

## Optimasi Penjadwalan Perkuliahan Menggunakan Metode *Harmony Search*

Abd. Rahman<sup>1)</sup>, Eko Mulyanto Yuniarno<sup>2)</sup>, I Ketut Eddy Purnama<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Elektro

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Kampus ITS Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111

e-mail: <sup>1)</sup>rahman13@mhs.ee.its.ac.id, <sup>2)</sup>ekomulyanto@ee.its.ac.id, <sup>3)</sup>ketut@te.its.ac.id

**Abstrak** : Penjadwalan perkuliahan pada suatu perguruan tinggi adalah kegiatan rutin tiap semester dan merupakan suatu proses untuk menerapkan event yang berisi komponen mata kuliah dan kelas pada time slot yang berisi komponen waktu dan ruang. Permasalahan yang sering terjadi dalam kegiatan penjadwalan adalah terjadinya pertentangan antara jadwal yang satu dengan yang lain. Salah satu metode untuk menyelesaikan permasalahan tersebut ialah dengan menggunakan bantuan kecerdasan buatan atau Artificial Intelligence (AI). Salah satu metode dalam AI yang dianggap dapat memberikan solusi atas permasalahan penjadwalan ialah Harmony Search. Harmony Search merupakan suatu wilayah ilmu komputer yang mendasarkan algoritmanya pada musik. Data yang digunakan adalah data perkuliahan pada Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya dan Jurusan Tarbiyah STAIN Palopo. Penelitian ini berhasil mewujudkan penjadwalan perkuliahan yang terbebas dari semua batasan *hard constraints*. Begitupun untuk *soft constraints* prioritas dosen, hal ini ditunjukkan dengan nilai evaluasi terkecil sebesar 0,07 dan nilai pelanggaran sebesar 0. Tetapi untuk *soft constraints* batasan waktu mengajar terdapat pelanggaran tertinggi sebesar 10,95%. Jumlah waktu komputasi yang digunakan ialah selama 68 menit.

Kata kunci: Optimasi, Penjadwalan, Metaheuristik, *Harmony Search*.

**Abstract:** Scheduling of lectures at a university is a regular activity of each semester and is a process to implement the event that contains the component courses and classes on time slot that contains the components of time and space. Problems often occur in scheduling activities are conflicts between schedules with each other. One method to solve these problems is to use the help of Artificial Intelligence (AI). One method in AI which is considered to provide a solution to the scheduling problem is Harmony Search. The data used is lecture data at the Department of Electrical Engineering ITS Surabaya and Department of Tarbiyah STAIN Palopo. This study successfully realize the scheduling lecture, which is free from all the constraints of hard constraints and soft constraints of lecturer priority indicated by the smallest evaluation value of 0.07. The number of violations is 0. But for the soft constraints of the teaching time limit was violated by maximum of 10.95%. The computing time used are 68 minutes.

Keywords: Optimization, Scheduling, metaheuristic, Harmony Search

### I. Pendahuluan

#### A. Latar Belakang

Pengaturan jadwal perkuliahan di suatu perguruan tinggi merupakan suatu hal yang sangat penting, karena pelaksanaan kegiatan perkuliahan melibatkan banyak aspek yang saling berkaitan satu sama lain dan masing-masing memiliki prioritas yang berbeda-beda. Aspek-aspek yang menjadi bahan pertimbangan dalam penjadwalan antara

lain adalah jumlah mahasiswa, dosen, waktu, ruangan serta persyaratan-persyaratan lainnya.

Proses kegiatan belajar mengajar pada sebuah perguruan tinggi tidak dapat lepas dari faktor penjadwalan perkuliahan. Semakin bagus sistem penjadwalan perkuliahan, maka akan semakin teratur dan optimal pula proses belajar mengajar pada perguruan tinggi tersebut. Namun pada kenyataannya untuk menyusun sebuah penjadwalan perkuliahan,

bukanlah sebuah pekerjaan yang tergolong mudah. Ada banyak kendala yang bisa menyulitkan pembuatan jadwal.

Faktor lain yang turut mempersulit penjadwalan perkuliahan ialah terdapat keterbatasan dosen pengampuh sementara mata kuliah yang diajarkan cukup banyak, ruang kelas yang terbatas dan penambahan kelas baru seiring dengan penambahan jumlah mahasiswa setiap tahunnya. Karena prosesnya masih serba manual dan diperparah lagi dengan tingkat ketelitian yang kurang konsisten sehingga menyebabkan jadwal yang dihasilkan menjadi kurang sempurna. Hal ini disebabkan karena masih adanya pelanggaran-pelanggaran terhadap persyaratan yang ada, misalnya jadwal yang bentrok ruang kelasnya atau jam mengajarnya, dosen yang mengajar berhalangan hadir dan lain-lain.

Sistem penjadwalan kuliah di beberapa institusi perguruan tinggi sampai saat ini masih dilakukan secara manual, yaitu dengan pencarian blok-blok atau kolom-kolom mana saja yang masih kosong, kemudian menempatkan jadwal pada blok atau kolom tersebut. Jadwal yang dihasilkan dengan cara seperti ini memerlukan waktu yang cukup lama dan cenderung mengabaikan berbagai aspek tersebut. Sehingga jadwal kuliah dan ujian yang sudah dibuat seringkali perlu dilakukan perbaikan lagi. Oleh karena itu perlu dikembangkan suatu sistem penjadwalan kuliah dan ujian yang dapat mengakomodasi berbagai aspek yang menjadi pertimbangan diatas.

Sebelumnya telah pernah dilakukan penelitian tentang penjadwalan perkuliahan antara lain seperti yang dilakukan oleh Heni Rachmawati [11]. Penelitian dilakukan dengan menggunakan teknik pewarnaan graph dengan algoritma koloni lebah.

Begitupun dengan penelitian tentang penerapan algoritma *harmony search*, telah pernah dilakukan oleh Indra Aulia [13]. Penelitian dilakukan dengan menerapkan algoritma *harmony search* dalam penyelesaian masalah penjadwalan flowshop.

Pada paper ini dilakukan penelitian yang hasil akhirnya nanti dapat digunakan sebagai solusi untuk mengatasi kesulitan dalam hal

pembuatan jadwal perkuliahan. Dalam penelitian ini, digunakan algoritma *Harmony Search* sebagai metode optimasi penjadwalan.

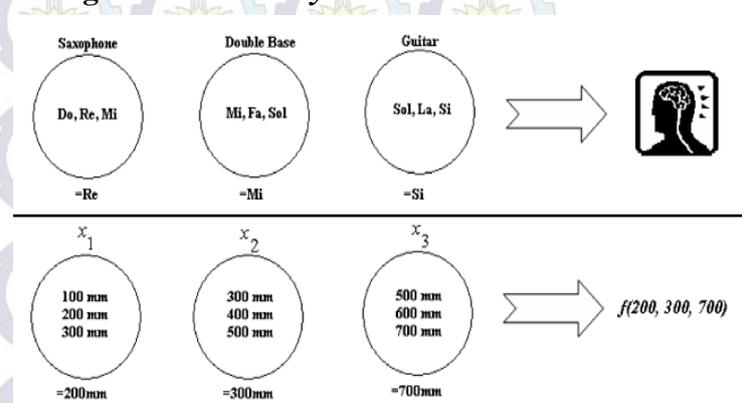
*Harmony Search* termasuk pendekatan metaheuristik yang mendasarkan algoritmanya pada musik. Ada analogi antara musik dengan segala perangkatnya dengan permasalahan optimasi. Misalnya, setiap alat musik berkaitan dengan variabel keputusan, nada musik berkaitan dengan nilai variabel, harmoni berhubungan dengan vektor solusi. Seperti seorang musisi yang memainkan musik tertentu, berimprovisasi memainkan nada secara random atau berdasarkan pengalaman untuk menemukan harmoni yang indah, variabel dalam *Harmony Search* mempunyai nilai random atau nilai yang didapat dari iterasi (memory) dalam usaha mendapatkan solusi optimal.. Hal inilah yang kemudian diibaratkan sebagai suatu solusi optimum dari sebuah permasalahan optimasi dalam hal ini penyusunan jadwal perkuliahan[1]. Dengan menggunakan algoritma *Harmony Search* diharapkan dapat diperoleh jadwal yang optimal yaitu kondisi kombinasi terbaik dalam penjadwalan tersebut.

## B. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan suatu sistem penjadwalan perkuliahan yang optimal dengan menggunakan algoritma *Harmony Search* sebagai teknik optimasinya.

## II. Analisis dan Pembahasan

### A. Algoritma *Harmony Search*



Gambar 1. Struktur Algoritma *Harmony Search*[13]

Pada Gambar 1, setiap pemain musik (saxophonist, double bassist dan gitarist) merepresentasikan suatu *decision variable* ( $x_1$ ,  $x_2$ , dan  $x_3$ ). Kumpulan bunyi yang dihasilkan oleh setiap instrumen musik (saxophone = {Do, Re, Mi}); double bass = {Mi, Fa, Sol}; gitar = {Sol, La, Si}) menyatakan rentang nilai variabel ( $x_1 = \{100, 200, 300\}$ ;  $x_2 = \{300, 400, 500\}$ ;  $x_3 = \{500, 600, 700\}$ ). Sebagai contoh, misalnya saxophonist mengeluarkan bunyi Re, double bassist membunyikan Fa dan gitarist mengeluarkan bunyi La, maka ketiganya membangun suatu harmoni baru (Re, Fa, La). Jika harmoni ini lebih indah dibandingkan harmoni saat ini, maka harmoni baru ini dipertahankan. Harmoni yang diperoleh tersebut dalam dunia optimasi disebut dengan solusi yang direpresentasikan dalam bentuk dimensi vektor solusi.

Berdasarkan konsep diatas, algoritma *Harmony Search* terdiri atas lima tahapan, yakni :

1. Inisialisasi paramater *Harmony Search* Minimasi (atau maksimasi)  $f(x)$  dengan  $x_i \in X_i, i = 1, 2, \dots, N$  dimana :
    - $f(x)$  adalah suatu fungsi objektif
    - $x_i$  adalah variabel keputusan ke  $i$
    - $X_i$  adalah himpunan variabel keputusan
    - $N$  merupakan jumlah variabel keputusan
    - Parameter-parameter yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :
      - a) *Harmony Memory Size* (HMS) adalah banyaknya vektor solusi yang terbentuk
      - b) *Harmony Memory Consideration Rate* (HMCR) bernilai  $0 \leq HMCR \leq 1$ . Umumnya berkisar antara 0,7 sampai 0,99
      - c) *Pitch Adjustment Rate* (PAR) bernilai  $0 \leq PAR \leq 1$ . Umumnya berkisar antara 0,1 sampai 0,5
      - d) Kriteria berhenti, adalah banyaknya iterasi untuk melakukan improvisasi.
  2. Inisialisasi *Harmony Memory* (HM)
- Persamaan 1 merepresentasikan inisialisasi HM yang didapatkan dengan

membangkitkan variabel keputusan  $x_i$  secara acak sehingga membentuk vektor solusi  $X_i$ . Kemudian hitung nilai fungsi objektif  $f(x)$  masing-masing vektor solusi.

$$HM = \begin{bmatrix} x_1^1 & x_2^1 & x_3^1 & \dots & x_{N-1}^1 & x_N^1 \\ x_1^2 & x_2^2 & x_3^2 & \dots & x_{N-1}^2 & x_N^2 \\ \vdots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1^{HMS-1} & x_2^{HMS-1} & x_3^{HMS-1} & \dots & x_{N-1}^{HMS-1} & x_N^{HMS-1} \\ x_1^{HMS} & x_2^{HMS} & x_3^{HMS} & \dots & x_{N-1}^{HMS} & x_N^{HMS} \end{bmatrix} \quad (1)$$

dimana masing-masing vektor solusi (tiap baris) akan dievaluasi nilai fungsinya

$$f(x) = \begin{bmatrix} f(x^1) \\ f(x^2) \\ \vdots \\ f(x^{HMS-1}) \\ f(x^{HMS}) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Dalam penelitian ini, anggota dari himpunan variabel keputusan merupakan representasi dari banyaknya mata kuliah yang akan diproses. Sebagai contoh, jika terdapat 6 mata kuliah yang akan diproses pada 5 slot waktu, maka himpunan variabel keputusan yang terbentuk adalah  $X = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ . Sehingga inisialisasi HM yang mungkin terbentuk adalah sebagai berikut :

$$HM = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 1 & 4 & 5 \\ 1 & 4 & 2 & 3 & 5 \\ 4 & 1 & 3 & 2 & 5 \\ 3 & 1 & 4 & 5 & 2 \end{bmatrix}$$

Setelah didapat vektor solusi sebanyak HMS yakni banyaknya baris dari HM, maka selanjutnya hitunglah nilai fungsi objektif masing-masing vektor tersebut.

3. Improvisasi harmoni baru

Improvisasi harmoni dilakukan dengan pembangkitan harmoni baru  $x_i$  sehingga membentuk vektor solusi baru  $x' = (x'_1, x'_2, \dots, x'_N)$ . Pembangkitan harmoni baru tersebut dilakukan dengan dua aturan yaitu :

a. *Harmony memory consideration*

Pada tahap ini nilai variabel keputusan  $x'$  dipilih secara acak dari variabel-variabel mana saja yang tersimpan dalam HM  $(x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^{HMS})$  dengan probabilitas  $x'$ .

Pembangkitan variabel keputusan yang tidak berada pada HM, maka akan dipilih secara acak dari himpunan variabel  $x'$  dengan probabilitas  $1 - HMCR$ . Pembangkitan variabel keputusan baru pada tahap ini seperti pada Persamaan 3

$$x'_i = \begin{cases} x_i \in \{x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^{HMS}\} & HMCR \\ x_i \in X_i & HMCR - 1 \end{cases} \quad (3)$$

b. *Pitch adjustment*

Tahap ini merupakan tahap penyesuaian variabel keputusan baru  $x_i$  yang dihasilkan pada tahap *harmony memory consideration*. Variabel keputusan tersebut akan disesuaikan dengan variabel-variabel tetangganya dengan probabilitas  $HMCR \times PAR$ . Variabel keputusan  $x_i$  yang dihasilkan oleh *harmony memory consideration* dipertahankan dengan probabilitas  $HMCR \times (1 - PAR)$

4. Update HM

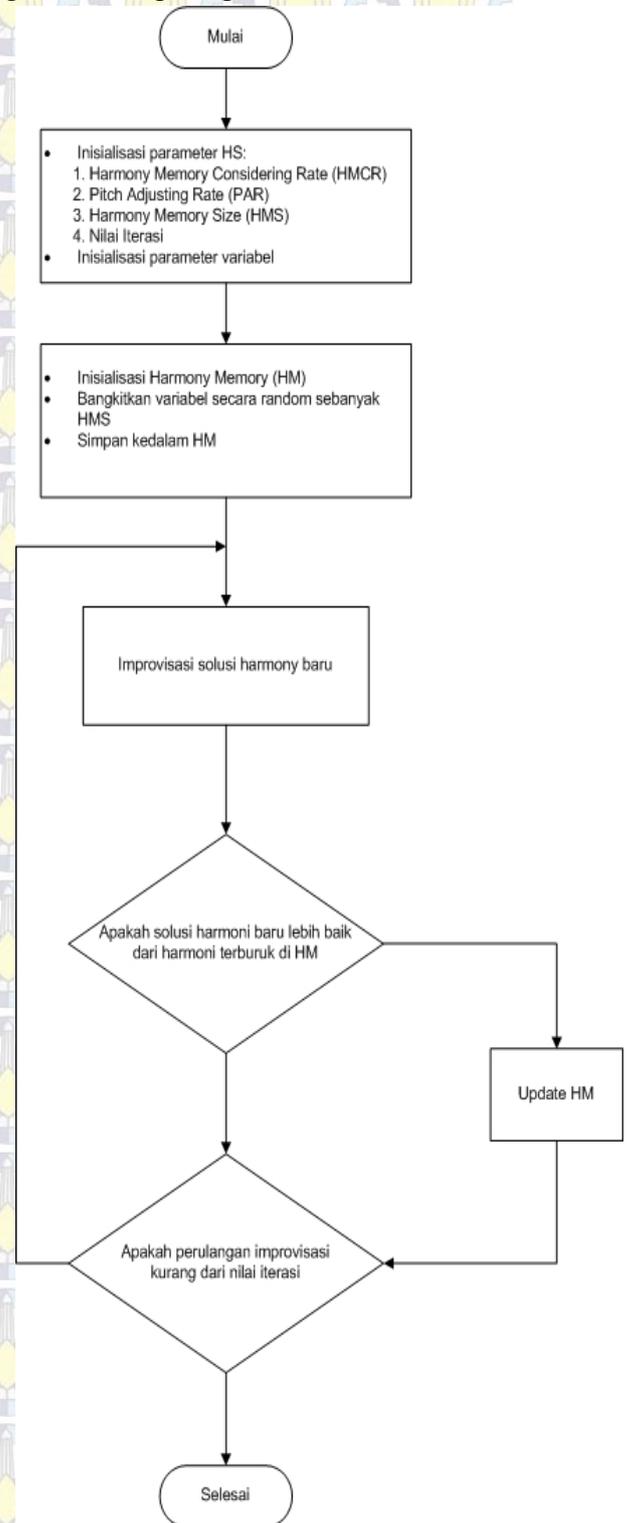
Nilai fungsi objektif dari vektor solusi baru nilainya buruk daripada vektor-vektor yang ada pada HM, maka vektor-vektor solusi dalam HM tetap dipertahankan.

5. Kriteria berhenti

Kriteria berhenti menentukan banyaknya proses pembangkitan solusi

baru dan memperbarui HM. Apabila kriteria berhenti terpenuhi maka proses iterasi akan berhenti.

Dari keseluruhan tahapan yang telah diuraikan diatas, dapat dituangkan kedalam diagram alir seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Algoritma Harmony Search [5]

## B. Pengujian

Untuk menguji unjuk kerja sistem, uji coba dilakukan dengan melihat hasil dari beberapa kriteria sebagai berikut :

1. Persentase perkuliahan yang berhasil dijadwalkan.
2. Persentase pelanggaran terhadap *hard constraints*.
3. Persentase pelanggaran terhadap *soft constraints*.
4. Waktu komputasi yang digunakan untuk menghasilkan solusi.

Adapun data yang digunakan sebagai bahan untuk pengujian ialah sebagai berikut :

1. Data kelompok A; Data perkuliahan Jurusan Teknik Elektro ITS semester gasal tahun akademik 2010/2011. Terdiri dari 206 perkuliahan, 15 ruang dan 98 orang dosen. Terdapat 9 slot waktu dalam sehari, hari perkuliahan senin sampai jumat.
2. Data kelompok B; Data perkuliahan Jurusan Teknik Elektro ITS semester genap tahun akademik 2013/2014. Terdiri dari 193 perkuliahan, 17 ruang dan 73 orang dosen. Terdapat 10 slot waktu dalam sehari, hari perkuliahan senin sampai jumat.
3. Data kelompok C; Data perkuliahan Jurusan Tarbiyah STAIN Palopo semester genap tahun akademik 2013/2014. Terdiri dari 332 perkuliahan, 17 ruang dan 109 orang dosen. Terdapat 8 slot waktu dalam sehari, hari perkuliahan senin sampai sabtu.

Faktor yang sangat menentukan dalam penjadwalan ialah batasan (*constraints*), terbagi atas *constraints* yaitu batasan yang tidak boleh dilanggar dan *soft constraints* yaitu batasan yang boleh dilanggar tetapi sedapat mungkin dihindari (diminimalisir). Dalam penelitian ini yang menjadi *hard constraints* adalah sebagai berikut :

1. Tidak ada dosen yang mengajar lebih dari satu mata kuliah pada waktu yang bersamaan (H1).
2. Tidak ada dosen yang berada pada lebih dari satu ruangan pada waktu yang bersamaan (H2).
3. Sebuah ruangan hanya dapat digunakan oleh satu kelas pada satu waktu tertentu

(H3).

Sedangkan yang ditetapkan sebagai *soft constraints* ialah sebagai berikut :

1. Diusahakan untuk mengakomodir permintaan dosen untuk tidak mengajar pada waktu-waktu tertentu (C1).
2. Diusahakan seorang dosen tidak mengajar lebih dari dua kali dalam sehari (C2).

Pengujian dilakukan pada komputer laptop dengan spesifikasi prosesor Intel Core i5 2,30 GHz dan RAM sebesar 4 GB. Menggunakan bantuan program aplikasi yang dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi. Sedangkan untuk pengelolaan *database* menggunakan MySql ver. 5.0.65.

Proses penjadwalan dilakukan oleh program aplikasi tersebut dengan mengkalkulasi data-data masukan seperti data dosen, data mata kuliah, dan data kelas. Data tersebut disimpan dalam masing-masing tabel data base. Kemudian oleh program aplikasi diambil dan dimasukkan kedalam matriks dengan dimensi kolom mewakili ruang dan baris mewakili *time slot*. Matriks tersebut kemudian dihitung dengan menggunakan prinsip-prinsip algoritma *harmony search* seperti yang telah diuraikan di bagian sebelumnya. Tujuan dari perhitungan yang dilakukan ialah untuk menghasilkan susunan vektor matriks dengan nilai fungsi objektif yang seminimal mungkin atau dengan kata lain untuk menghasilkan sebuah vektor solusi yang paling *feasible*.

Masing-masing kelompok data diuji sebanyak dua kali, nilai parameter HMCR yang digunakan untuk semua kelompok data ditetapkan sama yaitu 0,7. Begitupun dengan nilai NI ditetapkan sama yakni 50. Untuk HMS ditetapkan sesuai dengan jumlah baris di tiap kelompok data yakni untuk kelompok data A sebesar 45, kelompok data B sebesar 50 dan kelompok data C sebesar 48. Sedangkan untuk nilai PAR untuk semua kelompok data ditetapkan sebesar 0,3 untuk pengujian pertama dan 0,2 untuk pengujian kedua.

Dari pengujian yang dilakukan, akhirnya didapatkan persentase pelanggaran pada masing-masing *constraints*, seperti diuraikan pada Tabel 1.

No	Ujicoba	Persentase Pelanggaran (%)				
		H1	H2	H3	C1	C2
1	Data A (I)	0	0	0	0	5,10
2	Data A (II)	0	0	0	0	5,10
3	Data B (I)	0	0	0	0	10,95
4	Data B (II)	0	0	0	0	10,95
5	Data C (I)	0	0	0	0	5,50
6	Data C (II)	0	0	0	0	5,50

Tabel 1. Persentase Pelanggaran *Constraints*

Pengujian yang dilakukan terhadap masing-masing kelompok data menghasilkan waktu komputasi yang berbeda-beda seperti diuraikan pada Tabel 2. Pada Tabel 2 juga diuraikan persentase perkuliahan yang berhasil dijadwalkan.

No	Ujicoba	Waktu Komputasi	Perkuliahan Terjadwal
1	Data A (I)	52 menit	100%
2	Data A (II)	63 menit	100%
3	Data B (I)	56 menit	100%
4	Data B (II)	68 menit	100%
5	Data C (I)	87 menit	100%
6	Data C (II)	98 menit	100%

Tabel 2. Jumlah Waktu Komputasi dan Persentase Perkuliahan Terpasang

### III. Penutup

#### A. Kesimpulan

1. Metode *Harmony Search* dapat digunakan untuk penyelesaian masalah penjadwalan perkuliahan.
2. Metode *Harmony Search* berhasil memberikan solusi optimum tanpa ada satupun pelanggaran *hard constraints*. Pelanggaran *soft constraints* hanya terdapat pada *soft constraints* C2 sebesar 10,95% dari jumlah dosen sebanyak 73 orang.
3. Parameter PAR dan HMS mempengaruhi lamanya waktu komputasi yang dibutuhkan untuk menghasilkan solusi

#### B. Saran

1. Mencoba penambahan *constraints* lain, sehingga dapat menghasilkan sistem yang lebih optimal.
2. Mencoba metode optimasi yang lain, yang nantinya dapat dibandingkan dengan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budi Santosa, Paul Willy. 2011. *Metoda Heuristik, Konsep dan Implementasi*. Guna Widya. Surabaya.
- [2] Suyanto. 2007. *Artificial Intelligence; Searching, Reasoning, Planning and Learning*. Informatika. Bandung.
- [3] Anita Desiani, Muhammad Arhami. 2006. *Konsep Kecerdasan Buatan*. Andi Offset. Yogyakarta.
- [4] Zong Woo Geem, Joong Hoo Kim, G.V. Loganathan 2001. *A New Heuristic Optimization Algorithm: Harmony Search*. in Simulation vol. 76 no. 2 hal. 60-68 Auburn.
- [5] M. Mahdavi, M. Fesanghary. E. Damangir. 2007. *An Improved Harmony Search Algorithm for Solving Optimization Problems*. in Applied Mathematics and Computation vol. 188. hal. 1567-1579.
- [6] Teddy. 2009. *Penyelesaian Penjadwalan Kuliah Sebagai Constraint Satisfaction Problem dengan Genetic Algorithm*. Tesis Magister. Fasilkom UI. Jakarta
- [7] Sri Kusumadewi, Hari Purnomo. 2005. *Penyelesaian Masalah Optimasi dengan Teknik-teknik Heuristik*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [8] Thomas Sri Widodo. 2011. *Komputasi Evolusioner*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [9] Jaco Fourie, Richard Gree, Zong Woo Geem. 2013. *Generalised Adaptive Harmony Search: A Comparative Analysis of Modern Harmony Search*, in Journal of Applied Mathematics Vol. 2013 ed. Xin-She Yang. New York.
- [10] Komang Setemen. 2008. *Kombinasi Algoritma Genetika dan Tabu Search dalam Penyusunan Jadwal Kuliah*. ITS. Surabaya.
- [11] Heni Rachmawati. 2012. *Analisis Penyelesaian Masalah Penjadwalan Kuliah Menggunakan Pewarnaan Graph oleh Algoritma Koloni Lebah dengan Parameter Soft Constraints Prioritas Dosen*. ITS. Surabaya.
- [12] Dwi Ana Ratna Wati, Yuli Agusti

Rochman. 2008. *Model Penjadwalan Matakuliah Secara Otomatis Berbasis Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)* UII. Yogyakarta.

[13] Indra Aulia, Erna Budhiarti Nababan, M. Anggia Muchtar. 2012. *Penerapan Harmony Search Algorithm dalam Permasalahan Penjadwalan Flow Shop*. Jurnal Dunia Teknologi Informasi vol. 1 hal. 1-7. Medan.

[14] Niko Sutiono, Ngarap Imanuel Malik, Rojali. 2012. *Automatisasi Timetabling Asisten Pengajar pada Software Laboratory Center menggunakan Harmony Search*. Binus University. Jakarta.

