

# Penerapan Algoritma Genetika untuk Optimasi Penjadwalan Tebangan Hutan (*Applying of Genetic Algorithm for Scheduling Optimization Cuts Away Forest*)

Ipung Permadi, Subanar

*Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman  
Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada*

**Abstract--** *Scheduling Cuts Away Forest* is one of problem met at forestry area. All important problem in finalizing this problem is to determine forest check which will be cut away with a purpose to maximizes yield wood volume in each period cuts away and remain to maintains everlasting forest concept. Method which has been developed to finalize this problem is apply linear program with simplex method. At this method every step is taken based on exact formula is assessed unsatisfying good to finalize this problem. Genetics algorithm is one of alternative of solution of scheduling problems cuts away this forest. This idea of this algorithm comes from the Evolution Theory of Charles Darwin, which is only the best route was choosen. An individual was being choosen from a parent population and then recombined to another individual that has been choosen from another parent population to create a new individu. This new individual expected to be better from the rest individu at the population. With this method, the genetic algorithm found to be able to offer a best *Scheduling Cuts Away Forest Problem*.

**Keywords:** Genetic Algorithm, *Scheduling Cuts Away Forest Problem*, Population, Selection.

## I. PENDAHULUAN

Memanfaatkan hutan pada hakekatnya adalah memanfaatkan adanya lima unsur yaitu bumi, air, alam hayati, udara dan sinar matahari dengan mengarahkan panca-daya ini kepada suatu bentuk tertentu pada tempat dan waktu yang diperlukan untuk kesejahteraan manusia tanpa mengabaikan kelestarian dan manfaatnya [4].

Pertambahan penduduk di Indonesia semakin tahun semakin meningkat, dimana pada saat ini telah mencapai lebih dari 230 juta orang, yang berakibat kebutuhan hasil hutan akan bertambah, dilain pihak ketersediaan lahan hutan semakin terbatas. Lahan hutan merupakan salah satu faktor produksi yang sangat penting karena lahan hutan adalah media untuk menghasilkan kayu yang digunakan untuk kebutuhan perumahan penduduk seiring meningkatnya pertambahan penduduk dan juga banyaknya industri yang membutuhkan bahan baku kayu. Banyak lahan hutan yang sementara belum diusahakan secara optimal, tetapi apabila diberikan sentuhan teknologi maka lahan hutan dimaksud dapat menghasilkan produksi yang optimal tanpa merusak ekologi dan ekosistem hutan.

Pemanenan hasil hutan yang optimal adalah memperoleh pendapatan kayu yang maksimal. Beberapa faktor kendala pada proses optimasi antara lain area control dan batas umur pohon di tebang. Proses optimasi pengaturan tebangan digunakan algoritma genetika untuk memperoleh pendapatan kayu yang optimal dengan tetap menjaga ekologi dan ekosistem dari hutan tersebut.

Jumlah data yang tidak sedikit dan banyaknya faktor-faktor yang mempengaruhi terhadap tebangan hutan maupun pendapatan kayu menyebabkan ruang masalah menjadi besar dan kompleks. Penyelesaian masalah penjadwalan tebangan hutan menggunakan analisis matematika yaitu penyelesaian linier dengan metode simpleks akan membutuhkan proses komputasi yang panjang, sulit untuk mencari penyelesaian yang disebabkan oleh banyaknya data dan beberapa tujuan sulit dikuantitatifkan. Berdasarkan hal tersebut diatas, melatarbelakangi penulis untuk meneliti penggunaan algoritma genetika sebagai suatu metode untuk menyelesaikan masalah optimasi penjadwalan tebangan hutan.

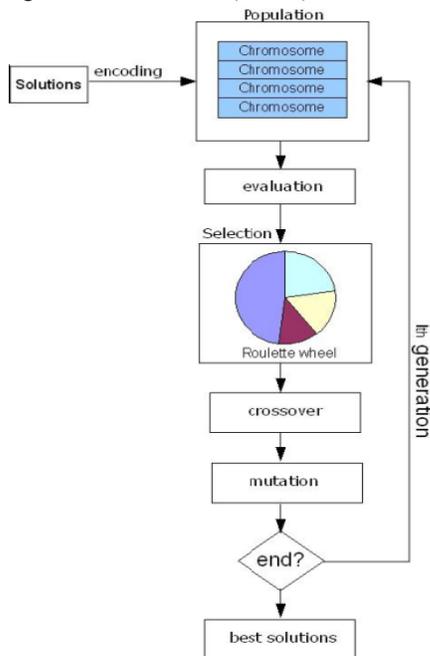
Algoritma genetika merupakan algoritma komputasi yang diinspirasi teori evolusi Darwin yang menyatakan bahwa kelangsungan hidup suatu makhluk dipengaruhi aturan bahwa individu yang bernilai *fitness* tinggi yang akan bertahan hidup sedangkan individu yang bernilai *fitness* rendah akan mati [6]. Darwin juga menyatakan bahwa kelangsungan hidup suatu makhluk dapat dipertahankan melalui proses reproduksi, *crossover*, dan mutasi. Dari teori tersebut kemudian diadopsi menjadi algoritma komputasi untuk mencari solusi suatu permasalahan dengan cara yang lebih “alamiah”. Salah satu aplikasi algoritma genetika adalah pada permasalahan optimasi, yaitu mendapatkan suatu nilai solusi optimal terhadap suatu permasalahan yang mempunyai banyak kemungkinan solusi. Daya tarik algoritma genetika terletak pada kesederhanaan dan pada kemampuan untuk mencari solusi yang baik dan cepat untuk masalah yang kompleks. Algoritma genetika sangat berguna dan efisien untuk masalah dengan karakteristik sebagai berikut [12] :

- Ruang masalah sangat besar, kompleks dan sulit dipahami.
- Kurang atau bahkan tidak ada pengetahuan yang memadai untuk merepresentasikan masalah ke dalam ruang pencarian yang lebih sempit.
- Tidak tersedianya analisis matematika yang memadai.

- d. Ketika metode-metode konvensional sudah tidak mampu menyelesaikan masalah yang dihadapi.
- e. Solusi yang diharapkan tidak harus paling optimal, tetapi cukup ‘bagus’ atau bisa diterima.
- f. Terdapat batasan waktu, misalnya dalam *real time systems* atau sistem waktu nyata.

Algoritma genetika berangkat dari himpunan solusi yang dihasilkan secara acak yang disebut populasi. Sedangkan setiap individu dalam populasi disebut kromosom yang merupakan representasi dari solusi dan masing-masing dievaluasi tingkat ketangguhannya (*fitness*) oleh fungsi yang telah ditentukan. Melalui proses seleksi alam atas operator genetik, gen-gen dari dua kromosom (disebut *parent*) diharapkan akan menghasilkan kromosom baru dengan tingkat *fitness* yang lebih tinggi sebagai generasi baru atau keturunan (*offspring*) berikutnya. Kromosom-kromosom tersebut akan mengalami iterasi yang disebut generasi (*generation*). Pada setiap generasi, kromosom dievaluasi berdasarkan suatu fungsi *fitness* [5]. Setelah beberapa generasi maka algoritma genetik akan konvergen pada kromosom terbaik, yang diharapkan merupakan solusi optimal [6].

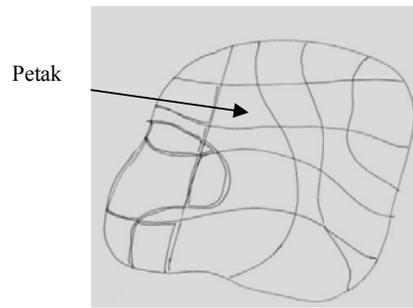
Struktur umum algoritma genetik dapat diilustrasikan dalam diagram alir berikut ini (Gbr. 1):



Gbr. 1 Diagram alir algoritma genetika

### Permasalahan Tebangan Hutan

Masalah penjadwalan tebangan hutan adalah membahas tentang penentuan petak tebangan dengan tujuan memaksimalan volume kayu tebangan yang di tebang pada setiap periode tebangan dengan kendala yang ada. Pembagian wilayah hutan dibagi ke dalam petak-petak hutan dimana merepresentasikan suatu kawasan yang memiliki keseragaman jenis pohon, bonita (*site indeks*) dan usia pohon yang seragam (Gbr. 2).



Gbr. 2 Petak hutan

Keberadaan petak hutan juga dimaksudkan untuk memberi kerangka yang tetap dan tata tertib pekerjaan bagi pengurusan hutan, mempermudah orientasi dilapangan dan diatas peta, mempermudah lalu lintas dalam hutan dan penjagaan hutan [4]. Luas tiap petak hutan ditentukan menurut keperluan dan nilai ekonominya, untuk hutan jati di Jawa sekitar 80 ha, sedang hutan rimba diluar Jawa sekitar 1000 ha.

Dalam pengelolaan hutan Perum Perhutani, pengaturan tebangan hutan pada suatu wilayah hutan memperhatikan beberapa faktor yaitu umur, site indeks (bonita), umur suatu pohon siap panen, daur dan pembatasan luas tebangan setiap periode (*area control*). Dimana daur merupakan jangka waktu antara penanaman dan penebanngan atau antara penanaman dengan penanaman berikutnya di tempat yang sama. *Site indeks* merupakan tingkat kecepatan pertumbuhan tanaman dalam suatu wilayah. Nilai bonita pada masing-masing wilayah berbeda-beda sehingga akan sangat berpengaruh terhadap kondisi pohon pada usia tertentu. Nilai bonita yang lebih tinggi pada suatu wilayah akan menghasilkan pohon yang berkualitas dibandingkan dengan wilayah yang memiliki nilai bonita lebih rendah. Sehingga dapat memungkinkan usia pohon yang lebih muda di panen atau di tebang terlebih dahulu karena nilai bonita yang lebih tinggi menghasilkan volume kayu yang lebih besar.

## II. METODE

### A. Representasi dan Inisialisasi Populasi Awal

Representasi permasalahan dan pemodelan fungsi evolusi merupakan konsep yang paling penting dalam penyelesaian permasalahan dengan algoritma genetika. Representasi merupakan bentuk hasil akhir dari masalah yang akan diselesaikan. Untuk permasalahan penjadwalan tebangan hutan, tujuan yang ingin dicapai adalah memperoleh volume tebangan yang maksimal.

Bentuk populasi yang menyatakan kumpulan kromosom pada permasalahan ini adalah sebuah string yang berisi informasi tahun tebangan petak hutan. Panjang string adalah n, dengan n adalah banyaknya petak hutan. Representasi dari kromosom tersebut dapat dilihat pada Gbr. 3 berikut ini :

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	...	...	$X_n$
Kromosom 1	5	18	2	36	...	...	27

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	...	...	$X_n$
Kromosom 2	13	4	32	8	...	...	1

Gbr. 3 Representasi kromosom

Dari gambar di atas untuk kromosom 1 terdiri dari kumpulan gen  $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_i$  berisi bilangan bulat positif yang merupakan periode tebang pada petak nilainya antara 0 sampai lama penebangan. Pada kromosom 1 dapat dijelaskan bahwa gen  $X_1$  mempunyai nilai 5 menunjukkan bahwa pada petak 1 ditebang pada periode tahun ke 5, gen  $X_2$  mempunyai nilai 18 menunjukkan bahwa pada petak 2 ditebang pada periode tahun ke 18, gen  $X_3$  mempunyai nilai 3 menunjukkan bahwa pada petak 3 ditebang pada periode tahun ke 2, dan seterusnya sampai  $X_i$  banyaknya petak hutan. Demikian juga dengan kromosom 2.

Ukuran populasi didefinisikan sebagai banyaknya kromosom. Populasi awal dari setiap gen dibangkitkan dalam setiap domainnya. Jika populasi awal selesai dibangkitkan maka algoritma genetika dapat bekerja untuk menentukan penyelesaian terbaik diantara populasi tersebut. Untuk tujuan itu maka algoritma genetika melakukan 3 tahapan yaitu seleksi, *crossover* dan mutasi. Setiap populasi mengalami satu kali proses seleksi, hasilnya akan dimasukkan sebagai populasi sekarang, selanjutnya populasi ini akan mengalami proses *crossover* dan mutasi.

### B. Fungsi Fitness

Fungsi *fitness* merupakan ukuran kinerja suatu individu agar tetap bertahan hidup yaitu mengukur kelayakan sebuah kromosom untuk dipelihara atau ditiadakan. Dalam hal ini fungsi *fitness* identik dengan fungsi tujuan dari masalah yang dioptimalkan yaitu volume pendapatan kayu yang maksimal. Fungsi tujuan ditentukan berdasarkan nilai *fitness* tertinggi. Semakin tinggi nilai *fitness* akan memberikan hasil yang semakin dekat dengan fungsi tujuan.

Fungsi *fitness* yang digunakan untuk mengevaluasi kebaikan suatu kromosom dalam penelitian ini adalah :

$$f(k) = \text{Min} \sum_{i=1}^n (L_i C_{ij})$$

di mana  $j = 0, \dots$ , daur

$k$  = ukuran populasi

$n$  = banyaknya petak hutan

dengan  $L_i$  : Luas petak  $i$  (ha)

$C_{ij}$  : Volume kayu (per ha) petak  $i$  pada periode

tebang  $j$

$$C_{ij} = \text{KBD} \times V_{ub}$$

KBD (kepadatan bidang dasar) merupakan diameter pohon jati yang umumnya diukur pada garis setinggi dada atau 130cm di atas permukaan tanah. Sedangkan  $V_{ub}$  merupakan volume kayu pada umur pohon  $u$  pada bonita  $b$ , nilainya diperkirakan dari tabel tegakan menggunakan metode interpolasi linier.

Persamaan diatas akan diisikan dari kromosom, sehingga akan menghasilkan suatu nilai akhir. Fungsi *fitness* pada permasalahan ini adalah mencari hasil panen tebang terendah pada suatu tahun dalam kromosom.

### C. Fungsi Objektif

Untuk memaksimalkan hasil panen terendah setiap tahun sehingga hasil panen tebang setiap tahun tetap maksimal maka digunakan fungsi objektif. Fungsi objektif pada permasalahan optimasi penjadwalan tebang hutan adalah fungsi tujuan untuk memaksimalkan nilai *fitness*. Fungsi objektif yang digunakan untuk mengevaluasi kebaikan suatu kromosom dalam penelitian ini adalah :

Fungsi Objektif = maks  $f(k)$  dengan  $k$  = ukuran populasi

### D. Parameter Algoritma Genetika dalam Program

1) *Operator Seleksi*: Seleksi memegang peranan yang penting dalam keberhasilan algoritma genetika yaitu memilih kromosom-kromosom dalam populasi sehingga didapatkan kromosom terbaik yang mempunyai peluang lebih besar untuk mempertahankan hidup dan melakukan perkembangbiakan. Sebaiknya kromosom yang kurang baik akan dihilang disebabkan peluangnya lebih kecil. Seleksi yang digunakan adalah seleksi roda *roulette*. Seleksi ini menggunakan *fitness* skala dalam memilih kromosom dari populasi. Untuk menghitung *fitness* skala dari suatu kromosom, maka perlu diketahui terlebih dahulu jumlah seluruh *fitness* dalam populasi. Prosedur seleksi adalah sebagai berikut :

(a) Hitung total *fitness*

$$\text{Total Fitness} = \sum F_k \quad k = 1, 2, 3, \dots, \text{popsize}$$

di mana  $F_k = \text{fitness}$

(b) Hitung *fitness* relatif  $p_k$  tiap kromosom

$$p_k = \frac{F_k}{\text{TotalFitness}}$$

(c) Hitung *fitness* kumulatif  $q_k$  untuk setiap kromosom

$$q_i = p_i$$

$$q_k = q_{k-1} + p_k \quad k = 1, 2, 3, \dots, \text{popsize}$$

(d) Pilih induk yang akan menjadi kandidat untuk *dicrossover* dengan cara :

a. Bangkitkan bilangan random  $r$  antara  $[0,1]$

b. Jika  $q_k < r$  dan  $q_{k+1} \geq r$ , maka pilihlah kromosom ke  $(k+1)$  sebagai kandidat induk.

2) *Operator Crossver (Perkawinan Silang)*: Fungsi ini bertujuan untuk mempersilangkan dua buah kromosom, sehingga menghasilkan kromosom-kromosom baru yang membawa karakter (gen) yang berbeda. Proses ini dilakukan berkali-kali dalam populasi. Kromosom yang akan dipersilangkan ditentukan secara acak.

Prosedur persilangan satu titik sebagai berikut :

(a) Tentukan jumlah populasi yang akan mengalami persilangan, berdasarkan  $p_c$ .

(b) Pilih dua kromosom sebagai induk, yaitu  $p_1$  dan  $p_2$ .

(c) Tentukan posisi *crossover* dengan cara membangkitkan bilangan acak dengan batasan 1 sampai (panjang kromosom-1). Misalkan didapatkan posisi *crossover* adalah 143 maka kromosom induk akan dipotong mulai gen ke 1 sampai gen ke 143 kemudian potongan gen tersebut saling ditukarkan antar induk.

- (d) Posisi *cut-point crossover* dipilih menggunakan bilangan acak 1-143 sebanyak jumlah *crossover* yang terjadi.
- (e) Periksa apakah keturunan tersebut memenuhi kendala yang diberikan, jika terpenuhi salinlah keturunannya kedalam populasi.

$P_c$  merupakan *probabilitas* yang digunakan untuk menentukan jumlah kromosom yang akan mengalami persilangan. Parameter output adalah populasi yang sudah mengalami persilangan.

3) *Operator Mutasi*: Jumlah kromosom yang mengalami mutasi dalam satu populasi ditentukan oleh parameter *mutation\_rate*. Proses mutasi dilakukan dengan cara meengganti satu gen yang terpilih secara acak dengan cara mengganti satu gen yang terpilih secara acak dengan suatu nilai baru yang didapat secara acak.

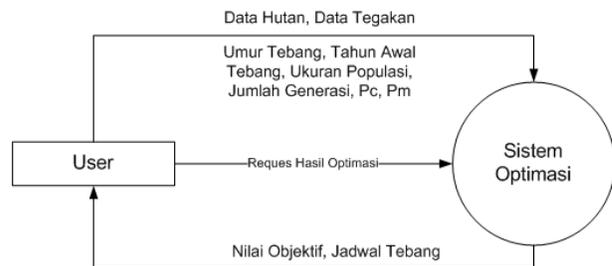
Langkah-langkah mutasi sebagai berikut :

- (a) Tentukan jumlah populasi yang akan mengalami mutasi, berdasarkan  $P_m$ .
- (b) Untuk memilih posisi gen yang mengalami mutasi dilakukan dengan cara membangkitkan bilangan integer acak ( $a$ ) antara 0 sampai 1. Jika  $a < P_m$ , maka gen akan dimutasi. Misal  $p_m$  kita tentukan 10% maka diharapkan ada 10% dari populasi yang mengalami mutasi.
- (c) Tentukan posisi gen yang akan diganti dengan membangkitkan bilangan acak antara 1 sampai panjang gen.

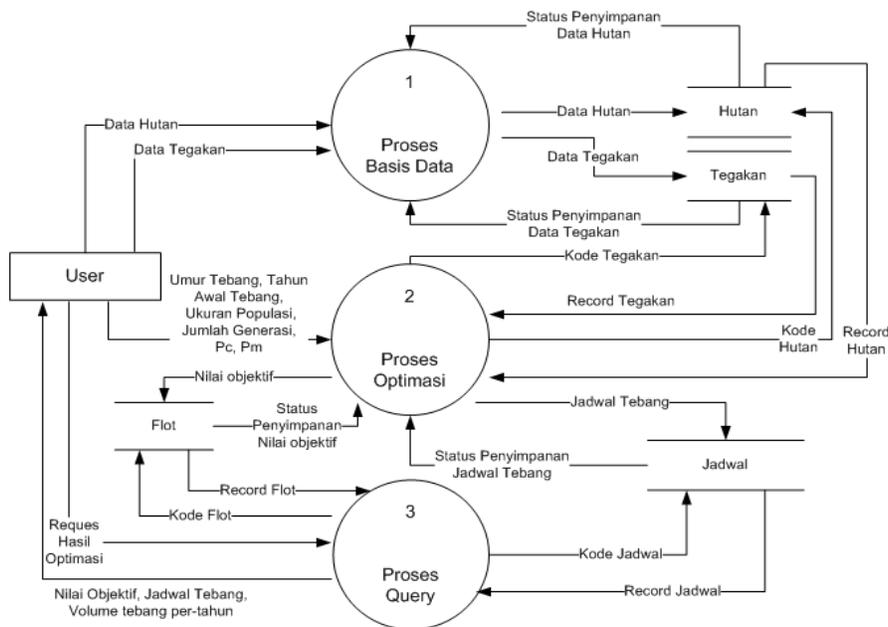
- (d) Tentukan nilai yang akan menggantikan gen yang termutasi dengan bilangan acak 0 sampai daur.
- (e) Periksa apakah kromosom hasil mutasi memenuhi kendala yang diberikan, jika terpenuhi salin kromosom tersebut pada populasi.
- (f) Ulangi langkah 2-5 sampai jumlah populasi

### E. Perancangan DFD

DFD adalah teknik grafis yang menggambarkan aliran informasi dan transformasi data yang diaplikasikan pada saat data bergerak dari input menjadi output (Pressman, 2001). Gambaran aliran data pada proses penggunaan algoritma genetika untuk optimasi hasil tebangan hutan dapat dilihat melalui perancangan aliran data di bawah ini (Gbr. 4 dan Gbr. 5):



Gbr. 4 DFD level 0 / diagram konteks



Gbr. 5 DFD level 1

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan data hutan homogen Jati di Kabupaten

Bloro pada tahun survei 2001 yang di peroleh dari Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.

Pengambilan parameter input pada proses genetik digunakan sebagai petunjuk awal untuk *trial* dan *error*. Untuk

parameter persilangan dan mutasi diambil dari petunjuk awal yang dikemukakan oleh DeJong dan Spears (1996). Nilai-nilai ini mendukung pada evaluasi program sehingga dapat menghasilkan nilai optimasi dan nilai objektif yang cukup tinggi.

Pengambilan parameter di atas tersebut untuk diuji cobakan pada lima macam pengaruh yang akan dibahas. Nilai ini mendukung atau berpengaruh pada hasil yang diperoleh.

Pembahasan pada optimasi penjadwalan tebang hutan meliputi analisis pengaruh parameter genetik terhadap fungsi objektif. Pengaruh yang dipelajari dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi 4 bagian yaitu :

1. Pengaruh ukuran populasi (*population size*) terhadap nilai objektif.
2. Pengaruh jumlah generasi terhadap nilai objektif.
3. Pengaruh perubahan  $P_c$  terhadap nilai objektif.
4. Pengaruh perubahan  $P_m$  terhadap nilai objektif
5. Pengaruh perubahan tahun awal tebang terhadap nilai objektif.

#### A. Pengaruh Parameter Ukuran Populasi

Ukuran populasi menentukan proses pencarian solusi terhadap nilai optimal. Algoritma genetika mulai bekerja dengan populasi awal, dan populasi-populasi berikutnya jumlahnya ditentukan pengguna. Pada pembahasan ini akan diamati pengaruh jumlah populasi terhadap nilai objektif.

Percobaan pertama adalah dengan mengambil ukuran populasi = 10, jumlah generasi = 1000,  $P_c = 0.8$ ,  $P_m = 0.2$  dan tahun awal tebang pada tahun 2012. Percobaan selanjutnya adalah dengan menambah ukuran populasi dan tetap menggunakan nilai parameter yang sama pada percobaan pertama. Setelah dilakukan 13 kali percobaan dengan ukuran populasi yang berbeda diperoleh nilai objektif seperti Tabel 1 di bawah ini :

TABEL 1  
NILAI OBJEKTIF PADA PERCOBAAN TERHADAP PERUBAHAN  
UKURAN POPULASI

Ukuran Populasi	Nilai Objektif
10	52374.37
25	56785.20
50	54338.66
75	55308.46
100	56338.21
125	55288.45
150	55450.34
175	54081.80
<b>200</b>	<b>57202.22</b>
225	56554.62
TABEL 1 (LANJUTAN)	
250	55876.72
275	56819.89
300	57128.20

Dari tabel tersebut diketahui bahwa nilai objektif tinggi dicapai pada ukuran populasi 200. Untuk ukuran populasi

yang lebih besar dari 200, hal tersebut akan berpengaruh pada penurunan nilai objektif walaupun relatif kecil. Kemungkinan masalah ini terjadi karena setiap kali menjalankan program genetika tidak akan selalu menjamin hasil yang diperoleh akan sama dengan sebelumnya, bisa terjadi hasilnya akan lebih baik atau sebaliknya dan ukuran populasi tersebut akan digunakan untuk pengamatan pada pengaruh berikutnya.

#### B. Pengaruh Parameter Ukuran Jumlah Generasi

Penentuan banyaknya generasi atau iterasi dalam algoritma genetika sangat menentukan solusi dan nilai optimal yang ditemukan. Algoritma genetika menghentikan iterasinya setelah nilai maksimal generasi yang telah ditentukan telah dicapai.

Percobaan selanjutnya adalah dengan mengambil ukuran populasi = 200,  $P_c = 0.8$ ,  $P_m = 0.2$  dan tahun awal tebang pada tahun 2012. Percobaan selanjutnya adalah dengan menambah jumlah generasi dan tetap menggunakan nilai parameter yang sama pada percobaan pertama. Setelah dilakukan 14 kali percobaan dengan jumlah generasi yang berbeda diperoleh nilai objektif seperti Tabel 2 di bawah ini :

TABEL 2  
NILAI OBJEKTIF PADA PERCOBAAN TERHADAP PERUBAHAN  
JUMLAH GENERASI

Jumlah Generasi	Nilai Objektif
50	56319.60
100	54077.55
250	57262.91
500	57645.64
750	56352.90
1000	57202.22
1250	56554.62
1500	56736.77
<b>1750</b>	<b>58853.93</b>
2000	57577.40
2250	53535.16
2500	57129.82
2750	57216.18
3000	57565.34

Dari tabel tersebut diketahui bahwa dengan ukuran populasi 200 dan jumlah generasi 50 sampai 3000, nilai objektif cenderung naik dari generasi ke generasi berikutnya. Sehingga dihasilkan nilai objektif yang lebih optimal pada generasi berikutnya karena memberikan eksplorasi terhadap ruang pencarian yang lebih besar, akan tetapi harus dibayar dengan waktu eksekusi yang lebih lama. Nilai objektif yang tertinggi dicapai pada generasi 1750. Untuk generasi yang lebih besar dari 1750, hal tersebut akan berpengaruh pada penurunan nilai objektif walaupun relatif kecil. Ukuran populasi 200 dan jumlah generasi 1750 akan digunakan untuk pengamatan pada pengaruh berikutnya.

#### C. Pengaruh Parameter $P_c$

Dengan ukuran populasi = 200,  $P_m=0.2$ ; jumlah generasi = 1750 dan awal tahun tebang = 2012 Pengaruh variasi nilai  $P_c$  terhadap nilai objektif dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3

NILAI OBJEKTIF PADA PERCOBAAN TERHADAP PERUBAHAN Pc

Pc	Nilai Objektif
0.25	57577.40
<b>0.5</b>	<b>61361.50</b>
0.8	58853.93

Nilai parameter Pc 0,25 yang kecil pada proses *crossover* menyebabkan jumlah kromosom baru lebih sedikit untuk generasi berikutnya sehingga menghasilkan alternatif nilai objektif baru yang lebih sedikit. Sedangkan nilai parameter Pc 0,8 yang terlalu besar menyebabkan jumlah kromosom baru yang lebih banyak akan tetapi banyaknya kromosom yang mengalami proses *crossover* dapat merusak kromosom yang telah memiliki nilai objektif tinggi. Dari Tabel 4.3 diperoleh nilai objektif yang tinggi pada nilai Pc 0,5. Kemudian nilai Pc tersebut akan digunakan untuk pengamatan pada pengaruh berikutnya.

#### D. Pengaruh Parameter Pm

Dengan ukuran populasi = 200, Pc=0,5; jumlah generasi = 1750 dan awal tahun terbang = 2012 Pengaruh variasi nilai Pm terhadap nilai objektif dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut :

TABEL 4  
NILAI OBJEKTIF PADA PERCOBAAN TERHADAP PERUBAHAN Pm

Pm	Nilai Objektif
0.05	52445.91
0.1	53630.45
<b>0.2</b>	<b>61361.50</b>

Nilai parameter Pm 0,05 dan Pm 0,1 yang kecil menyebabkan jumlah kromosom baru lebih sedikit untuk generasi berikutnya sehingga nilai objektif akan konvergen lebih cepat (konvergen prematur). Dengan banyaknya gen dalam satu kromosom pada permasalahan penjadwalan terbang hutan yang tidak sebanding dengan proses mutasi yang dilakukan

dengan cara mengganti satu gen yang terpilih dalam satu kromosom, maka diperlukan nilai Pc yang lebih tinggi. Sehingga akan diperoleh kromosom baru yang lebih banyak sehingga dapat menghindari konvergen prematur untuk memperoleh nilai objektif yang lebih optimal. Dari Tabel di atas diperoleh nilai objektif yang tinggi pada nilai Pm 0,2. Kemudian nilai Pm tersebut akan digunakan untuk pengamatan pada pengaruh berikutnya.

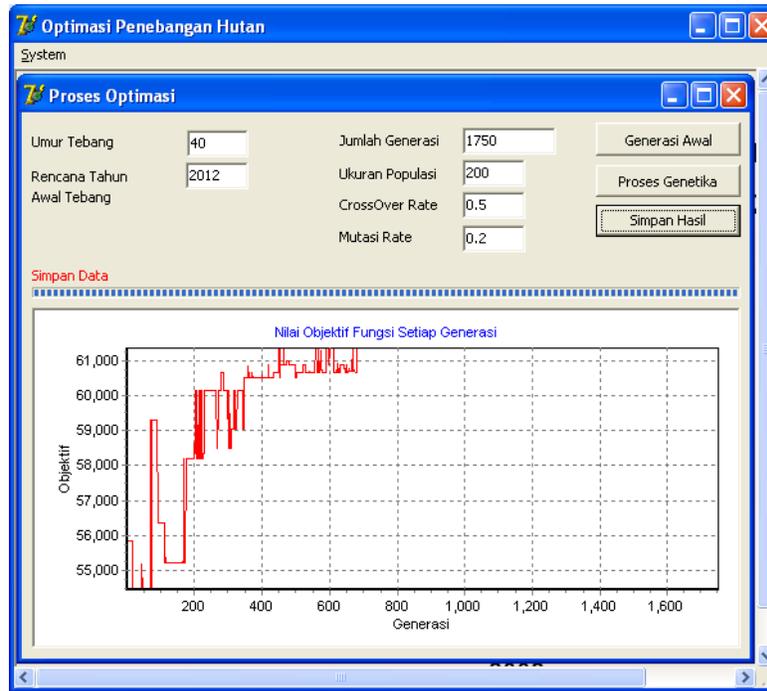
#### E. Pengaruh Parameter Awal Tahun Penebangan

Penentuan awal tahun penebangan pada permasalahan penjadwalan terbang hutan sangat menentukan solusi dan nilai optimal yang ditemukan. Percobaan selanjutnya adalah dengan menggunakan nilai parameter terbaik yang diperoleh pada percobaan sebelumnya yaitu dengan menggunakan ukuran populasi = 200, jumlah generasi = 1750, Pc = 0,5 dan Pm = 0,2 Setelah dilakukan 6 kali percobaan dengan tahun awal terbang yang berbeda diperoleh nilai objektif seperti Tabel 5 di bawah ini:

TABEL 5  
NILAI OBJEKTIF PADA PERCOBAAN TERHADAP PERUBAHAN TAHUN AWAL PENEBAHAN

Tahun Awal terbang	Nilai Objektif
2010	55408.43
2011	56142.48
<b>2012</b>	<b>61361.50</b>
2013	58189.90
2014	55978.88
2015	55978.88

Dari tabel tersebut diketahui bahwa dengan percobaan perubahan tahun awal penebangan 2010 sampai 2015, ternyata nilai objektif yang tertinggi dicapai pada awal tahun penebangan 2012. Grafik nilai objektif dengan menggunakan nilai parameter terbaik yang diperoleh pada percobaan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut (Gbr. 6):



Gbr. 6 Grafik nilai objektif dengan nilai parameter terbaik hasil percobaan

Dari grafik di atas mula-mula semua kromosom sangat jauh dari nilai optimum sebelum mencapai generasi 200. Perbaikan kromosom dilakukan terus-menerus dengan menggunakan probabilitas *crossover* 0.5 dan probabilitas mutasi 0.2. Setelah

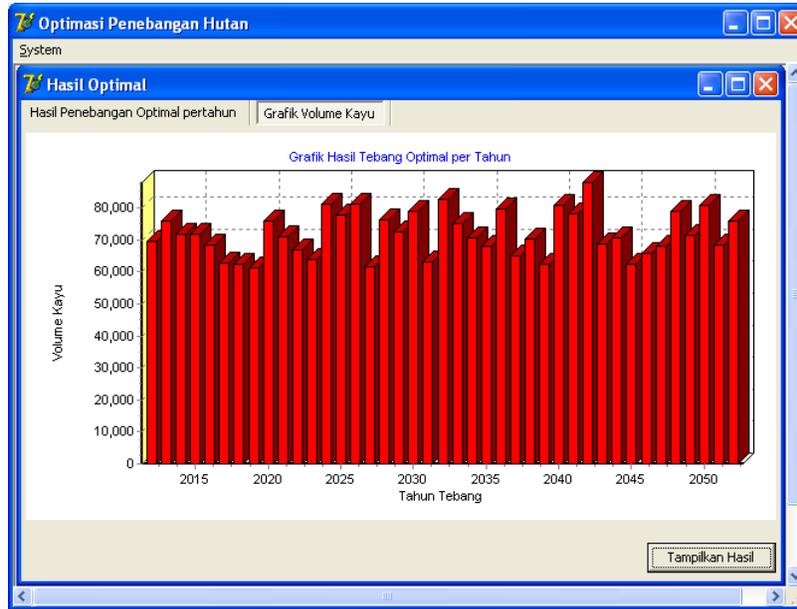
generasi 200 nilai objektif terus mengalami kenaikan sampai pada generasi 700. Mulai generasi 700 nilai objektif konvergen sampai generasi 1750 diperoleh kromosom dengan nilai objektif 61361,50 (Gbr. 7).

Thn Teban	Volume Hasil
2012	69467.1904
2013	75900.5556
2014	71953.8558
2015	71602.2953
2016	68223.1980
2017	62886.5435
2018	62393.0298
2019	61361.4958
2020	76001.4933
2021	71165.0099
2022	67048.5349
2023	64010.6778
2024	81036.5700
2025	77695.5996
2026	81008.3911

Gbr. 7Hasil optimasi dengan nilai parameter terbaik hasil percobaan

Dari kromosom yang diambil pada generasi 1750 diperoleh gen-gen yang merepresentasikan tahun penebangan pada masing-masing petak hutan dengan nilai objektif kromosom 61361,50. Secara rinci tiap gen pada kromosom ditampilkan pada halaman lampiran. Pada tahun 2012 petak yang ditebang adalah petak dengan kode 29C, 38B, 39B, dan seterusnya. Demikian juga pada tahun penebangan 2013 sampai pada

tahun 2052. Total volume hasil penebangan jati pada tahun 2012 adalah 69467,1904m<sup>3</sup>, pada tahun 2013 adalah 75900.4961m<sup>3</sup>, dan seterusnya sampai tahun 2052. Secara rinci informasi pada tabel diatas ditampilkan pada halaman lampiran. Grafik hasil tebangan optimal per Tahun adalah seperti di bawah ini (Gbr. 8):



Gbr. 8 Grafik hasil tebangan optimal per tahun dengan nilai parameter terbaik hasil percobaan

Dari grafik hasil tebangan untuk daur 40 tahun di atas dapat di peroleh informasi bahwa volume kayu tebangan cukup stabil yaitu berkisar 60000m<sup>3</sup> sampai 70000m<sup>3</sup> pada setiap tahunnya.

3) Dengan adanya program optimasi ini, pengguna dapat melakukan penjadwalan tebangan hutan dengan lebih mudah, cepat dan tepat.

#### IV. PENUTUP

##### B. Saran

##### A. Kesimpulan

Penelitian dan perancangan program optimasi penjadwalan tebangan hutan dengan algoritma genetika dalam tesis ini, memberikan hasil sebagai berikut :

1) Kajian kendala perlu dikaji lebih dalam dengan menambahkan faktor-faktor kendala yang lain seperti kestabilan biodiversitas kawasan, hasil hutan non kayu dan peningkatan pendapatan masyarakat.

1) Algoritma genetika sangat tepat diterapkan pada permasalahan penjadwalan tebangan hutan karena banyaknya petak hutan menyebabkan ruang solusi menjadi besar.

2) Kajian optimasi penjadwalan tebangan hutan dengan algoritma genetika juga memberikan peluang untuk dikembangkan dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografi sehingga memudahkan pengamatan lokasi petak hutan pada penjadwalan tebangan hutan.

2) Hasil percobaan pada program penjadwalan tebangan hutan dengan variasi nilai parameter Pc dan Pm lebih berpengaruh dibandingkan dengan variasi ukuran populasi terhadap keoptimalan yang dihasilkan. Tetapi secara umum dapat dikatakan bahwa dengan melihat grafik nilai objektif cenderung naik dari generasi ke generasi berikutnya. Sehingga dihasilkan nilai objektif yang lebih optimal pada generasi berikutnya karena memberikan eksplorasi terhadap ruang pencarian yang lebih besar, akan tetapi harus dibayar dengan waktu eksekusi yang lebih lama.

##### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arhami M., 2004, Penggunaan Algoritma Genetika Untuk Optimasi Masalah Task Assigment Dalam Sistem terdistribusi, Tesis-S2 Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [2] Buongiorno J. & Gilles J.K., 1987, *Forest Management and Economics*, Macmillan Publishing Company, New York.
- [3] Davis, L., 1991, *Handbook of Genetic Algorithms*, Van Nostrand Reinhold, USA.
- [4] Direktorat Jenderal Kehutanan, 1976, *Vademecum Kehutanan Indonesia*, Jakarta.
- [5] Gen M. & Cheng R., 1999, *Genetic Algorithms Optimization Engineering*, John Wiley and Sons, New York.

- [6] Goldberg D. E. 1989, *Genetic Algorithms in Search Optimization & Machine Learning*, Addison-Wesley. New York.
- [7] Indrianingsih Y., 2002, Penerapan Algoritma Genetika Untuk Menyelesaikan Masalah Knapsack 0-1, Tesis-S2 Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [8] Kusumadewi S., 2003, Artificial Intelligence (Teknik & Aplikasinya), Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [9] Nasution A. & Zakaria, 2001, Metode Numerik Dalam Ilmu Rekayasa Sipil, ITB, Bandung
- [10] Paryati, 2006, Aplikasi Algoritma Genetika Untuk Menyelesaikan Masalah Transportasi Kriteria Ganda Dengan Parameter Biaya Fuzzy, Tesis-S2 Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [11] Pressman, R., 2001, *Software Engineering, A practitioner's approach*, Fifth Edition, McGraw-Hill companies, Inc
- [12] Suyanto, 2005, *Algoritma Genetika dalam Matlab*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [13]Tjahjanto P., 1993, Penyusunan Rencana Tebang Habis Menurut Waktu dan Tempat Melalui Program Linier di KPH Ngawi, Skripsi, Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.