IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA UNTUK PENJADWALAN MATA PELAJARAN DI SMAN 1 CIWIDEY

Rismayanti[1], Tati Harihayati[2]

Teknik Informatika – Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipatiukur 112-114 Bandung
E-mail : rismayanti0903@yahoo.com[1], tharihayati@yahoo.com[2]

ABSTRAK

Penjadwalan mata pelajaran merupakan kegiatan belajar mengajar yang menjadi masalah kompleks disekolah. Penyusunan penjadwalan mata pelajaran dilakukan oleh wakasek bagian kurikulum mengunakan alat bantu *microsoft excel*. Pencarian untuk mendapatkan penjadwalan dengan hasil terbaik pada penyelesaian penyusunan penjadwalan oleh wakasek bagian kurikulum menuai bermunculan masalah. Dibutuhkan solusi yang tepat dalam penyelesaian pada penyusunan penjadwalan mata pelajaran. Diimplementasikannya algoritma genetika diharapkan sebagai solusi yang tepat dalam proses pencarian untuk penyusunan penjadwalan mata pelajaran agar mendapatkan penjadwalan yang optimal. Hasil yang didapatkan dalam implementasi algoritma pada penjadwalan mata pelajaran SMAN 1 Ciwidey adalah algoritma genetika dapat di implementasikan dengan baik pada penjadwalan akan tetapi nilai fitness tidak mencapai sama dengan 1.

Kata kunci : Implementasi**,** Algoritma Genetika , Penjadwalan Mata Pelajaran

1. PENDAHULUAN

Algoritma genetika merupakan suatu metode heuristik yang dikembangkan berdasarkan prinsip genetika dan proses seleksi alamiah teori evolusi Darwin. Proses pencarian penyelesaian atau proses terpilihnya sebuah penyelesaian dalam algoritma genetika berlangsung sama seperti terpilihnya suatu individu untuk bertahan hidup dalam proses evolusi. Algoritma genetika telah berhasil memecahkan masalah dan pemodelan di berbagai bidang seperti teknis, bisnis, serta hiburan dengan menghasilkan nilai yang optimal ataupun sesuai dengan yang diharapkan. Selain bidang yang telah disebutkan , algoritma genetika juga telah berhasil diterapkan dalam berbagai penelitian seperti penyelesaian bin packing problem, penyelesaian knapsack problem, penggunaan algoritma genetika untuk segmentasi citra, serta berbagai macam penyelesaian untuk penjadwalan [1].

Penjadwalan sering dijadikan sebagai bahan penelitian oleh banyak peneliti dengan tingkat kesulitan dalam penyusunan jadwal. Penjadwalan itu sendiri merupakan penempatan sumber daya (resource) satu waktu yang disusun sesuai dengan kebutuhan [2]. Penjadwalan memiliki banyak aspek kebutuhan dalam penyusunan penjadwalan sesuai kegiatan yang membutuhkan adanya suatu penjadwalan. Semakin kompleks permasalahan penjadwalan, jika aspek-aspek yang dibutuhkan tidak dipertimbangkan untuk penyusunan suatu penjadwalan. Aspek-aspek yang telah disusun tersebut dapat dijadikan batasan-batasan dalam penyusunan penjadwalan yang bersifat terpenuhi (hard constraint) dan tidak terpenuhi (soft constraint) yang akan menjadi acuan dalam proses penyusunan penjadwalan.

Berdasarkan observasi yang dilakukan di sekolah menengah atas negeri 1 Ciwidey dan wawancara dengan bapak Caca Wiarsa, S.Pd sebagai wakasek bagian kurikulum dapat di informasikan mengenai penyusunan penjadwalan mata pelajaran yang dilakukan. Sekolah menengah atas 1 Ciwidey memiliki tiga tingkatan yaitu X, XI, XII serta memiliki dua jenis penjurusan untuk kelas XI dan

XII yaitu jurusan IPA dan IPS. Kegiatan belajar mengajar dilakukan pada pagi hari untuk seluruh tingkatan. Penjadwalan mata pelajaran disusun menggunakan microsoft excel sebagai alat bantu dalam penyusunan. Penjadwalan mata pelajaran yang disusun terdiri dari indikator penjadwalan , yaitu mata pelajaran (17 mata pelajaran), guru yang mengajar (54 orang), kelas (27 kelas), jumlah jam mengajar, slot waktu, dan hari aktif belajar dari hari senin sampai sabtu (6 hari). Selain itu, penjadwalan mata pelajaran terdapat waktu-waktu khusus yaitu waktu upacara bendera setiap hari senin di slot pertama belajar ,waktu istirahat, waktu untuk sholat dzuhur , serta waktu sholat dhuha setiap hari jumat pada slot pertama belajar. Indikator penjadwalan diatur sedemikian rupa oleh wakasek kurikulum untuk menghasilkan tugas mengajar. Kesulitan yang muncul menggunakan microsoft excel yaitu mencari kolom kosong disetiap slot waktu untuk menempatkan tugas mengajar sesuai dengan

ketersediaan guru mengajar.Penjadwalan tersebut terkadang mengalami banyak perubahan dengan tidak cocoknya jadwal yang disusun dengan guru yang mengajar. Penjadwalan optimal yang diinginkan yaitu dengan tidak adanya perubahan. Namun penjadwalan yang optimal sulit didapatkan dengan tidak adanya kesepakatan mengenai ketersediaan hari untuk guru yang mengajar. Penjadwalan ideal yang disusun didapatkan setelah melakukan beberapa kali perbaikan sehingga total waktu yang dibutuhkan dari awal penyusunan jadwal sekitar satu bulan.

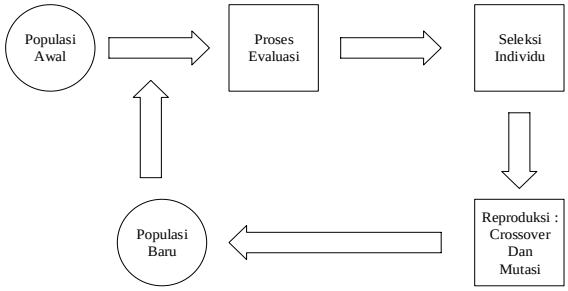
Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan, maka akan diimplementasikan algoritma genetika pada penjadwalan mata pelajaran di SMAN 1 Ciwidey sebagai metode heuristik yang digunakan untuk penyelesaian pencarian penjadwalan yang optimal.

1.1 Algoritma Genetika

Algoritma genetika merupakan suatu metode heuristic yang dikembangkan berdasarkan prinsip genetika dan proses seleksi alamiah Teori Evolusi Darwin. Metode optimasi dikembangkan oleh John Holland sekitar tahun 1960-an dan dipopulerkan oleh salah seorang mahasiswanya, David Goldreg pada tahun 1980-an. Proses pencarian penyelesaian atau proses terpilihnya suatu individu untuk bertahan hidup dalam proses evolusi.

1.1.1 Siklus Algoritma Genetika

Siklus algoritma genetika dibutuhkan pada setiap kasus, siklus petama kali memperkenalkan siklus adalah oleh David Goldberg. Berikut siklus algoritma genetika menurut David Goldberg :



Gambar 1. Siklus Algoritma Genetika David Goldberg

Siklus algoritma genetika pada Gambar 1 akan menjadi acuan untuk siklus implementasi algoritma genetika pada penjadwalan mata pelajaran.

1.1.2 Komponen Utama Algoritma Genetika

Komponen-komponen utama algoritma genetika saling berketergantungan dan berkaitan satu sama lain, berikut penjelasan dari komponen tersebut [3] :

1. Teknik Pengkodean

Teknik pengkodean merupakan bagian penting dalam algorima genetika. Proses ini diperlukan dalam kaitan dengan peranan kromosom sebagai representasi penyelesaian masalah. Kromosom gabungan dari gen-gen yang membentuk nilai tertentu.Gen dapat direpresentasikan dalam bentuk : string bit, bilangan real, daftar aturan, elemen permutasi, elemen program, atau representasi lainnya yang dapat diimplementasikan untuk operator genetika.

2. Membangkitkan Populasi Awal

Membangkitkan populasi awal adalah proses membangkitkan sejumlah individu secara acak atau melalui *procedure* tertentu. Teknik dalam pembangkitan populasi awal ini ada beberapa cara, diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Random search
   Pencarian solusi dimulai dari suatu titik uji tertentu. Titik uji tersebut dianggap sebagai alternatif solusi yang disebut sebagai populasi.
b. Random Generator
   Random generator melibatkan pembangkitan bilangan random untuk nilai setiap gen sesuai dengan representasi kromosom yang akan digunakan.
c. Pendekatan tertentu
   Cara ini dengan memasukkan nilai tertentu kedalam gen dari populasi awal yang dibentuk.
d. Permutasi Gen
   Cara ini dengan penggunaan permutasi josephus dalam kombinatorial.

3. Nilai Fitness

Suatu individu atau kromosom dievaluasi berdasarkan suatu fungsi tertentu sebagai ukutan performainya. Didalam evolusi alam, individu yang bernilai *fitness* tinggi yang akan bertahan hidup. Sedangkan bernilai *fitness* rendah akan mati.

Pada masalah optimasi, jika solusi yang dicari adalah memaksimalkan sebuah fungsi h (dikenal sebagai masalah maksimasi), maka nilai *fitness* yang digunakan adalah nilai dari fungsi h tersebut, yakni $f = h$ (dimana f adalah nilai *fitness*). Tetapi jika masalahnya adalah meminimalkan fungsi h, maka fungsi h tidak bisa digunakan secara langsung. Hal ini disebabkan adanya aturan bahwa individu yang memiliki nilai *fitness* tinggi lebih mampu bertahan hidup pada generasi berikutnya. Oleh karena itu nilai *fitness* yang digunakan adalah $f = 1/h$, yang artinya semakin kecil nilai h, semakin besar nilai f . Tetapi hal ini akan menjadi masalah jika h bisa bernilai 0, yang mengakibatkan f bernilai tak terhingga. Untuk mengatasinya, h perlu ditambah sebuah bilangan yang dianggap sangat kecil sehingga nilai *fitness* dapat dilihat pada persamaan 1 :

$$f = \frac{1}{(h + a)}$$

dimana *a* adalah bilangan yang dianggap sangat kecil dan bervariasi sesuai dengan masalah yang akan diselesaikan. Penentuan nilai *fitness* sangat berpengaruh pada performasi algoritma genetika secara keseluruhan.

Nilai *fitness* yang digunakan untuk mencapai nilai optimal dalam penelitian ini adalah 1. Hasil nilai fitness tersebut adalah dari aturan yang telah ditetapkan dengan memberikan nilai 0 untuk aturan yang tidak dilanggar dan 1 untuk aturan yang dilanggar. Maka bila dimasukan pada rumus persamaan 1 akan menghasilkan nilai *fitness* 1, dengan h adalah mengenai aturan-aturan yang telah ditetapkan dan *a* adalah nilai terkecil yang digunakan adalah 1.

4. Seleksi

Setiap kromosom yang terdapat dalam populasi akan melalui proses seleksi untuk dipilih menjadi orang tua. Ada beberapa metode seleksi , diantaranya :

a. Seleksi Roulette Wheel

Metode seleksi yang umum digunakan adalah seleksi *roulette wheel* , sesuai dengan namanya, metode ini menirukan permainan *roulette wheel*. Dimana masing-masing kromosom menempati potongan lingkaran pada roda *roulette wheel* secara proporsional sesuai dengan nilai *fitness*nya. Kromosom yang memiliki nilai *fitness* lebih besar menempati potongan lingkaran yang lebih besar dibandingkan kromosom bernilai *fitness* rendah.

b. Seleksi Ranking

Seleksi ini memperbaiki proses seleksi yang sebelumnya yaitu *roulette wheel* karena pada seleksi tersebut kemungkinan selain satu kromosom mempunyai nilai fitness yang mendominasi hingga 90%. Nilai fitness yang lain akan mempunyai kemungkinan yang sangat kecil untuk terpilih. Seleksi rangking dipakai untuk mengatasi masalah dari kekurangan seleksi *roulette wheel*. Pertama-tama, diurutkan seluruh kromosom berdasarkan bagus-tidaknya solusi berdasarkan nilai *fitness*-nya. Setelah diurutkan, kromosom terburuk diberi nilai fitness baru sebesar 1, kromosom kedua terburuk diberi nilai fitness baru sebesar 2, dan seterusnya. Kromosom terbaik diberi nilai fitness baru sebesar n dimana n adalah banyak kromosom dalam suatu populasi.

c. Seleksi Steady State

Metode ini tidak banyak digunakan dalam proses seleksi karena dilakukan dengan mempertahankan individu yang terbaik. Pada setiap generasi, akan dipilih beberapa kromosom-kromosom yang memiliki nilai *fitness* terburuk akan digantikan dengan *offspring* yang baru. Sehingga pada generasi selanjutnya akan terdapat beberapa populasi yang dipertahankan.

d. Seleksi Turnamen

Merupakan metode seleksi lainnya yang didasari fenomena alamiah seperti turnamen antar individu dalam populasi. Dilakukan dengan memilih secara acak beberapa kromosom dari populasi. Individu-individu yang terbaik dalam kelompok ini akan diseleksi sebagai induk.

e. Truncation Random

Metode ini lebih mudah diterapkan jika dibandingkan dengan metode *roulette wheel*, pemilihan kromosom dilakukan secara acak tetapi tidak semua kromosom mendapatkan kesempatan tersebut, hanya kromosom terbaik saja yang berpeluang.

5. Crossover (Pindah Silang)

Sebuah kromosom yang mengarah pada solusi yang bagus dapat diperoleh dari proses memindah-silangkan dua buah kromosom. Pindah silang dapat berakibat buruk jika ukuran populasinya sangat kecil. Pindah silang dapat dilakukan hanya jika suatu bilangan random [0,1] yang dibangkitkan kurang dari p_c yang ditentukan. Pada umumnya p_c diset mendekati 1 , misalnya 0,8.

6. Mutasi

Mutasi merupakan operator dalam algoritma genetika yang bertujuan untuk mengubah gen-gen tertentu dari sebuah kromosom. Mutasi ini berperan untuk menggantikan gen yang hilang dari populasi akibat seleksi yang memungkinkan munculnya kembali gen yang tidak muncul pada inisialisasi populasi

7. Syarat Berhenti

Proses optimasi yang dilakukan oleh algoritma genetika akan berhenti setelah suatu syarat berhenti terpenuhi. Beberapa syarat berhenti yang biasa digunakan adalah batas nilai fungsi *fitness*, batas waktu komputasi, banyak generasi dan terjadinya konvergensi. Syarat berhenti yang sering digunakan adalah banyak generasi, tetapi tidak menutup kemungkinan untuk dipilih kombinasi beberapa syarat berhenti [4].

8. Penentuan Parameter Algoritma

Parameter algoritma merupakan salah satu bagian penting dalam penerapan algoritma gentika yang tidak mudah untuk ditentukan secara pasti. Tidak ada aturan yang pasti untuk menentukan parameter algoritma, baik probabilitas *crossover* (Pc), probabilitas mutasi (Pm), maupun ukuran populasi. Hal ini tidak terlepas dari prinsip algoritma genetika yang mengandalkan bilangan acak hampir dalam setiap langkahnya, mulai dari pembentukan populasi awal, proses penyilangan atau proses mutasi. Bilangan acak yang berbeda pasti akan menyebabkan

hasil yang berbeda pula [3]. Ada beberapa rekomendasi yang dapat digunakan , antara lain :

a. Untuk permasalahan yang memiliki kawasan solusi cukup besar , De Jong merekomdasikan untuk nilai parameter kontrol :

   (Popsize ; Pc ; Pm) = (50 ; 0,6; 0,001)

b. Bila rata-rata *fitness* setiap generasi digunakan sebagai indikator, maka Grefensttete merekomendasikan :

   (Popsize ; Pc ; Pm) = (30 ; 0,95; 0,01)

c. Bila *fitness* dari individu terbaik dipantau pada setiap generasi, maka usulannya adalah :

   (Popsize ; Pc ; Pm) = (80 ; 0,45; 0,01)

d. Ukuran populasi sebaiknya tidak lebih kecil dari 30, untuk sembarang jenis permasalahan.

Pada penelitian ini rekomendasi yang digunakan adalah rekomendasi c , dipilih rekomendasi c dikarenakan untuk mencapai tujuan yang diinginkan dengan *fitness* = 1 ,harus dipantau setiap generasi. Maka dipilih rekomendasi c dengan Popsize (ukuran populasi) 80, Pc (probabilitas *crossover*) 0,45. Untuk ukuran populasi tidak digunakan dikarenakan telah menggunakan banyak pengecekan serta ingin mencapai tujuan dengan *fitness* = 1 .

1.2 Penjadwalan

Penjadwalan adalah proses pengurutan pembuatan produk secara menyeluruh pada beberapa mesin. Penjadwalan dapat pula dipandang sebagai proses pengalokasian sumber daya pada jangka waktu tertentu untuk melakukan sekumpulan tugas.

Persoalan penjadwalan timbul apabila beberapa pekerjaan (job) akan dikerjakan bersamaan, sedangkan sumber daya seperti mesin atau peralatan yang dimiliki jumlahnya terbatas. Untuk mencapai hasil yang optimal dengan keterbatasan sumber daya yang dimiliki, maka diperlukan adanya penjadwalan sumber-sumber tersebut secara efisien.

2 ISI PENELITIAN

2.1 Implementasi dan Analisis Algoritma

2.1.1 Variabel Penelitian

Varibel penelitian yang digunakan adalah data masukan pada penyusunan penjadwalan mata pelajaran di SMAN 1 Ciwidey. Data masukan adalah sebagai berikut :

a. Data guru
b. Data kelas
c. Data mata pelajaran , meliputi nama mata pelajaran dan jumlah bobot setiap mata pelajaran
d. Data slot waktu , meliputi waktu jam pelajaran dan ruangan yang tersedia
e. Data tugas mengajar
f. Data ketersediaan guru (data ketersediaan guru merupakan data ketersediaan hari yang terlihat dari jadwal genap /ganjil pada penjadwalan sebelumnya)

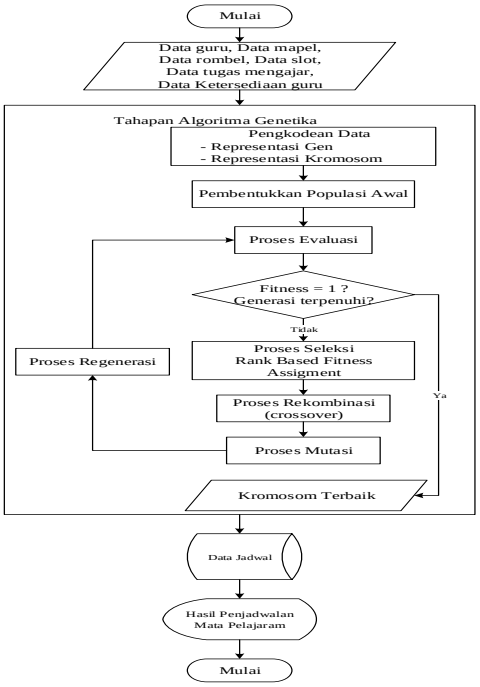
2.1.2 Aturan Pinalty

Pada algoritma genetika terdapat proses evaluasi yang akan menilai baik atau buruknya suatu kromosom untuk bertahan hidup, berikut adalah aturan pinalty :

1. Terdapat aturan *soft constraint* yaitu tugas mengajar guru yang tidak sesuai dengan ketersediaan guru.
2. Terdapat aturan *hard constraint* yaitu tugas mengajar pada mata pelajaran yang memiliki bobot mata pelajaran 4 jam pelajaran tidak dalam 2 hari.
3. Terdapat aturan *hard constraint* yaitu guru yang mengajar disatu waktu / bentrok.
4. Terdapat aturan *hard constraint* yaitu tugas mengajar memiliki kelebihan bobot tugas mengajar akibat proses *crossover*.

2.1.3 Flowchart Implementasi Algoritma

Rangkaian proses pada tahapan algoritma genetika yang dilakukan untuk diimplementasikannya algoritma genetika untuk penjadwalan mata pelajaran di SMA Negeri 1 Ciwidey dapat dilihat pada Gambar 2 :



Gambar 2. *Flowchart* Implementasi Algoritma Genetika Untuk Penjadwalan Mata Pelajaran Di SMA Negeri 1 Ciwidey

2.1.4 Analisis Algoritma

Analisis yang dilakukan yaitu untuk mengetahui hasil penjadwalan mata pelajaran yang diimplementasikan algoritma genetika dapat mencapai nilai optimal. Adapun tahapan – tahapan yang dilakukan :

1. Menentukan jumlah kromosom yang digunakan pada satu generasi dan jumlah maksimum generasi. Dalam penelitian ini dalam satu generasi menggunakan 9 kromosom sesuai dengan jumlah kelas untuk kelas X di SMAN 1 Ciwidey dan melakukan maksimum 50 generasi walaupun nilai fitness tidak mencapai nilai optimal sama dengan 1.
2. Menginisialisasikan faktor pembentuk kromosom yang ada dalam penyusunan penjadwalan mata pelajaran. Faktor pembentuk yang dijadikan kromosom dalam penelitian ini data slot dan tugas mengajar. Kromosom tersebut dibentuk dari gabungan gen-gen yang mewakili satu varibel, gen terbentuk dari data guru, data mapel, data rombel yang akan menjadi data tugas mengajar.
3. Melakukan pembentukan populasi awal / generate kromosom yang telah terbentuk berdasarkan bilangan acak. Pada penelitian ini menggunakan metode pembentukan awal *random search*.
4. Hasil dari pembentukan populasi awal tersebut dilakukan proses evaluasi dengan cara menghitung jumlah pinalty untuk pengecekkan pelanggaran yang terjadi pada setiap kromosom. Pada penelitian ini cara menghitung jumlah pinalty untuk mendapatkan nilai fitness adalah dengan rumus berikut :

$$F(i) = \frac{1}{1 + (\sum p1 + p2 + p3 + p4)}$$

Keterangan :
F(i) = i adalah kromosom
p1..p4= aturan pinalty yang telah dijelaskan

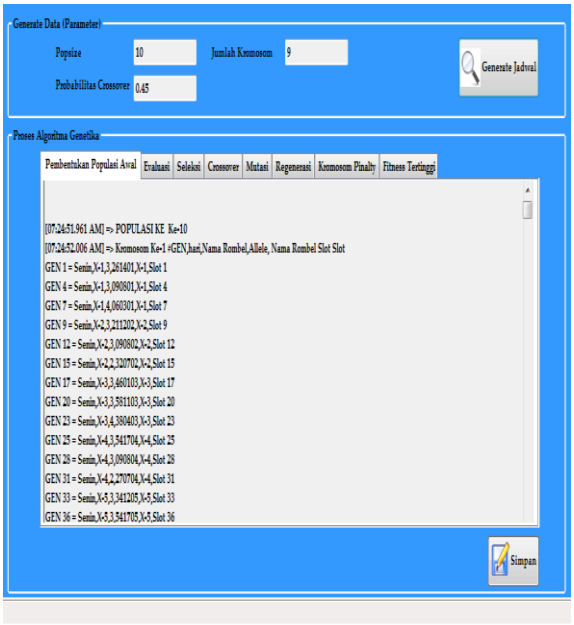
5. Dalam penelitian ini memiliki dua syarat berhenti yaitu pertama melakukan generate generasi hingga nilai fitness sama dengan 1 dan kedua yaitu melakukan generate generasi hingga hingga jumlah generasi yang ditentukan.
6. Melakukan proses selanjutnya yaitu seleksi. Seleksi yang digunakan pada peneltian ini adalah seleksi rank , seleksi rank dilakukan dengan cara mengurutkan nilai fitness terkecil hingga terbesar dengan memberikan nilai fitness terkecil 1 dan nilai fitness terbesar sebanyak n (jumlah kromosom).
7. Melakukan proses selanjutnya yaitu crossover. Crossover dilakukan dalam penelitian ini adalah menggunakan pemilihan dua titik untuk proses crossover dan probablitas crossover yang digunakan adalah 0.45.
8. Melakukan selanjutnya yaitu mutasi. Mutasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mutasi intenger.

2.2 Hasil

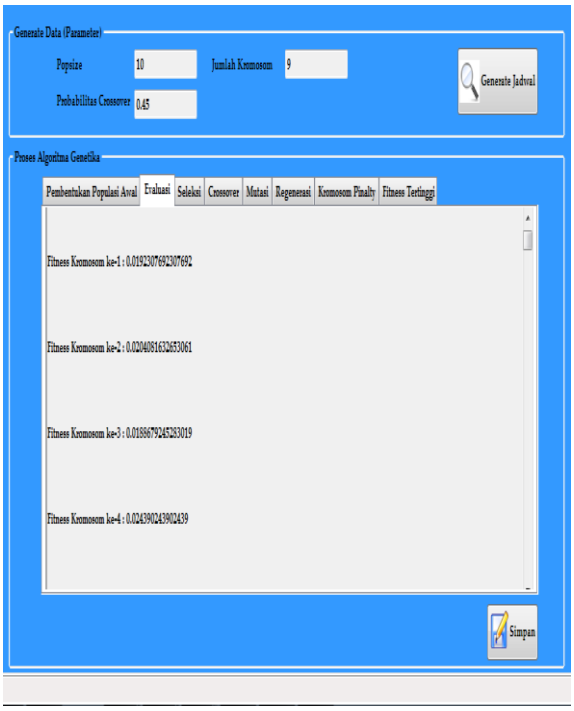
Hasil yang didapatkan dari implementasi algoritma genetika pada penjadwalan mata pelajaran di SMAN 1 Ciwidey ini adalah nilai fitness yang didapatkan pada setiap generasi memiliki nilai individu terbaik akan tetapi hasil tersebut tidak mencapai nilai optimal sama dengan 1.

2.3 Hasil Pada Program

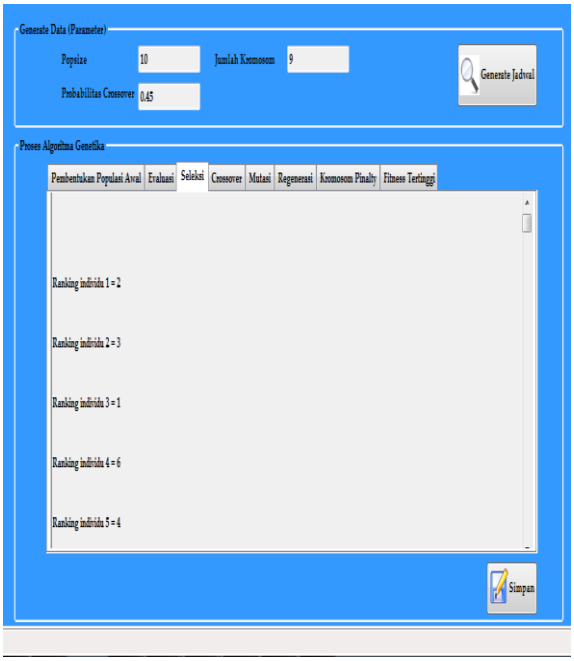
Berikut adalah tampilan implementasi algoritma genetika untuk setiap tahapan algoritma genetika :



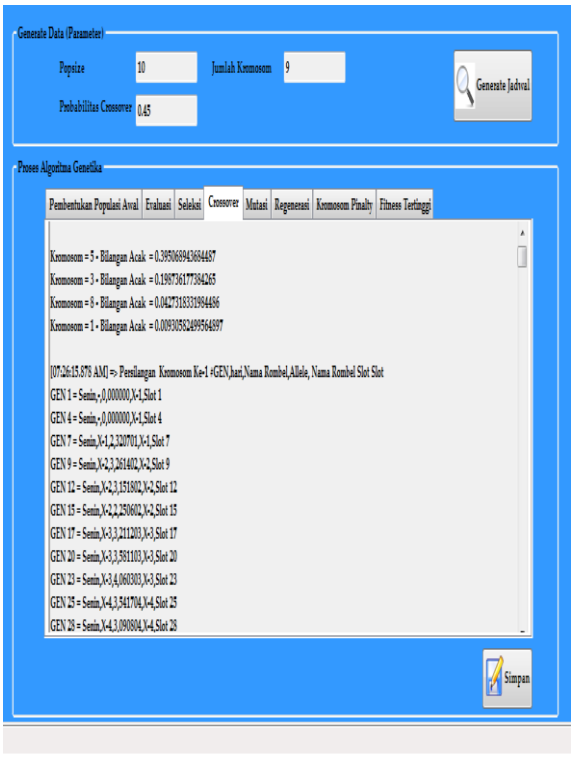
Gambar 3. Pembentukan Populasi Awal



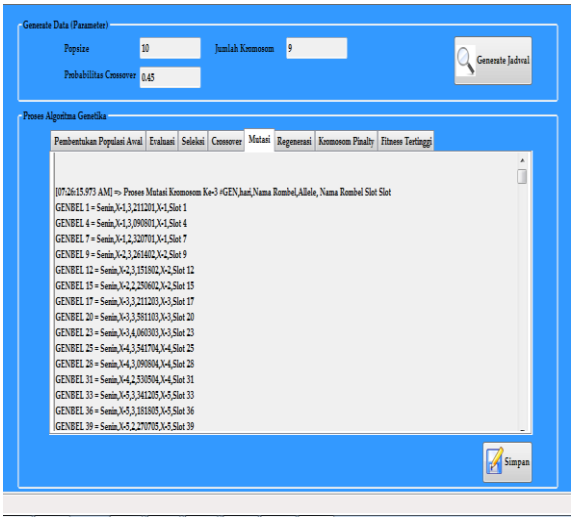
Gambar 4. Prose Evaluasi



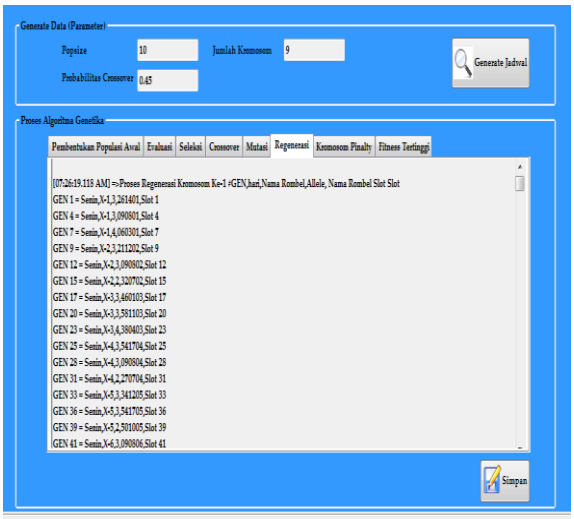
Gambar 5. Proses Seleksi



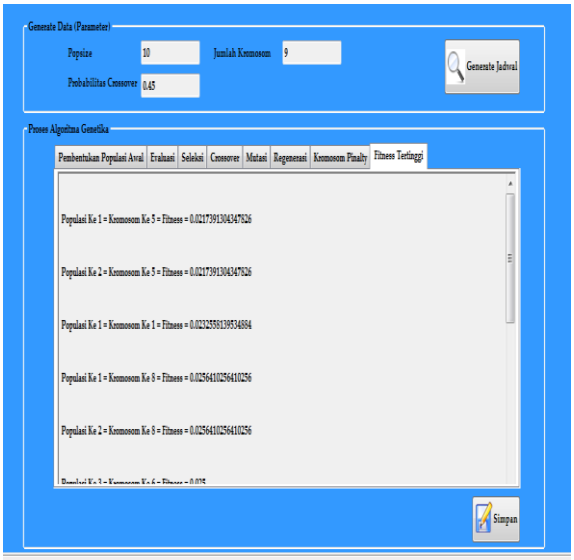
Gambar 6. Proses Crossover



Gambar 7 Proses Mutasi



Gambar 8 Proses Regenerasi



Gambar 9 Nilai Fitness Tertinggi Setiap Generasi

3 PENUTUP

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dalam implementasi algoritma genetika untuk penjadwalan mata pelajaran kelas X yang telah dilakukan dari tugas akhir ini , dapat disimpulkan bahwa hasil penjadwalan yang didapatkan tidak mencapai nilai *fitness* yang optimal dengan tidak mencapai nilai *fitness* sama dengan 1. Hal tersebut terjadi karena terdapat *constraint-constraint* yang masih terkena pinalty pada proses evaluasi. Selain itu tidak menggunakan probabilitas *crossover* secara dinamis mempengaruhi jumlah kromosom yang melakukan persilangan dan yang crossover yang dilakukan pada dua titik .

2. Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka saran yang diharapkan yaitu dilakukan suatu pengembangan untuk implementasi algoritma genetika untuk penjadwalan mata pelajaran di SMAN 1 Ciwidey ini adalah sebagai berikut :

a. Menggunakan metode heuristik lain selain Algoritma Genetika seperti *Tabu Search* , *Bee Colony* , *Ant Colony* , dll.
b. Melakukan perubahan probabilitas *crossover* secara dinamis.
c. Melakukan generate jadwal hingga mencapai nilai optimal.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Z. Zukhri, Algoritma Genetika Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi, Yogyakarta: ANDI, 2014.

[2] K. Setemen, "Optimasi Generate Jadwal Mata Kuliah Menggunakan Algoritma Genetika dan Tabu Search," 2008.

[3] S. Kusumadewi, Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya), Yogyakarta: Graha Ilmu, 2003.

[4] Suyanto, Evolutionary Computation Komputasi Berbasis "Evoluasi" dan "Genetika", Bandung (ID): Informatika, 2008.

[5] Suyanto, Algoritma Genetika dalam MATLAB, Yogyakarta: ANDI, 2005.

[6] S. T, E. Mulyanto and D. Suhartono, Kecerdasan Buatan, Yogyakarta: ANDI, 2011.

[7] R. W. e. a. Conway, Theory of Scheduling, Addison Wesley: Massachusets, 1967.

[8] Fathansyah, Basis Data, Bandung: Informatika, 2012.

[9] R. A.s and M. Shalahudin, Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur, Bandung : Informatika, 2013.

[10] A. Solichin, Mysql 5 dari Pemula Hingga Mahir, Jakarta: Universitas Budi Luhur, 2010.

[11] R. S. Pressman, Rekayasa Perangkat Lunak, Yogyakarta: ANDI, 2012.

[12] K. Hamilton, Learning UML 2.0, Gravenstein Highway North: O'Reilly Media, 2006.

[13] S. M. Suyanto, Artificial Inteligence: Seaching, Reasoning, Planning, Bandung: Informatika, 2007.