



## Studi-Aplikasi Algoritma Genetika Pada Optimasi Pekerjaan Konstruksi (Studi Kasus : Biaya Konstruksi Perumahan)

Jantje B. Mangare<sup>#a</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia  
<sup>a</sup>mangarejantje01@gmail.com

### Abstrak

Studi dan aplikasi ilmu, di jaman ini, sangat perlu dihubungkan dengan perkembangan teknologi komputer. Ilmu teknik sipil, salah satunya, merupakan lingkup yang terus berkembang; lazim disebut teknologi konstruksi. Proses analisis dan desain, yang dulunya sangat sulit diliteraturkan, sekarang timbul di mana-mana oleh karena teknologi. Komputer memegang peranan penting dalam hal ini. Tidak hanya untuk mempermudah namun juga untuk lebih mendalam, itulah sebabnya, perlu adanya ruang studi dan aplikasi ini dipadankan dengan computer programmings. Algoritma Genetika merupakan jenis algoritma yang sudah semakin sering digunakan untuk memecahkan problema-problema yang sering dimunculkan saat ini. Bolehkah studi aplikasi computer programmings dipertalikan ke dalam ruang lingkup ilmu Teknik Sipil? Tentu saja. Optimasi pekerjaan konstruksi di dalam ranah ilmu Teknik Sipil salah satu yang merupakan yang menarik perhatian di kalangan pemerhati sekaligus para pekerja konstruksi. Dari pengertiannya, "Finding the best Solution", optimasi merupakan suatu pencapaian keadaan atau tindakan terbaik yang mampu dicapai dari suatu masalah pengambilan keputusan dengan berbagai jenis sumber daya yang membatasinya. Problema optimasi secara umum terbagi menjadi dua : optimasi tanpa kendala dan optimasi dengan kendala. Pada dasarnya optimasi dengan kendala yakni penentuan dari persoalan barbagai nilai variable suatu fungsi untuk mendapatkan hasil yang maksimum. Berdasarkan subbab hasil analisis pembahasan sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan bahwa studi aplikasi Algoritma Genetika yang diterapkan pada proyek konstruksi, dengan menggunakan bantuan software MATLAB dapat dilakukan. Secara khusus, pada proyek pekerjaan pembangunan rumah T-54/170, dengan harga penawaran pekerjaan beton sebesar Rp.7.000.000,00/m<sup>3</sup>, harga penawaran pekerjaan per luasan lantai Rp. 2.200.000,00/m<sup>2</sup>, dan harga penawaran pekerjaan per luasan halaman Rp. 85.000,00/m<sup>2</sup> paving block maka nilai-nilai optimal yang didapat untuk volume beton maksimal yakni 15,5 m<sup>3</sup>, luasan lantai maksimal 53 m<sup>2</sup>, dan luasan halaman untuk paving 90 m<sup>2</sup>, dengan harga penawaran sebesar Rp. 232.750.000,00.

*Kata kunci: algoritma genetika, optimasi, MATLAB, konstruksi, perumahan, biaya*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Studi dan aplikasi ilmu, di jaman ini, sangat perlu dihubungkan dengan perkembangan teknologi komputer. Ilmu teknik sipil, salah satunya, merupakan lingkup yang terus berkembang; lazim disebut teknologi konstruksi. Proses analisis dan desain, yang dulunya sangat sulit diliteraturkan, sekarang timbul di mana-mana oleh karena teknologi. Komputer memegang peranan penting dalam hal ini. Tidak hanya untuk mempermudah namun juga untuk lebih mendalam, itulah sebabnya, perlu adanya ruang studi dan aplikasi ini dipadankan dengan computer programmings.

Algoritma Genetika merupakan jenis algoritma yang sudah semakin sering digunakan untuk memecahkan problema-problema yang sering dimunculkan saat ini. Terlepas mengenai sumber ide yang dipakai algoritma ini, namun Algoritma Genetika faktanya merupakan salah satu jenis yang paling mendekati nilai solusi yang sebenarnya. Bolehkah studi aplikasi computer

programmings dipertalikan ke dalam ruang lingkup ilmu Teknik Sipil? Tentu saja.

Optimasi pekerjaan konstruksi di dalam ranah ilmu Teknik Sipil salah satu yang merupakan yang menarik perhatian di kalangan pemerhati sekaligus para pekerja konstruksi. Ungkapan ‘Kalau tidak ada problem itu bukanlah dunia konstruksi’, sudah seringkali menjadi pandangan umum bagi para pelaku konstruksi. Biaya selalu terhubung erat dengan pekerjaan konstruksi; itulah sebabnya perlu di optimasi. Dari begitu banyak problema Teknik Sipil yang dapat dikaitkan dengan optimasi, studi dan aplikasi, proyek perumahan merupakan salah satunya.

Terdapat beberapa komponen utama yang Selalu dihubungkan dengan perumahan dan atau gedung, antara lain: volume struktur, luas lantai, panjang pipa, dan jumlah titik elemen elektrikal. Keunikan dari proyek perumahan terletak pada luas lahannya. Tipe-tipe rumah pada proyek perumahan sangatlah bervariasi, sekalipun demikian, biaya proyek tersebut dapat sangatlah terkait erat dengan komponen-komponen tersebut. Dengan kata lain, dominan Anggaran biaya dari proyek perumahan dapat jelas terlihat pada komponen-komponen tersebut.

## 1.2. Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan kali ini adalah melakukan, secara mendasar, studi aplikasi mencakup Algoritma Genetika yang diterapkan pada optimasi proyek konstruksi, dengan menggunakan bantuan *software* MATLAB.

## 2. Studi Literatur

### 2.1. Optimasi

Optimasi merupakan suatu pencapaian keadaan atau tindakan terbaik yang mampu dicapai dari suatu masalah pengambilan keputusan dengan berbagai jenis sumber daya yang membatasinya. Problema optimasi secara umum terbagi menjadi dua : optimasi tanpa kendala dan optimasi dengan kendala. Pada dasarnya optimasi dengan kendala yakni penentuan dari persoalan barbagai nilai variable suatu fungsi untuk mendapatkan hasil yang maksimum.

Secara umum, problema-problema optimasi diberikan dalam bentuk :

Find an  $x_0 \in X$  such that  $f$  is maximal in  $x_0$ , where  $f : X \rightarrow \mathbb{R}$  is an arbitrary real-valued function, i.e.  $f(x_0) = \max_{x \in X} f(x)$  ..... (1)

Pada prakteknya, terkadang hampir mustahil untuk menghasilkan solusi-solusi global dalam batasan pers. (1). Tergantung problema aktual, dapat dicukupkan untuk memiliki suatu maksimum lokal atau setidaknya menjadi satu maksimum lokal atau global. Sehingga, mari kita asumsikan selanjutnya bahwa kita tertarik dalam nilai-nilai  $x$  di mana fungsi objektif  $f$  adalah “as high as possible”.

Suatu ruang-pencarian  $X$  dapat dilihat dalam analogi langsung pada suatu set individu-individu yang berkompetisi di dunia nyata, di mana  $f$  adalah fungsi yang meng-assign satu nilai “fitness” kepada tiap individu (Hal ini, tentu saja, satu penyederhanaan serius).

Di dunia nyata, reproduksi dan adaptasi dibawa pada level informasi genetik. Konsekuensinya, Algoritma Genetika tidak beroperasi pada nilai-nilai di dalam ruang-pencarian  $X$ , tetapi pada beberapa versi kode mereka (*strings for simplicity*).

**Tabel 1.** Ekuivalensi dengan Algoritma Genetika.

<i>Natural Evolution</i>	<i>Genetic Algorithm</i>
<i>genotype</i>	<i>coded string</i>
<i>phenotype</i>	<i>uncoded point</i>
<i>chromosome</i>	<i>string</i>
<i>gene</i>	<i>string position</i>
<i>allele</i>	<i>value at a certain position</i>
<i>fitness</i>	<i>objective function value</i>

### Algoritma

$t := 0;$

Compute initial population  $\mathfrak{B}_0;$

```

WHILE stopping condition not fulfilled DO
BEGIN
  select individuals for reproduction;
  create offspring by crossing individuals;
  eventually mutate some individuals;
  compute new generation
END

```

Sebagaimana sudah jelas dari algoritma di atas, transisi dari satu generasi ke generasi berikutnya terdiri dari 4 (empat) komponen dasar, yakni *selection*, *crossover*, *mutation*, *sampling*.

Berikut struktur suatu kelas sederhana dari Algoritma Genetika :

Algoritma

```

t := 0;
Compute initial population  $\mathfrak{B}_0 = (b_{1,0}, \dots, b_{m,0})$ ;
WHILE stopping condition not fulfilled DO
BEGIN
  FOR i := 1 TO m DO
    select an individual  $b_{i,t+1}$  from  $\mathfrak{B}_t$ ;
    FOR i := 1 TO m - 1 STEP 2 DO
      IF Random [0,1]  $\leq \rho_c$  THEN
        cross  $b_{i,t+1}$  with  $b_{i+1,t+1}$ ;
      FOR i := 1 TO m DO
        Eventually mutate  $b_{i,t+1}$ ;
    t := t + 1;
END

```

## 2.2. Selection

Berbicara mengenai mekanisme untuk menyeleksi individu-individu (*strings*) bagi reproduksi menurut *fitness* mereka (nilai fungsi objektif). *Selection* adalah sang komponen yang memandu algoritma ke solusi lewat lebih memilih individu-individu yang tinggi *fitness*-nya terhadap yang lebih rendah. Itu dapat berupa operasi deterministik, namun dalam kebanyakan implementasi, *selection* memiliki komponen-komponen yang acak

Algoritma

```

x := Random [0,1];
i := 1
WHILE i < m & x <  $\sum_{j=1}^i f(b_{j,t}) / \sum_{j=1}^m f(b_{j,t})$  DO
  i := i + 1;
  select  $b_{i,t}$ ;

```

Untuk alasan-alasan yang jelas, metode ini sering disebut *proportional selection*.

## 2.3. Crossover

Berbicara mengenai metode *merging* informasi genetika dari dua individu; jika pengkodean dipilih secara cocok, dua parents yang baik memproduksi anak-anak yang baik. Dalam reproduksi seksual, sebagaimana tampak di dunia nyata, material genetik dari dua orang tua yang dicampur ketika *the gametes of the parents merge*. Biasanya, kromosom-kromosom secara random dipisahkan dan digabung, dengan konsekuensi bahwa beberapa gen Seorang anak tiba dari satu orang tua pada saat yang lain datang dari yang satunya lagi. Mekanisme ini disebut *crossover*.

Algoritma

```

pos := Random {1, . . . , n - 1};
FOR i := 1 TO pos DO
BEGIN
   $Child_1 [i] := Parent_1 [i]$ ;
   $Child_2 [i] := Parent_2 [i]$ 
END
FOR i := pos + 1 TO n DO
BEGIN

```

```

Child1 [i] := Parent1 [i];
Child2 [i] := Parent2 [i]

```

**END**

*One-point crossover* adalah satu metode sederhana sekaligus sering digunakan bagi Algoritma Genetika yang beroperasi pada *binary strings*. Untuk problema-problema atau *codings* yang berbeda, metode-metode *crossover* yang lain dapat berguna atau bahkan perlu. Antara lain, *N-point crossover*, *Segmented crossover*, *Uniform crossover*, *Shuffle crossover*.

#### 2.4. Mutation

Di dalam evolusi nyata, material genetik dapat diubah secara acak melalui kekeliruan reproduksi atau deformasi-deformasi lain pada gen, oleh radiasi *gamma*. Dalam algoritma-algoritma genetika, mutasi dapat direalisasikan seumpama satu deformasi acak dari *strings* dengan satu probabilitas tertentu. Mutation adalah deformasi acak dari informasi genetik satu individu yang dalam arti radiasi radioaktif atau pengaruh-pengaruh lingkungan. Di dalam reproduksi nyata, probabilitas bahwa satu gen di mutasi itu hamper setara dengan semua gen. Sehingga, sangatlah dekat untuk menggunakan teknis mutasi Berikut bagi satu binary string yang diberikan,  $s$ , di mana  $\rho_M$  adalah probabilitas dari satu gen tunggal yang dimodifikasi.

Algoritma

```

FOR i := 1 TO n DO
  IF Random [0,1] ≤ ρM THEN
    invert s [i];

```

Tentu saja, harus lebih rendah dalam rangka untuk mencegah agar Algoritma Genetika berperilaku secara kacau seperti satu pencarian acak. Again, sama seperti untuk kasus *crossover*, pilihan teknik mutasi yang cocok bergantung pada coding dan problema itu sendiri.

#### 2.5. Kesimpulan

Apabila kita penuh metode-metode yang digambarkan di atas, kita dapat menulis satu algoritma genetika universal bagi problema-problema pemecahan optimasi di dalam ruang/*space*  $S = \{0,1\}^n$

Algoritma

```

t := 0;
Compute initial population B0;
WHILE stopping condition not fulfilled DO
  BEGIN
    (* proportional selection *)
    FOR i := 1 TO m DO
      BEGIN
        x := Random [0,1];
        k := 1
        WHILE
          k < m & x < Σj=1k f(bj,t) / Σj=1m f(bj,t)
        DO k := k + 1;
        bi,t+1 := bk,t;
      END
    END
    (* one-point crossover *)
    FOR i := 1 TO m - 1 STEP 2 DO
      BEGIN
        IF Random [0,1] ≤ ρC THEN
          BEGIN
            pos := Random {1, . . . , n - 1};
            FOR k := pos + 1 TO n DO
              BEGIN
                aux := bi,t+1 [k];
                bi,t+1 [k] := bi+1,t+1 [k];
                bi+1,t+1 [k] := aux
              END
            END
          END
        END
      END

```

```

END
(* mutation *)
FOR  $i := 1$  TO  $m$  DO
  FOR  $k := 1$  TO  $n$  DO
    IF  $\text{Random}[0,1] < \rho_M$  THEN
      invert  $b_{i,t+1}[k]$ ;
     $t := t + 1$ ;
  END

```

Terdapat beberapa ketidakuntungan dari kode biner Algoritme Genetika, antara lain :

- *More computation*
- *Lower accuracy*
- *Longer computing time*
- *Solution space discontinuity*
- *Hamming cliff*

Demikianlah maka algoritma-algoritma genetika standar mengikuti langkah-langkah berikut ini :

1. Pemilihan *initial population*
2. *Assign* satu fungsi *fitness*
3. *Perform elitism*
4. *Perform selection*
5. *Perform crossover*
6. *Perform mutation*.

### 3. MATLAB

MATLAB adalah *software* ; kalkulator dengan fitur-fitur lengkap, berbasis GUI, dapat digunakan untuk memprogram, dan lengkap dengan *toolbox* yang dapat dimanfaatkan untuk pemecahan problema sains dan teknik. MATLAB (*Matrix Laboratory*) memberikan kemudahan di dalam penulisan pernyataan-pernyataan atau *commands*; ditulis di dalam editor tertentu dan disimpan dalam ekstensi **.m** (M-File).

M-File dapat berupa *script* (tekan F5 dengan catatan *script* sudah diberi nama) maupun fungsi (terdiri dari *argument* yang harus diberikan *input* sebelum dieksekusi dan menghasilkan *output*. *Script* merupakan bentuk sederhana dari M-File, karena tidak memiliki argumen *input* maupun *output*. Bentuk ini sangat berguna untuk otomatisasi serangkaian perintah-perintah MATLAB; fungsi menerima argumen *input* dan *return* argumen *output*. Fungsi melakukan operasi dengan data yang ada di dalam *workspace* fungsi itu sendiri; fungsi memiliki beberapa bagian : baris definisi fungsi, baris bantuan H1, dan *body* fungsi; yang bagian terakhir ini membuat *code* yang akan melakukan komputasi dan menyimpan harga untuk kepentingan setiap argumen *output*.

Adapun perbedaan antara M-File dalam bentuk *script* dan fungsi antara lain : M-File dalam bentuk *script* tidak menerima *input* atau *return* argumen *output*, M-File dalam bentuk fungsi menerima argumen *input* dan *me-return* argumen *output*; dalam bentuk *script* menjalankan data yang berada di *workspace*, dalam bentuk fungsi tidak menjalankan data yang ada di *workspace*, melainkan dari variabel internal yang secara *default* merupakan variabel fungsi lokal; *script* sangat berguna apabila kita membutuhkan data sewaktu-waktu, karena data tersimpan di *workspace*, fungsi sangat berguna apabila di lain waktu kita membutuhkan fungsi tersebut, karena fungsi tersimpan di *current directory*.

Contoh fungsi :

```

function f = fact (n)
% baris untuk definisi fungsi
% FACT Factorial. % baris H1
% FACT (N)mereturn factorial dari
% N, H! % teks bantuan biasanya
% dilambangkan N!
% FACT (N) hasilnya sama dengan
% PROD (1:N)
f = prod(1:n); % body fungsi

```

Contoh *script* :

```
% Script M-file untuk menghasilkan
% plot "flower petal"
theta = -pi:0.01:pi; % perhitungan
rho(1,:) = 2*sin(5*theta).^2;
rho(2,:) = cos(10*theta).^3;
rho(3,:) = sin(theta).^2;
rho(4,:) = 5*cos(3.5*theta).^3;
for k = 1:4
    polar(theta,rho(k, :)) % Output
    pause
end
```

Sekarang ini MATLAB telah berkembang menjadi sebuah *environment* pemrograman yang canggih yang berisi fungsi-fungsi *built-in* untuk melakukan tugas dan kalkulasi; selain juga menyediakan berbagai fungsi untuk menampilkan data, baik dalam bentuk 2-D maupun 3-D, MATLAB bersifat *extensible*, dalam arti bahwa seorang pengguna dapat menulis fungsi baru untuk menambahkan *library*, ketika fungsi-fungsi *built-in* yang tersedia tidak dapat melakukan tugas tertentu.

Selain MATLAB (*Matrix Laboratory*) merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi berbasis matriks, yang kita gunakan untuk menyelesaikan problema-problema, (optimasi salah satunya), MATLAB juga merupakan bahasa pemrograman berbasis obyek (*OOP*); sekalipun demikian, oleh karena bukan tipe *compiler*, maka program yang dihasilkan pada MATLAB tidak dapat berdiri sendiri. Agar hasil program dapat berdiri sendiri maka harus dilakukan pentransferan pada bahasa pemrograman lainnya.

#### 4. Kasus-Kasus Optimasi di Kontruksi

Berikut ini terdapat beberapa kasus yang sangat menarik serta barangkali dapat dijadikan studi untuk menerapkan Algoritma Genetika pada optimasi pekerjaan konstruksi dengan bantuan software MATLAB.

Di tahun 2012, Utari, R., F., dan Andi, S., A., menulis tentang Optimalisasi Jumlah Produksi Tipe Rumah Pada Proyek Pengembangan Perumahan, Studi Kasus: PT. Araya Bumi Megah Malang; penelitian ini menggunakan metode Simpleks.

Di tahun 2013, Leatemala, K., E., menulis tentang Optimasi Biaya dan Durasi Proyek, Studi Kasus : Pembangunan Dermaga Penyebrangan Salakan Tahap II. Program LINDO digunakan di penelitian ini.

Ada juga pemodelan Optimasi Sistem Transportasi Bunga Krisan Berbasis Waktu oleh Bahar, E.; Optimasi Biaya Penggunaan Alat Berat Untuk Pekerjaan Pengangkutan dan Penimbunan Pada Proyek Grand Island Surabaya oleh Qariatullailiyah, dan Indryani, R. di tahun 2013; Untuk analisis Pemotongan Besi Tulangan pada proyek Bangunan Gedung Di Jakarta oleh Margareta, J., dan Gondokusumo, O., di tahun 2017.

#### 5. Analisis, Hasil dan Pembahasan

Terdapat 4 (empat) komponen utama dari perumahan dan atau gedung; volume elemen struktur, luasan lantai, panjang perpipaan, dan kelistrikan; komponen sipil (m3), arsitektural (m2), mekanikal (m1), dan elektrik (bh & titik).

Di dalam proyek perumahan yang memiliki banyak tipe yang bervariasi, terdapat tambahan satu komponen unik yakni luas halaman. Dan di masing-masing daerah harga-harga perumahan berbagai tipe sangatlah berbeda, sehingga pada kesempatan kali ini, penulis akan mengambil tipe yang tersedia dan harga berdasarkan yang telah ditetapkan daerah. Sebab untuk diingat bahwa bagian aplikasi ini bersifat studi aplikasi menggunakan algoritma genetika dengan bantuan software MATLAB untuk mengoptimasi harga.

Dalam rangka topik tinjauan pada makalah ini maka data-data yang akan dipakai :

Tipe Rumah T-54/170;  
Luas lantai = 54 m<sup>2</sup>;  
Luas lahan = 170 m<sup>2</sup>.

Perkiraan rata-rata volume beton :

Kisaran 16,3 m<sup>3</sup>- 17,0 m<sup>3</sup>.

(Biaya dapat berubah-ubah, tergantung daerah.)

Uraian harga penawaran :

- Aspek Sipil (berdasarkan volume beton) :

Rp. 7.000.000,00 / m<sup>3</sup>.

- Aspek Arsitektural (berdasarkan luas lantai) :

Rp. 2.200.000,00 / m<sup>2</sup>.

- Aspek Tambahan (luas halaman untuk paving) :

Rp. 85.000,00 / m<sup>2</sup>.

Variabel-variabel Keputusan dan Fungsi Tujuan.

Variabel-variabel Keputusan :

X1 = Volume Beton (Aspek Sipil) dalam satuan m<sup>3</sup>

X2 = Luas Lantai (Aspek Arsitektural) dalam satuan m<sup>2</sup>

X3 = Luas Halaman untuk Paving (Aspek Tambahan) dalam satuan m<sup>2</sup>

Fungsi Tujuan

$$Z = 7.000.000 X1 + 2.200.000 X2 + 85.000 X3 \quad \dots\dots(2)$$

Jadi

$$\text{MAKS } Z - 7.000.000 X1 - 2.200.000 X2 - 85.000 X3 = 0 \quad \dots\dots(3)$$

### 5.1. Fungsi-fungsi Kendala

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

$$X1 \leq 16 \quad \dots\dots(4)$$

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

$$X2 \leq 54 \quad \dots\dots(5)$$

c. Kendala 3 : Untuk kendala ini menyangkut nilai luasan total keseluruhan. Sesuai dengan Tipe Rumah ini yakni luasan lantainya berkisar 54 m<sup>2</sup> dan luasan total lahannya yakni 170 m<sup>2</sup>, sehingga luas aspek arsitektural ditambah luas aspek tambahan haruslah kurang dari luas lahan ini. Dengan demikian Kendala ketiga dapat ditulis :

$$X2 + X3 \leq 170 \quad \dots\dots (6)$$

d. Kendala 4 : Untuk kendala 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 Kendala keempat dapat ditulis :

$$4X1 - X2 \leq 0 \quad \dots\dots(7)$$

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

$$\begin{aligned} 230.000.000 &\leq 7.000.000X1 + 2.200.000X2 + 85.000X3 \\ &\leq 235.000.000 \quad \dots\dots(8) \end{aligned}$$

### 5.2. Codings pada MATLAB

a. Codings Fungsi Tujuan

Proses *input* dapat dilihat pada Gambar 1

b. Codings Fungsi Kendala

Codings fungsi kendala adalah sebagai berikut:

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

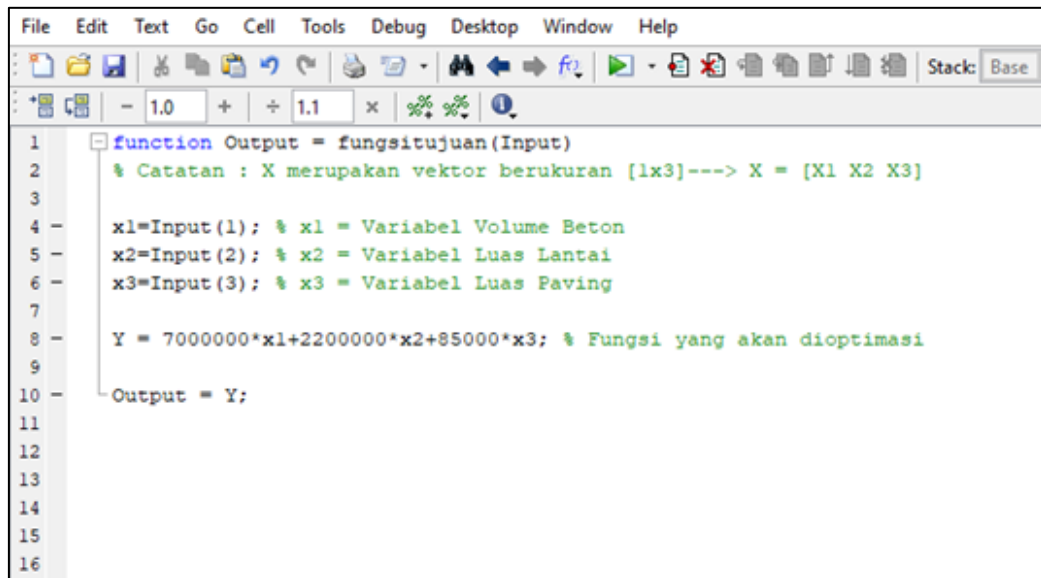
```

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

```

Tampilan *input* dapat dilihat pada Gambar 2.

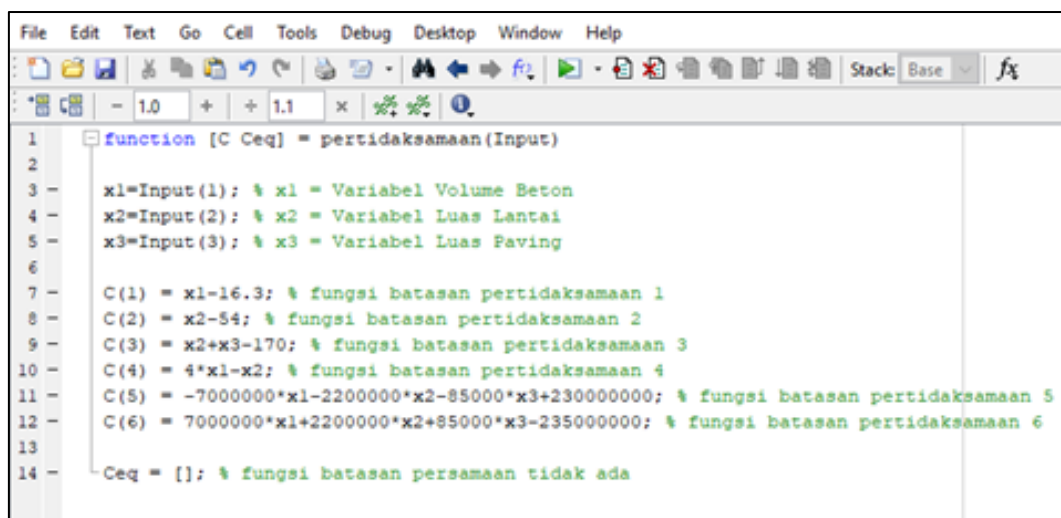


```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
- 1.0 + ÷ 1.1 ×
1 function Output = fungsitujuan(Input)
2 % Catatan : X merupakan vektor berukuran [1x3]---> X = [X1 X2 X3]
3
4 x1=Input(1); % x1 = Variabel Volume Beton
5 x2=Input(2); % x2 = Variabel Luas Lantai
6 x3=Input(3); % x3 = Variabel Luas Paving
7
8 Y = 7000000*x1+2200000*x2+85000*x3; % Fungsi yang akan dioptimasi
9
10 Output = Y;
11
12
13
14
15
16

```

Gambar 1. Codings Fungsi Tujuan



```

File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
- 1.0 + ÷ 1.1 ×
1 function [C Ceq] = pertidaksamaan(Input)
2
3 x1=Input(1); % x1 = Variabel Volume Beton
4 x2=Input(2); % x2 = Variabel Luas Lantai
5 x3=Input(3); % x3 = Variabel Luas Paving
6
7 C(1) = x1-16.3; % fungsi batasan pertidaksamaan 1
8 C(2) = x2-54; % fungsi batasan pertidaksamaan 2
9 C(3) = x2+x3-170; % fungsi batasan pertidaksamaan 3
10 C(4) = 4*x1-x2; % fungsi batasan pertidaksamaan 4
11 C(5) = -7000000*x1-2200000*x2-85000*x3+230000000; % fungsi batasan pertidaksamaan 5
12 C(6) = 7000000*x1+2200000*x2+85000*x3-235000000; % fungsi batasan pertidaksamaan 6
13
14 Ceq = []; % fungsi batasan persamaan tidak ada

```

Gambar 2. Codings Fungsi Kendala

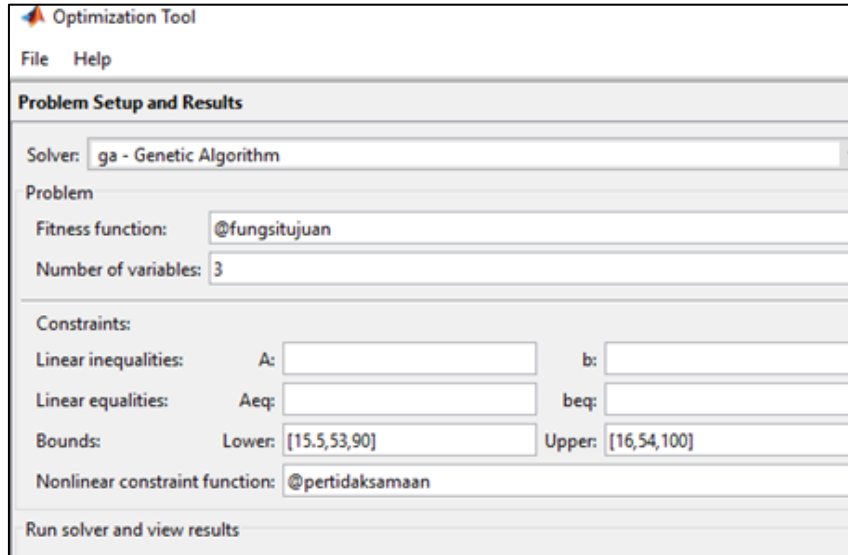
Sesuai yang telah diuraikan di atas maka untuk rencana lokasi bak penampung berada pada area Krida kecamatan Malalayang Timur. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.



### 5.3. Aplikasi Algoritma Genetika

#### a. Input Fungsi-fungsi dan nilai batas

Input fungsi-fungsi pada *tools* Algoritma Genetika dapat dilihat pada Gambar 3. Pada gambar 3 dapat dilihat juga batasan atas dan batasan bawah, (*bounds*) dari ketiga variabel yang akan dioptimasi.



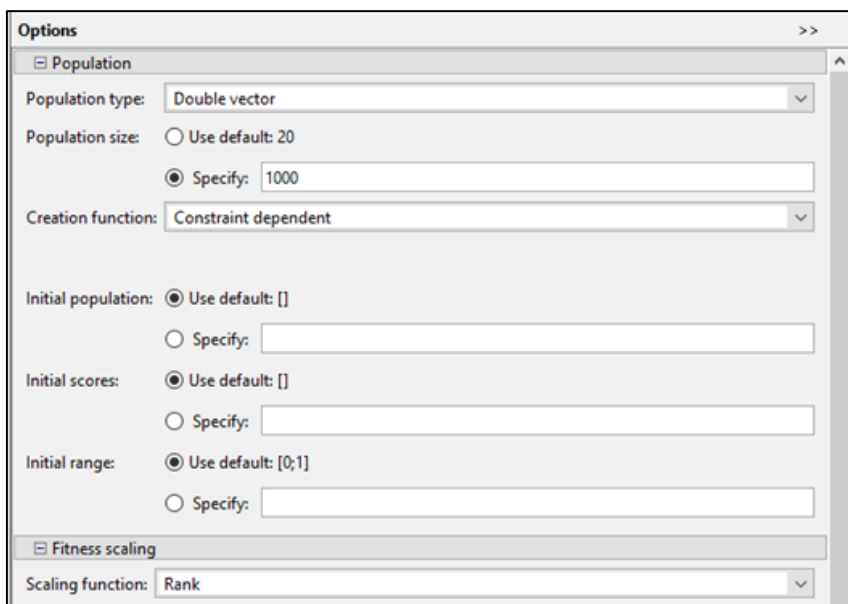
Gambar 3. Rencana Bak Penampung

#### b. Input parameter-parameter Algoritma Genetika

Input parameter-parameter Algoritma Genetika pada MATLAB dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

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

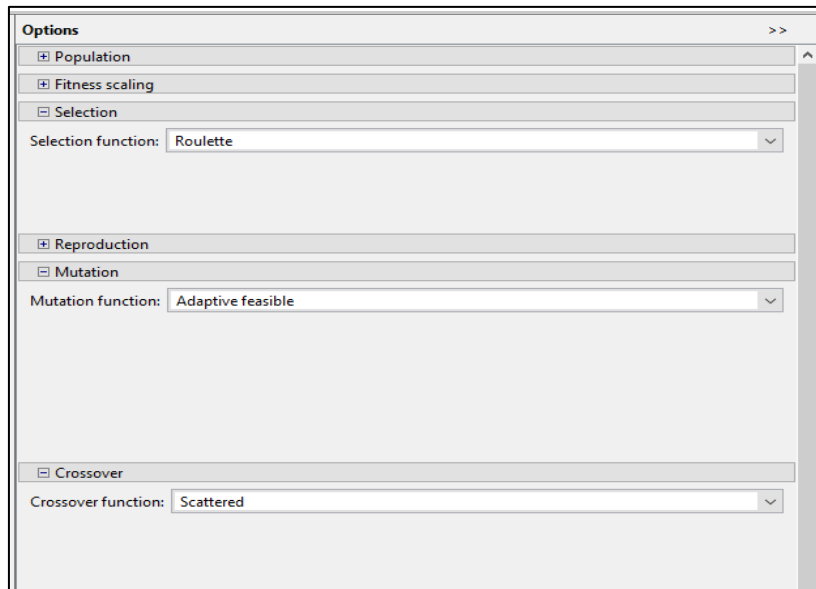
Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa tipe populasi yang digunakan yakni *Double Vector* dan bukan *Bit String*. Jumlah populasi yang ditetapkan yakni sebesar 1000 (seribu) buah populasi di mana fungsi-fungsi ini merupakan *Constraint Dependent*. Untuk Skala *Fitness* maka yang digunakan yakni '*Rank*'. Terdapat juga pilihan-pilihan yang ada pada tools ini untuk Skala *Fitness* yakni '*Proportional*', '*Top*', dan '*Shift Linear*'.



Gambar 4. Parameter Populasi dan Skala *Fitness*

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

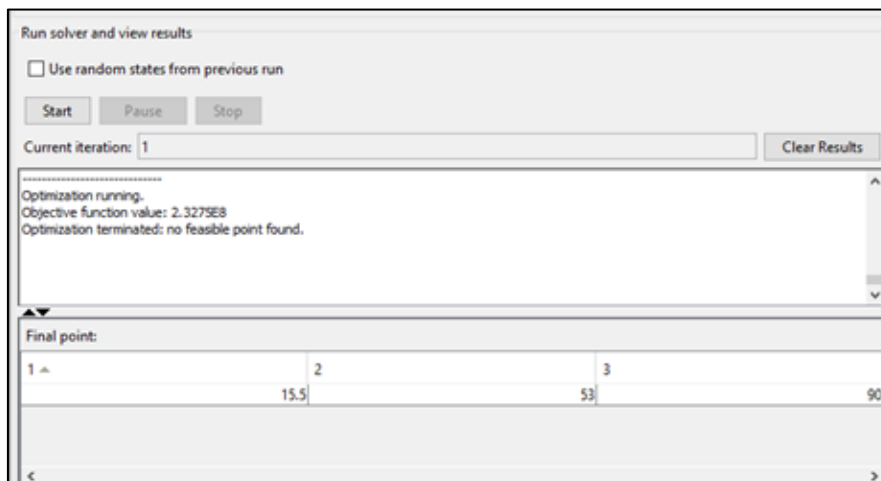
Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa untuk parameter fungsi Selection maka digunakan 'Roulette'; terdapat juga pilihan-pilihan yang ada pada tools ini yang antara lain yakni : Stochastic Uniform, Remainder, Uniform, dan Tournament. Untuk parameter fungsi Mutation maka digunakan 'Adaptive feasible' terdapat juga pilihan-pilihan lain yakni : Constraint Dependent, Gaussian, dan Uniform. Dan untuk fungsi Crossover maka yang digunakan 'Scattered'; pilihan-pilihan lainnya yakni : Single point, Two point, Intermmediate, Heuristic, dan Arithmetic.



**Gambar 5.** Selection, Mutation dan Crossover

### c. Hasil Analisis Algoritma Genetika

Adapun hasil analisis Algoritma pada Matlab dapat dilihat pada Gambar 6. Pada gambar 6 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.



**Gambar 6.** Hasil Analisis Algoritma Genetika

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

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

## 6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan bahwa studi aplikasi Algoritma Genetika yang diterapkan pada proyek konstruksi, dengan menggunakan bantuan *software* MATLAB dapat dilakukan. Secara khusus, pada proyek pekerjaan pembangunan rumah T-54/170, dengan harga penawaran pekerjaan beton sebesar Rp.7.000.000,00/m<sup>3</sup>, harga penawaran pekerjaan per luasan lantai Rp. 2.200.000,00/m<sup>2</sup>, dan harga penawaran pekerjaan per luasan halaman Rp. 85.000,00/m<sup>2</sup> *paving block* maka nilai-nilai optimal yang didapat untuk volume beton maksimal yakni 15,5 m<sup>3</sup>, luasan lantai maksimal 53 m<sup>2</sup>, dan luasan halaman untuk paving 90 m<sup>2</sup>, dengan harga penawaran sebesar Rp. 232.750.000,00.

## Referensi

- Affenzeller, M., Beham, A., Wagner, S., Winkler, S., 2009, *Genetic Algorithms and Genetic Programming : Modern Concepts and Practical Applications*, CRC Press, Taylor & Francis Group
- Bhattacharjya, R., K., 2013, *Introduction To Genetic Algorithms, Department of Civil Engineering, IIT Guwahati*
- Bodenhofer, U., 2003, *Genetic Algorithms : Theory and Applications, Lecture Notes, Third Edition— Winter 2003/2004*
- 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*
- Leatemia, K., E., Mandagi, R., J., M., Malingkas, G., Y., 2013, “Optimasi Biaya dan Durasi Proyek Menggunakan Program LINDO (Studi Kasus : Pembangunan Dermaga Penyebrangan Salakan Tahap II)”, *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 1, No. 4, Maret 2013 (226-232) ISSN : 2337-6732
- Margaretta, J., Gondokusumo, O., 2017, “Penerapan Metode *Linier Programming* Untuk Analisis Pemotongan Besi Tulangan Pada Proyek Bangunan Gedung di Jakarta”, *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan*, Vol. 1, No. 2, Oktober 2017: hlm 51-61, ISSN-L2579-6410 (Versi Elektronik)
- Luger, G., F., 2009, *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving Sixth Edition, Boston: Pearson Education, Inc*
- Qariatullailiyah, Indryani, R., 2013, “Optimasi Biaya Penggunaan Alat Berat Untuk Pekerjaan Pengangkutan Dan Penimbunan Pada Proyek *Grand Island* Surabaya Dengan Program Linier”, *Jurnal Teknik POMITS* Vol. 1, No. 1, (2013) 1-5, ITS
- Russell, S., Norvig, P., 2010, *Artificial Intelligence: A Modern Approach Third Edition, New Jersey: Pearson Education, Inc*
- Soeharto, Imam, 1999, “Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional” Jilid 1, Erlangga, Jakarta
- Suyanto, 2007, *Artificial Intelligence: Searching, Reasoning, Planning and Learning*, Bandung : Informatika.
- Utari, F., R., Andi., S., A., 2012, “Optimalisasi Jumlah Produksi Tipe Rumah pada Proyek Pengembang PERumahan Dengan Menggunakan Metode Simplek (Studi Kasus : P.T. Araya Bumi Megah Malang)”, *Jurnal Media Teknik Sipil*, Volume 10, Nomor 2, Agustus 2012: 174-182, versi online