

PENJADWALAN MATA KULIAH MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA DENGAN MEMPERTIMBANGKAN TEAM-TEACHING

Agus Darmawan¹, Riky Marojahan Hasibuan¹

¹Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No 2, Yogyakarta 55281
Email: agusd@ugm.ac.id

Abstrak

Permasalahan penjadwalan terjadi dalam berbagai bidang termasuk pendidikan, lembaga kesehatan, transportasi, olahraga dan lain lain. Permasalahan penjadwalan pada bidang pendidikan berkaitan dengan penjadwalan mata kuliah yang membahas tentang pembagian jadwal untuk tiap mahasiswa pada kuliah tertentu sekaligus dosen pengajarnya. Pada penelitian ini, penjadwalan mata kuliah mengarah pada pengalokasikan dosen yang berbentuk team teaching dan mata kuliah ke dalam kelas dan waktu tertentu untuk meratakan beban kerja dosen per hari dan sekelompok mahasiswa per hari dalam satu minggu dengan tanpa melanggar constraint. Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah metode heuristic algoritma genetika. Proses algoritma genetika dilakukan dengan mendapatkan beberapa kandidat solusi yang mengalami proses seleksi, mutasi, dan pindah silang untuk menghasilkan kromosom dengan nilai fitness yang terbaik. Fungsi objektif pada penelitian ini adalah meminimasi rata rata varian beban kerja dosen dan mahasiswa per hari dalam satu minggu. Parameter yang digunakan dalam AG ditentukan berdasarkan mekanisme Design Of Experiments (DOE). Nilai parameter optimal yang digunakan untuk melakukan running program adalah sebagai berikut: ukuran populasi = 25, dengan probabilitas pindah silang = 0,4 dan probabilitas mutasi = 0,007. Hasil penjadwalan dengan algoritma genetika menunjukkan bahwa nilai varian beban kerja dosen dan mahasiswa dengan mempertimbangkan team teaching lebih baik dibandingkan penjadwalan aktual. Penerapan metode algoritma genetika menghasilkan penurunan nilai standar deviasi beban kerja dosen dan sekelompok mahasiswa dalam satu minggu sebesar 0,107 (3,65%) dan 3,02 (55,3%). Selain itu, penjadwalan mata kuliah menggunakan algoritma genetika dengan mempertimbangkan team teaching lebih baik dari algoritma genetika tanpa mempertimbangkan team teaching karena tidak adanya jadwal kuliah yang clash pada kondisi nyata.

Kata kunci: algoritma genetika; mata kuliah; penjadwalan; team-teaching

Pendahuluan

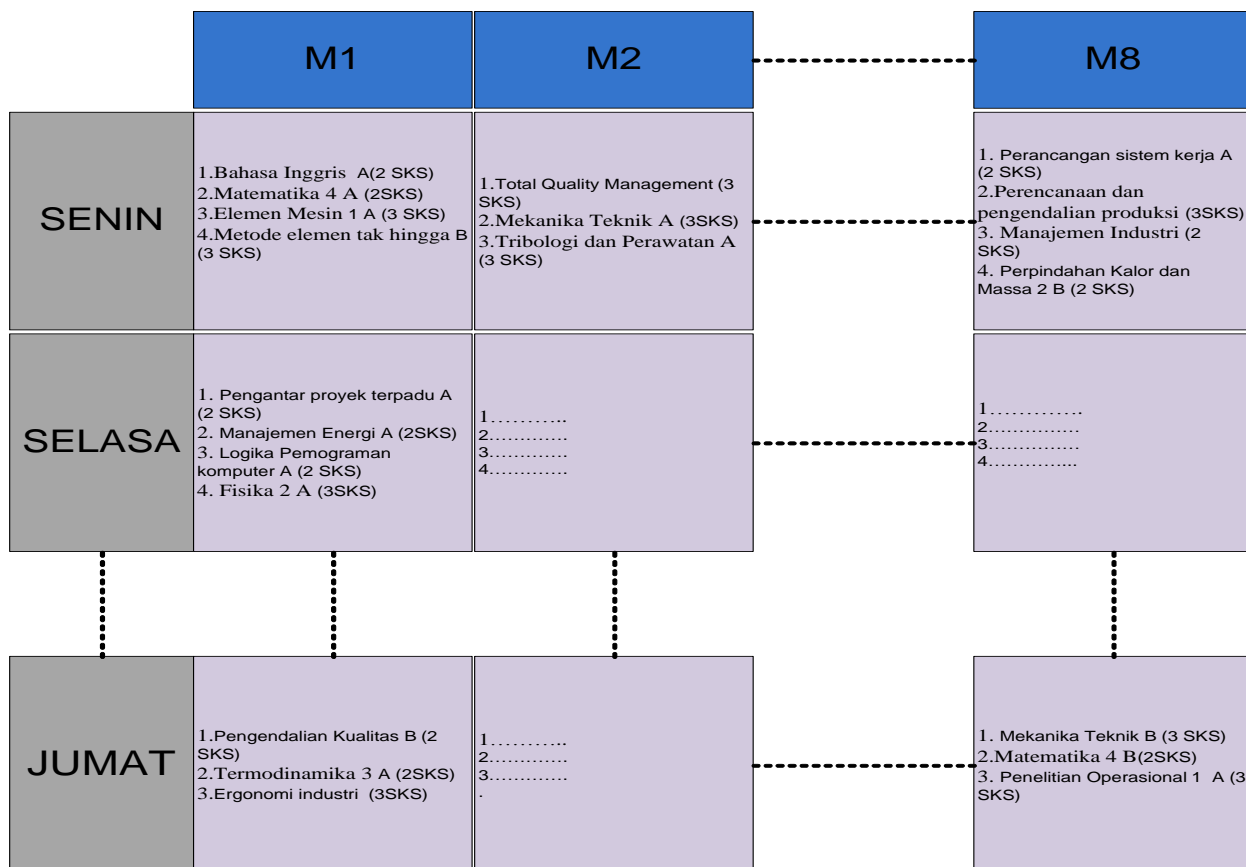
Penjadwalan mata kuliah pada institusi pendidikan merupakan masalah yang sangat kompleks hingga saat ini. Inti dari penjadwalan mata kuliah adalah bagaimana menjadwalkan sejumlah komponen yang terdiri atas kelas, mata kuliah, dosen, ruang dan waktu dengan sejumlah batasan dan syarat tertentu. Penjadwalan perkuliahan termasuk dalam golongan jenis *timetabling*. Permasalahan *timetabling* dapat digolongkan sebagai *NP-Hard Problem (nondeterministic polynomial time)*. Permasalahan *NP-Hard Problem* merupakan permasalahan yang apabila seluruh kombinasi alternatif dicobakan untuk diuji, maka waktu yang dibutuhkan untuk mencari solusi yang *feasible* dari permasalahan akan meningkat tajam (Daskalaki et al., 2004). Oleh Karena itu penyelesaian permasalahan optimasi akan sulit dilakukan dengan menggunakan metode optimasi konvensional (Kano dan Sakamoto, 2008).

Mahasiswa dan tenaga pengajar merupakan komponen utama dalam sistem pengajaran yang harus dijadwalkan (Chaudhuri dan De, 2010). Penjadwalan yang memperhatikan mahasiswa dan tenaga pengajar, seperti beban (*workload*) belajar mahasiswa dan preferensi tenaga pengajar akan menghasilkan penjadwalan baik. Penjadwalan yang baik akan meningkatkan kualitas pengajaran dan pembelajaran. Permasalahan penjadwalan perkuliahan pada institusi pendidikan memiliki banyak sekali variasi sesuai dengan kebijakan institusi pendidikan tempat jadwal kuliah tersebut digunakan. Penjadwalan mata kuliah di salah satu institusi pendidikan dijadikan sebagai studi kasus dimana penyusunannya menggunakan metode manual yang tidak menggunakan algoritma yang sering diterapkan dalam permasalahan *NP-Hard*. Metode manual memiliki keterbatasan untuk menciptakan penjadwalan yang memperhatikan komponen mahasiswa dan tenaga pengajar dalam institusi pendidikan. Waktu penyusunan penjadwalan dengan menggunakan metode manual membutuhkan waktu yang lama untuk bisa

mendapatkan jadwal yang sesuai dengan harapan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model untuk penjadwalan mata kuliah di institusi pendidikan dengan tetap mempertimbangkan batasan yang ada serta mempertimbangkan adanya kenyataan *team-teaching*.

Studi Pustaka

Penelitian tentang *timetabling* telah banyak di lakukan. *Exam timetabling* dan *course timetabling* merupakan jenis permasalahan penjadwalan penyelenggaraan pendidikan di universitas (Qu et all.,2006). Kanoh dan Sakamoto (2008) menyelesaikan *course timetabling* dengan menggunakan kombinasi *local search* dan algoritma genetika untuk mencari solusi yang optimal dalam memenuhi *soft constraints*. Penjadwalan yang baik didapatkan dari beberapa individu selama proses *running* dalam model. Metode yang digunakan dalam menyelesaikannya adalah *knowledge based (KB)*. Metode *knowledge based* akan menghasilkan *partial solution* yang dimasukkan dalam model *Genetic Algorithm (GA)* di setiap generasinya. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa model algoritma genetika dengan penambahan informasi penjadwalan periode sebelumnya/*knowledge based* lebih baik daripada model algoritma genetika tanpa penambahan informasi penjadwalan periode sebelumnya/*knowledge based*. Gooi dan Lu (2004) melakukan optimasi terhadap *staff Workloading* dengan melibatkan 250 staf akademik dan 400 mahasiswa. Staf pada penelitian ini menunjukkan tenaga pengajar yang dalam model dijadwalkan untuk tugas pengajaran. Ada lima jenis kelas dalam satu semester yang harus dipenuhi ketentuannya dalam melaksanakan tugas pengajaran agar *weekly timetabling* menjadi *feasible*. Ke-lima kelas itu adalah *lecture, tutorial, project, design, dan laboratory*. *Constraints* yang digunakan dalam model, yaitu *Hard, medium, dan soft constraints*. Metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai optimal permasalahan ini adalah *Simulated Annealing (SA)*. Sedangkan Eley (2006) melakukan optimasi penjadwalan dengan tujuan untuk meratakan beban belajar mahasiswa dan mendistribusikan mata ujian secara merata. Metode *Max Min Ant Systems (MMAS)* digunakan pada penelitian ini untuk menemukan solusi optimal.



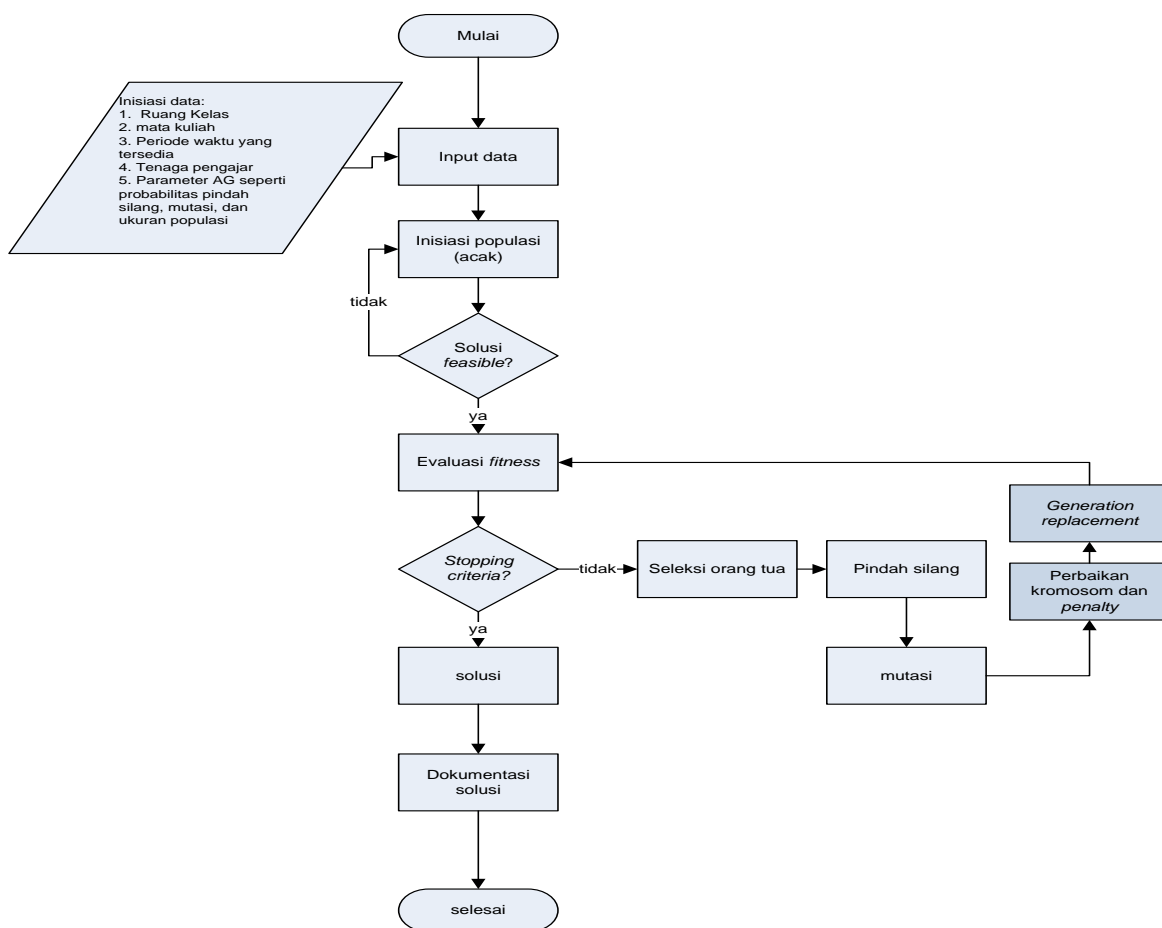
Gambar 1. Ilustrasi penggunaan ruang untuk mata kuliah

Hasil metode ini dibandingkan dengan beberapa metode *Ant Colony* dan *Ant Colony with Hill Climbing*. Perbandingan dilakukan dengan mengujikan pada 13 set data universitas berbeda, dengan hasil perbandingan yang bervariasi di semua data. Kemudian Birbas (2008) menggunakan metode *integer programming* untuk penjadwalan *Shift Assignment* pada tenaga pengajar, dimana didapatkan penjadwalan pengajaran *feasible* yang tidak mengalami bentrok, dan adanya kesesuaian jadwal antara tenaga pengajar dan mahasiswa. Selain itu, Darmawan dkk (2011)

melakukan penelitian tentang penjadwalan mata kuliah berdasarkan persebaran beban kerja dosen dan mahasiswa secara merata tanpa mempertimbangkan *team teaching*. Metode yang digunakan untuk menemukan solusi optimal dari permasalahan penjadwalan mata kuliah adalah metode algoritma genetika. Hasilnya berupa penjadwalan pengajaran dan nilai persebaran beban kerja tenaga pengajar dan mahasiswa.

Metodologi

Data yang dipergunakan untuk menyusun jadwal kuliah didapatkan dari database mengenai penyelenggaraan perkuliahan di suatu institusi pendidikan. Adapun data- data tersebut antara lain data daftar ruangan, data tenaga pengajar untuk mata kuliah tertentu, data periode waktu untuk satuan mata kuliah tertentu, data mata kuliah pada periode waktu tertentu, data tahun angkatan, jurusan, jenis mata kuliah dan sks untuk setiap mata kuliah. Ilustrasi penggunaan ruang untuk mata kuliah di setiap hari dapat dilihat pada Gambar 1. Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini berupa laptop dengan spesifikasi *Processor AMD C-60 APU 1 Ghz*, memori 4 GB, hardisk 320GB, VGA 1 GB. Sedangkan perangkat lunak yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sistem operasi *windows 7*, *matlab 7.1* untuk menulis dan membangun model algoritma. Metode pencarian solusi yang digunakan dalam penjadwalan mata kuliah pada penelitian ini adalah Algoritma genetika, dimana metode ini merupakan metode heuristik atau pendekatan yang menerapkan proses seleksi alam dan evolusi yang dikemukakan oleh Charles Darwin. Algoritma genetik pertama kali diperkenalkan di Universitas Michigan, Amerika Serikat oleh John Holland pada tahun 1975. Secara umum diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

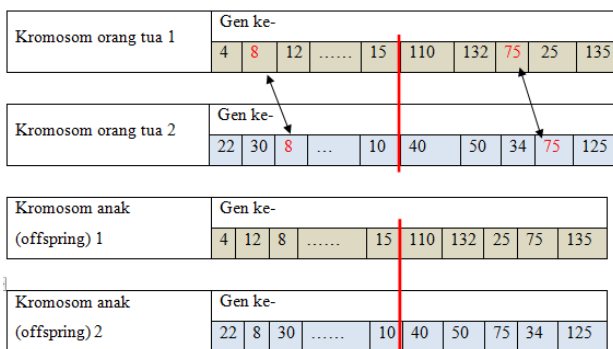


Gambar 2. Diagram alir penjadwalan mata kuliah menggunakan Algoritma Genetika

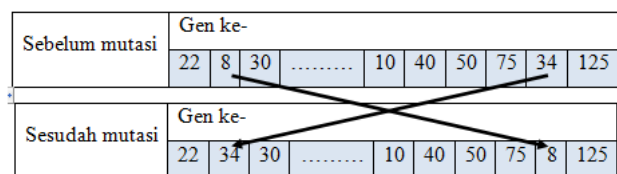
Bentuk kromosom dalam algoritma genetika disesuaikan dengan bentuk jadwal mata kuliah di instansi pendidikan, dimana kromosom tersebut terdiri dari beberapa gen. Gen yang dibentuk merupakan representasi jadwal mata kuliah untuk dosen tertentu pada hari tertentu dalam slot waktu tertentu juga, serta diperuntukan bagi mahasiswa program studi tertentu dan semester tertentu. Representasi kromosom dalam kasus penjadwalan mata kuliah ini, di sederhanakan bentuknya seperti terlihat pada Gambar 3. Metode *crossover* dan mutasi yang digunakan adalah berturut-turut *one-point crossover* dan *swap mutation* seperti dapat dilihat pada Gambar 4a dan Gambar 4b.

		SENIN													
		M1				M2					M8			
JA M POP		1	2	3	4	5	1	2	3				1	2	3
	1		42	23	21	8									
2		1	14	30	5										
.....															
25		45	130	90	4										

Gambar 3 Ilustrasi representasi kromosom



Gambar 4a. Proses Pindah Silang *One Point order*



Gambar 4b. Proses Mutasi Dengan Menggunakan Metode *Swap*

Pemilihan induk dilakukan dengan metode *roulette wheel*. Pada metode seleksi ini, orangtua dipilih berdasarkan nilai *fitness*, semakin baik nilai *fitness*nya maka semakin besar kemungkinannya untuk terpilih. Proses pemilihan induk diawali dengan cara melakukan *linear fitness ranking* (LFR) dengan tujuan untuk meningkatkan variasi agar tidak terjadi *local optimum* dan semakin memperjelas kedudukan antar kromosom dengan *fitness*nya. *Linear Fitness Ranking* dilakukan setelah *fitness* diurutkan dari yang terbesar ke yang terkecil Rumusan LFR dinyatakan pada persamaan berikut ini.

$$LFR_k = MaxF - (MaxF - MinF) \times \left(\frac{count_k - 1}{Ukpop - 1} \right) \tag{1}$$

Dimana

LFR = *Linear Fitness Ranking*

MaxF = *fitness* maksimum dalam satu populasi

MinF = *fitness* minimum dalam satu populasi

k = nomor urut kromosom

Ukpop = ukuran jumlah kromosom dalam 1 populasi.

count = indeks angka urut dari 1 sampai Ukpop.

Design of Experiment (DOE) dilakukan untuk mencari parameter algoritma genetika yang berupa jumlah populasi, tingkat pindah silang dan tingkat mutasi dimana hasilnya berturut-turut adalah sebagai berikut, 25; 0,4; dan 0,007. Proses pencarian solusi dilakukan sampai dengan iterasi 1000, dan umumnya sudah terlihat konvergen.

Hasil Dan Pembahasan

Model matematis direpresentasikan untuk menggambarkan permasalahan penjadwalan mata kuliah di institusi pendidikan. Model matematis tersebut dirumuskan sebagai berikut:

1. *Course set* (*j*)
j = indeks mata kuliah yang terdapat pada periode akademik yang ditawarkan, $j \in \{1,2,3,..J\}$
J = Total jumlah mata kuliah.
2. *Starting time* (*i*)
i = indeks dari periode atau waktu mata kuliah yang dilaksanakan, $i \in \{1,2,3..Q\}$
Q = total periode atau waktu mata kuliah yang dilaksanakan.
3. *Room* (*r*)
r = indeks dari ruangan kelas yang tersedia, $r \in \{1,2,3,..rk\}$.
rk = total keseluruhan ruangan kelas yang dapat digunakan.

Fungsi obyektif yang akan dirumuskan oleh model adalah :

1. Meminimalkan persebaran beban kerja dosen per hari dalam satu minggu dengan tetap mempertimbangkan kompetensi.

$$S_l = \frac{\sum_{h=1}^H (B_{hl} - \frac{\sum_{h=1}^H B_{hl}}{H})^2}{H} \tag{2}$$

$$XD = \sum_{l=1}^L \frac{S_l}{L} \tag{3}$$

Dimana:

- S = Varian beban dosen
- B = Beban sks dosen
- XD = rata rata varian beban dosen per hari dalam satu minggu
- l = dosen (l=1,2,3,...L)
- L = himpunan atau jumlah dosen
- h = hari (h=1,2,3...H)

2. Meminimalkan persebaran beban kerja sekelompok mahasiswa per hari dalam satu minggu

$$SM_l = \frac{\sum_{h=1}^H (M_{hl} - \frac{\sum_{h=1}^H M_{hl}}{H})^2}{H} \tag{4}$$

$$XM = \sum_{l=1}^L \frac{SM_l}{L} \tag{5}$$

Dimana:

- SM = Varian beban mahasiswa
- M = Beban sks mahasiswa
- XM = Rata-rata varian beban mahasiswa per hari dalam tiap minggu.

Batasan dari model ini adalah:

1. Mata kuliah dijadwalkan sekali pada hari tertentu, slot waktu tertentu, dan dalam suatu ruangan tertentu . hal ini dinyatakan melalui persamaan 4.6

$$\sum_{i=1}^Q \sum_{j=1}^N \sum_{r=1}^{rk} X_{ijrh} = 1 \quad \forall h \in H \tag{6}$$

Keterangan

$X_{ijrh} = 1$, jika mata kuliah *j* dijadwalkan pada hari *h*, ruangan ke *k* dan pada *starting time* ke *i*

$X_{ijrh} = 0$, jika mata kuliah *j* tidak dijadwalkan pada hari *h*, ruangan ke *k* dan pada *starting time* ke *i*

2. Seorang dosen tidak dapat mengajar lebih dari dari satu mata kuliah pada periode waktu tertentu secara bersamaan. Hal ini dinyatakan melalui persamaan 4.7

$$\sum_{j \in J_l} \sum_{r=1}^{rk} \sum_{i=1}^{i+sks_j} X_{ijrh} \leq 1, \forall i \in \{1,2,3 \dots Q\} \tag{7}$$

$$\forall l \in \{1,2,3 \dots L\}$$

$$\forall h \in \{1,2,3 \dots H\}$$

Keterangan

J_l = himpunan mata kuliah yang diajar oleh dosen *l*

SKS_j = jumlah sks pada mata kuliah *J*

3. Sebuah ruangan tidak dapat digunakan untuk lebih dari satu mata kuliah pada suatu periode tertentu yang sama. Hal ini dinyatakan melalui persamaan 4.8

$$\sum_{j=1}^N X_{ijrh} \leq 1, \forall i \in Q, \forall r \in rk, \quad \forall h \in H \tag{8}$$

4. Setiap mata kuliah harus memiliki total alokasi waktu sesuai dengan bobot SKS. Hal ini dinyatakan melalui persamaan 4.9

$$\sum_{i=1}^Q \sum_{r=1}^{rk} X_{ijrh} \leq Dj, \forall h \in H \tag{9}$$

Keterangan

Dj = durasi untuk mata kuliah j

5. Setiap kegiatan perkuliahan harus berhenti sebelum atau saat waktu selesai kegiatan di institusi, oleh karena itu digunakan persamaan 4.10 untuk membatasi waktu

$$\sum_{i=1}^Q X_{ijrh} (i + sksj) \leq F, \forall j \in N \tag{10}$$

$$\forall h \in H$$

$$\forall r \in \{1,2,3 \dots rk\}$$

Keterangan

F = waktu selesai kegiatan Institusi

6. Jumlah mata kuliah parallel untuk tahun angkatan yang sama maksimal adalah MaxP, dalam satu periode waktu tertentu. Batasan diatas dinyatakan melalui persamaan 4.11

$$\sum_{p=1}^{Gs} \sum_{rp=1}^{Rp} \sum_{r=1}^{rk} \sum_{i=1}^{i+sksp} Z_{spr,rih} \leq MaxP \quad \forall i \in \{1,2,3 \dots Q\} \tag{11}$$

$$\forall s \in \{1,2,3 \dots S\}$$

$$\forall h \in \{1,2,3 \dots H\}$$

Keterangan

s = semester

S = jumlah semester

p = mata kuliah parallel pada semester s

G_s = Jumlah mata kuliah parallel pada semester s

r_p = kelas mata kuliah parallel p

R_p = jumlah kelas untuk mata kuliah parallel p

$Z_{spr,rih} = 1$, jika mata kuliah pada semester ke s, untuk jenis mata kuliah parallel p dan kelas r dijadwalkan pada hari ke h, ruangan ke r dan pada *starting time* ke i

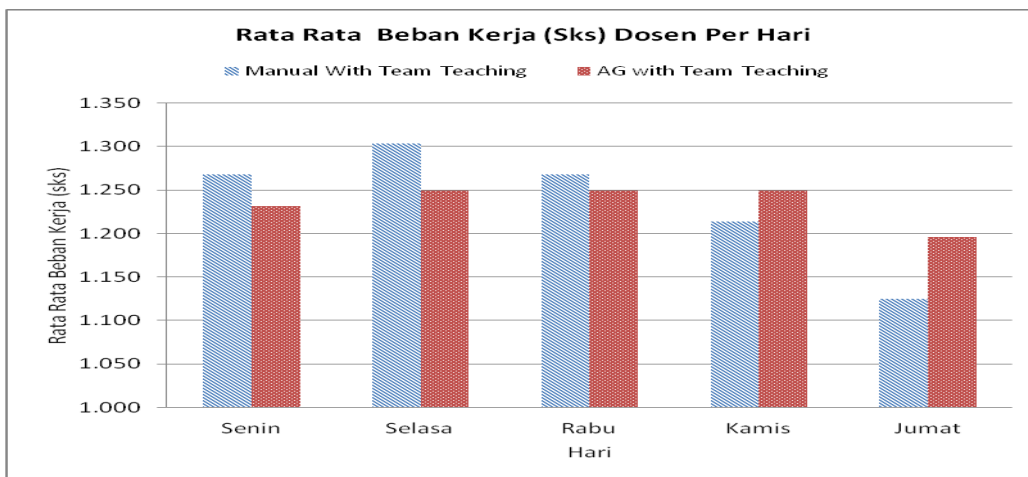
$Z_{spr,rih} = 0$, jika mata kuliah pada semester ke s, untuk jenis mata kuliah paralel p dan kelas r tidak dijadwalkan pada hari ke h, ruangan ke r dan pada *starting time* ke i

Perbandingan penjadwalan GA dengan memperhatikan *team teaching* dengan penjadwalan manual dilakukan berdasarkan rata rata standar deviasi beban dosen dan mahasiswa per hari dalam satu minggu. Hasil perbandingan ditunjukkan pada Tabel 1

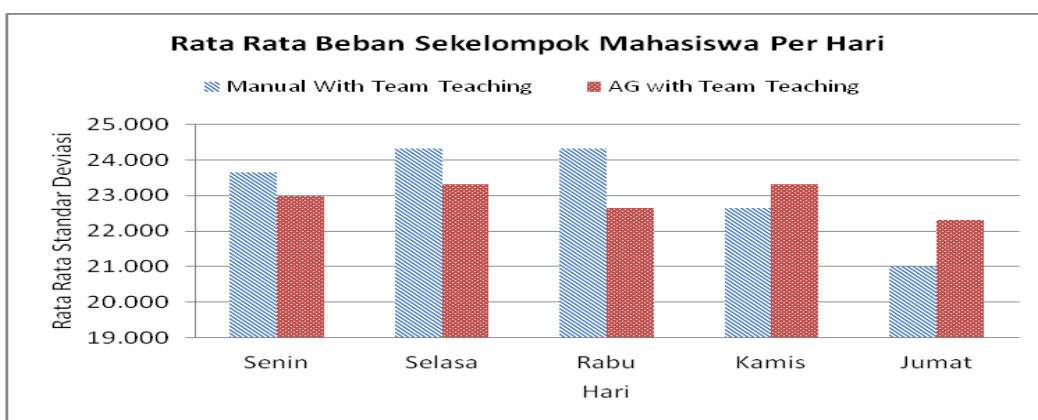
Tabel 1. Perbandingan Hasil penjadwalan

Metode	Rata Rata Standar Deviasi	
	Dosen	Mahasiswa
Metode manual <i>with team teaching</i>	1.518	4.24
GA <i>with team teaching</i>	1.411	1.22

Berdasarkan Tabel 1. dapat dijelaskan bahwa penjadwalan mata kuliah menggunakan algoritma genetika dengan memperhatikan *team teaching* memberikan hasil lebih baik dalam hal persebaran beban kerja dosen dan mahasiswa, dibandingkan dengan penjadwalan yang dilakukan manual. Penjadwalan menggunakan metode AG dengan memperhatikan *team teaching* mampu menurunkan rata rata standar deviasi beban kerja dosen per hari (XD) sebanyak 0.107 atau 3.65 % dan rata rata standar deviasi beban kerja sekelompok mahasiswa per hari (XM) sebanyak 3.02 atau 55.3%. Rata rata beban kerja dosen dan mahasiwa per hari ditunjukkan pada Gambar 5. dan Gambar 6.



Gambar 5. Grafik Rata Rata Beban Dosen per Hari



Gambar 6. Grafik Rata-Rata Beban Sekelompok Mahasiswa per Hari.

Hasil penjadwalan algoritma genetika dengan mempertimbangkan *team-teaching* kemudian diperbandingkan dengan hasil penjadwalan algoritma genetika tanpa *team-teaching* yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya (Darmawan dkk, 2011). Penjadwalan dengan mempertimbangkan *team-teaching* akan membuat jadwal yang dihasilkan lebih realistis seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Jadwal Clash Mata Kuliah pada Kondisi Nyata atau Aktual

Metode	Jadwal Clash jika dihadapkan pada Kondisi nyata
AG dengan <i>team teaching</i>	Tidak ada
AG tanpa <i>team teaching</i>	6 Jadwal clash

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan , maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penjadwalan mata kuliah menggunakan algoritma genetika dengan mempertimbangkan *team teaching* mampu mengurangi rata rata standar deviasi beban kerja dosen (sks) dan rata rata standar deviasi beban kerja mahasiswa (sks).
2. Penjadwalan mata kuliah menggunakan algoritma genetika dengan mempertimbangkan *team teaching* lebih baik dari algoritma genetika tanpa mempertimbangkan *team teaching* karena tidak mengalami jadwal kuliah yang *clash* pada kondisi *group teaching*.

Daftar Pustaka

- Burke, E., Elliman, D., Weare, R. 1994. *A Genetic Algorithm Based University Timetabling Systems*. Department of Computer Science, University Nottingham.
- Chauduri, A., dan De, K., 2010. *Fuzzy Genetic Heuristic For University Course Timetable Problem*. *Int.J.Advance.Soft Comput.Apply.*, Vol.2, No.1. ISSN 2074-8523.
- Dammak, A., Elloumi, A., dan Kamoun, H. 2006. *Classroom Assignment for Exam Timetabling*. *Journal of Advances in Engineering Software*, 659-666.
- Darmawan, A, Gumilang, E.F dan Herianto, 2011, Penjadwalan mata kuliah dengan algoritma genetika untuk minimasi fluktuasi beban jam dosen dan mahasiswa, Prosiding: Seminar Nasional Teknik Industri, Hal: IV 36-41, 5-6 Oktober, Medan.
- Daskalaki, S. Birbas, T, dan Housos. 2008. *School Timetabling for Quality Student and Teacher Schedules*. *Journal Scheduling, Springer Science*.
- Eley, M. 2006. *Ant algorithms for the exam timetabling Problem*. *Aschaffenburg University of Applied Science, Germany*.
- Gen, M., dan Cheng, R. 1997. *Genetic Algorithms and Engineering Optimazation*. John Wiley and Sons. New York.
- Glibovets, N., Medvid, S. 2003. *Genetic Algorithm Used to Solve Scheduling Problems*. *Cybernetics and Systems Analysis, Vol.9, No. 1. Plenum Publishing Corporation*.
- Gooi, M. L.N. H. B., dan Lu, C. 2004. *Staff Workload Scheduling in Large Engineering Schools.*, Vol 3 No.1. Winter Spring 2004.
- Hasibuan, R.M., 2013. *Optimasi Penjadwalan Perkuliahan Menggunakan Algoritma Genetika dengan Mempertimbangkan Team-Teaching*. Tugas Akhir S1 Teknik Industri. Universitas Gadjah Mada.
- Kanoh, H., dan Sakamoto, Y. 2008. *Knowledge Based Genetic Algorithm for University Course Timetabling Problems*. *International Journal of Knowledge Based and Intelligent Engineering Systems*. 283-294.
- Kember, D. 2004. *Interpreting Student Workload and The Factors Which Shape Students Perceptions of Their Workload*. *Studies Higher Education, Vol.29, No. 2. Chinese University*.
- Montgomery, D.C. 2001. *Design and Analysis of Experiments, 5th ed*. John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Qu, R., Burke, E., dan McCollum, B., 2006, *A Survey of Search Methodologies and Automated Approaches for Examination Timetabling*, *Computer Science Technical Report, No. NOTTCS-TR-2006-4*.
- Yu, E., dan Sung, K.S. 2002. *Genetic Algorithm for University Weekly Course Timetabling Problem*. *International Transaction in Operational Research*, 703-717.