

PENJADWALAN MATA KULIAH DENGAN PERAMPINGAN ALGORITMA EVOLUSI DAN PEMBOBOTAN DISTRIBUSI BEBAN KULIAH

Adi Chandra Syarif¹, Farid 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 constraintsto the problem. This research focusses on the development of applicable course scheduling program at University of Atma Jaya Makassar. The problem with the previous scheduling program can not be implemented to prodcecourse schedule because there are some additional factors that affect the scheduling process at the University of Atma Jaya Makassar. The development was done by adjusting the scheduling process currently used to program scheduling course. The end result of this research is a scheduling program course at the University of Atma Jaya Makassar to overcome certain problems lecture schedule and can distribute the load of the course each semester in one week.

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

1. PENDAHULUAN

Penjadwalan merupakan upaya efisiensi yang dilakukan untuk mengatur berbagai macam sumber daya terhadap berbagai macam kegiatan. Dalam memecahkan permasalahan penjadwalan, komputer merupakan perangkat yang banyak digunakan untuk memberikan solusi optimal. Salah satu bentuk kegiatan yang memerlukan adanya penjadwalan adalah kegiatan perkuliahan. Kompleksitas penerapan algoritma penjadwalan perkuliahan tergolong amat tinggi. Dengan melalui proses penjadwalan yang efektif, penggunaan ruang, waktu dan sumber daya manusia dapat dioptimalkan serta dapat menghindari terjadinya permasalahan bentrokan antar mata kuliah, tenaga pendidik dan waktu yang diakibatkan faktor penentu (constraints). Berbagai metode pemecahan berbasis komputer telah diterapkan oleh banyak pihak namun pada penerapannya metode atau pendekatan tersebut umumnya dapat menyelesaikan permasalahan namun pemecahan yang dihasilkan memiliki kelayakan implementasi yang rendah. Rendahnya kelayakan implementasi terhadap pemecahan yang dihasilkan umumnya diakibatkan oleh tingginya kompleksitas permasalahan dan adanya faktor penentu tambahan yang menjadi pertimbangan pada kondisi tertentu. Oleh karena itu, diperlukan

suatu sistem penjadwalan yang memiliki kelayakan implementasi yang baik untuk mewujudkan hal yang dimaksud.

Universitas Atma Jaya Makassar (UAJM) selama ini melakukan pengaturan jadwal mata kuliah kedalam hari dan sesi yang ditentukan oleh wakil dekan dari setiap fakultas di setiap awal semester. Penyusunan jadwal mata kuliah setiap semesternya selalu menyita banyak waktu. Selain itu, perubahan jadwal mata kuliah sering menimbulkan banyak permasalahan terhadap jadwal yang telah dihasilkan, karena terbentur dengan masalah ketersediaan ruang kelas maupun terjadinya tabrakan tenaga pendidik serta mata kuliah lainnya. Oleh karena itu, diperlukan suatu bentuk sistem penjadwalan mata kuliah yang dimana sistem tersebut dapat secara terstruktur mengatur jadwal mata kuliah yang ada berdasarkan faktor penentu serta ruang populasi yang ada serta memungkinkan terjadinya perubahan jadwal yang lebih dinamis, cepat dengan memperhatikan faktor penentu pada setiap kondisi, salah satu faktor penentu utama dalam hal ini adalah distribusi beban tatap muka bagi mahasiswa setiap harinya.

Pada penelitian sebelumnya telah dihasilkan prototipe sistem penjadwalan mata kuliah yang telah dapat memberikan solusi optimal terhadap faktor penentu umum dengan menerapkan algoritma genetika

dengan metode generation replacement. [1] Prototipe tersebut dapat memberikan solusi optimal terhadap faktor penentu umum serta dapat digunakan untuk melakukan evaluasi terhadap batasan permasalahan penjadwalan pada setiap fakultas namun belum dapat memberikan pemecahan yang memiliki kelayakan implementasi yang cukup akibat masih tingginya kompleksitas pemecahan pada beberapa kasus dimana pada penerapan riil, penjadwalan yang diinginkan masih harus memperhatikan beberapa kondisi lainnya seperti ketersediaan waktu dosen tertentu serta kondisi ruang terhadap jumlah mahasiswa dan beberapa faktor penentu tambahan lainnya.

Permasalahan pada penelitian ini dirumuskan sebagai berikut: “Bagaimana menghasilkan aplikasi penjadwalan mata kuliah untuk Universitas Atma Jaya Makassar yang dapat diterapkan dalam penyusunan jadwal mata kuliah pada setiap kondisi penerapannya.”

Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi penjadwalan mata kuliah dengan melakukan perampingan algoritma evolusi melalui pengurangan ruang populasi dan menerapkan algoritma heuristik non-optimal untuk mengukur distribusi beban perkuliahan semester mahasiswa.

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
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. [2]

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 kompleksitinya 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. [3]

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

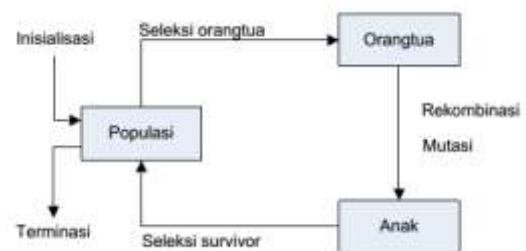
Dalam mengembangkan suatu aplikasi penjadwalan, terdapat beberapa algoritma yang dapat digunakan. Pada penerapannya, ruang masalah penjadwalan mata kuliah terlalu kompleks jika ingin diselesaikan dengan menggunakan algoritma optimasi deterministik. Dari sejumlah algoritma penjadwalan yang umum digunakan 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 berbasiskan 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 ketikadihasilkansatu populasi baru. Semuakromosom pada populasi baru akan menggantikan semuakromosom pada populasi lama. Untuk mempertahankan n 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 memungkinkan 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. [4]

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.

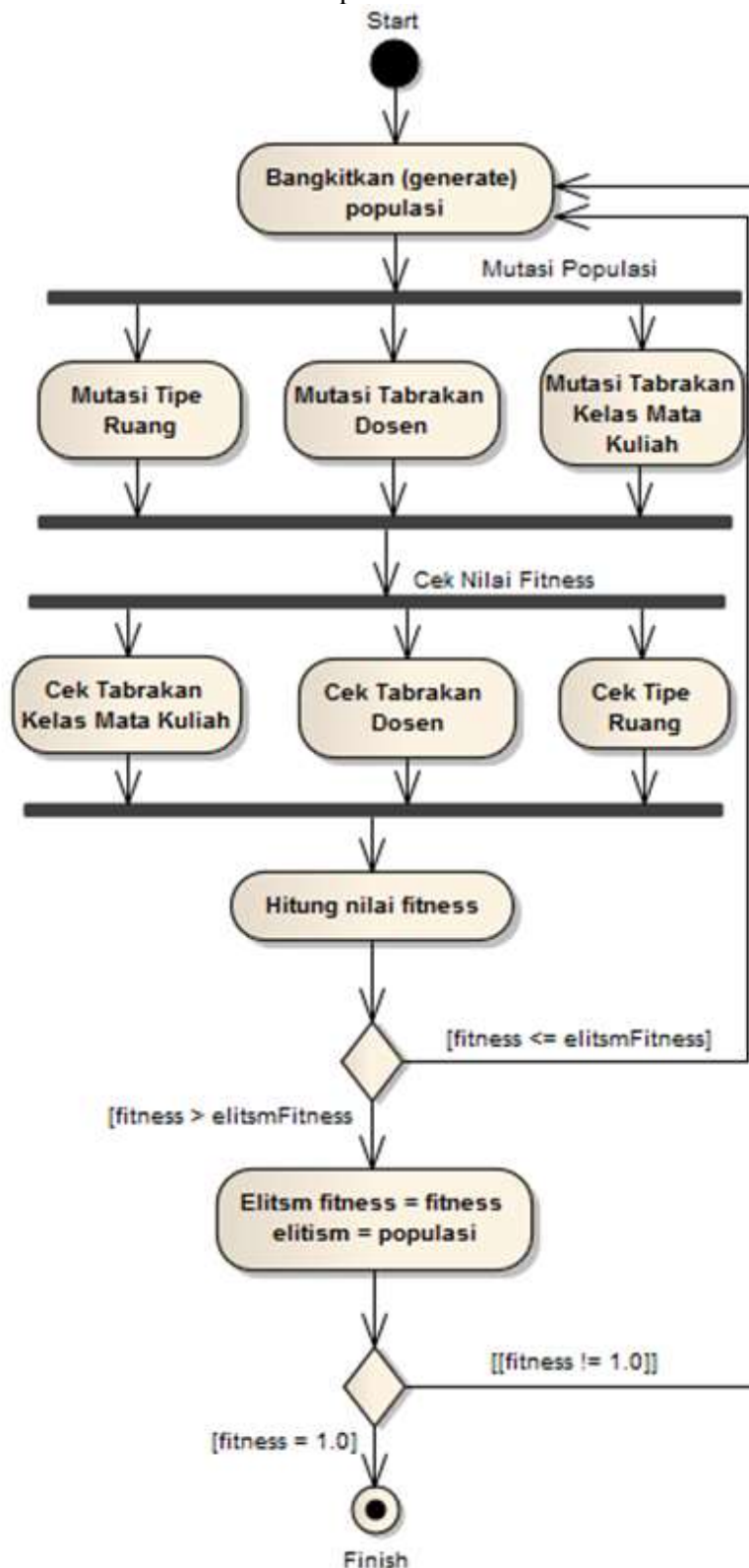
Sumber daya yang menjadi pertimbangan pada masalah permasalahan jadwal mata kuliah adalah ruang kelas, sesi

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.[5], [7]

2.6 Prototipe Sistem Penjadwalan Mata Kuliah Universitas Atma Jaya Makassar

Prototipe sistem penjadwalan yang telah dihasilkan pada penelitian sebelumnya [1] telah mampu memberikan masukan terhadap

kompleksitas pada setiap kondisi penerapannya. Struktur logika penerapan algoritma penjadwalan yang diterapkan dapat dilihat pada gambar activity diagram berikut.



Gambar 3 Activity diagram algoritma genetika prototipe

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. Setelah mendapatkan hasil yang memenuhi semua faktor penentu yang ada, sistem akan menghasilkan susunan jadwal mata kuliah yang diurutkan berdasarkan waktu, sesi serta ruang kuliah.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian akan dilakukan pada lokasi Universitas Atma Jaya Makassar menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan pada perancangan UML (Unified Modeling Language) dalam mengembangkan sistem penjadwalan mata kuliah terhadap sistem penjadwalan yang telah berjalan sebagai ruang populasi yang akan dibangkitkan dan diukur. [6]

Metode pengembangan aplikasi penjadwalan mata kuliah untuk Universitas Atma Jaya Makassar dengan pendekatan perampingan algoritma evolusi dan pendistribusian beban, maka dilakukan tahapan-tahapan perancangan sebagai berikut:

1. Melakukan pengumpulan data dengan melalui studi literatur, wawancara terstruktur, dan pengambilan data jadwal yang telah diterapkan.
2. Melakukan analisa data untuk mengidentifikasi masalah, kendala, faktor penentu, dan faktor-faktor lainnya yang mempengaruhi pengembangan aplikasi penjadwalan mata kuliah berjalan.
3. Menentukan struktur pengembangan algoritma untuk menghasilkan aplikasi penjadwalan mata kuliah sesuai dengan jadwal yang berjalan.
4. Melakukan penyempurnaan algoritma genetika yang digunakan pada prototipe sistem penjadwalan mata kuliah.
5. Mengembangkan algoritma heuristic non-optimal untuk mengukur distribusi beban perkuliahan semester mahasiswa.
6. Melakukan perancang aplikasi penjadwalan mata kuliah dengan

perancangan UML dengan menggunakan software Enterprise Architect.

7. Membangun (mengkodekan) sistem penjadwalan mata kuliah berdasarkan hasil rancangan dan juga kesimpulan hasil analisa data dengan menggunakan bahasa Java dan software yang digunakan adalah NetBeans IDE.
8. Melakukan pengujian terhadap hasil pengkodean aplikasi penjadwalan mata kuliah dengan uji implementasi bertahap pada fakultas.
9. Melakukan proses penyempurnaan dan penyesuaian algoritma distribusi mata kuliah untuk mengakomodasi kondisi setiap fakultas.
10. Melakukan implementasi dari aplikasi yang telah dibuat.

Penentuan nilai bobot nilai distribusi 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 yaitu observasi, wawancara terstruktur, dan pengambilan data jadwal yang telah diterapkan. Adapun hasil analisa dari pengumpulan data terdapat beberapa hal yang mempengaruhi penyusunan jadwal pada Universitas Atma Jaya Makassar. Hal-hal tersebut adalah sebagai berikut ini:

1. Dalam penyusunan jadwal, jadwal terikat dosen harus menjadi pertimbangan dalam menyusun jadwal khususnya bagi dosen luar biasa.
2. Meskipun jadwal mahasiswa khususnya mereka yang mengambil mata kuliah lintas semester menjadi permasalahan namun tidak dapat dijadikan sebagai faktor pertimbangan dalam penyusunan jadwal akibat sistem penjadwalan yang diterapkan dimana jadwal disusun sebelum mahasiswa mendaftar mata kuliah serta kompleksitas permasalahan yang sangat besar jika faktor mahasiswa dijadikan faktor penentu seperti terlihat pada pertimbangan berikut ini:
Jika menghitung berapa banyak kombinasi agar dalam penyusunan

jadwal, maka bisa dihitung dengan rumus:

$$C(n, k) = \frac{n!}{(n-k)!k!} \quad (1)$$

dimana,

n = jumlah dosen + jumlah kelas + jumlah kelas mata kuliah + jumlah mahasiswa = 118

k = jumlah mahasiswa = 50

3. Jadwal yang diterapkan harus memperhatikan distribusi mata kuliah semester setiap hari dalam satu minggu.
4. Prototipe sistem penjadwalan yang dihasilkan sebelumnya belum dapat diterapkan untuk menyusun jadwal perkuliahan di Universitas Atma Jaya Makassar karena masih terdapat beberapa hal yang mengikat dalam menyusun jadwal kuliah. Misalnya terdapat dosen yang harus disesuaikan jadwal mengajarnya, jadwal dihasilkan secara random/acak sehingga tidak memperhitungkan distribusi mata kuliah secara merata.

Memperhatikan hasil analisa data, perancangan aplikasi 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 aplikasi sistem penjadwalan, dikarenakan proses inilah yang nantinya akan menentukan bagaimana hasil susunan jadwal yang dapat memenuhi kriteria diseminasi aplikasi. Perancangan proses ini menyangkut bagaimana aplikasi yang dirancang tersebut bekerja, proses-proses apa saja yang terjadi mulai dari data *input* hingga akhirnya diproses sistem menjadi data *output*.

2. Data

Perancangandata ini berhubungan dengan perancangandata-data apa saja yang nantinya akan dijadikan sebagai data *input* pada aplikasi maupun data *output* apa saja yang nantinya akan dihasilkan oleh sistem.

3. Algoritma

Pengembangan algoritma ini berhubungan dengan penentuan struktur algoritma dan bobot perhitungan distribusi mata kuliah semester

mahasiswa yang nantinya akan dijadikan dasar perhitungan keoptimalan sebagai data *input* pada sistem maupun data *output* apa saja yang nantinya akan dihasilkan oleh sistem.

4. Interface (antarmuka)

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

Berdasarkan tahapan tersebut, maka ada beberapa hal yang perlu mendapatkan perhatian terhadap algoritma genetika yang digunakan pada prototipe sistem penjadwalan sebelumnya serta landasan pengembangan yang harus dilakukan pada prototipe tersebut, yaitu:

1. Skema pengkodean yang digunakan adalah dengan 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 akan diuji kesahihannya sebagai susunan mata kuliah yang sah.
2. Proses penyusunan jadwal akan memperhatikan beban terikat dosen yang akan dimasukkan ke aplikasi sebelum algoritma dijalankan. Mempertimbangkan terjadinya *deadlock* dalam iterasi mencari solusi, maka beban terikat dosen dapat dipindahkan jika proses generasi sudah mencapai jumlah iterasi tertentu, maka aplikasi akan memindahkan kriteria mata kuliah berdasarkan hari yang berbeda atau sesi yang berbeda.
3. Berdasarkan data masukan penelitian, penginputan kriteria dosen yang akan menjadi faktor pertimbangan dalam penyusunan jadwal kuliah akan diinputkan dalam dua jenis kriteria yaitu:
 - a. Berdasarkan mata kuliah dosen dan kriteria berdasarkan jadwal dosen. Kriteria berdasarkan mata kuliah dosen merupakan penginputan kriteria dengan memilih mata kuliah dan dosen yang akan mengajar pada seisi, hari, dan ruang tertentu.
 - b. Jadwal dosen merupakan penginputan kriteria dengan memilih

- dosen, hari, dan seisi tertentu untuk menjadikan jadwal semua mata kuliah dosen tersebut pada hari dan seisi yang ditentukan.
4. Mengacak (random) susunan gen mata kuliah yang sudah dikurangi dengan kriteria mata kuliah sehingga dihasilkan susunan gen yang berbeda antara satu kromosom dengan kromosom lainnya.
 5. Pembangkitan (generate) populasi dilakukan dengan memasukkan kriteria mata kuliah pada ruang populasi dan memasukan susunan gen mata kuliah yang telah dirandom.
 6. Berdasarkan struktur algoritma yang telah dihasilkan pada prototipe sistem, mutasi yang dilakukan dari sistem ada tiga jenis mutasi, yaitu:
 - a. 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.
 - b. 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.
 - c. 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.
 7. Pengecekan kriteria yang dilakukan dengan mengambil gen mata kuliah yang akan diikat menjadi kriteria dan mengurangi ruang populasi, susunan gen mata kuliah yang ada.
 8. Mutasi tidak dapat dilakukan terhadap

gen mata kuliah yang sudah terikat dengan kriteria.

9. Nilai fitness yang dihasilkan nilainya berkisar antara 0.0 sampai 1.0, dimana kromosom yang sah atau sudah tidak terjadi masalah adalah kromosom yang memiliki nilai fitness = 1.0. Dalam melakukan pengecekan nilai fitness, maka digunakan rumus sebagai berikut ini:

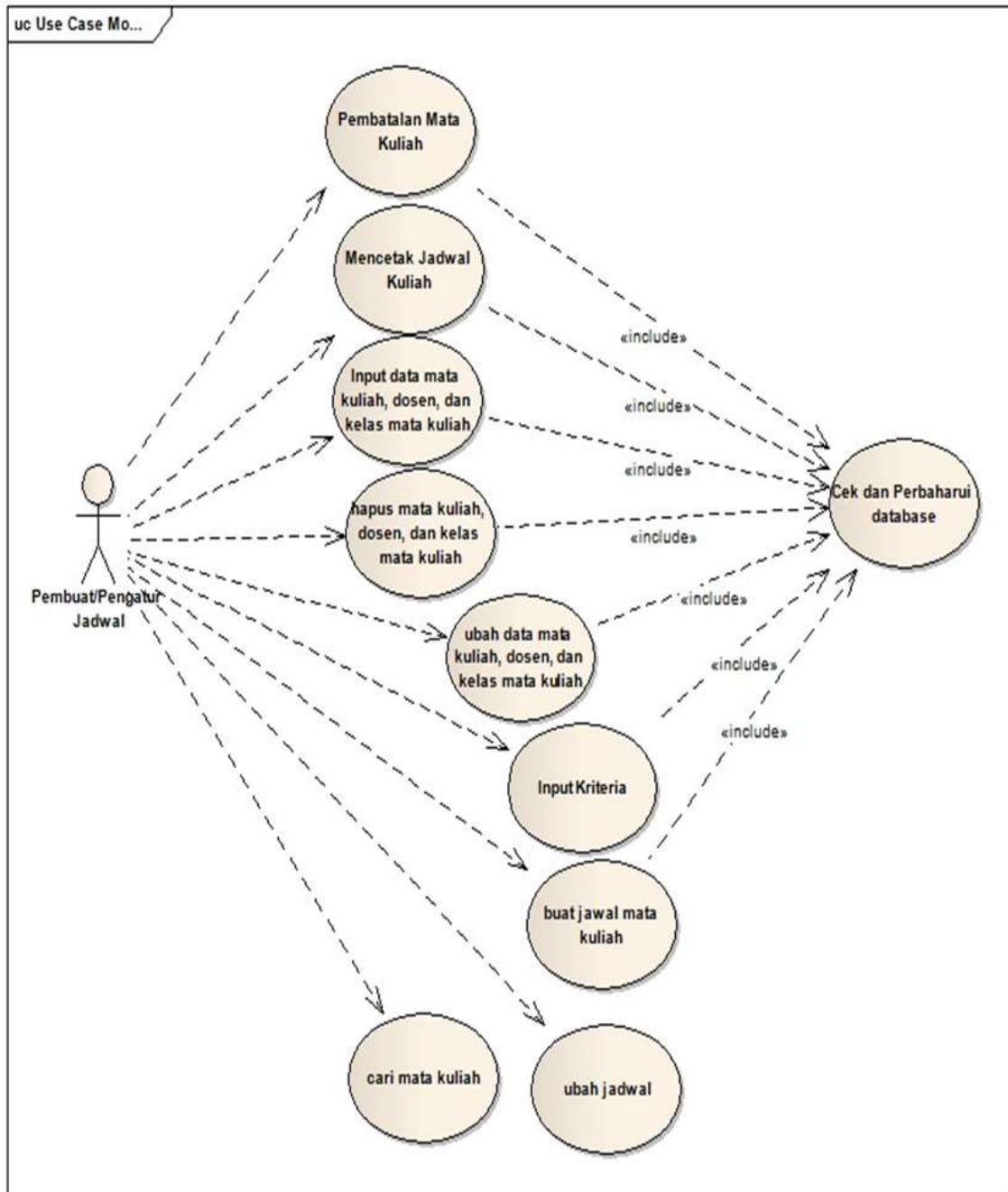
$$fitness = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{totalMKpadaJadwal - pelanggaran_i}{totalMKpadaJadwal}}{n} \quad (2)$$

10. Perlu ditambahkan nilai bobot tiap semester yang merupakan nilai yang diperoleh dari bobot semester tertentu yang dijumlahkan dari hari senin hingga jumat.
11. Ditentukan nilai bobot minimum yang memenuhi kriteria kelayakan penerapan adalah nilai yang diperoleh apabila jadwal yang dihasilkan memiliki susunan mata kuliah semester awal 1, 3, 5, 7 atau genap 2, 4, 6, 8 pada hari senin hingga rabu.
12. Total bobot diperoleh dengan menjumlah nilai bobot tiap semester. Total bobot tertinggi dicapai apabila terdapat mata kuliah semester awal 1, 3, 5, 7 atau mata kuliah semester akhir 2, 4, 6, 8 pada hari senin hingga jumat.
13. Penggantian populasi tetap akan dilakukan setiap satu generasi.
14. Perhitungan nilai bobot minimum akan dilakukan ketika kromosom mata kuliah sudah mencapai 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 hasil pengembangan prototipe sistem dimana prototipe dikembangkan dengan penambahan kriteria jadwal terikat dosen.

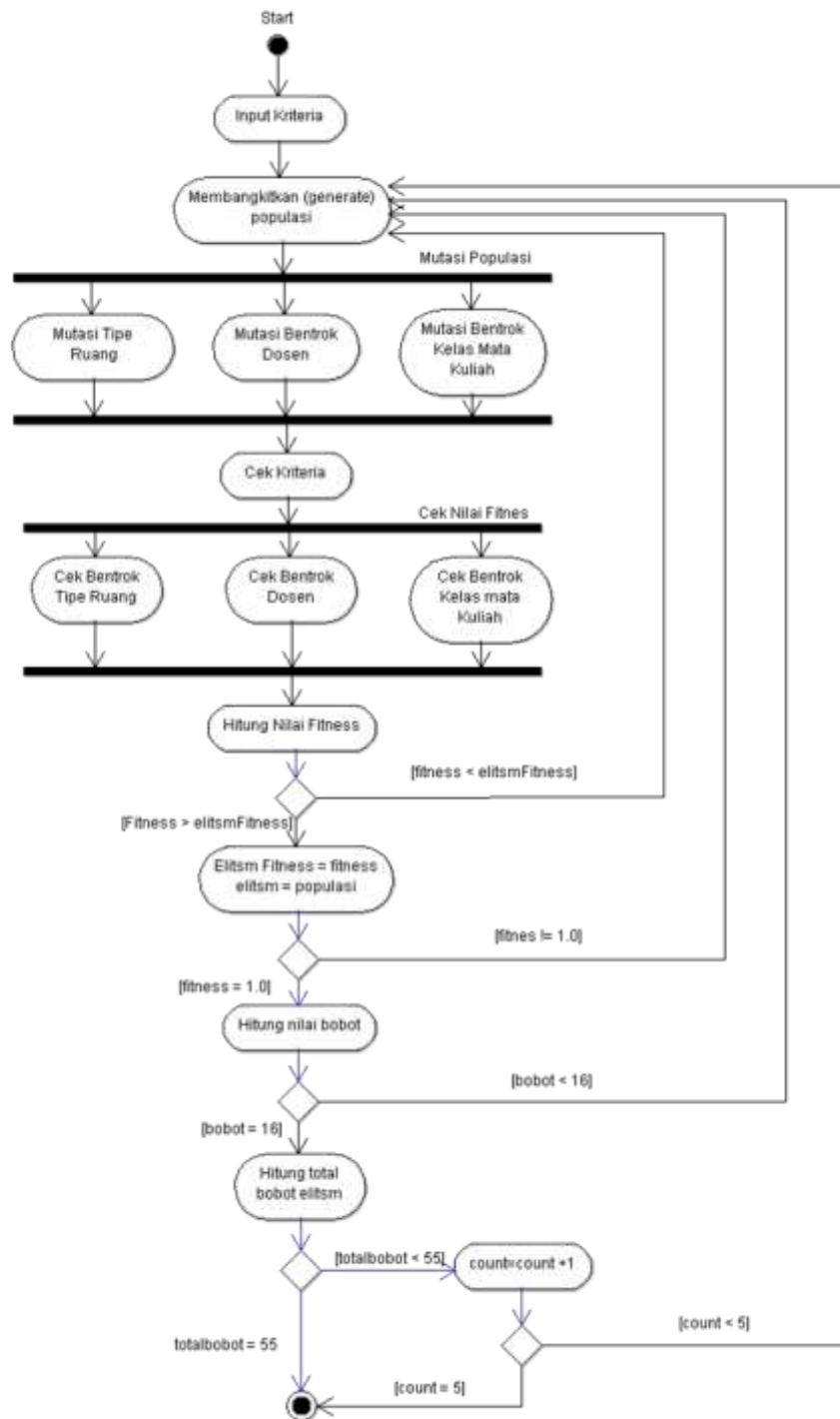


Gambar 4 Use case diagram sistem penjadwalan mata kuliah

b) Activity Diagram

Prototipe aplikasi penjadwalan yang dihasilkan sebelumnya, dapat dilihat bahwa program akan berjalan terus-menerus, selama nilai fitness yang didapatkan tidak sama dengan 1.0 dan akan berhenti ketika semua kriteria terpenuhi, ruang, waktu, dosen dan sesi.

Pada pengembangan aplikasi penjadwalan dilakukan beberapa perubahan pada Activity diagram algoritma genetika untuk menyesuaikan dengan pengembangan sistem. Berikut gambar Activity Diagram yang digunakan dalam pengembangan sistem untuk mendapatkan jadwal mata kuliah yang sesuai dengan kriteria dan optimal.



Gambar 5 Activity diagram algoritma genetika

Dalam gambar activity diagram di atas, program tidak akan berhenti walaupun fitness = 1.0. Program hanya akan berhenti ketika mendapatkan jadwal dengan nilai total bobot tertinggi. Selain itu, terdapat penambahan metode utama untuk mendapatkan jadwal yang lebih optimal dari sebelumnya.

Metode pemberian bobot untuk jadwal yaitu dengan cara mengecek hasil

penyusunan jadwal. Bobot akan bertambah apabila terdapat mata kuliah tiap semester dalam satu hari. Jadwal akan memiliki bobot tinggi apabila distribusi mata kuliah untuk tiap semester terbagi secara merata dalam satu minggu dan jadwal akan memiliki bobot rendah apabila distribusi mata kuliah untuk semester 1, 3, dan 5 (untuk semester ganjil)

tidak terbagi secara merata dalam satu minggu.

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. *SequenceDiagram* 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.

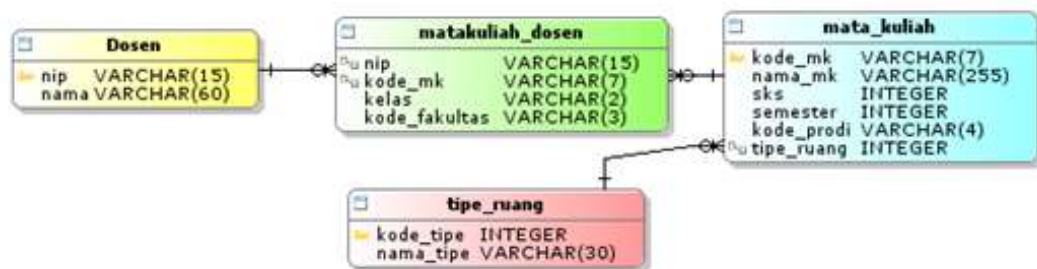
2. Sequence diagram penyimpanan file jadwal

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.

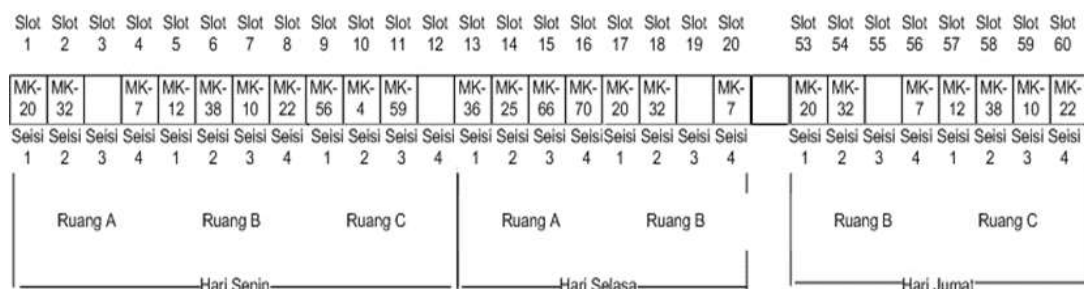
Perancangan terhadap data-data yang nantinya akan dijadikan sebagai input pada sistem. Dalam hal ini, perancangan data adalah perancangan terhadap database sistem. Di bawah ini merupakan struktur dari database yang digunakan



Gambar 6 Entity Relationship Diagram (ERD)

Di bawah ini merupakan perancangan desain struktur data List yang digunakan

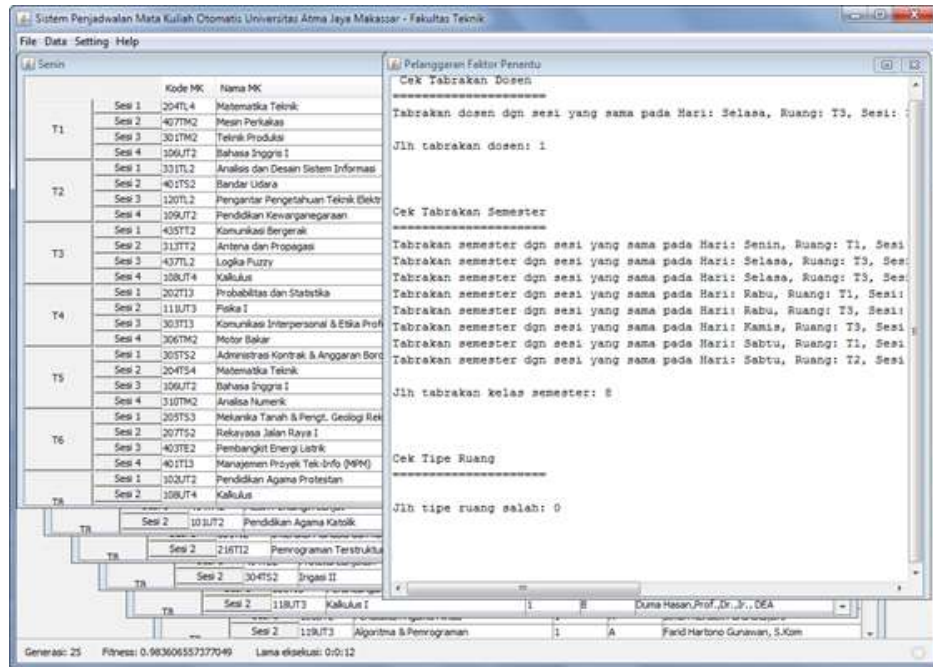
pada sistem penjadwalan yang dirancang dengan penambahan sesi 4.



Gambar 7 Representasi susunan jadwal pada List

Pengembangan algoritma dilakukan untuk mengakomodasi penambahan kriteria jadwal terikat dosen dengan mengurangi ruang gen berdasarkan kriteria yang dimasukkan pengguna serta melakukan perhitungan bobot distribusi mata kuliah semester per-minggu.

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 dilakukan terhadap hasil dari pengembangan aplikasi penjadwalan mata kuliah. Pengujian dilakukan dengan uji implementasi penerapan aplikasi tersebut dan menginputkan kriteria/faktor penentu hingga mendapatkan jadwal mata kuliah yang tidak hanya memenuhi nilai fitness 1 tetapi juga memiliki total bobot distribusi tertinggi yang memenuhi standar kelayakan pada setiap fakultas.

Fakultas Ekonomi akan selalu menghasilkan susunan jadwal yang optimal dengan catatan waktu terlama dalam menghasilkan susunan jadwal adalah selama 0 detik, dengan jumlah generasi adalah 3. Sedangkan yang tercepat adalah hanya dalam waktu yang sangat singkat, yaitu 0 detik, dengan jumlah generasi sebanyak 1.

Fakultas Hukum akan selalu menghasilkan susunan jadwal yang optimal dengan catatan waktu terlama dalam menghasilkan susunan jadwal adalah selama 5 detik, dengan jumlah generasi adalah 105. Sedangkan yang tercepat adalah hanya dalam

waktu yang sangat singkat, yaitu 0 detik, dengan jumlah generasi sebanyak 2.

Fakultas Teknik akan selalu menghasilkan susunan jadwal yang optimal dengan catatan waktu terlama dalam menghasilkan susunan jadwal adalah selama 2 detik, dengan jumlah generasi adalah 30. Sedangkan yang tercepat adalah hanya dalam waktu yang sangat singkat, yaitu 0 detik, dengan jumlah generasi sebanyak 1.

Fakultas Teknologi informasi akan selalu menghasilkan susunan jadwal yang optimal dengan catatan waktu terlama dalam menghasilkan susunan jadwal adalah selama 1 menit 9 detik, dengan jumlah generasi adalah 552. Sedangkan yang tercepat adalah hanya dalam waktu yang sangat singkat, yaitu 3 detik, dengan jumlah generasi sebanyak 20.

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

Fakultas	Generasi	Fitness	Count	Total Bobot	Waktu	Kecepatan (generasi/detik)
FTI	219	1	3	54	00:00:30	7
FT	10	1	1	55	00:00:01	15
FH	27	1	2	55	00:00:01	11
FE	2	1	1	55	00:00:00	-

Pengujian sistem dilakukan dengan metode evaluasi terhadap hasil jadwal kuliah sebelum dan sesudah pengembangan dilakukan. Evaluasi ini bertujuan untuk melihat hasil dari pengembangan program penjadwalan apakah sudah lebih optimal dibandingkan dengan prototipe penjadwalan sebelumnya atau hasil pengembangan sebaliknya membuat program penjadwalan menjadi tidak optimal.

Dengan melakukan simulasi data jadwal pada program penjadwalan mata kuliah, maka dapat dilihat perbandingan hasil jadwal setelah pengembangan dan sebelum pengembangan dilakukan. Berikut merupakan table perbandingan antara sistem penjadwalan sebelum dan sesudah pengembangan dilakukan, yaitu.

Tabel 2. Tabel hasil analisa pengujian sistem

Faktor	Sebelum Pengembangan	Sesudah Pengembangan
Jadwal Dosen Tertentu	Jadwal dosen tertentu tidak menjadi pertimbangan dalam penyusunan jadwal kuliah	Jadwal dosen tertentu menjadi faktor penentu untuk menyusun jadwal kuliah.
Distribusi Beban Mata Kuliah	Tidak memperhatikan distribusi mata kuliah	Mendistribusikan beban mata kuliah secara merata.
Prosedur penyusunan jadwal	Belum sesuai dengan penyusunan jadwal saat ini.	Sesuai dengan prosedur penyusunan jadwal saat ini.
Hasil jadwal kuliah	Masih banyak dilakukan pergantian jadwal akibat penyesuaian dengan jadwal dosen tertentu dan jadwal mahasiswa lintas semester.	Pergantian jadwal hanya dilakukan apabila terjadi bentrok jadwal mahasiswa yang lintas semester.
Kecepatan penyusunan jadwal	Cepat	Cepat dan Optimal

Dari hasil analisa perbandingan tersebut, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem penjadwalan sebelumnya tidak

mempertimbangkan jadwal terikat dosen sehingga pada penerapannya terjadi banyak pergantian jadwal akibat dosen yang tidak dapat mengajar pada waktu

tersebut. Sedangkan untuk sistem penjadwalan hasil pengembangan menjadikan jadwal dosen sebagai faktor penentu untuk menyusun jadwal kuliah.

2. Penyusunan jadwal mata kuliah pada prototipe sebelumnya dilakukan secara acak tanpa memperhatikan distribusi pembagian beban mata kuliah mahasiswa. Berdasarkan hasil wawancara dengan penyusun jadwal, wakil dekan tiap fakultas, didapatkan bahwa jadwal perkuliahan disusun agar beban perkuliahan semester mahasiswa terdistribusi ke setiap hari waktu perkuliahan untuk menjaga beban berimbang dalam proses pembelajaran. Algoritma perhitungan bobot distribusi mata kuliah mengatasi hal tersebut.
3. Proses penyusunan jadwal setelah dilakukan pengembangan tidak mempengaruhi lama waktu penyusunan jadwal terhadap hasil prototipe sebelumnya. Faktor yang tambahan pada pengembangan sistem membuat proses penyusunan jadwal menjadi lebih ramping, serta dapat menghasilkan jadwal yang lebih optimal dari sebelumnya.

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:

1. Efektifitas penerapan algoritma evolusi genetika pada prototipe sistem 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, penentuan kriteria tambahan dalam bentuk penambahan sesi dan batasan jadwal individu dosen mampu meningkatkan efektifitas kinerja algoritma.
2. Kompleksitas permasalahan berkurang dengan diperkenalkannya batasan-

batasan terhadap penjadwalan seperti penambahan sesi, dan batasan jadwal dosen namun dalam penentuan bobot distribusi optimal minimum perlu diperhatikan kondisi penerapannya pada setiap fakultas di Universitas Atma Jaya Makassar.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syarif, A.C. and Gunawan, F. H., 2013, Penerapan Algoritma Evolusi dengan Metode Generation Replacement pada Aplikasi Penjadwalan Mata Kuliah (Studi Kasus Universitas Atma Jaya Makassar), Jurnal Ilmiah Tematika Vol 1 No 2 2013 hal 10-23
- [2] 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.
- [3] Suyanto, 2010. *Algoritma Optimasi deterministik atau Probabilistik*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [4] Brownlee, A. 2005. *An Application of Genetic Algorithms to University Timetabling*. Tesis tidak diterbitkan. Aberdeen, Inggris: Robert Gordon University.
- [5] Chaudhuri, A. dan De, K. 2010. *Fuzzy Genetic Heuristic for University Course Timetable Problem*. Int. J. Advance. Soft Comput. Appl.
- [6] Nugroho, A. 2009. *Rekayasa Perangkat Lunak menggunakan UML dan Java*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [7] 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.