data dosen sebanyak 70%. Temperatur awal adalah [1,10] yang merupakan jumlah mata kuliah yang akan dialokasikan. Memiliki faktor pendingin $\alpha = 0,01$. Dengan berbagai variasi sumber daya berupa slot waktu, hari dan ruang kelas didapat bahwa memiliki rata-rata 70 dalam optimasi jadwal kuliah, yang memiliki arti rata-rata sebanyak 70% dari seluruh data yang harus dialokasikan.

Variasi kedua adalah perbandingan data mata kuliah dengan data dosen 2:1. Untuk *objective function* 1 didapatkan bahwa seluruh data dosen dan data mata kuliah teralokasikan sebanyak 100%. Dengan variasi jumlah waktu periode, hari dan jumlah kelas maka didapat rata-rata alokasi mata kuliah ke slot yang tersedia adalah 72,5 yang memiliki arti sebanyak 72,5 % data mata kuliah dapat ditempatkan pada slot yang tersedia.

Untuk variasi ketiga adalah perbandingan data mata kuliah dengan data dosen 1:2. Data mata kuliah 100 % dapat dialokasikan sedang data dosen sebanyak 50 %. Dengan variasi jumlah waktu periode, hari dan jumlah kelas maka didapat rata-rata alokasi mata kuliah ke slot yang tersedia adalah 80 yang memiliki arti sebanyak 80 % data mata kuliah dapat ditempatkan pada slot yang tersedia.

Tabel 4. Analisa dengan variasi data sampel

No	Dataset				Optimasi SA				Kesimpulan-Solusi			
	Jumlah Dosen	Jumlah Mata Kuliah	Hari/Waktu Periode	Jumlah Ruang Kelas	Jumlah Dosen	Jumlah Mata Kuliah	Dosen-matkul	Dosen	Mata Kuliah	Dosen	Mata Kuliah	Dosen-matkul
1.	10	10	5 x 10	9	7	10	10	9	8	7	-	Dengan jumlah mata kuliah dan dosen yang sama, dimana kemampuan dosen dalam mengampu mata kuliah satu dan atau lebih maka ada dosen yang tidak dapat plot mata kuliah. - Menambah slot waktu dalam sehari - Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong
2.	10	10	5 x 5	9	7	10	10	9	7	6	-	Menambah slot waktu dalam sehari - Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong
3.	10	10	5 x 10	2	7	10	10	9	10	9	-	Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong

No	Dataset						Optimasi SA				Kesimpulan-Solusi			
	Jumlah Dosen	Jumlah Mata Kuliah	Hari/Waktu Periode	Jumlah Ruang Kelas	Jumlah Dosen	Jumlah Mata Kuliah	Dosen-matkul	Plotting pada slot waktu dgn batasan	Dosen	Mata Kuliah	Dosen-matkul	Dosen	Mata Kuliah	Dosen-matkul
4.	10	10	5 x 10	2	7	10	10	9	7	6	- Menambah slot waktu dalam sehari	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong dan menambah slot waktu dan ruang	- Dengan jumlah mata kuliah lebih banyak dari jumlah dosen, maka semua mata kuliah dapat terdistribusi ke seluruh dosen yang tersedia	- Solusi agar semua mata kuliah dapat terdistribusi adalah menambah jumlah dosen
5.	5	10	5 x 10	9	5	10	10	9	9	8	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong	- Dengan jumlah mata kuliah lebih banyak dari jumlah dosen, maka semua mata kuliah dapat terdistribusi ke seluruh dosen yang tersedia	- Menambah slot waktu dalam sehari	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong
6.	5	10	5 x 5	9	5	10	10	9	9	8	- Dengan jumlah mata kuliah lebih banyak dari jumlah dosen, maka semua mata kuliah dapat terdistribusi ke seluruh dosen yang tersedia	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong	- Menambah slot waktu dalam sehari	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong
7.	5	10	5 x 10	2	5	10	10	9	8	7	- Dengan jumlah mata kuliah lebih banyak dari jumlah dosen, maka semua mata kuliah dapat terdistribusi ke seluruh dosen yang tersedia	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong	- Menambah slot waktu dalam sehari	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong
8.	5	10	5 x 5	2	5	10	10	9	7	6	- Dengan jumlah mata kuliah lebih banyak dari jumlah dosen, maka semua mata kuliah dapat terdistribusi ke seluruh dosen yang tersedia	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong	- menambah slot waktu dan ruang	- Dengan jumlah mata kuliah lebih banyak dari jumlah dosen yang tersedia
9.	10	5	5 x 10	9	5	5	5	5	4	4	- Dengan jumlah mata kuliah lebih sedikit dari jumlah dosen yang tersedia , maka distribusi dosen yang mengampu mata kuliah adalah sebanyak jumlah mata kuliah.	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong	- Dengan jumlah mata kuliah lebih sedikit dari jumlah dosen yang tersedia , maka distribusi dosen yang mengampu mata kuliah adalah sebanyak jumlah mata kuliah.	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong
10.	10	5	5 x 5	9	5	5	5	5	4	4	- Dengan jumlah mata kuliah lebih sedikit dari jumlah dosen yang tersedia , maka distribusi dosen yang mengampu mata kuliah adalah sebanyak jumlah mata kuliah.	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong	- Dengan jumlah mata kuliah lebih sedikit dari jumlah dosen yang tersedia , maka distribusi dosen yang mengampu mata kuliah adalah sebanyak jumlah mata kuliah.	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong
11.	10	5	5 x 10	2	5	5	5	5	4	4	- Dengan jumlah mata kuliah lebih sedikit dari jumlah dosen yang tersedia , maka distribusi dosen yang mengampu mata kuliah adalah sebanyak jumlah mata kuliah.	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong	- Dengan jumlah mata kuliah lebih sedikit dari jumlah dosen yang tersedia , maka distribusi dosen yang mengampu mata kuliah adalah sebanyak jumlah mata kuliah.	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong
12.	10	5	5 x 5	2	5	5	5	5	4	4	- Dengan jumlah mata kuliah lebih sedikit dari jumlah dosen yang tersedia , maka distribusi dosen yang mengampu mata kuliah adalah sebanyak jumlah mata kuliah.	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong	- Dengan jumlah mata kuliah lebih sedikit dari jumlah dosen yang tersedia , maka distribusi dosen yang mengampu mata kuliah adalah sebanyak jumlah mata kuliah.	- Solusi untuk sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong

Dari percobaan yang telah dilakukan variasi perbandingan data dosen dengan mata kuliah dengan perbandingan 1:1, 1:2 dan 2:1 memiliki hasil optimal pada data dengan perbandingan 2:1. Dengan jumlah slot waktu dan ruang kelas yang bervariasi prosentase optimasi untuk jadwal kuliah memiliki nilai yang stabil yaitu 80%. Dengan data dosen yang lebih banyak maka penugasan dosen ke mata kuliah dapat lebih optimal dengan mempertimbangkan batasan-batasan berupa jumlah maksimum dosen mengampu mata kuliah. Dari percobaan dengan data real dapat diketahui perbandingan jumlah mata kuliah yang lebih banyak dari dosen dengan nilai 1:3 masih didapatkan hasil optimal (100%) untuk penugasan dosen ke mata kuliah.

Untuk *objective function* 1, hasil yang optimal didapatkan dengan memperhatikan keseimbangan jumlah dosen yang tersedia untuk mengampu mata kuliah. Apabila jumlah dosen terlalu sedikit dibanding dengan jumlah mata kuliah, maka pelanggaran terhadap batasan jumlah maksimum dosen mengampu mata kuliah akan terjadi. Untuk *objective function* 2, hasil yang optimal didapat apabila jumlah slot waktu

yang tersedia cukup untuk penempatan mata kuliah. Beberapa solusi yang ditawarkan adalah sisa mata kuliah yang tidak dapat diplotkan adalah meletakkan pada slot waktu yang kosong, penambahan slot waktu dan penambahan ruang kelas yang dapat digunakan.

Pada Tabel 5 dapat ditunjukkan hasil percobaan dengan SA. Analisa penyimpangan hasil percobaan metode SA pada Percobaan dengan data real dengan menggunakan sebanyak 152 data mata kuliah dan 52 data dosen menghasilkan variasi terhadap prosentase optimasi. Dari percobaan yang dilakukan sebanyak 20 kali seperti yang terlihat pada tabel 5 dilakukan perhitungan simpangan baku atau standar deviasi. Standar deviasi dari percobaan didapatkan nilai 3.931509.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum f_i(x_i - \bar{x})^2} = 1.982803$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai standar deviasi sebesar 1.982803, nilai ini menunjukkan keberagaman hasil percobaan dengan beberapa data sampel dengan nilai berkisar 3 merupakan nilai yang tidak begitu besar sehingga dapat disimpulkan bahwa metode yang

digunakan memiliki kestabilan dalam melakukan optimasi untuk menghasilkan jadwal kuliah.

Tabel 5. Penyimpangan hasil percobaan dengan SA

No	Percobaan ke-	Jumlah Data teroptimasi	Prosentase (X_i)
1	1	118	77,63
2	2	116	76,31
3	3	122	80,26
4	4	113	74,34
5	5	116	76,31
6	6	118	77,63
7	7	116	76,31
8	8	112	73,68
9	9	118	77,63
10	10	122	80,26
11	11	115	75,65
12	12	119	78,28
13	13	119	78,28
14	14	121	79,60
15	15	124	81,57
16	16	120	78,94
17	17	122	80,26
18	18	118	77,63
19	19	117	76,97
20	20	119	78,28
Rata-rata		77.791	

Hasil pengujian dengan metode solusi Metode SA awal digunakan memiliki rata-rata varian pembuatan jadwal kuliah sebanyak 77.791 hal ini menunjukkan bahwa ada mata kuliah yang tidak mendapat plot pada slot waktu yang tersedia. Pada percobaan dikembangkan metode solusi untuk mengatasi permasalahan ini. Pada langkah metode pertama memungkinkan adanya slot yang kosong dikarenakan beberapa batasan yang digunakan. Metode solusi yang ditawarkan melakukan penggunaan kembali slot-slot yang tidak terpakai untuk mata kuliah yang belum mendapat plot pada slot waktu. Pada tabel 6 menunjukkan beberapa hasil percobaan optimasi data mata kuliah yang tidak mendapat slot pada metode yang pertama.

Metode ini melakukan pengambilan slot yang belum terpakai. Pada percobaan dengan jumlah hari sebanyak 5, waktu periode sebanyak 10 dan ruang kelas sebanyak 9 disimpulkan bahwa untuk mengalokasikan seluruh data mata kuliah memerlukan tambahan waktu periode. Tambahan waktu periode dilakukan setelah periode terakhir dalam sehari. Penambahan waktu periode dianggap lebih efisien dibanding penambahan ruang kelas, karena tidak memerlukan penambahan sumber daya ruang kelas yang mungkin saja memiliki jumlah yang terbatas.

Penambahan waktu periode paling sedikit berjumlah 9 x jumlah sks periode dengan asumsi waktu periode maksimum untuk satu mata kuliah adalah 3 sks atau 3 periode, maka dengan penggunaan 9 ruang kelas penambahan 9 waktu periode dapat

diletakkan dalam 1 hari kerja. Jumlah penambahan waktu periode terbanyak adalah 15 x jumlah sks, maka diperlukan penambahan 1 hari kerja untuk penempatan mata kuliah.

Tabel 6. Analisa optimasi dengan metode solusi

No	Metode Solusi			Keterangan
	Metode SA Mata Kuliah tidak Terplotting	Metode Solusi Mata Kuliah terplotting	Mata Kuliah tidak Terplotting	
1	34	25	9	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (9xjumlah_sks)
2	36	19	17	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (17xjumlah_sks)
3	30	21	9	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (9xjumlah_sks)
4	39	22	17	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (9xjumlah_sks)
5	36	21	15	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (15xjumlah_sks)
6	34	25	9	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (15xjumlah_sks)
7	36	19	17	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (17xjumlah_sks)
8	40	24	16	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (16xjumlah_sks)
9	34	16	18	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (18xjumlah_sks)
10	30	19	11	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (11xjumlah_sks)
11	37	22	14	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (14xjumlah_sks)
12	33	19	14	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (14xjumlah_sks)
13	33	14	19	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (19xjumlah_sks)
14	31	21	10	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (17xjumlah_sks)
15	28	18	10	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (17xjumlah_sks)
16	32	19	13	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (17xjumlah_sks)
17	30	19	11	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (17xjumlah_sks)
18	34	11	13	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (17xjumlah_sks)
19	35	21	14	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (14xjumlah_sks)
20	33	21	12	Membutuhkan tambahan slot waktu sebanyak (12xjumlah_sks)

5. Kesimpulan

- Berdasarkan hasil penelitian optimasi jadwal kuliah dengan menggunakan metode *simulated annealing* diperoleh kesimpulan sebagai berikut :
1. Dari hasil penelitian optimasi jadwal kuliah dengan menggunakan *Simulated Annealing* dengan menggunakan data mata kuliah sebanyak 152, data dosen sebanyak 52, data hari sebanyak 5, data waktu periode per hari sebanyak 10 dan data ruang sebanyak 9 diperoleh hasil rata-rata varian alokasi mata kuliah pada slot waktu yang tersedia adalah 77.791 dengan standar deviasi sebesar 1.982803
 2. Pada hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi data diperoleh jumlah perbandingan ideal untuk hasil optimasi yang maksimal adalah jumlah mata kuliah dan dosen dengan perbandingan 1:3.
 3. Metode solusi yang ditawarkan untuk mendapatkan hasil optimal yaitu penempatan seluruh mata kuliah pada slot waktu dapat dilakukan dengan penggunaan kembali slot waktu yang kosong dan penambahan slot waktu dengan prosentase minimal mata kuliah yang ditempatkan pada slot baru adalah 0.059% dan prosentase maksimal mata kuliah yang ditempatkan pada slot baru adalah 0.12%.

Daftar Pustaka

- Babei, H., Karimpour, J., Hadidi, A., 2015. A survey of approaches for university course timetabling problem, *Computers & Industrial Engineering* 86, 43–59.
- Basir, N., Ismail, W., Norwawi., 2013. A Simulated Annealing for Tahmidi course Timetabling, *Procedia Technology* 11, 437 – 445.
- Cacchiani, V., Caprara, A., Roberti, R., Toth, R., 2013. A new lower bound for curriculum-based course timetabling, *Computers & Operations Research* 40, 2466-2477.
- Chamber, L.D., 1998. Practical Handbook of Genetic Algorithms: Complex Coding Systems, Volume 3, New York: CRC Press.
- Chibante, R., 2010. Simulated Annealing Theory with Applications, Rijeka: Sciendo.
- Daskalaki, S., Birbas, T., Housos, E., 2004. An integer programming formulation for a case study in university timetabling, *European Journal of Operational Research* 153, 117–135.
- Fong, C.W., Asmuni, H., McCollum, B., McMullan, P., Omatu, S., 2014. A new hybrid imperialist swarm-based optimization algorithm for university timetabling problems, *Information Sciences* 283, 1–21.
- Gunawan, A., Ng, K.M., Poh, K.L., 2012. A hybridized Lagrangian relaxation and simulated annealing method for the course timetabling problem, *Computers& Operations Research* 39, 3074–3088.
- Kalivas, J.H., 1995. Adaption of simulated annealing to chemical optimization problems, Elsevier: Amsterdam.
- Mu, C.H., Xie, J., Liu, Y., Chen, F., Liu, Y., Jiao, L.C., 2015. Memetic algorithm with simulated annealing strategy and tightnessgreedy optimization for community detection in networks, *Applied Soft Computing* 34, 485–501.
- Yamit, Zulian. 2011. Manajemen Produksi & Operasi. Yogyakarta: Ekonisia.