

Model Penjadwalan Matakuliah Secara Otomatis Berbasis Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)

Dwi Ana Ratna Wati^{1*}, Yuli Agusti Rochman²

¹Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro,
Universitas Islam Indoensia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Email: dwi_ana@uii.ac.id

²Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri,
Universitas Islam Indoensia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
Email: gusti@uii.ac.id

Abstrak

Penjadwalan mata kuliah merupakan pekerjaan rutin yang selalu dilakukan setiap institusi pendidikan pada awal semester. Penjadwalan tersebut menjadi sebuah pekerjaan yang rumit dikarenakan persoalan penjadwalan merupakan masalah kombinatorial yang memiliki batasan-batasan yang harus dipenuhi. Batasan tersebut terbagi ke dalam batasan mutlak yang harus dipenuhi seperti ketersediaan ruang kelas dan kapasitasnya, ketersediaan dosen, serta mahasiswa dan batasan lunak seperti preferensi dosen dalam memilih waktu mengajar. Solusi terbaik dari persoalan penjadwalan tersebut adalah sebuah jadwal yang mampu mengoptimalkan penggunaan berbagai sumber daya pembelajaran seperti ruang kelas, pengajar/dosen, mahasiswa dan memenuhi peraturan yang berlaku pada sebuah kurikulum. Pada penelitian ini dirancang sebuah model penjadwalan mata kuliah secara otomatis berbasis algoritma Particle Swarm Optimization (PSO). Model penjadwalan otomatis ini bertujuan menghasilkan jadwal yang memenuhi semua batasan mutlak dan meminimalkan total aktivasi batasan lunak berupa preferensi dosen. Kandidat solusi berupa partikel pada algoritma PSO, merepresentasikan posisi sebuah mata kuliah pada suatu tabel jadwal. Setiap kandidat solusi memiliki nilai biaya yang merupakan jumlah dari aktivasi batasan mutlak dan batasan lunak. Populasi partikel dibangkitkan di awal iterasi dan pada setiap iterasi, partikel-partikel tersebut memperbaiki posisinya menuju posisi terbaik, yaitu posisi optimum sebuah mata kuliah pada tabel jadwal. Proses ini dilakukan untuk setiap mata kuliah yang akan dijadwalkan, sehingga diperoleh sebuah jadwal yang utuh. Berdasarkan hasil percobaan, model penjadwalan mata kuliah berbasis algoritma PSO dapat melakukan tugas penjadwalan secara otomatis dan menghasilkan solusi yang memenuhi semua batasan mutlak dan meminimalkan aktivasi batasan lunak. Dengan menggunakan model penjadwalan berbasis PSO, proses penjadwalan menjadi lebih cepat dibandingkan proses penjadwalan manual.

Kata Kunci: Penjadwalan mata kuliah, optimasi, algoritma Particle Swarm Optimization

1 Pendahuluan

Penjadwalan merupakan sebuah proses pengambilan keputusan yang sering dilakukan di industri manufaktur maupun di industri yang bergerak di bidang pelayanan atau jasa (Pinedo, 2012). Persoalan penjad-

walan berkaitan dengan pengalokasian sumber daya ke dalam tugas-tugas atau fungsi-fungsi tertentu. Tujuan penjadwalan adalah untuk mengoptimalkan satu atau beberapa tujuan.

Penjadwalan mata kuliah merupakan kegiatan rutin yang dilakukan oleh setiap institusi pendidikan pada setiap awal semester. Dalam pembuatan jadwal kuliah, dijumpai

*Korespondensi Penulis

berbagai persoalan seperti keterbatasan ruang, jumlah ruang yang dapat digunakan untuk menyelenggarakan perkuliahan, keterbatasan kapasitas ruang, dan keterbatasan jam mengajar dosen. Semakin bertambahnya jumlah mata kuliah yang akan dijadwalkan, semakin kompleks persoalan penjadwalan yang dihadapi.

Selama ini, penjadwalan yang dilakukan umumnya masih bersifat manual, dengan mengkomodasi keterbatasan-keterbatasan tersebut, namun belum mempertimbangkan sisi efisiensi baik dari sisi penggunaan ruang dan fasilitas yang ada maupun dari sisi kenyamanan bagi dosen maupun mahasiswa. Selain itu juga perlu diperhatikan efisiensi penggunaan ruang, yaitu perlunya pengalokasian ruang yang tepat bagi suatu mata kuliah berdasarkan kapasitas ruang dan beban utilitas ruang tersebut.

Untuk mengatasi masalah penjadwalan mata kuliah, beberapa peneliti telah melakukan riset penjadwalan kuliah melalui pendekatan teknik optimasi. (Jamnezhad, M.E., Javidan, R., Dezfouli, M.A., 2011) telah menerapkan Algoritma Genetik dalam menyusun jadwal kuliah mingguan. (Aldasht, M.M., Saheb, M., Najjar, Tamimi, M.H., Takruri, T.O., 2005) telah melakukan penjadwalan mata kuliah Palestine Polytechnic University (PPU) menggunakan teknik *Evolutionary Algorithm* (EA) dengan teknik pemrograman parallel untuk menangani *multi-objective optimization with soft and hard constraint*. Dengan menerapkan teknik pemrograman parallel tersebut diperoleh hasil yang lebih baik dengan lebih cepat. (Chaudhuri Arindam, De Kajal, 2010) memodifikasi Algoritma Genetik untuk menjadwalkan mata kuliah di St. Xaviers College, India. Dalam penelitian tersebut digunakan model himpunan fuzzy untuk mengukur nilai *soft constraint* pada fungsi *fitness*, Micro Genetic Algorithms dan heuristic Local Search operator. (Oner, A., Ozcan, S., Dengi, D., 2011) telah melakukan optimasi jadwal kuliah pada universitas di Turkey menggunakan teknik *Hybrid Artificial Bee Colony Optimization*.

Pada penelitian ini, didesain sebuah model penjadwalan mata kuliah otomatis berbasis algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO). Algoritma PSO merupakan sebuah teknik optimasi stokastik berdasarkan populasi yang dikembangkan pada tahun 1995 oleh Dr. Eberhart dan Dr. Kennedy, yang diinspirasi oleh perilaku sosial kawanan burung atau sekelompok ikan (Haupt, R.L., Haupt, S.E., 2004). PSO memiliki beberapa kesamaan dengan teknik komputasi evolusioner seperti algoritma genetik. Dibandingkan dengan algoritma genetik, PSO memiliki beberapa kelebihan, antara lain mudah diimple-

Tabel 1: Contoh Jadwal Mata Kuliah

| | Ruang A | Ruang B | Ruang C | Ruang D |
|--------|---------|---------|---------|---------|
| Senin | MK 1 | | MK 4 | MK 6 |
| Selasa | | MK 2 | MK 3 | |
| Rabu | MK 5 | | | |
| Kamis | MK 8 | MK 7 | MK 10 | |
| Jumat | MK 9 | MK 11 | | MK 13 |
| Sabtu | | | MK12 | |

mentasikan dan memiliki lebih sedikit fungsi operasi dan parameter yang harus ditentukan (Haupt, R.L., Haupt, S.E., 2004).

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Penjadwalan

Penjadwalan memegang peran yang sangat penting di industri manufaktur maupun industri jasa (Pinedo, 2012). Permasalahan penjadwalan merupakan permasalahan kombinatorial yang rumit karena memiliki daerah alternatif solusi yang luas dan banyak dijumpai lokal optimal (Yu, 2006). Permasalahan tersebut menjadi salah satu permasalahan kombinatorial yang mendapatkan banyak perhatian dari para peneliti (Amirthagadeswaran, K. S., Arunachalam, V. P., 2006). Beberapa diantaranya membuktikan bahwa permasalahan tersebut bertipe *NP-hard* (*non deterministic polynomial -time hard*) atau tipe permasalahan yang sulit untuk diselesaikan untuk ukuran yang besar (Xia, W., Wu, Z., 2006).

Penjadwalan mata kuliah menjadi salah satu masalah kompleks yang selalu dihadapi oleh setiap universitas. Penjadwalan mata kuliah merupakan penyusunan dan pengaturan jadwal mata kuliah - mata kuliah pada slot waktu yang tersedia selama satu minggu beserta pembagian ruang kelasnya seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Penjadwalan tersebut harus memperhatikan beberapa hal seperti kapasitas ruang, dosen, mahasiswa, dan jumlah SKS setiap mata kuliah. Masalah penjadwalan meliputi optimasi beberapa kriteria termasuk batasan-batasan seperti kebijakan kurikulum, pemilihan ruang kelas yang sesuai, dan ketersediaan dosen pengajar (Oner, A., Ozcan, S., Dengi, D., 2011).

Dalam penjadwalan mata kuliah, terdapat dua kategori batasan yaitu batasan yang bersifat harus atau disebut batasan mutlak (*hard constraint*) dan batasan yang bersifat preferensi atau disebut batasan lunak (*soft constraint*) (Oner, A., Ozcan, S., Dengi, D., 2011). Batasan yang bersifat mutlak yang wajib dipenuhi, yaitu:

1. Seorang dosen tidak dapat mengajar lebih dari satu mata kuliah dalam waktu yang sama
2. Sekelompok mahasiswa (dengan tingkatan/semester yang sama) tidak dapat dijadwalkan mengikuti kuliah lebih dari satu dalam waktu yang sama
3. Hanya satu mata kuliah yang dapat diselenggarakan di suatu ruang kuliah pada slot waktu yang ada.
4. Jumlah alokasi slot waktu setiap mata kuliah harus sesuai dengan beban SKS mata kuliah tersebut.
5. Kapasitas ruang kuliah harus mampu menampung sejumlah mahasiswa yang akan mengambil suatu mata kuliah.
6. Beberapa mata kuliah harus dijadwalkan pada ruang kuliah tertentu seperti laboratorium komputer.

Sedangkan batasan lunak yang bersifat "preferensi" merupakan batasan yang boleh dilanggar jika perlu, yaitu:

1. Preferensi dosen pengajar mata kuliah dan preferensi mahasiswa seharusnya dipertimbangkan. Preferensi ini dapat dinyatakan dengan bilangan numerik yang merupakan tingkat ketidakpuasan mahasiswa atau dosen.
2. Matakuliah dengan beban 4 SKS dapat dilaksanakan dalam satu sesi atau dalam dua sesi masing-masing 2 SKS, tergantung preferensi dosen.
3. Dosen sebaiknya memiliki hari libur mengajar.

Jamnezhad, et al. (2011) menambahkan batasan lunak sebagai berikut :

1. Waktu jeda antar mata kuliah dalam satu hari bagi mahasiswa seharusnya diminimalkan.
2. Ruang kelas untuk mahasiswa semester yang sama sebaiknya menggunakan ruang yang sama.

Berbagai tujuan penyusunan jadwal mata kuliah seperti dihasilkannya jadwal yang efisien, jumlah kelas yang berurutan sedikit dari seorang dosen, dan sebagainya menyebabkan persoalan penjadwalan mata kuliah sebagai persoalan optimasi multi-objektif (Aldasht,M.M., Saheb,M., Najjar, Tamimi, M.H., Takruri, T.O., 2005). Dalam penyusunan jadwal kuliah, preferensi dosen juga dapat dijadikan salah

Tabel 2: Contoh Tabel Preferensi Dosen (Oner,A., Ozcan,S., Dengi, D., 2011)

| Jam ke- | Senin | Selasa | Rabu | Kamis | Jumat |
|---------|-------|--------|------|-------|-------|
| 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 |
| 2 | 9 | 4 | 2 | 8 | 9 |
| 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 9 |
| 5 | 1 | 2 | 1 | 1 | 10 |
| 6 | 1 | 2 | 1 | 2 | 10 |
| 7 | 7 | 5 | 6 | 3 | 10 |
| 8 | 7 | 5 | 6 | 3 | 10 |

Keterangan nilai preferensi:

0 : tersedia waktu mengajar, semakin kecil semakin lebih disukai oleh dosen

10 : tidak tersedia waktu mengajar

satu tujuan seperti dicontohkan pada penelitian (Oner,A., Ozcan,S., Dengi, D., 2011) yang menggunakan tabel preferensi dosen seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Angka [0,10] pada tabel preferensi tersebut menunjukkan nilai derajat ketidakpuasan, artinya semakin tinggi nilai, semakin tidak puas.

2.2 Optimasi

Optimasi adalah setiap usaha untuk memperoleh kondisi terbaik untuk suatu masalah (Dorigo, M., and Stutzle, T., 2004). Bidang rekayasa atau engineering merupakan bidang ilmu yang senantiasa dihadapkan pada masalah optimasi dalam melakukan perancangan maupun dalam penyelesaian masalah. Masalah yang dihadapi biasanya dinyatakan dalam bentuk suatu fungsi objektif atau fungsi biaya (cost function) yang nilainya dipengaruhi oleh beberapa parameter atau variabel. Masalah optimasi dikaitkan dengan batasan, yaitu kondisi yang harus dipenuhi oleh semua variabel. Formulasi masalah optimasi adalah sebagai berikut:

Minimumkan

$$f(x) \tag{1}$$

dengan

$$g(x) \leq 0$$

dan

$$h(x) = 0$$

$$x = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_n]$$

$$a_i \leq x_i \leq b_i$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

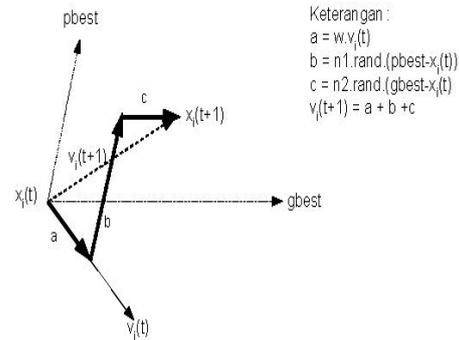
Istilah-istilah terkait dengan formulasi masalah optimasi pada Formulasi 1 tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Fungsi objektif dinotasikan dengan $f(x)$ merupakan fungsi yang akan dioptimasi, dalam hal ini dicari nilai minimumnya. $x = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_n]$ adalah variabel yang menentukan nilai fungsi objektif. Masing-masing variabel x_i memiliki nilai batas bawah a_i dan batas atas b_i .
2. Batasan atau constraint, terdapat dua jenis batasan yaitu $g(x)$ yang merupakan batasan pertidaksamaan (*inequality constraint*), dan $h(x)$ yang disebut batasan persamaan (*equality constraint*)
3. Daerah *feasible* merupakan daerah kandidat solusi, yaitu nilai-nilai $x = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_n]$ yang memenuhi syarat $g(x)$ dan $h(x)$.
4. Minimum global adalah nilai $x_g = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_n]$ yang menghasilkan nilai $f(x_g) < f(x)$ untuk semua nilai x di daerah *feasible*.
5. Minimum lokal adalah nilai $x_l = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_n]$ yang menghasilkan nilai $f(x_l) < f(x)$ untuk semua nilai x di daerah lokal sekitar x_l saja.

2.3 Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)

Algoritma PSO diperkenalkan oleh Dr. Eberhart dan Dr. Kennedy pada tahun 1995, merupakan algoritma optimasi yang meniru proses yang terjadi dalam kehidupan populasi burung dan ikan dalam bertahan hidup. Sejak diperkenalkan pertama kali, algoritma PSO berkembang cukup pesat, baik dari sisi aplikasi maupun dari sisi pengembangan metode yang digunakan pada algoritma tersebut (Haupt, R.L., Haupt, S.E., 2004). Hal ini disebabkan, algoritma PSO merupakan algoritma optimasi yang mudah dipahami, cukup sederhana, dan memiliki unjuk kerja yang sudah terbukti handal. Algoritma PSO dapat digunakan pada berbagai masalah optimasi baik kontinyu maupun diskrit, linier maupun nonlinier.

PSO memodelkan aktivitas pencarian solusi terbaik dalam suatu ruang solusi sebagai aktivitas terbangnya kelompok partikel dalam suatu ruang solusi tersebut. Posisi partikel dalam ruang solusi tersebut merupakan kandidat solusi yang berisi variabel-variabel optimasi. Setiap posisi tersebut akan dikaitkan dengan sebuah nilai yang disebut nilai objektif atau nilai fitness yang dihitung berdasarkan fungsi objektif dari masalah optimasi yang akan diselesaikan. Proses di dalam algoritma PSO dapat dijelaskan sebagai berikut. Sebanyak p partikel disebar se-



Gambar 1: Operasi pada algoritma PSO

cara acak pada ruang solusi yang ada. Posisi partikel i saat waktu t , yaitu $x_i(t)$ akan diperbaiki menurut persamaan posisi sebagai berikut.

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1) \quad (2)$$

dengan $v_i(t+1)$ adalah kecepatan partikel yang dihitung dengan persamaan berikut:

$$v_i(t+1) = wv_i(t) + n_1r_1(pbest_i(t) - x_i(t)) + n_2r_2(gbest(t) - x_i(t)) \quad (3)$$

Titik $pbest_i(t)$ adalah solusi lokal terbaik yang dicapai oleh partikel i sampai saat t , dan merepresentasikan kontribusi kognitif terhadap vektor $v_i(t+1)$. Titik $gbest(t)$ adalah solusi global terbaik yang telah dicapai diantara partikel-partikel sampai saat t dan merepresentasikan kontribusi sosial terhadap vektor kecepatan. Bilangan acak r_1 dan r_2 terdistribusi seragam pada interval $[0,1]$. Faktor skala kognitif (n_1) dan faktor skala sosial (n_2) pada algoritma PSO umumnya bernilai dua. Variabel w adalah bobot inersia. Inersia yang besar memfasilitasi eksplorasi global (pencarian dalam daerah yang luas) sedangkan inersia yang kecil menghasilkan eksplorasi lokal (pencarian dalam daerah yang sempit). Oleh karena itu, nilai w merupakan faktor kritis yang menentukan perilaku konvergen algoritma PSO. Untuk itu, direkomendasikan untuk memilih nilai w yang besar pada awalnya agar menghasilkan eksplorasi global pada ruang solusi, selanjutnya nilai w diturunkan secara bertahap untuk mendapatkan solusi yang lebih baik.

Pers. 2 dan 3 dijelaskan oleh Gambar 1 sebagai penjumlahan vektor. Faktor pembelajaran kognitif, yang dirumuskan sebagai $n_1r_1(pbest_i(t) - x_i(t))$ pada Pers. 2 merupakan memori partikel jangka pendek. Faktor pembelajaran kognitif ini menunjukkan inklinasi partikel untuk mengulangi perilaku sebelumnya yang terbukti suk-

ses pada partikel tersebut. Hal ini juga menunjukkan adanya pengaruh memori partikel tersebut. Faktor pembelajaran sosial, yang diberikan oleh bagian $n_2r_2(gbest(t) - x_i(t))$, merupakan "peer pressure" bagi sebuah partikel. Faktor pembelajaran sosial tersebut menunjukkan inklinasi partikel untuk meniru atau mengemulasi perilaku partikel lain yang telah sukses. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh tetangga partikel. Setiap iterasi, sekawanan partikel dievaluasi nilai fitness-nya dan berdasarkan nilai tersebut, kecepatan dan posisi partikel diperbaharui. Proses dalam algoritma PSO dapat disajikan dengan diagram alir pada Gambar 2.

Diagram alir algoritma PSO secara detail dijelaskan sebagai berikut. Untuk masalah optimasi dengan fungsi objektif f dan variabel x_1, \dots, x_n dapat dituliskan sebagai persamaan berikut:

$$\min_{(x_1, \dots, x_n)} f(x_1, \dots, x_n) \quad (4)$$

dengan ukuran populasi n_{pop} dan ukuran partikel n langkah-langkah optimasi dengan PSO adalah :

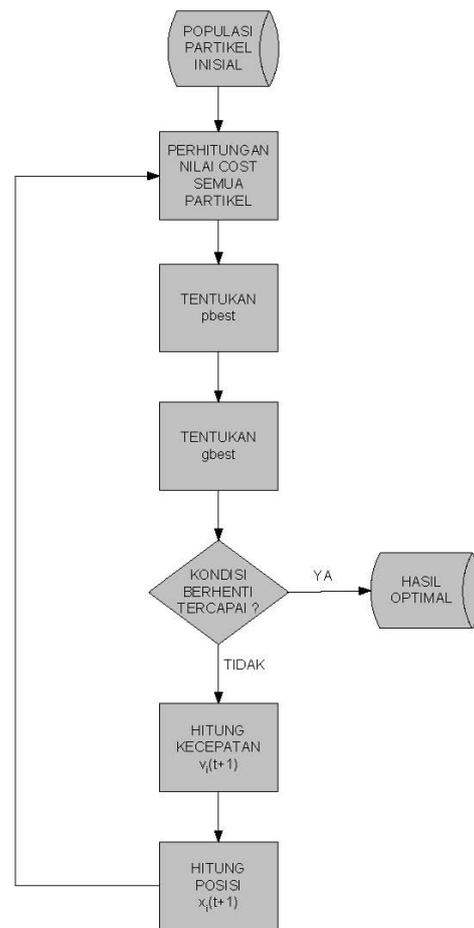
Inisialisasi populasi partikel : dilakukan dengan membangkitkan populasi partikel (par) secara acak pada ruang solusi $[0,1]$, sebanyak n_{pop} yang masing-masing berisi variabel sebanyak n . Jadi populasi awal berupa matriks dengan ukuran $n_{pop} \times n$. Selanjutnya juga dilakukan pembangkitan nilai kecepatan partikel v_{par} berupa bilangan random pada domain $[0,1]$. v_{par} berukuran sama dengan par yaitu $n_{pop} \times n$.

Perhitungan nilai fitness semua partikel diawali dengan melakukan proses dekoding partikel ke dalam domain variabel x_1, \dots, x_n yaitu $[x_{lower}, x_{upper}]$. Setelah itu nilai variabel hasil dekoding dievaluasi oleh fungsi $f(x_1, \dots, x_n)$.

Tentukan p_{best} (terbaik lokal); hasil evaluasi fungsi $f(x_1, \dots, x_n)$ diperoleh nilai $cost$ sebanyak n_{pop} yaitu $f_1, \dots, f_{n_{pop}}$. Selanjutnya p_{best} ditentukan sebagai berikut: jika nilai $cost$ dari sebuah partikel lebih baik (lebih kecil) dari nilai $cost$ sebelumnya maka p_{best} akan diset ke nilai $cost$ yang baru, atau dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Untuk iterasi ke k ;
- Untuk $i=1$ sampai n_{pop}
- Jika $p_{best_i}(k-1) > f_i(k)$ maka $p_{best_i}(k) = f_i(k)$
- Jika $p_{best_i}(k-1) \leq f_i(k)$ maka $p_{best_i}(k) = p_{best_i}(k-1)$

Tentukan g_{best} (terbaik global); jika nilai minimum $cost$ dari seluruh partikel lebih baik (lebih kecil) dari nilai minimum $cost$ dari seluruh partikel pada iterasi sebelumnya maka nilai g_{best} akan diset sebagai nilai minimum $cost$ yang baru tersebut.



Gambar 2: Diagram alir algoritma PSO

Atau untuk iterasi ke k , tentukan $\text{minimum } f_1(k), \dots, f_{n_{pop}}(k) = f_{min}(k)$.

Jika $f_{min}(k) \leq g_{best}(k-1)$ maka

$$g_{best}(k) = f_{min}(k).$$

Jika tidak demikian maka

$$g_{best}(k) = g_{best}(k-1).$$

Cek kondisi berhenti, jika kondisi berhenti tercapai maka keluar dari proses perulangan (iterasi), jika belum tercapai lanjutkan ke iterasi berikutnya yaitu perhitungan kecepatan untuk masing-masing partikel sesuai pers. 3 dan perhitungan posisi yang baru untuk masing-masing partikel sesuai pers. 2.

3 Metodologi Penelitian

3.1 Pemodelan Masalah

Penjadwalan mata kuliah merupakan proses pengaturan mata kuliah-mata kuliah ke dalam

Tabel 3: Daftar Mata Kuliah

| Mata kuliah | Sem | SKS | Dosen | Jumlah peserta | Ruang kelas/lab |
|--------------------|-----|-----|-------|----------------|-----------------|
| MK1 dan seterusnya | 2 | 3 | A | 50 | kelas |

Tabel 4: Daftar Kapasitas Ruang Kelas dan Laboratorium

| Ruang kuliah/laboratorium | Kapasitas |
|---------------------------|-----------|
| R1 | 20 |
| R2 dan seterusnya | 50 |

slot waktu dan slot ruang kelas/laboratorium dengan mempertimbangkan batasan-batasan mutlak yang bersifat “wajib” dan mempertimbangkan batasan-batasan lunak. Untuk menyusun jadwal perkuliahan dengan program PSO dibutuhkan data input yang disajikan sebagai berikut:

1. daftar mata kuliah lengkap dengan data semester pada distribusi mata kuliah di kurikulum sebuah institusi pendidikan (jurusan/program studi), beban SKS, dosen pengampu, serta estimasi jumlah mahasiswa yang mengambil mata kuliah tersebut, seperti pada tabel 3,
2. data kapasitas ruang kelas dan laboratorium seperti tabel 4,
3. data preferensi dosen mengajar yang dinyatakan dengan tingkat nilai “ketidakpuasan” pada setiap time-slot (TS) seperti pada tabel 5.

Untuk dapat mendesain jadwal kuliah dengan menggunakan algoritma PSO, partikel pada PSO berupa array dengan tiga variabel berupa bilangan bulat yang berisi [*nomor_time_slot, nomor_ruang, nomor_hari*]. Ketiganya merupakan indeks posisi sebuah mata kuliah pada tabel jadwal seperti pada tabel 6, misalnya indeks posisi mata kuliah Kalkulus adalah [1,3,2] artinya mata kuliah Kalkulus dijadwalkan pada jam ke-1, di ruang 3, hari Selasa. Proses penjadwalan dilakukan untuk setiap mata kuliah, satu per satu dengan proses optimasi posisi mata kuliah berbasis algoritma PSO sehingga diperoleh jadwal yang utuh untuk seluruh mata kuliah. Vektor x pada pers.1 adalah posisi sebuah mata kuliah [i, j] pada algoritma PSO ini yaitu berupa indeks time slot (baris ke- i) dan indeks ruang (kolom ke- j) dari tabel 6. Tujuan optimasi adalah meminimalkan nilai total aktivasi dari batasan mutlak dan

Tabel 5: Contoh Form Nilai Ketidakpuasan Dosen

| | | Dosen A | |
|--------|-----|---------|--|
| Senin | Ts1 | 10 | |
| | Ts2 | 0 | |
| | Ts3 | 0 | |
| | Ts4 | 10 | |
| Selasa | Ts1 | 0 | |
| | Ts2 | 0 | |
| | Ts3 | 4 | |
| | Ts4 | 8 | |
| Rabu | Ts1 | 5 | |
| | Ts2 | 0 | |
| | Ts3 | 9 | |
| | Ts4 | 10 | |
| Kamis | Ts1 | 3 | |
| | Ts2 | 3 | |
| | Ts3 | 6 | |
| | Ts4 | 10 | |
| Jumat | Ts1 | 8 | |
| | Ts2 | 9 | |
| | Ts3 | 10 | |
| | Ts4 | 10 | |

Keterangan nilai preferensi:

- 0 : tersedia waktu mengajar, semakin kecil semakin lebih disukai oleh dosen
 10 : tidak tersedia waktu mengajar

Tabel 6: Dekoding Partikel Array sebagai Jadwal Mata Kuliah

| | | Ruang 1 | Ruang 2 | Ruang 3 | Ruang 4 |
|--------|-----|---------|---------|---------|---------|
| Senin | Ts1 | | | | |
| | Ts2 | | | | |
| Selasa | Ts1 | | | | |
| | Ts2 | | | | |
| Rabu | Ts1 | | | | |
| | Ts2 | | | | |
| Kamis | Ts1 | | | | |
| | Ts2 | | | | |
| Jumat | Ts1 | | | | |
| | Ts2 | | | | |

batasan lunak, yang dirumuskan sebagai fungsi objektif sebagai mana pers. 5.

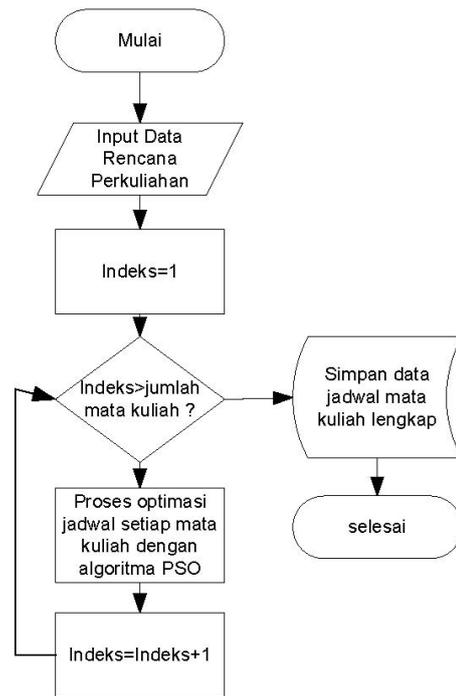
$$\min TD = \sum_{j=1}^{time_slot} \sum_{i=1}^{N_ruang} DSV_{ij} \quad (5)$$

dengan DSV : *Dissatisfaction* yang merupakan nilai aktivasi dari batasan mutlak dan batasan lunak yang dihasilkan dari posisi sebuah mata kuliah yang dijadwalkan. Jika sebuah batasan tidak terpenuhi maka nilai aktivasi batasan tersebut sama dengan satu, dan sebaliknya jika sebuah batasan dapat dipenuhi maka nilai aktivasi batasan tersebut sama dengan nol.

Batasan-batasan mutlak yang digunakan pada penjadwalan ini adalah :

1. Seorang dosen tidak dapat mengajar lebih dari satu mata kuliah dalam waktu yang sama.
2. Sekelompok mahasiswa (dengan tingkatan/semester yang sama) tidak dapat dijadwalkan mengikuti kuliah lebih dari satu dalam waktu yang sama.
3. Hanya satu mata kuliah yang dapat diselenggarakan di suatu ruang kuliah pada slot waktu yang sama.
4. Kapasitas ruang kuliah harus mampu menampung sejumlah mahasiswa yang akan mengambil suatu mata kuliah yang dilaksanakan di ruang tersebut.

Sedangkan batasan lunak yang digunakan adalah preferensi dosen pengampu mata kuliah dalam memilih waktu mengajar. Batasan ini dihitung dengan nilai ketidakpuasan dosen pengampu mata kuliah sebagaimana tabel 5 terhadap sebuah jadwal mata kuliah. Pada awal perencanaan kuliah, setiap dosen diminta mengisi form seperti pada tabel 5 tersebut. Setiap kandidat solusi berupa posisi mata kuliah dalam sebuah jadwal dilakukan evaluasi nilai TD (*total dissatisfaction*) seperti pers. 5. Setiap batasan akan dicek satu per satu, jika batasan tersebut tidak dipenuhi maka akan menambah nilai TD. Batasan mutlak diberi bobot lebih besar dari batasan lunak, yaitu masing-masing aktivasi batasan mutlak dikalikan sepuluh sedangkan batasan lunak dikalikan 0,1. Hal ini dilakukan agar semua batasan mutlak dapat dipenuhi terlebih dahulu, baru kemudian meminimalkan batasan lunak. Solusi yang memenuhi adalah yang memiliki nilai TD minimal. Alur program penjadwalan otomatis dengan PSO yang dirancang pada penelitian ini disajikan pada gambar 3.



Gambar 3: Diagram alir penjadwalan mata kuliah berbasis algoritma PSO

4 Hasil dan Pembahasan

Perancangan model penjadwalan otomatis berbasis PSO tersebut selanjutnya diuji untuk melakukan penjadwalan mata kuliah dengan studi kasus mata kuliah semester genap tahun akademik 2012/2013 di Jurusan Teknik Elektro UII sebanyak 60 mata kuliah dengan time-slot yang tersedia setiap hari sebanyak 12 time-slot yang dimulai pada pukul 07.00 dan berakhir pada pukul 17.30, dengan masing-masing time-slot berdurasi 50 menit (satu SKS). Jumlah ruang yang digunakan adalah sepuluh ruang. Kelompok mahasiswa dibagi dalam kelompok semester dan kelasnya sebagai mana dirangkum pada tabel 5, sedangkan Tabel 8 menyajikan sampel data input yang digunakan dalam proses penjadwalan otomatis berbasis PSO.

Berdasarkan hasil pengujian sebanyak empat kali diperoleh total aktivasi fungsi objektif untuk semua mata kuliah sebagaimana disajikan pada tabel 9. Dari data pada tabel tersebut dilihat bahwa total aktivasi untuk semua mata kuliah yang sudah dijadwalkan berkisar dua. Hal ini menunjukkan jadwal memenuhi batasan mutlak yang berupa persyaratan yang bersifat wajib dan meminimalkan batasan lunak yang dimiliki oleh posisi setiap mata ku-

Tabel 7: Pengelompokan mahasiswa peserta kuliah

| Kode Kelompok Mahasiswa | Keterangan |
|-------------------------|---|
| "2a" | semester 2 kelas a |
| "2b" | semester 2 kelas b |
| "4a" | semester 4 kelas a |
| "4b" | semester 4 kelas b |
| "6a" | semester 6 umum |
| "6e" | semester 6 konsentrasi elektronika |
| "6k" | semester 6 konsentrasi kendali |
| "6t" | semester 6 konsentrasi telekomunikasi |
| "8a" | semester 8 dan pilihan umum |
| "8t" | semester 8 pilihan konsentrasi telekomunikasi |

Tabel 8: Data input yang digunakan untuk penjadwalan otomatis dengan algoritma PSO

| Mata Kuliah | Dosen | Kelompok Mahasiswa | SKS | Jumlah Peserta |
|-------------|-------|--------------------|-----|----------------|
| "Fisika II" | "BA" | "2a" | 3 | 60 |
| "Fisika II" | "BA" | "2b" | 3 | 60 |
| "TrnDaya" | "BA" | "8a" | 3 | 40 |
| "Rlistrik" | "WB" | "2a" | 2 | 60 |
| "Rlistrik" | "WB" | "2b" | 2 | 60 |
| "Eprofesi" | "WB" | "6a" | 2 | 60 |
| "Kwiraus" | "WB" | "6a" | 2 | 60 |
| "ManjEner" | "WB" | "8a" | 3 | 40 |
| "SCADA" | "WB" | "8a" | 3 | 40 |
| "Sismik" | "TB" | "4a" | 2 | 60 |
| "Sismik" | "TB" | "4b" | 2 | 60 |
| "Aljabar" | "DA" | "2a" | 2 | 60 |
| "Aljabar" | "DA" | "2b" | 2 | 60 |

Tabel 9: Nilai total fungsi objektif (Pers. 5) pada percobaan I - IV

| Percobaan ke | I | II | III | IV |
|------------------------------|-----|------|------|--------|
| Total nilai aktivasi batasan | 2,2 | 2,15 | 2,25 | 2,25 |
| Rata-rata total | | | | 2,2125 |
| Varians | | | | 0,0023 |

Tabel 10: Output hasil penjadwalan otomatis dengan algoritma PSO

| Hari | Jam | 105 | 106 | 205 | 206 | 210 | 212 | 214 | 304 | 305 |
|--------|-------------|------------|---------|-----------|----------|---------|----------|----------|------------|------------|
| Senin | 07.00-07.50 | | PSD | | TopikKss | | | | | |
| Senin | 07.50-08.40 | | PSD | | TopikKss | | | | | |
| Senin | 08.40-09.30 | | PSD | | TopikKss | | | | | Kwarga |
| Senin | 09.30-10.20 | Fisika II | | Broadcast | | | DSK | PSE | | Kwarga |
| Senin | 10.20-11.10 | Fisika II | | Broadcast | | Probst | DSK | PSE | | |
| Senin | 11.10-12.00 | Fisika II | | Broadcast | | Probst | DSK | PSE | | |
| Senin | 12.30-13.20 | | | RekTrafik | PerSD | | | | | DSR Elektr |
| Senin | 13.20-14.10 | | | RekTrafik | PerSD | | | | | DSR Elektr |
| Senin | 14.10-15.00 | | | | PerSD | | | | DSR Elektr | |
| Senin | 15.00-15.50 | | | | PASK | | | | DSR Elektr | |
| Senin | 15.50-16.40 | | | | PASK | | | | | |
| Senin | 16.40-17.30 | | | | PASK | | | | | |
| Selasa | 07.00-07.50 | | | | TrnDaya | | | | | |
| Selasa | 07.50-08.40 | | | | TrnDaya | | | | | |
| Selasa | 08.40-09.30 | | | | TrnDaya | | | | | |
| Selasa | 09.30-10.20 | | | | | | | | | |
| Selasa | 10.20-11.10 | | | | PablC | | | | | PPI |
| Selasa | 11.10-12.00 | | | | PablC | | | | | PPi |
| Selasa | 12.30-13.20 | | | | | | | | | Ekotek |
| Selasa | 13.20-14.10 | | | | | | | | | Ekotek |
| Selasa | 14.10-15.00 | | | | | | | | | |
| Selasa | 15.00-15.50 | | | | | | | | | Multimed |
| Selasa | 15.50-16.40 | | | | | Sismik | | | | Multimed |
| Selasa | 16.40-17.30 | | | | | Sismik | | | | Multimed |
| Rabu | 07.00-07.50 | SCADA | | | Ibadah | Elkands | Jarkom | | | Tinstrumen |
| Rabu | 07.50-08.40 | SCADA | | | Ibadah | Elkands | Jarkom | | | Tinstrumen |
| Rabu | 08.40-09.30 | SCADA | Aljabar | | | Elkands | Jarkom | Ibadah | | Tinstrumen |
| Rabu | 09.30-10.20 | Tinstrumen | Aljabar | | | Radar | | Ibadah | | ManajEner |
| Rabu | 10.20-11.10 | Tinstrumen | | | | Radar | | | | ManajEner |
| Rabu | 11.10-12.00 | Tinstrumen | | | | Radar | | | | ManajEner |
| Rabu | 12.30-13.20 | | | PIS | | | | RegTelkm | ElkaDaya | |
| Rabu | 13.20-14.10 | | | PIS | | | | RegTelkm | ElkaDaya | |
| Rabu | 14.10-15.00 | | | PIS | | Probst | Rlistrik | RegTelkm | ElkaDaya | |

liah. Data pengujian pada tabel 9, juga menunjukkan bahwa optimasi yang dilakukan dengan algoritma PSO menghasilkan solusi yang terletak di sekitar titik optimum global. Hal ini ditunjukkan oleh nilai fungsi objektif (pers. 5) yang kecil variasinya yaitu sebesar 0,0023 dengan rata-rata sebesar 2,2125. Nilai total fungsi objektif yang bernilai kurang dari 10 tersebut menunjukkan bahwa semua batasan mutlak dapat dipenuhi, dan batasan lunak diminimalkan. Output hasil penjadwalan secara otomatis dengan algoritma PSO adalah tabel jadwal lengkap untuk keenampuluh mata kuliah, yang mana sampelnya disajikan pada tabel 10.

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa model penjadwalan kuliah otomatis berbasis PSO dapat digunakan sebagai alat bantu pembuatan jadwal yang menghasilkan tabel jadwal yang memenuhi semua kriteria yang bersifat wajib dan dapat mengakomodasi preferensi dosen dalam memilih waktu mengajar. Model ini sangat membantu tugas penjadwalan yang cukup rumit sehingga tugas penjadwalan dapat di-

lakukan secara otomatis dalam waktu yang lebih cepat. Pada penelitian ini digunakan studi kasus penjadwalan mata kuliah di sebuah jurusan/program studi. Pada beberapa universitas, jurusan/program studi yang berada di satu fakultas yang sama menggunakan fasilitas ruang secara bersama-sama untuk kegiatan perkuliahan. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut tentang implementasi model penjadwalan mata kuliah otomatis ini di tingkat fakultas yang mencakup kurikulum dari beberapa jurusan/program studi perlu dilakukan untuk mengetahui efektifitas dari model ini.

Daftar Pustaka

- Aldasht, M.M., Saheb, M., Najjar, Tamimi, M.H., Takruri, T.O. (2005). University Course Scheduling Using Parallel Multi-Objective Evolutionary Algorithms. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, www.jatit.org, 129-136.
- Amirthagadeswaran, K. S. , Arunachalam, V. P., (2006). Improved solutions for job shop scheduling problems through genetic algorithm with a different method of schedule de-

- duction. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 532-540.
- Chaudhuri Arindam, De Kajal. (2010). Fuzzy Genetic Heuristic for University Course Timetable Problem. *International Journal of Advances in Soft Computing and Its Applications*, 100 -123.
- Dorigo, M., and Stutzle, T. (2004). *Ant Colony optimization*. London, England: MIT Press Cambridge.
- Haupt, R.L., Haupt, S.E. (2004). *Practical Genetic Algorithm*, Second Edition. Wiley.
- Jamnezhad, M.E., Javidan, R., Dezfouli, M.A. (2011). Optimization of timetabling structures based on evolutionary algorithms. *5th Symposium on Advances in Science and Technology (5thsastech)* Mashhad, Iran.
- Kennedy J. & Eberhart R. (Nov. 1995). Particle Swarm Optimization. *International Conference on Neural Networks*, vol. 4, Nov 1995, 1942-1948.
- Oner, A., Ozcan, S., Dengi, D. (2011). Optimization Of University Course Scheduling Problem With A Hybrid Artificial Bee Colony Algorithm. *Evolutionary Computation (CEC)*, 2011 IEEE Congress on, 339-345.
- Pinedo, M. L. (2012). *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*. New York: Springer.
- Xia, W., Wu, Z. (2006). A hybrid particle swarm optimization approach for the job-shop scheduling problem. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 360366.
- Yu, J. (2006). Scheduling of an assembly line with a multi-objective genetic algorithm. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 551-555.