

PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK OPTIMASI PENAWARAN BIAYA PEKERJAAN KONSTRUKSI DENGAN BANTUAN SOFTWARE MATLAB

Deddy R. G. Ratulangi

Staf Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1

e-mail: ratulangid@gmail.com

ABSTRAK

Luas lantai dapat dikategorikan sebagai aspek arsitektural dari satu rumah menengah. Terdapat berbagai-bagai item-item pekerjaan dari suatu rumah namun pada hakekatnya dapat dikategorikan ke aspek-aspek utama dari jenis pekerjaan itu. Selain aspek arsitektural, terdapat juga aspek sipil yang sering diwakili oleh keseluruhan pekerjaan struktur rumah tersebut, aspek mekanikal dan elektrik, serta aspek lainnya yang merupakan aspek-aspek tambahan. Dari segi biaya pembangunan, maka salah satu yang paling dominan untuk anggaran biaya yakni pekerjaan struktur beton bertulang.

Di satu sisi, bagi seorang kontraktor maka hal yang paling diminati untuk dikerjakan dalam pembangunan yakni item pekerjaan struktur. Di sisi yang lain juga, volume beton untuk struktur sebagai aspek sipil yang paling banyak di sub-kontrakkan. Selain itu juga luas halaman untuk perapihan, terutama penggunaan paving block sering kali sangat diinginkan oleh seorang owner perumahan. Berdasarkan hal-hal ini maka dapat dilihat bahwa penawaran yang dilakukan untuk pekerjaan perumahan menengah dengan menggunakan, tidak saja luas lantai, melainkan volume beton, serta luas halaman cukup menarik untuk ditinjau ketika seorang kontraktor akan menawar dengan harga optimal yang diinginkannya.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dengan menggunakan metode Algoritma Genetika maka dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk optimal biaya penawaran pekerjaan pembangunan rumah T-54/170, dengan harga penawaran pekerjaan beton sebesar Rp.7.000.000,00/m³, harga penawaran pekerjaan per luasan lantai Rp. 2.200.000,00/m², dan harga penawaran pekerjaan per luasan halaman Rp. 85.000,00/m² paving block maka nilai-nilai optimal yang didapat untuk volume beton maksimal = 15,5 m³, luasan lantai maksimal = 53 m², dan luasan halaman untuk paving = 90 m², dengan harga penawaran sebesar Rp. 232.750.000,00. Hal ini berarti bahwa harga penawaran pekerjaan yang dimasukkan tergolong cukup murah untuk pekerjaan perumahan golongan menengah.

Kata kunci: Algoritma Genetika, Penawaran, Matlab, Konstruksi, Perumahan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Salah satu tipe rumah pada perumahan adalah T-54/170 yang tergolong tipe rumah menengah. Maksud dari T-54/170 adalah bahwa luasan lantainya kira-kira 54 m² dan luas lahannya kira-kira 170 m².

Pada pekerjaan konstruksi membangun perumahan, awalnya menggunakan penawaran prakiraan kasar. Penawaran Prakiraan Kasar ini biasanya hanya disangkutpautkan dengan luas lantai dan selanjutnya dikalikan dengan harga tertentu per 1 m² luasannya.

Luas lantai dapat dikategorikan sebagai aspek arsitektural dari satu rumah menengah. Terdapat berbagai-bagai item-item pekerjaan dari suatu rumah namun pada hakekatnya dapat dikategorikan ke aspek-aspek utama dari jenis

pekerjaan itu. Selain aspek arsitektural, terdapat juga aspek sipil yang sering diwakili oleh keseluruhan pekerjaan struktur rumah tersebut, aspek mekanikal dan elektrik, serta aspek lainnya yang merupakan aspek-aspek tambahan. Dari segi biaya pembangunan, maka salah satu yang paling dominan untuk anggaran biaya yakni pekerjaan struktur beton bertulang.

Di satu sisi, bagi seorang kontraktor maka hal yang paling diminati untuk dikerjakan dalam pembangunan yakni item pekerjaan struktur. Di sisi yang lain juga, volume beton untuk struktur sebagai aspek sipil yang paling banyak di sub-kontrakkan. Selain itu juga luas halaman untuk perapihan, terutama penggunaan paving block sering kali sangat diinginkan oleh seorang owner perumahan. Berdasarkan hal-hal ini maka dapat dilihat bahwa penawaran yang dilakukan untuk pekerjaan perumahan menengah dengan

menggunakan, tidak saja luas lantai, melainkan volume beton, serta luas halaman cukup menarik untuk ditinjau ketika seorang kontraktor akan menawar dengan harga optimal yang diinginkannya.

Salah satu studi yang dipakai untuk menyelesaikan kondisi-kondisi seperti ini yakni dengan menggunakan Optimasi. Dan metode yang sering dipakai pada penulisan ini yakni metode Genetika Algoritma dengan menggunakan bantuan Software MATLAB.

Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan ini adalah menghitung biaya optimal untuk harga penawaran pekerjaan, jika didasarkan pada berapa besar volume beton, luas lantai, dan luas halaman yang harus terpenuhi sehingga harga penawaran total dapat diterima, dengan menggunakan metode Genetika Algoritma serta bantuan software MATLAB.

STUDI PUSTAKA

Optimasi

Optimasi merupakan suatu pencapaian keadaan atau tindakan terbaik yang mampu dicapai dari suatu masalah pengambilan keputusan dengan berbagai macam sumber daya yang membatasinya. Optimasi merupakan suatu pencapaian terbaik dari usaha yang telah dilakukan. Optimasi linear erat kaitannya dengan bagaimana menentukan nilai-nilai ekstrim pada fungsi linear maksimasi atau minimasi. Persoalan optimasi secara umum terbagi menjadi dua yaitu optimasi tanpa kendala dan optimasi dengan kendala. Pada dasarnya optimasi dengan kendala adalah penentuan dari persoalan berbagai nilai variabel suatu fungsi untuk mendapatkan hasil yang maksimum atau minimum dengan memperhatikan batasan-batasan yang ada.

Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah suatu algoritma pencarian yang meniru mekanisme dari genetika alam. Algoritma genetika dikenal sejak 1975 dan sudah banyak dipakai pada aplikasi bisnis, teknik maupun pada bidang keilmuan. Algoritma ini ditemukan di Universitas Michigan, Amerika Serikat oleh John Holland dan dipopulerkan oleh salah satu muridnya, David Goldberg. Goldberg mendefinisikan algoritma genetika ini sebagai metode algoritma

pencarian berdasarkan pada mekanisme seleksi dan genetika alam.

Algoritma genetika dapat dipakai untuk mendapatkan solusi yang tepat untuk suatu masalah. Sebelum algoritma dijalankan, masalah yang akan dioptimalkan itu harus dinyatakan dalam sebuah fungsi *fitness*. Pendekatan yang diambil oleh algoritma ini adalah menggabungkan secara acak berbagai pilihan solusi terbaik di dalam suatu kumpulan untuk mendapatkan generasi solusi terbaik berikutnya yaitu pada suatu kondisi yang memaksimalkan kecocokannya atau lazim disebut *fitness*. Jika nilai *fitness* semakin besar, maka sistem yang dihasilkan semakin baik. Pada awalnya semua nilai *fitness* kemungkinan sangat kecil karena algoritma ini menghasilkannya secara *random*, namun sebagian akan lebih tinggi dari yang lain. Kromosom dengan nilai *fitness* yang tinggi akan memberikan probabilitas yang tinggi untuk bereproduksi pada generasi selanjutnya. Untuk setiap generasi pada proses evolusi, fungsi *fitness* yang mensimulasikan seleksi alam, akan menekan populasi ke arah *fitness* yang meningkat.

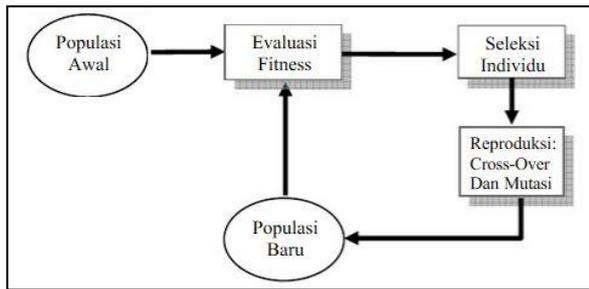
Beberapa definisi penting yang perlu diperhatikan untuk membangun penyelesaian permasalahan dengan algoritma genetika adalah sebagai berikut.

- a. *Genotype* (Gen), sebuah nilai yang menyatakan satuan dasar yang membentuk suatu arti tertentu dalam satu kesatuan gen yang dinamakan kromosom. Dalam algoritma genetika, gen ini bisa berupa nilai biner, *float*, *integer* maupun karakter, atau kombinatorial.
- b. *Allele*, nilai dari gen.
- c. Kromosom, gabungan gen-gen yang membentuk nilai tertentu.
- d. Individu, menyatakan satu nilai atau keadaan yang menyatakan salah satu solusi yang mungkin dari permasalahan yang diangkat.
- e. Populasi, merupakan sekumpulan individu yang akan diproses bersama dalam satu siklus proses evolusi.
- f. Generasi, menyatakan satu siklus proses evolusi atau satu iterasi di dalam algoritma genetika.

Untuk menggunakan algoritma genetika, solusi permasalahan direpresentasikan sebagai kromosom. Tiga aspek yang penting untuk penggunaan algoritma genetika.

1. Definisi fungsi *fitness*.
2. Definisi dan implementasi representasi genetika.

3. Definisi dan implementasi operasi genetika.



Gambar 1 Alur Kerja Algoritma Genetika

Pada dasarnya proses algoritma genetika terdiri dari tahapan-tahapan yang akan dijelaskan sebagai berikut.

a. Representasi Gen

Tahap awal dalam proses algoritma genetika adalah membuat representasi dari tiap-tiap individu yang akan ikut dalam siklus algoritma genetika.

b. Pembangkitan Populasi Awal

Langkah berikutnya adalah membentuk sebuah populasi untuk sejumlah gen. Populasi adalah sekumpulan individu yang akan digunakan dalam setiap proses regenerasi dimana masing-masing individu terdiri dari beberapa gen. Untuk itu diperlukan suatu populasi awal yang digunakan untuk proses penentuan individu terbaik. Solusi atau individu terbaik dari populasi awal akan dipertahankan sedangkan individu-individu yang lain akan diubah menjadi variasi lainnya untuk memperoleh kemungkinan solusi yang lebih baik dari pada solusi sebelumnya.

c. Evaluasi Nilai *Fitness*

Pada setiap populasi baru yang terbentuk baik dari populasi awal maupun dari proses regenerasi akan dihitung nilai *fitness cost* dari setiap individu dalam populasi. *Fitness cost* merupakan nilai kualitas dari suatu individu.

d. Seleksi

Seleksi dilakukan dalam rangka untuk mendapatkan induk yang baik. Seleksi bertujuan untuk memberikan kesempatan reproduksi yang lebih besar bagi anggota populasi yang paling baik. Karena induk yang baik akan menghasilkan keturunan yang baik. Semakin tinggi nilai *fitness* suatu individu maka akan semakin besar pula kemungkinannya untuk terpilih. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk memilih kromosom antara lain seleksi roda

roulette (Roulette Wheel Selection), seleksi *rank (Rank Selection)*, dan seleksi turnamen (*Tournament Selection*).

e. Persilangan (*Crossover*)

Crossover adalah operator dari algoritma genetika yang melibatkan dua induk yang membentuk individu baru. Operator *crossover* ini bergantung pada representasi kromosom yang dilakukan. Berbagai model *crossover* sesuai dengan representasi adalah *crossover* satu titik, dua titik, dan *ordercrossover*.

f. Mutasi

Mutasi merupakan proses mengubah nilai dari satu atau beberapa gen dalam suatu kromosom. Mutasi ini berperan untuk menggantikan gen yang hilang dari populasi akibat proses seleksi yang memungkinkan munculnya kembali gen yang tidak muncul pada inisialisasi populasi. Mutasi ditetapkan dengan probabilitas sangat kecil. Jika mutasi dilakukan terlalu sering, maka akan menghasilkan individu yang lemah karena konfigurasi bit pada kromosom yang unggul akan dirusak. Mutasi ini bukanlah operator yang utama, yang dilakukan secara acak pada gen dengan kemungkinan yang kecil itu. Berdasarkan bagian yang termutasi, mutasi dapat dibedakan atas tiga bagian, yaitu tingkat kromosom, gen dan bit.

g. Pengulangan

Setelah proses regenerasi selesai, maka dilakukan pengulangan sampai sejumlah generasi yang dikehendaki. Gen dari generasi sebelumnya digantikan posisinya dengan generasi yang baru. Individu yang diperoleh dari proses mutasi dan *crossover* dianggap sebagai populasi awal lagi.

MATLAB

MATLAB atau yang kita sebut dengan (*Matrix Laboratory*) yaitu sebuah program untuk menganalisis dan mengkomputasi data numerik, dan MATLAB juga merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan, yang dibentuk dengan dasar pemikiran yang menggunakan sifat dan bentuk matriks.

MATLAB yang merupakan singkatan dari Matrix Laboratory, merupakan bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh The Mathwork Inc. yang hadir dengan fungsi dan karakteristik yang berbeda dengan bahasa pemrograman lain yang sudah ada lebih dahulu seperti Delphi, Basic maupun C++.

MATLAB telah berkembang menjadi

sebuah *environment* pemrograman yang canggih yang berisi fungsi-fungsi *built-in* untuk melakukan tugas pengolahan sinyal, aljabar linier, dan kalkulasi matematis lainnya. MATLAB juga menyediakan berbagai fungsi untuk menampilkan data, baik dalam bentuk dua dimensi maupun dalam bentuk tiga dimensi.

ANALISIS, HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Penelitian

Data rumah yang akan dipakai adalah tipe T-54/170, yang dapat diartikan Tipe rumah dengan Luas lantai yakni sebesar 54 m² dan luas lahan sebesar 170 m². Adapun berdasarkan perkiraan rata-rata maka volume beton untuk tipe rumah seperti ini berkisar 16,3 m³- 17,0 m³.

Untuk nilai-nilai harga penawaran yang akan dimasukkan dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Untuk harga penawaran Aspek Sipil (berdasarkan volume beton):
Rp. 7.000.000,00 / m³.
2. Untuk harga penawaran Aspek Arsitektural (berdasarkan luas lantai):
Rp. 2.200.000,00 / m².
3. Untuk harga penawaran Aspek Tambahan (luas halaman untuk paving):
Rp. 85.000,00 / m².

Algoritma Genetika

1. Variabel-variabel Keputusan

Dalam rangka untuk menetapkan fungsi tujuan maka perlu ditetapkan terlebih dahulu Variabel-variabel Keputusan untuk studi kasus tinjauan ini. Adapun variabel-variabel Keputusan untuk pembahasan ini yakni sebagai berikut:

- X1 = Volume Beton (Aspek Sipil) [m³]
- X2 = Luas Lantai (Aspek Arsitektural) [m²]
- X3 = Luas Halaman untuk Paving (Aspek Tambahan) [m²]

2. Penetapan Fungsi Tujuan

Dari Variabel-variabel Keputusan di atas serta data-data sebelumnya maka Fungsi Tujuan untuk studi kasus ini, yakni sebagai berikut :

$$Z = 7.000.000X1 + 2.200.000X2 + 85.000 X3 \quad (1)$$

atau dapat ditulis kembali Formula Matematisnya untuk diterapkan pada Tabel Metode Simpleks yakni :

$$\text{MAKS } Z - 7.000.000X1 - 2.200.000X2 - 85.000 X3 = 0 \dots\dots\dots(2)$$

3. Penetapan Batasan-batasan

a. Batasan 1: Untuk batasan ini maka sesuai dengan data-data di atas maka untuk volume beton yang berkisar antara 16,3 m³ – 17,0 m³ pada Tipe Rumah seperti ini, maka disebabkan karena akan dimaksimalkan Fungsi Tujuan, sehingga volume beton yang akan diambil yakni tidak lebih dari 16,3 m³. Dengan demikian Batasan pertama dapat ditulis :

$$X1 \leq 16,3 \dots\dots\dots(3)$$

b. Batasan 2: Untuk batasan ini maka nilai luasan lantai pada Tipe Rumah ini akan digunakan sesuai dengan angka yang merupakan Tipe dari Rumah ini. Dengan demikian Batasan kedua dapat ditulis :

$$X2 \leq 54 \dots\dots\dots(4)$$

c. Batasan 3: Untuk batasan ini menyangkut nilai luasan total keseluruhan. Sesuai dengan Tipe Rumah ini yakni luasan lantainya berkisar 54 m² dan luasan total lahannya yakni 170 m², sehingga luas aspek arsitektural ditambah luas aspek tambahan haruslah kurang dari luas lahan ini. Dengan demikian Batasan ketiga dapat ditulis :

$$X2 + X3 \leq 170 \dots\dots\dots(5)$$

d. Batasan 4: Untuk batasan ini berhubungan dengan aspek volume beton dan aspek luas lantai. Berdasarkan pengalaman di lapangan maka rata-rata biasanya untuk tipe rumah sederhana maka perbandingan antara volume beton (X1) dengan luas lantai (X2) rata-rata berkisar tidak lebih dari 25% (dua puluh lima persen) atau 1 berbanding 4. Dengan demikian Batasan keempat dapat ditulis :

$$4X1 - X2 \leq 0 \dots\dots\dots(6)$$

e. Batasan 5 dan 6: Untuk batasan ini berhubungan dengan interval harga penawaran minimum dan penawaran maksimum. Dengan demikian Batasan kelima dan keenam dapat ditulis :

$$230.000.000 \leq 7.000.000X1 + 2.200.000X2 + 85.000X3 \leq 235.000.000 \dots\dots\dots(7)$$

4. Lists Programming

Selanjutnya dibuat *lists programming* untuk selanjutnya dijadikan bahan *input* pada

softwareMatlab (.m)* yang akan dipakai untuk penyelesaian yang akan menggunakan tools Algoritma Genetika yang sudah terdapat dalam *software* Matlab. Pada penyelesaian ini maka dilakukan penulisan bahasa pemrograman sebanyak 2 (dua) buah, yang terdiri dari fungsi-fungsi dimana yang merupakan fungsi pertama adalah fungsi tujuan dan fungsi yang selanjutnya merupakan fungsi batasan.

a. *Codings* Fungsi Tujuan pada Matlab

Penulisan untuk *codings* fungsi tujuan seperti yang ada di atas, dapat dilihat berikut di bawah ini:

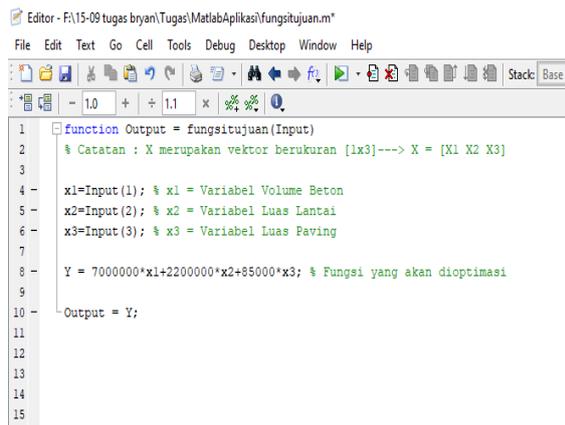
```
function Output =
fungsitujuan (Input)
% Catatan : X merupakan vektor
berukuran [1x3]---> X = [X1 X2 X3]

x1=Input(1); % x1 = Variabel Volume
Beton
x2=Input(2); % x2 = Variabel Luas
Lantai
x3=Input(3); % x3 = Variabel Luas
Paving

Y = 7000000*x1+2200000*x2+85000*x3;
% Fungsi yang akan dioptimasi

Output = Y;
```

Dan setelah dilakukan proses *input* maka dapat dilihat pada Gambar 2 berikut di bawah ini:



Gambar 2. *Codings* Fungsi Tujuan pada Matlab

b. *Codings* Fungsi Batasan pada Matlab

Penulisan untuk *codings* fungsi batasan seperti yang ada di atas, dapat dilihat berikut di bawah ini:

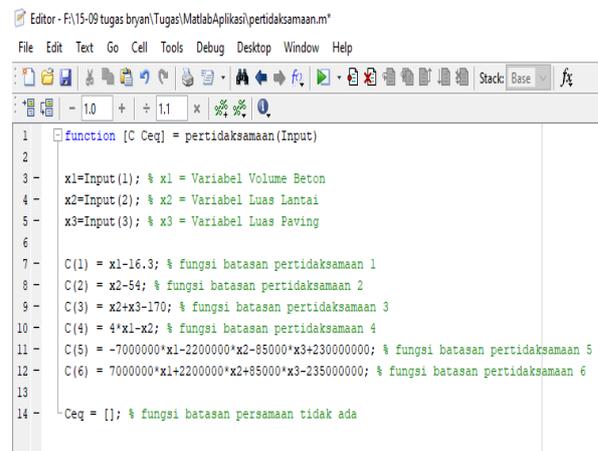
```
function [C Ceq] =
pertidaksamaan (Input)

x1=Input(1); % x1 = Variabel Volume
Beton
x2=Input(2); % x2 = Variabel Luas
Lantai
x3=Input(3); % x3 = Variabel Luas
Paving

C(1) = x1-16.3; % fungsi batasan
pertidaksamaan 1
C(2) = x2-54; % fungsi batasan
pertidaksamaan 2
C(3) = x2+x3-170; % fungsi batasan
pertidaksamaan 3
C(4) = 4*x1-x2; % fungsi batasan
pertidaksamaan 4
C(5) = -7000000*x1-2200000*x2-
85000*x3+230000000; % fungsi
batasan pertidaksamaan 5
C(6) =
7000000*x1+2200000*x2+85000*x3-
235000000; % fungsi batasan
pertidaksamaan 6

Ceq = []; % fungsi batasan
persamaan tidak ada
```

Dan setelah dilakukan proses *input* maka dapat dilihat pada Gambar 3 berikut di bawah ini :

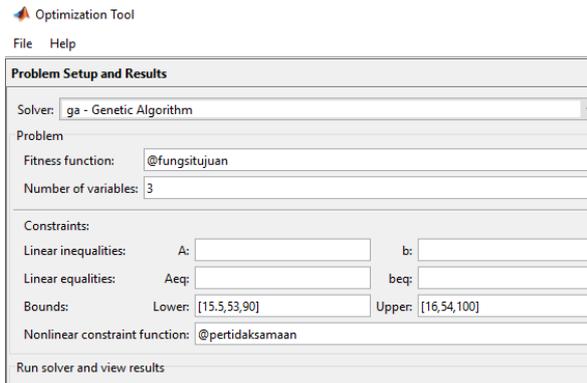


Gambar 3. *Codings* Fungsi Batasan pada Matlab

5. Hasil Analisis Algoritma Genetika pada Matlab

a. *Input* Fungsi-fungsi dan nilai batas

Adapun hasil *input* pada *tools* Algoritma Genetika Matlab dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini:



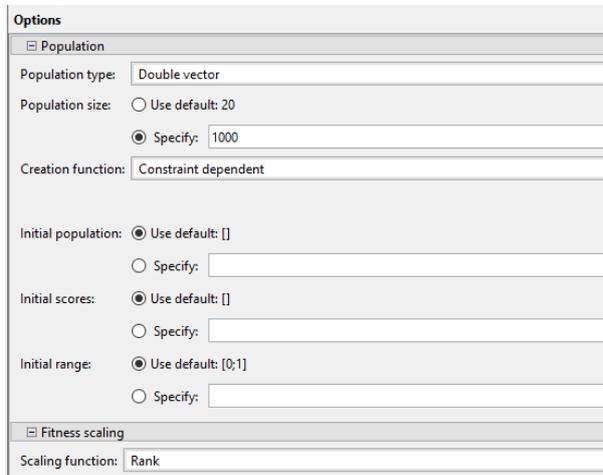
Gambar 4. Input fungsi-fungsi

Pada gambar 4 di atas dapat dilihat juga batasan atas dan batasan bawah dari ketiga variabel yang akan dioptimasi.

b. *Input* parameter-parameter Algoritma Genetika

Adapun hasil *input* pada parameter-parameter Algoritma Genetika pada Matlab dapat dilihat pada gambar-gambar di halaman berikut di bawah ini:

1. *Input* parameter-parameter Populasi dan Skala *Fitness*
- 2.



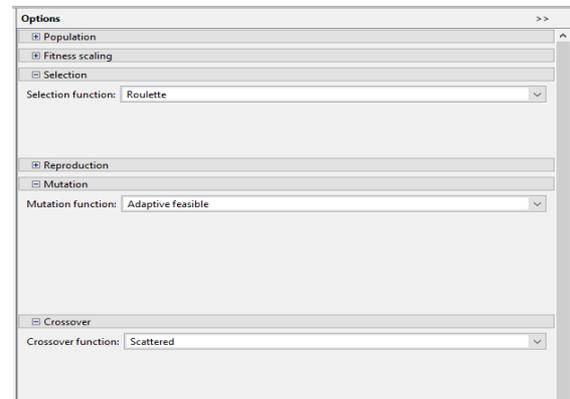
Gambar 5. Parameter Populasi dan Skala *Fitness*

Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa tipe populasi yang digunakan yakni *Double Vector* dan bukan *Bit String*. Jumlah populasi yang ditetapkan yakni sebesar 1000 (seribu) buah populasi di mana fungsi-fungsi ini merupakan *Constraint Dependent*.

Dan untuk Skala *Fitness* maka yang digunakan yakni '*Rank*'. Terdapat juga

pilihan-pilihan yang ada pada tools ini untuk Skala *Fitness* yakni '*Proportional*', '*Top*', dan '*Shift Linear*'.

2. *Input* parameter-parameter *Selection*, *Mutation* dan *Crossover*

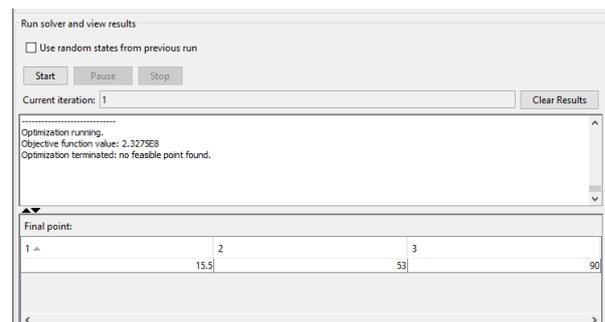


Gambar 6. *Selection*, *Mutation* dan *Crossover*

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa untuk parameter fungsi *Selection* maka digunakan '*Roulette*'; terdapat juga pilihan-pilihan yang ada pada *tools* ini yang antara lain yakni : *StochasticUniform*, *Remainder*, *Uniform*, dan *Tournament*. Untuk parameter fungsi *Mutation* maka digunakan '*Adaptive feasible*' terdapat juga pilihan-pilihan lain yakni : *ConstraintDependent*, *Gaussian*, dan *Uniform*. Dan untuk fungsi *Crossover* maka yang digunakan '*Scattered*'; pilihan-pilihan lainnya yakni : *Single point*, *Two point*, *Intermmediate*, *Heuristic*, dan *Arithmetic*.

c. Hasil Analisis Algoritma Genetika

Adapun hasil analisis Algoritma pada Matlab dapat dilihat pada gambar 7 berikut di bawah ini.



Gambar 7. Hasil Analisis Algoritma Genetika

Pada gambar 7 di atas dapat dilihat bahwa nilai dari Fungsi tujuan yakni sebesar Rp. 232.750.000,00 dengan nilai X1 (Volume Beton) sebesar 15,5 m³, nilai X2 (Luasan lantai) sebesar 53 m², dan nilai X3 (Luasan Paving) yakni sebesar 90 m².

Dapat dilihat juga bahwa nilai ini sesuai dengan fungsi batasan 5 dan 6 di mana memenuhi persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Rp. } 230.000.000,00 &\leq \text{Rp. } 232.750.000,00 \\ &\leq \text{Rp. } 235.000.000,00 \end{aligned}$$

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dengan menggunakan metode

Algoritma Genetika maka dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk optimal biaya penawaran pekerjaan pembangunan rumah T-54/170, dengan harga penawaran pekerjaan beton sebesar Rp.7.000.000,00/m³, harga penawaran pekerjaan per luasan lantai Rp. 2.200.000,00/m², dan harga penawaran pekerjaan per luasan halaman Rp. 85.000,00/m² paving block maka nilai-nilai optimal yang didapat untuk volume beton maksimal = 15,5 m³, luasan lantai maksimal = 53 m², dan luasan halaman untuk paving = 90 m², dengan harga penawaran sebesar Rp. 232.750.000,00. Hal ini berarti bahwa harga penawaran pekerjaan yang dimasukkan tergolong cukup murah untuk pekerjaan perumahan golongan menengah.

Saran

Penulis menyarankan bahwa penerapan metode Algoritma Genetika ini dapat dilakukan untuk tipe-tipe rumah yang lain juga.

DAFTAR PUSTAKA

- Bronson, R., 1982, *Schaum's outline of theory and problems of operations research*, Michigan: McGraw-Hill
- Goldberg, D., E., 1989, *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Michigan: Addison-Wesley Publishing Company
- Luger, G., F., 2009, *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving Sixth Edition*, Boston: Pearson Education, Inc
- Mahmudy, W., F., 2006, "Penerapan Algoritma Genetika pada Optimasi Model Penugasan", *Natural*, vol.10, no. 3, pp. 197-207
- Pardede, A., A., Halim, S., A., Nugrahadi, D., 2006, "Penerapan Algoritma Genetika pada Permainan Rubik's Cube", Bandung: Departemen Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung
- Puspaningrum, W., A., dkk, 2013, "Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Algoritma Genetika di Jurusan Sistem Informasi ITS", *JURNAL TEKNIK POMITS* Vol. 2, No. 1
- Russell, S., Norvig, P., 2010, *Artificial Intelligence: A Modern Approach Third Edition*, New Jersey: Pearson Education, Inc
- Sucita, T., 2006, "Pengembangan Model Pembelajaran Praktikum Berbasis Software Komputer", Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia
- Suyanto, 2007, *Artificial Intelligence: Searching, Reasoning, Planning and Learning*, Bandung : Informatika.

Ulfa, L., M., 2011, “Optimasi Penjadwalan Perkuliahan Menggunakan Algoritma Genetika”, Skripsi pada Universitas Islam Negeri Maliki Malang