

PENERAPAN ALGORITMA EVOLUSI DENGAN METODE GENERATION REPLACEMENT PADA APLIKASI PENJADWALAN MATA KULIAH (STUDI KASUS UNIVERSITAS ATMA JAYA MAKASSAR)

Adi Chandra Syarif¹, Farif Hartono Gunawan²

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Atma Jaya Makassar

Alamat e-mail: adi_sjarif@lecturer.uajm.ac.id¹, petrus_farid2000@yahoo.com²

ABSTRACT

Course scheduling problem belongs to the category of NP - hard (Non - deterministic polynomial - time complex). The complexity of solving course scheduling problems give an indication to the limits of the constraints to the problem. The application of evolutionary algorithms with Generation Replacement Methods on Course scheduling problem (Case Study of the University of Atma Jaya Makassar) can give an indication on the problem of scheduling constraints that limit each fakultas at Atma Jaya University, Makassar. Simulation results showed that scheduling constraints limit in any fakultas at the University of Atma jaya Makassar depends on the size of the population space and the number of genes that are raised to fill the space where the population or chromosome problem complexity increases with introduction of restrictions on the scheduling of such sessions , space , semester and fakultas and computational complexity of the problem requires greater resources in line with the increasing restrictions being introduced.

Keywords: *scheduling, courses, algorithm, genetic, problem*

1. PENDAHULUAN

Penjadwalan merupakan salah satu upaya efisiensi yang dilakukan untuk mengatur dan mengelola beragam sumber daya terhadap beragam kegiatan. Permasalahan penjadwalan memiliki peranan penting dalam pengelolaan suatu institusi pendidikan tinggi dimana masalah penjadwalan termasuk permasalahan kompleks yang menjadi bagian penting dari operasinya, salah satu contoh bentuknya adalah permasalahan penjadwalan kegiatan perkuliahan. Dengan sistem penjadwalan yang efisien, penggunaan ruang, waktu dan sumber daya manusia dapat dioptimalkan serta menghindari terjadinya permasalahan tabrakan antara mata kuliah, tenaga pendidik dan waktu yang diakibatkan faktor penentu (constraints).

Universitas Atma Jaya Makassar (UAJM) merupakan salah satu institusi pendidikan tinggi yang berada di kota Makassar. Selama ini, pengaturan jadwal mata kuliah yang telah berjalan pada UAJM dilakukan secara acak berdasarkan hari dan sesi oleh ketua jurusan dan wakil dekan pada

setiap fakultas di setiap awal semester yang menyita banyak waktu dan sumber daya. Kompleksitas permasalahan penjadwalan memiliki perbedaan yang besar antara fakultas. Oleh karena itu, diperlukan suatu bentuk sistem penjadwalan mata kuliah dimana sistem tersebut dapat secara terstruktur membantu menyusun jadwal mata kuliah berdasarkan faktor penentu serta ruang populasi yang ada, dan memungkinkan terjadinya perubahan jadwal yang lebih dinamis, cepat dengan memperhatikan faktor penentu yang sama serta dapat memberikan gambaran kompleksitas permasalahan beban permasalahan terhadap ketersediaan sumber daya terhadap setiap fakultas.

Berdasarkan penjelasan tersebut diatas maka dirumuskan pernyataan permasalahan sebagai berikut: "Bagaimana mengembangkan sistem penjadwalan mata kuliah pada Universitas Atma jaya Makassar yang dapat memberi gambaran akan batasan kendala permasalahan terhadap ketersediaan sumber daya."

Penelitian ini akan dilakukan penerapan prototipe algoritma penjadwalan

mata kuliah yang didasarkan pada algoritma evolusi dengan memperhatikan ruang populasi yang serta faktor penentu yang ada di setiap fakultas pada Universitas Atma Jaya Makassar. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisa sistem penjadwalan mata kuliah, keadaan ruang, sistem pembagian sesi serta ketersediaan tenaga pendidik yang berjalan dan telah diterapkan pada Universitas Atma Jaya Makassar selama ini.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penjadwalan dan Manajemen Waktu

Penjadwalan merupakan manajemen atau pengaturan waktu bagi suatu kegiatan operasi berhubungan dengan pemanfaatan sumber daya seperti pengalokasian fasilitas, peralatan maupun tenaga kerja dengan memutuskan urutan pelaksanaan serta pemanfaatan sumber daya tersebut bagi kegiatan operasi. Penjadwalan yang baik akan memaksimalkan pemanfaatan setiap sumber daya yang ada dalam suatu kegiatan operasi, sehingga penjadwalan merupakan kegiatan yang penting dalam perencanaan dan pengendalian proses. Tahap perencanaan dan tahap implementasi dari kegiatan penjadwalan termasuk masalah manajemen waktu yang kompleks.

Stephen R. Covey dalam bukunya yang berjudul *First thing first: to live, to love, to learn, to leave a legacy*, menawarkan suatu skema kategori untuk berbagai pendekatan manajemen waktu, yaitu:

1. Generasi pertama, pengingat (*reminders*) berdasarkan pada jam dan waktu, tetapi dengan kemungkinan implementasi dengan komputer; dapat digunakan untuk menyiagakan (*alert*) seseorang ketika terdapat suatu tugas yang harus diselesaikan.
2. Generasi kedua, perencanaan (*planning*) dan persiapan (*preparation*) yang didasarkan pada kalender dan buku agenda; termasuk pengaturan tujuan.
3. Generasi ketiga, perencanaan (*planning*), pemrioritasan (*prioritizing*), pengontrolan (*controlling*) (dengan menggunakan suatu agenda personal, yang berbasis kertas, komputer, maupun PDA) aktifitas berdasarkan jadwal harian. Pendekatan ini mengharuskan penggunaan sejumlah waktu untuk mengklarifikasikan nilai dan

prioritas. Terdapat beberapa cara dalam mengatur prioritas, yaitu:

- a) Analisa ABC.
 - b) Analisa Pareto.
 - c) Metode Eisenhower.
 - d) Metode POSEC (*Prioritize by Organizing, Streamlining, Economizing and Contributing*)
4. Generasi keempat, menjadi efisien dan proaktif dalam menggunakan peralatan-peralatan yang ada di atas; penempatan tujuan dan peran sebagai pengaturan elemen dari sistem dan kegiatan yang disukai diatas kepentingan yang mendesak. [1]

Sejalan dengan perkembangan teknologi informasi, efesiensi pendekatan penyelesaian masalah penjadwalan yang kompleks juga terus mengalami peningkatan.

2.2 Penjadwalan Mata Kuliah

Penjadwalan mata kuliah pada pendidikan tinggi merupakan suatu masalah yang sangat kompleks, dimana kompleksitanya dipengaruhi adanya faktor penentu atau kekangan dari beberapa hal seperti jumlah mahasiswa, pertemuan mata kuliah yang banyak, keterbatasan ruang kelas maupun dosen, dan mahasiswa itu sendiri. Umumnya, penjadwalan mata kuliah menyangkut keputusan manusia mengingat penjadwalan ini membutuhkan penghitungan yang intensif, maka diperlukan adanya masalah kekangan kepuasan (*Constraint Satisfaction Problem*).

Pada buku Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilistik, menyebutkan bahwa masalah penjadwalan dapat dianalogikan sebagai permainan puzzle. Ukuran ruang masalah bergantung pada jumlah keping puzzle. Semakin banyak keping, semakin besar ruang masalah pada permainan puzzle, dengan N buah keping adalah permutasi dari N keping tersebut, yakni $R = N!$ (N faktorial), karena urutan keping harus diperhitungkan. [2]

Masalah penjadwalan dapat dianalogikan dengan puzzle, tetapi jumlah keping dan jumlah slot untuk ditempati keping tersebut umumnya berbeda. Ukuran ruang masalah untuk penjadwalan dapat dihitung menggunakan formula:

$$R = \frac{N!}{(N - K)!}$$

Dimana N adalah jumlah slot waktu-dan-ruangan, sedangkan K adalah jumlah pertemuan kuliah (umumnya $K \neq N$). Sebagai contoh jika terdapat 1034 pertemuan kuliah yang ada (keping puzzle) dan 1595 slot waktu-dan-ruangan (yang didapat dari 29 slot waktu per minggu dikali dengan 55 ruangan yang tersedia), maka ukuran ruang masalahnya (jumlah solusi yang mungkin) adalah sebesar:

$$R = \frac{1595!}{(1595 - 1034)!}$$

$$R = 2,52054 \times 10^{3117}$$

2.3 Algoritma Penjadwalan

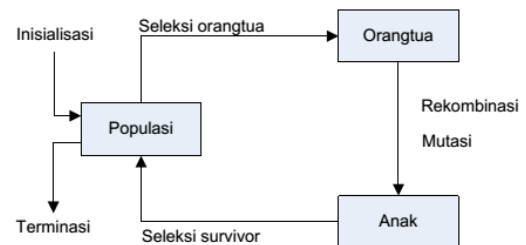
Dalam mengembangkan suatu aplikasi penjadwalan, terdapat beberapa algoritma yang dapat digunakan. Pada penerapannya, ruang masalah penjadwalan mata kuliah terlalu kompleks jika ingin diselesaikan dengan menggunakan algoritma optimasi deterministik. Dari sejumlah algoritma penjadwalan yang umum digunakan pada permasalahan penjadwalan mata kuliah, Evolutionary Algorithm (EAs) bisa menjadi pilihan yang terbaik untuk diterapkan, karena merupakan algoritma probabilistik yang relatif mudah diimplementasikan. [3]

EAs bersifat generik, dimana populasinya berbasis algoritma optimasi meta-heuristik yang terinspirasi oleh mekanisme biologi seperti mutasi, persilangan, seleksi alam dan kelangsungan hidup dari yang terbaik. EAs adalah algoritma optimasi yang berbasis pada “teori genetika” dan “seleksi ilmiah” yang keduanya merupakan dasar dari “teori evolusi” yang disampaikan oleh Charles Darwin. Dengan merepresentasikan suatu kandidat solusi sebagai satu individu dan sekumpulan kandidat solusi sebagai populasi, maka EAs bekerja secara paralel pada setiap generasi evolusi. EAs bekerja dengan cara membangkitkan, menguji, dan berusaha memperbaiki sekumpulan kandidat solusi sampai ditemukan satu lokasi yang bisa diterima.

Terdapat terdapat dua variasi algoritma EAs yaitu survivor selection atau replacement scheme, yaitu Steady State dan Generational Replacement. Kedua algoritma tersebut berproses untuk menghasilkan

individu terbaik. Pada Steady State, proses penggantian kromosom (replacement) dilakukan setiap kali dihasilkan dua anak hasil rekombinasi. Kedua anak menggantikan dua kromosom lama yang paling tua atau yang kualitasnya paling rendah atau kriteria lainnya. Pseudo-codenya dapat dilihat pada gambar 1 dibawah dimana proses pergantian kromosom dilakukan hingga tercapai individu terbaik. Sedangkan pada Generational Replacement, proses penggantian dilakukan sekaligus ketika dihasilkan satu populasi baru. Semua kromosom pada populasi baru akan menggantikan semua kromosom pada populasi lama. Untuk mempertahankan individu terbaik pada suatu generasi, diperlukan elitism, yakni pengkopian individu terbaik untuk dimasukkan sebagai anggota populasi pada generasi berikutnya. Dengan adanya elitism, maka populasi baru yang dihasilkan selalu memiliki minimal satu individu terbaik pada generasi sebelumnya.

Secara sederhana, proses evolusi pada EAs diilustrasikan oleh diagram pada gambar di bawah ini:



Gambar 1 Skema Umum EA

2.4 Constraint Satisfaction Problem

Constraint Satisfaction Problem (CSP) merupakan kumpulan dari masalah-masalah yang berhubungan dengan faktor penentu atau kekangan (constraints). Kekangan ini tidak berbeda dengan yang ada pada dunia nyata. Terdapat banyak kekangan di sekitar kita, seperti kekangan sementara (mengatur kehidupan kerja dan rumah), ataupun kekangan nyata (memastikan pengeluaran tidak melebihi dari anggaran), dan kita mengetahui cara untuk menyelesaikan masalah tersebut. Dimana kita tidak mencapai keberhasilan dan masuk ke dalam masalah, khususnya pada solusi yang mungkin berhasil, tetapi tidak sesuai dengan yang kita inginkan, dikarenakan kapasitas kita terbatas untuk menyelesaikan masalah

yang memiliki variabel dan kekangan yang besar. Hal inilah yang menyebabkan komputer, dan lebih spesifiknya CSP dibutuhkan. [2]

Definisi umum dari CSP melibatkan variabel-variabel dan domain mereka dan kekangan. Misalnya kita memiliki suatu kumpulan variabel, X_1, X_2, \dots, X_n , dengan domain D_1, D_2, \dots, D_n , dimana semua variabel X_i memiliki nilai dari domain D_i . Selain itu, terdapat pula kekangan C_i yang membatasi kemungkinan nilai dari domain pada beberapa sub bagian dari variabel. Suatu solusi dari CSP dengan memungkinkan semua variabel dengan domain mereka sebagaimana hingga semua kekangan dipenuhi. Seperti pada semua intelegensia buatan pencarian (search) masalah, terdapat

banyak kemungkinan solusi (atau tidak ada sama sekali). Tingkat kompleksitas masalah penjadwalan meningkat berkali lipat dengan diperkenalkannya faktor penentu atau kekangan dan pemecahannya merupakan suatu penyelesaian masalah CSP.

2.5 Penjadwalan Mata Kuliah pada Universitas Atma Jaya Makassar

Universitas Atma Jaya Makassar (UAJM) sebagai salah satu instansi pendidikan tinggi juga terlibat dalam permasalahan jadwal mata kuliah. Penyusunan jadwal mata kuliah tersebut dilakukan pada setiap fakultas. Prosedur penyusunan dapat dilihat pada gambar 2 dibawah.



Gambar 2 Activity diagram alur penyusunan jadwal mata kuliah

Penyusunan jadwal mata kuliah dimulai dari fakultas untuk mengatur mengenai mata kuliah umum. Kemudian dilanjutkan ke tingkat program studi, dimana kepala program studi memberikan daftar mata kuliah yang akan dikuliahkan pada semester tertentu kepada wakil dekan fakultas. Setelah itu, wakil dekan yang nantinya melakukan penyusunan jadwal mata kuliah berdasarkan dari daftar mata kuliah yang diterimanya.

Sumber daya yang menjadi pertimbangan pada masalah permasalahan jadwal mata kuliah adalah ruang kelas, sesi dan dosen. Faktor yang menjadi penentu atau kekangan dalam pemecahan masalah penjadwalan mata kuliah khususnya pada Universitas Atma Jaya Makassar adalah kurikulum dan tahun angkatan mahasiswa. Untuk menyelesaikan masalah penjadwalan

tersebut, penelitian ini akan menggunakan algoritma evolusi dengan pendekatan penyelesaian masalah CSP yang akan membentuk suatu metode pemecahan heuristik non-optimum dalam memberikan solusi.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada lokasi Universitas Atma Jaya Makassar menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan perancangan terstruktur berorientasi pada perancangan UML (Unified Modeling Language) dalam menerapkan algoritma genetika terhadap sistem penjadwalan.

Metode pengembangan yang digunakan adalah metode pengembangan berbasis prototipe dengan tahapan berikut:

1. Melakukan pengumpulan data dengan melalui studi literatur, wawancara terstruktur, dan pengambilan data kurikulum, mata kuliah, tenaga pendidik, ruangan, sesi serta struktur data Sistem Informasi Akademik yang telah berjalan.
2. Melakukan analisa data untuk mengidentifikasi masalah, kendala, faktor penentu, dan faktor-faktor lainnya yang mempengaruhi sistem penjadwalan mata kuliah.
3. Mengimplementasikan algoritma genetika untuk digunakan pada sistem penjadwalan mata kuliah.
4. Mengintegrasikan basis data dari Sistem Informasi Akademik pada Universitas Atma Makassar, khususnya yang berhubungan dengan basis data dosen, mata kuliah dan kelas mata kuliah.
5. Melakukan perancang basis data dan proses penjadwalan mata kuliah yang meliputi pembuatan ERD (Entity Relationship Diagram) dan juga perancangan UML.
6. Membangun (mengkodekan) sistem penjadwalan mata kuliah berdasarkan hasil rancangan dan juga kesimpulan hasil analisa data.
7. Melakukan pengujian terhadap hasil pengkodean sistem penjadwalan mata kuliah, baik pengujian individu maupun mengujikannya kepada penyusun jadwal mata kuliah.
8. Melakukan proses debugging untuk memperbaiki kesalahan yang masih ada.

9. Melakukan simulasi dari sistem yang telah dibuat.

Penentuan nilai fitness serta pengukuran jumlah dan lama iterasi terhadap jadwal yang dihasilkan akan menjadi landasan penilaian terhadap pencapaian tujuan penelitian dengan mempertimbangkan ruang populasi pada setiap fakultas yang ada pada Universitas Atma Jaya Makassar.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data dilaksanakan dengan tiga metode, daftar pertanyaan untuk Wakil Dekan, ketua jurusan dan kepala tata usaha serta observasi terhadap proses penyusunan jadwal itu sendiri. Adapun hasil analisa dari pengumpulan data kuisisioner menunjukkan beberapa hal yang mempengaruhi penyusunan jadwal pada Universitas Atma Jaya Makassar berikut ini:

1. Dalam susunan jadwal mata kuliah yang ada sekarang ini, masih sering terjadi masalah. Hal ini dikuatkan dengan hasil kuisisioner pada gambar 3 dibawah.
2. Masalah yang paling sering terjadi pada susunan jadwal mata kuliah adalah terjadinya bentrokan jadwal kuliah. Hal ini dapat dilihat dari gambar 3.
3. Dalam susunan jadwal yang dihasilkan, maka perlu untuk menampilkan nama mata kuliah, data dosen yang mengajar, tempat atau ruang kuliah, semester, durasi kuliah, dan juga kelas mata kuliah.



Gambar 3 Permasalahan penjadwalan pada Universitas Atma Jaya Makassar

Dari hasil analisa pengumpulan data yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa kriteria yang harus dipenuhi oleh protoripe sistem yang dirancang, yaitu:

1. Masalah bentrokan mata kuliah yang sering terjadi disebabkan oleh beberapa hal. Hal tersebut adalah dikarenakan terjadinya perubahan jadwal yang tiba-tiba, karenab ada yang angkatan senior yang mengulang kembali mata kuliah, dan ada juga karena penyusunan jadwal yang agak bermasalah.
2. Mata kuliah yang hilang disebabkan karena daftar mata kuliah yang diberikan oleh ketua program studi tidak lengkap.
3. Kesulitan dalam mengganti sesi atau hari biasanya dikarenakan untuk mendapatkan hari atau sesi yang sesuai tanpa melanggar faktor penentu sulit dilakukan.
4. Ruangan yang digunakan ada yang menempati dikarenakan pemindahan jadwal yang dilakukan tanpa pemberitahuan.
5. Memungkinkan penyusunan jadwal mata kuliah yang memperhatikan jumlah sesi dan ruangan yang sama dengan jumlah yang ada pada hasil analisa data yang telah dilakukan.
6. Penyusunan jadwal mata kuliah harus memperhatikan faktor penentu.

Memperhatikan hasil analisa data, perancangan sistem penjadwalan mata kuliah pada Universitas Atma Jaya Makassar akan dibagi menjadi beberapa tahapan dimana meliputi perancangan:

1. Proses

Perancangan proses ini merupakan perancangan yang sangat penting bagi sistem penjadwalan, dikarenakan proses inilah yang nantinya menentukan bagaimana hasil susunan jadwal yang optimal. Perancangan proses ini menyangkut bagaimana sistem yang dirancang tersebut bekerja, proses-proses apa saja yang terjadi mulai dari data input hingga akhirnya diproses sistem menjadi data output.

2. Data

Perancangan data ini berhubungan dengan perancangan data-data apa saja yang nantinya akan dijadikan sebagai data input pada sistem maupun data output apa saja yang nantinya akan dihasilkan oleh sistem.

3. Interface (antarmuka)

Perancangan interface untuk merancang tampilan dari sistem penjadwalan, sehingga pengguna dapat lebih mudah untuk menggunakan sistem.

Sistem penjadwalan yang akan dihasilkan memperhatikan beberapa aturan yang mendasari apakah susunan jadwal mata kuliah tersebut sudah dapat diterima sebagai jadwal yang layak sebagai berikut:

1. Suatu mata kuliah dikatakan tidak bentrok dengan mata kuliah lain apabila kode prodi, semester dan kelas dari mata kuliah tersebut tidak sama dengan kode prodi, semester dan kelas dari mata kuliah lainnya yang terletak pada sesi dan hari yang sama. Namun terdapat pengecualian pada mata kuliah umum, yaitu mata kuliah yang diikuti oleh semua jurusan pada Fakultas. Untuk mata kuliah umum ini, maka untuk mendeteksi apakah mata kuliah tersebut bentrok dengan mata kuliah lain adalah dengan melakukan pengecekan apakah ada mata kuliah lain yang memiliki kelas dan semester yang sama pada hari dan sesi yang sama.
2. Jadwal dosen dikatakan tidak bermasalah apabila dosen tersebut tidak mengajar pada hari dan sesi yang sama.
3. Suatu mata kuliah dikatakan sesuai dengan tipe ruangnya, apabila mata kuliah tersebut memang terletak pada tipe ruangnya. Dalam hal ini, tiap-tiap fakultas memiliki beberapa tipe ruang, yaitu kelas, laboratorium komputer dan beberapa laboratorium fakultas. Tetapi khusus untuk laboratorium fakultas, khususnya untuk fakultas Teknik, beberapa laboratorium Teknik pada Fakultas Teknik tersebut digabung menjadi satu laboratorium, dikarenakan penggunaan laboratorium yang tidak terlalu banyak sehingga bisa digabung menjadi satu.
4. Untuk mata kuliah yang memiliki jumlah sks 4, maka mata kuliah tersebut akan dilaksanakan 2 kali tatap muka dalam seminggu.
5. Untuk mata kuliah yang memiliki jumlah sks 3, terdapat beberapa pembagian. Salah satunya adalah dengan melaksanakan mata kuliah tersebut satu kali dalam seminggu, dimana kalau misalnya 1 sks adalah 45 menit, maka mata kuliah yang 3 sks akan dilaksanakan

selama 3 x 45 menit sehari. Metode lainnya adalah mata kuliah tersebut dilakukan selama 2 kali dalam seminggu, dengan catatan pembagian mata kuliah yang satu adalah berupa mata kuliah biasa, sedangkan mata kuliah yang satunya diberi tambahan nama responsi atau praktikum.

6. Untuk beberapa fakultas, pengaturan pembagian kelas kelas untuk satu mata kuliah pada satu semester kurikulum adalah sama pengaturan kelas terhadap mata kuliah pada semester kurikulum tersebut.

Skema pengkodean yang digunakan menjabarkan bahwa satu gen diwakili oleh satu mata kuliah. Satu kandidat solusi (individu) dikodekan ke dalam suatu kromosom, dimana satu kromosom tersebut

menyatakan satu solusi susunan jadwal mata kuliah. Sedangkan yang dinamakan sebagai satu populasi adalah kandidat-kandidat kromosom yang diuji kesahihannya sebagai jadwal susunan mata kuliah yang sah.

Pembangkitan (generate) populasi yang dilakukan adalah dengan cara mengacak (random) susunan gen mata kuliah sehingga dihasilkan susunan gen yang berbeda antara satu kromosom dengan kromosom lainnya.

Nilai kelayakan jadwal ditentukan dengan menggunakan nilai fitness. Nilai fitness yang dihasilkan berkisar antara 0.0 sampai 1.0, dimana kromosom yang sah atau sudah memenuhi kriteria yang dibahas diatas adalah kromosom yang memiliki nilai fitness = 1.0. Nilai fitness ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$fitness = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{totalMKpadaJadwal - pelanggaran_i}{totalMKpadaJadwal}}{n}$$

Dimana totalMK pada jadwal menyatakan jumlah kelas mata kuliah yang ada pada jadwal, pelanggaran menyatakan banyaknya pelanggaran yang terjadi untuk tiap faktor penentu (contoh faktor penentu adalah jadwal dosen), dan n menyatakan jumlah masalah yang ada. Nilai fitness yang didapatkan melalui rumus di atas akan menghasilkan nilai fitness yang dapat digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan ukuran seberapa besar pelanggaran terhadap faktor- faktor penentu yang terjadi dari susunan jadwal yang ada. Sedangkan pada proses pencarian surat berdiri sendiri sebagai modul pencarian surat dan arsip digital.

Metode seleksi orang tua dan pindah silang (crossover) tidak akan digunakan, karena konsep reproduksi dari algoritma genetika yang akan digunakan adalah metode asexual reproduction.

Mutasi yang dilakukan dari sistem ada tiga jenis, yaitu:

1. Mutasi tipe ruang kuliah, mutasi ini dilakukan untuk mencoba memindahkan gen beberapa mata kuliah yang salah tipe ruang kuliahnya ke gen lain yang kosong dari kromosom.
2. Mutasi bentrokan dosen, mutasi ini dilakukan dengan dua cara, yaitu yang pertama adalah dengan mencoba untuk

memindahkan gen mata kuliah dengan dosen yang bermasalah ke gen lain yang kosong dari kromosom. Selain itu dengan cara mencoba untuk memindahkan gen yang bermasalah tersebut ke gen lain yang sudah ada isi mata kuliah, dimana metode ini dilakukan sebanyak 10 kali untuk tiap generasi.

3. Mutasi bentrokan semester, mutasi ini menggunakan metode yang sama dengan mutasi bentrokan dosen, yaitu mencoba memindahkan gen mata kuliah ke gen yang kosong dan juga memindahkan gen mata kuliah ke gen lain yang sudah ditempati mata kuliah lain

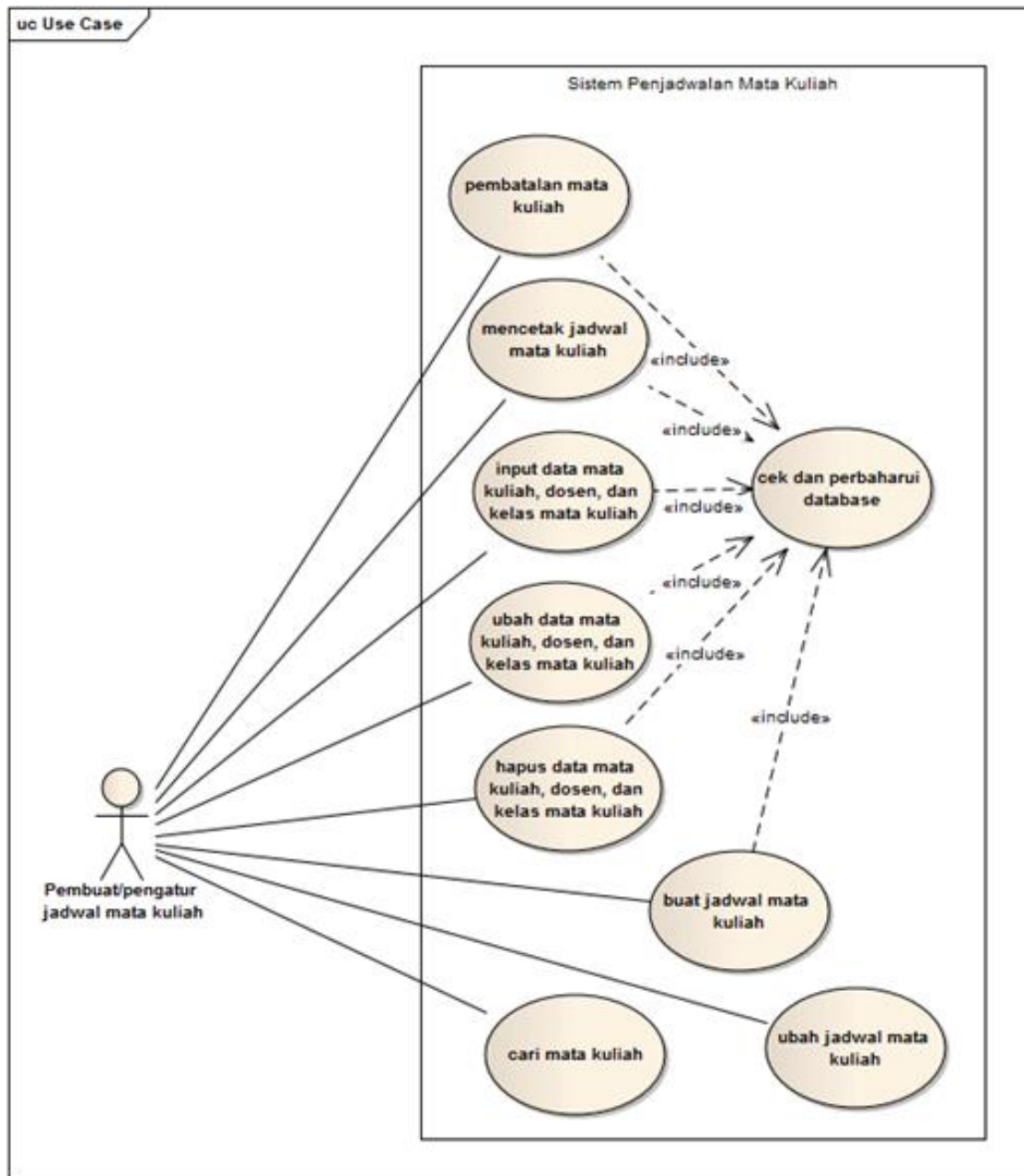
Elitisme digunakan mempertahankan kromosom dengan nilai fitness tertinggi sehingga tidak hilang pada pembangkitan populasi selanjutnya dimana penggantian populasi dilakukan tiap satu generasi dan skema penghentian dari sistem penjadwalan adalah sampai dimana kromosom mata kuliah yang dihasilkan bernilai fitness = 1.0

Berlandaskan pada model perancangan UML, perancangan proses memaparkan bagaimana sistem bekerja untuk mengolah data input menjadi data output dengan menggunakan fungsi-fungsi tertentu yang terbagi atas.

- a) Use Case Diagram

Use Case Diagram pada gambar 4 menggambarkan secara garis besar mengenai prototipe sistem yang dibangun dimana penggunaan program ini dikhususkan untuk

pembuat / pengatur jadwal, maka actor / pelaku yang ada dalam penggambaran sistem tersebut hanya terdiri atas satu orang.

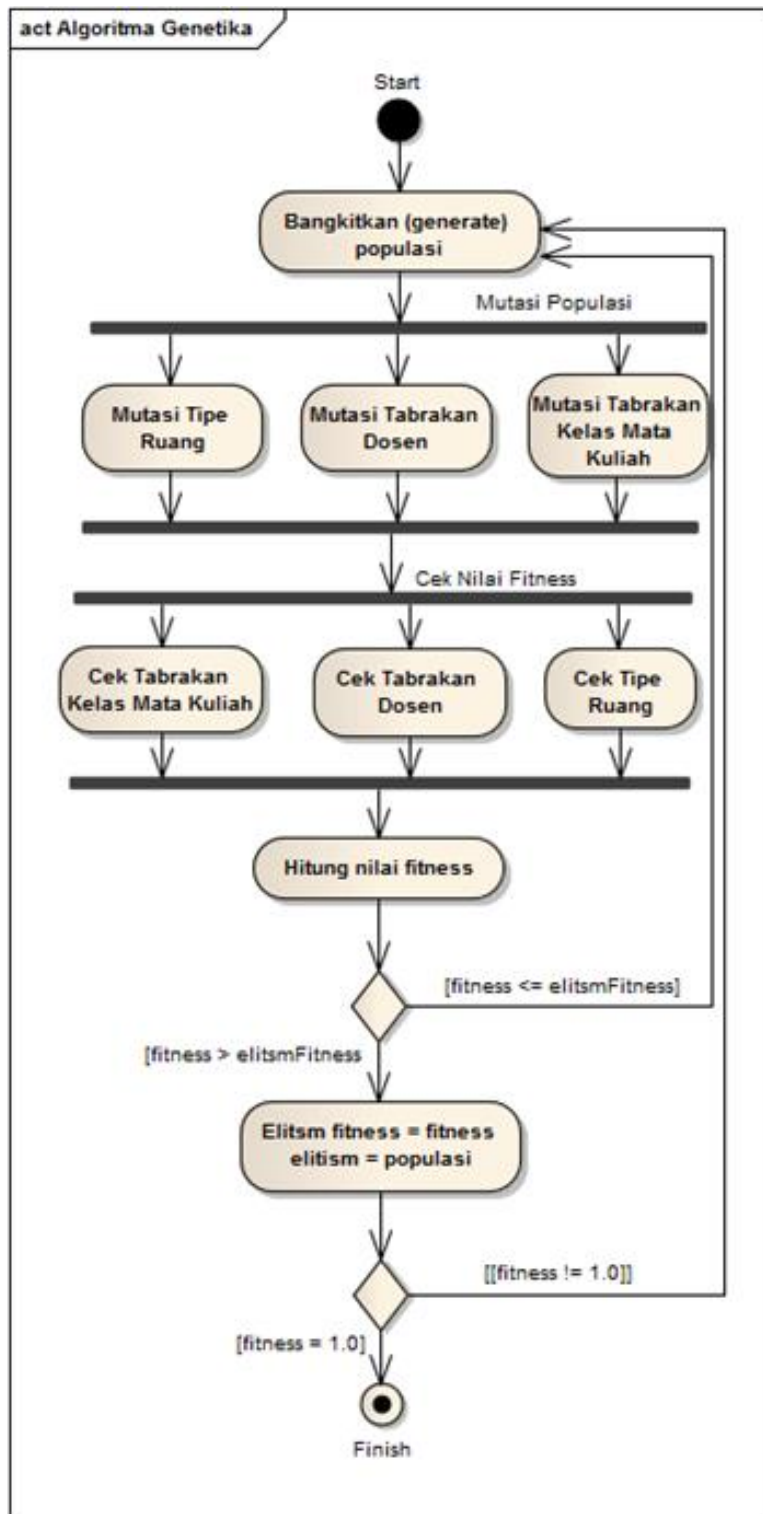


Gambar 4 Use case diagram sistem penjadwalan mata kuliah

b) Activity Diagram

Berdasarkan hasil analisa permasalahan sebelumnya, Activity Diagram dibagi secara garis besar menjadi 3 jenis, yaitu: diagram algoritma genetika, pembatalan mata kuliah, perubahan jadwal mata kuliah.

Berikut adalah Activity Diagram algoritma genetika menggambarkan secara garis besar bagaimana alur logika dari algoritma genetika yang digunakan pada sistem penjadwalan mata kuliah yang dirancang.



Gambar 5 Activity diagram algoritma genetika

Dalam gambar activity diagram di atas, dapat dilihat bahwa program akan berjalan terus-menerus, selama nilai fitness yang didapatkan tidak sama dengan 1.0. Selain itu, terdapat empat jenis metode utama untuk mendapatkan jadwal yang optimal, dimana metode-metode tersebut adalah generate

populasi, mutasi populasi, cek nilai fitness, dan untuk mengeset elitism dan nilai fitness elitism.

c) UML Class Diagram

Class diagram yang diterapkan menggunakan sistem paket (package),

dimana penggambaran class diagram akan dipisah-pisah berdasarkan paket yang ada.

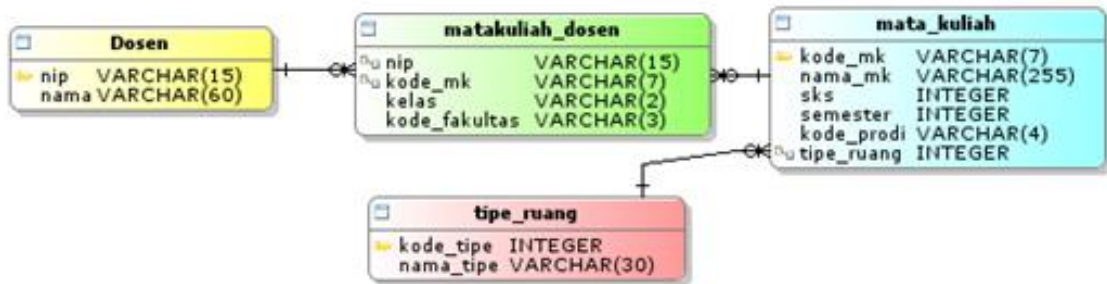
1. Paket Chromosomes
Paket ini digunakan untuk menyimpan kelas-kelas yang digunakan sebagai kelas utama dalam pemrosesan sistem jadwal mata kuliah. Di dalam paket ini juga tersimpan kelas yang digunakan sebagai algoritma genetika yang digunakan untuk mendapatkan jadwal mata kuliah yang optimal, yaitu kelas Chromosome
2. Paket Database
Paket ini digunakan untuk menyimpan kelas-kelas yang berhubungan langsung dengan database.
3. Paket FormTampilan
Paket ini digunakan untuk menyimpan kelas-kelas yang berhubungan dengan tampilan antarmuka sistem.
4. Paket TampilanForm
Paket ini digunakan untuk menyimpan kelas-kelas yang berhubungan dengan tampilan tambahan bagi antarmuka

d) *Sequence Diagram*

Sequence diagram digunakan untuk memodelkan aliran logika dari sistem penjadwalan yang dirancang.

1. *Sequence Diagram* untuk menampilkan hasil jadwal mata kuliah
Sequence diagram ini digunakan untuk menggambarkan bagaimana proses yang terjadi pada sistem untuk dapat menampilkan hasil jadwal mata kuliah yang optimal.
2. Sequence diagram penyimpanan file jadwal
Sequence diagram untuk menggambarkan proses yang terjadi dalam melakukan penyimpanan file hasil penyusunan jadwal mata kuliah.
3. Sequence diagram pencetakan susunan jadwal mata kuliah
Sequence diagram ini digunakan untuk menggambarkan proses yang terjadi dalam melakukan pencetakan susunan jadwal mata kuliah. Yang mana hasil pencetakan tersebut berasal dari susunan jadwal mata kuliah yang sudah disusun oleh sistem.

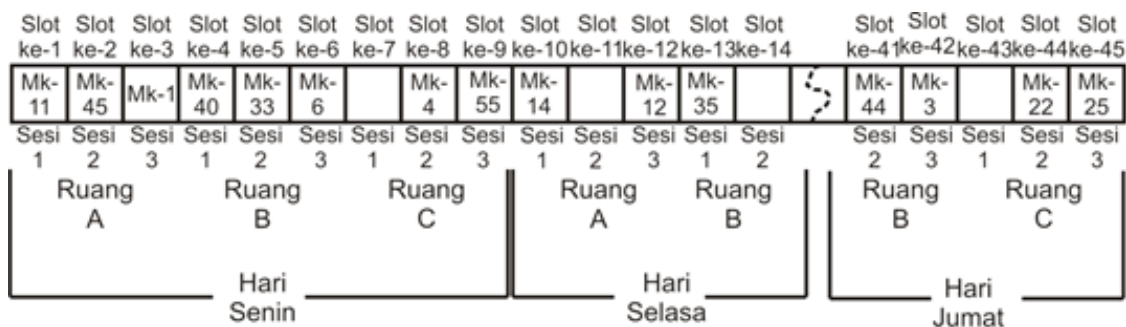
Perancangan terhadap data-data yang nantinya akan dijadikan sebagai input pada sistem. Dalam hal ini, perancangan data adalah perancangan terhadap database sistem. Di bawah ini merupakan struktur dari database yang digunakan



Gambar 6 Entity Relationship Diagram (ERD)

Di bawah ini merupakan perancangan desain struktur data List yang digunakan pada sistem penjadwalan yang dirancang.

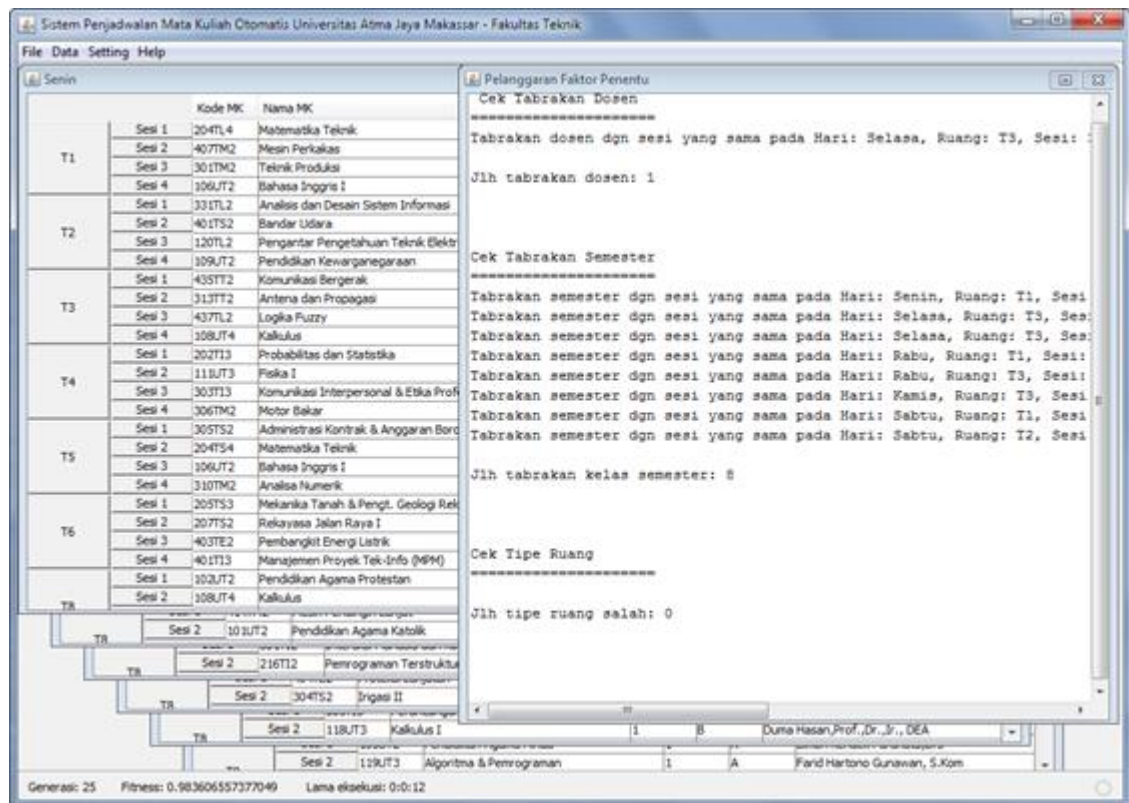
(contoh penggambaran dengan jumlah ruang adalah 3, jumlah sesi adalah 3, dan jumlah hari adalah 5).



Gambar 7 Representasi susunan jadwal pada List

Perancangan antarmuka ini berhubungan dengan perancangan tampilan program bagi pemakai, dimana antarmuka tersebut digunakan sebagai media atau alat

komunikasi antara user dan sistem. Berikut ini tampilan pada saat dijalankan untuk mencari susunan jadwal mata kuliah.



Gambar 8. Tampilan jadwal mata kuliah

Pengujian sistem dilaksanakan melalui simulasi penjadwalan terhadap data mata kuliah semester dari setiap fakultas hingga mendapatkan jadwal mata kuliah yang bernilai fitness 1.0 dan melakukan analisa hasil simulasi terhadap efektivitas penerapan algoritma genetika dalam menyelesaikan masalah penjadwalan pada setiap fakultas.

Fakultas Ekonomi menghasilkan susunan jadwal yang optimal. Dimana catatan waktu paling lama dalam menghasilkan susunan jadwal dengan nilai fitness 1 adalah selama 1 menit 31 detik, dengan jumlah generasi terbanyak adalah 1.973. Sedangkan sistem dapat menghasilkan solusi tercepat dalam waktu yang sangat singkat, yaitu hampir 0 detik, dengan jumlah generasi sebanyak 5

Fakultas Hukum menghasilkan susunan jadwal yang optimal dengan catatan waktu pemecahan terlama adalah selama 23 menit 56 detik, dengan jumlah generasi adalah 57.141. Sedangkan yang solusi

tercepat adalah 10 detik, dengan jumlah generasi sebanyak 521.

Fakultas Teknik menghasilkan susunan jadwal yang mendekati optimal namun membutuhkan waktu generasi rata-rata lebih lama dari dua fakultas sebelumnya. Untuk simulasi tersebut, waktu tercepat untuk mendapatkan susunan jadwal optimal adalah selama 1 menit dan 40 detik, dengan jumlah generasi sebanyak 3.207. Sedangkan untuk waktu pemecahan terlama adalah 1 jam 38 menit dan 2 detik dengan jumlah generasi 189.369.

Fakultas Teknologi Informasi menghasilkan susunan jadwal yang optimal dengan catatan waktu terlama dalam menghasilkan susunan jadwal adalah selama 3 menit 36 detik, dengan jumlah generasi adalah 12.050. Sedangkan yang tercepat adalah hanya dalam waktu yang sangat singkat, yaitu 1 detik, dengan jumlah generasi sebanyak 56.

Setelah melakukan simulasi sistem penjadwalan mata kuliah untuk setiap

fakultas, analisa perbandingan hasil simulasi amat berbeda tergantung pada kondisi ruang populasi, dalam hal ini ruang kuliah, terhadap jumlah chromosome pada setiap fakultas, dalam hal ini jumlah mata kuliah per semester. Dari tabel berikut, dapat dilihat bahwa untuk Fakultas Teknik memiliki faktor

penentu yang banyak, sehingga membuat proses pencarian susunan mata kuliah yang optimal menjadi lebih rumit untuk dicapai, sedangkan Fakultas Ekonomi dengan ruang populasi yang besar memudahkan pencarian solusi optimal.

Tabel 1. Tabel perbandingan hasil simulasi penjadwalan mata kuliah

		FE	FH	FT	FTI
Total kelas mata kuliah		189	64	134	50
Total tipe ruang		2	2	3	2
Total ruang kelas		13	4	7	4
Total ruang laboratorium		1	1	2	1
Total jurusan		2	1	4	2
Total dosen		45	22	52	16
Total sesi		4	4	4	4
Total hari		5	5	6	5
Total kelas MK untuk kelas		180	61	127	40
Total sesi & ruang kelas		260	80	168	80
Total slot kelas kosong		80	19	41	40
Total kelas MK untuk lab		9	3	2	5
Tot. sesi & ruang untuk lab		20	17	24	24
Total slot lab kosong		11	14	22	19
Generasi	Max	1.973	62.953	189.369	12.050
	Min	5	521	3.207	56
	Average	529	30.139	24.284	2.735
Waktu	Max	00:01:31	00:23:56	01:38:02	00:03:36
	Min	00:00:00	00:00:10	00:01:40	00:00:01
	Average	00:00:25	00:10:32	00:12:39	00:00:48
Kecepatan (Generasi/detik)	Max	37	52,1	32,19466	105
	Min	16	39,79178	30,78556	52,12
	Average	21,8708	48,73044	31,77493	58,44187

Dari hasil pengujian prototipe sistem penjadwalan yang dikembangkan dapat disimpulkan beberapa batasan terhadap sistem yang dirancang terhadap penerapan algoritma genetika pada masalah penjadwalan mata kuliah sebagai berikut ini:

1. Kecepatan sistem dalam menghasilkan susunan jadwal yang optimal sudah cepat, namun hal ini tidak berlaku bagi sistem penjadwalan mata untuk Fakultas Teknik. Hal ini dikarenakan sistem pada Fakultas Teknik memiliki faktor penentu yang besar terutama yang berhubungan terhadap ruang populasi dan jumlah

chromosome yang dihasilkan untuk mengisi ruang populasi yang terbatas.

2. Penggunaan ruangan dan sesi kuliah menjadi lebih optimal untuk keseluruhan mata kuliah yang ada. Hal ini dapat dilihat dari susunan jadwal mata kuliah yang ada. Dimana ketika dicoba untuk melihat secara manual, susunan jadwal mata kuliah tersebut sudah dapat membuat agar penggunaan ruangan dan sesi kuliah menjadi lebih optimal. Hal ini dikarenakan sistem yang dirancang tersebut memungkinkan dilakukannya mutasi. Dimana mutasi tersebut dilakukan dengan memindahkan mata kuliah

dengan penempatan yang tidak sesuai ke slot jadwal yang kosong. Sehingga penggunaan slot jadwal tersebut menjadi lebih optimal.

3. Dikarenakan sistem yang dirancang ini akan menguji hasil pengacakan susunan jadwal mata kuliah oleh sistem (dengan cara memberi nilai fitness pada susunan jadwal mata kuliah tersebut), maka dapat dilihat bahwa penyusunan jadwal mata kuliah tersebut sangat memperhatikan faktor penentu yang telah diprogramkan.
4. Untuk melakukan pembatalan dan pemindahan jadwal mata kuliah menjadi lebih mudah dilakukan. Hal ini dikarenakan dalam sistem sendiri telah menyediakan fasilitas untuk melakukan kedua hal tersebut. Selain itu, untuk

memindahkan jadwal mata kuliah menjadi lebih memperhatikan faktor penentu yang ada.

Selain dengan melakukan pengujian simulasi di atas, pengujian juga dilakukan dengan cara menguji implementasikan prototipe sistem tersebut kepada penyusun jadwal mata kuliah untuk tiap fakultas, yaitu wakil dekan setiap Fakultas. Pengujian ini dimaksudkan untuk mendapatkan penilaian apakah prototipe sistem penjadwalan mata kuliah yang dirancang tersebut sudah layak dan dapat memenuhi kebutuhan dengan sistem penjadwalan mata kuliah yang seharusnya dan juga untuk mengetahui apakah informasi-informasi yang berhubungan dengan jadwal mata kuliah bisa didapatkan dari sistem.

Tabel 2. Tabel hasil kuisioner pengujian sistem

Pertanyaan	Responden			
	FT	FTI	FH	FE
Penyusunan mata kuliah lebih cepat	S	S	S	SS
Penggunaan ruang dan sesi kuliah lebih optimal	S	S	S	SS
Penyusunan mata kuliah lebih memperhatikan faktor penentu (<i>Constraints</i>)	SS	S	SS	SS
Memungkinkan untuk mendapatkan informasi-informasi yang berhubungan dengan jadwal mata kuliah	S	S	SS	SS
Pembatalan mata kuliah menjadi lebih mudah	SS	S	S	SS
Perubahan mata kuliah menjadi lebih mudah dan mengurangi masalah yang ditimbulkannya	SS	S	S	SS

Keterangan: SS = Sangat Setuju, S = Setuju.

5. KESIMPULAN

Dari hasil uji implementasi dalam penerapan algoritma evolusi genetika pada permasalahan penjadwalan mata kuliah Universitas Atma Jaya Makassar dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Efektifitas penerapan algoritma evolusi genetika pada masalah penjadwalan mata kuliah amat tergantung pada ukuran ruang populasi dan jumlah gen yang dibangkitkan untuk mengisi ruang populasi atau kromosom dan pada kasus Universitas Atma Jaya Makassar, algoritma genetika hanya dimungkinkan untuk menghasilkan solusi mendekati optimal dengan memperhatikan nilai fitness generasi yang dihasilkan.
- Dari hasil simulasi didapatkan bahwa kompleksitas permasalahan bertambah

dengan diperkenalkannya batasan-batasan terhadap penjadwalan seperti sesi, ruang, semester dan dosen dan kompleksitas permasalahan membutuhkan sumber komputasi yang lebih besar sejalan dengan bertambahnya batasan yang diperkenalkan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stephen Covey, A. Roger Merrill, Rebecca R. Merrill, 1994. *First Things First: To Live, to Love, to Learn, to Leave a Legacy*. New York: Simon and Schuster.
- [2] Suyanto, 2010. *Algoritma Optimasi deterministik atau Probabilistik*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

- [3] Brownlee, A. 2005. *An Application of Genetic Algorithms to University Timetabling*. Tesis tidak diterbitkan. Aberdeen, Inggris: Robert Gordon University.
- [4] Chaudhuri, A. dan De, K. 2010. *Fuzzy Genetic Heuristic for University Course Timetable Problem*. Int. J. Advance. Soft Comput. Appl.
- [5] Nugroho, A. 2009. *Rekayasa Perangkat Lunak menggunakan UML dan Java*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [5] Murray, K., Müller, T., dan Rudová, H. *Modeling and Solution of Complex University Course Timetabling Problem*. Tesis tidak diterbitkan. Amerika Serikat: Purdue University dan Republik Ceko: Faculty of Informatics of Masaryk University.
- [6] Oestereich, B. 2002. *Developing Software with UML*. London, Inggris: Pearson Education Ltd.