

## **BAB II**

### **DASAR TEORI OPTIMASI DAN ALGORITMA GENETIKA**

#### **2.1. Pendahuluan**

Teori optimasi adalah bagian dari hasil perhitungan matematika dan metoda numerik untuk menemukan dan mengidentifikasi hasil terbaik dari kumpulan alternatif tanpa secara langsung menghitung satu demi satu dan mencoba semua kemungkinan. Kemampuan dari metoda optimasi untuk menemukan yang terbaik tanpa benar-benar mencoba semua kemungkinan menjadikan pemakaian tingkat matematik yang sederhana dan penggunaan kinerja perhitungan numerik dengan menggunakan komputer. Pada teknik sipil sasaran melakukan optimasi adalah mencari suatu struktur yang memberikan harga paling murah dan memenuhi kendala yang ada (Kirsch, 1981).

Desainer struktur mencari rancangan struktur yang optimum atau terbaik dalam hal yaitu harga, berat, keindahan, keandalan, atau kombinasi keempatnya. Tujuan ini diambil sebagai kepentingan tambahan karena keterbatasan sumber daya, kenaikan harga bahan atau biaya pabrikasi.

Era modern dari optimasi struktural dimulai lebih kurang dua puluh tahun yang lalu dengan ciri kegunaannya yang memerlukan teknik pemrograman matematika yang baru. Sejak itu banyak teknik yang diterapkan dalam masalah optimasi desain. Penyelesaian ini membuat para ahli sadar akan kemungkinan praktisnya dan juga pengujian ulang serta pengembangan yang lebih jauh dari

pendekatan tradisional untuk optimasi struktur. Metoda ini berdasarkan pada pemrograman secara matematika. Lebih dari sepuluh tahun kemudian, teknik tersebut sudah berkembang untuk waktu sementara. Teknik baru mulai muncul. Langkah besar sudah dibuat dalam perangkat keras komputer, dalam menanggapi keperluan komputasi dalam skala besar dan aplikasinya.

Banyak metoda yang dapat dipakai dalam mengoptimumkan suatu fungsi sasaran. Apabila perhitungan kita lebih teliti maka tujuan optimasi dapat dicapai dan dapat pula mengurangi faktor probabilitas pada pembebanan.

Dalam mengaplikasikan hasil matematika dan teknik numerik dari teori optimasi pada masalah rekayasa diperlukan perencanaan batasan yang jelas dari sistem rekayasa yang hendak dioptimasi. Perencanaan kriteria kuantitas didasarkan pada calon-calon yang akan diurutkan untuk ditentukan yang terbaik, pemilihan variabel sistem yang akan digunakan untuk menggambarkan atau mengidentifikasi generasi, dan pembatasan model. Masalah yang terformulasi dengan baik merupakan kunci dari kesuksesan pada optimasi.

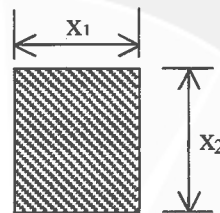
#### **2.1.1. Variabel Desain**

Parameter yang berubah nilainya yang dicari pada proses optimasi disebut variabel desain. Orang sering menyebut variabel desain dengan *construction parameters* atau *construction variabel*. Variabel desain dalam tugas akhir ini berupa pendimensian fondasi telapak dengan *counter weight* lengkap dengan penulangannya.

Nilai variabel desain menentukan apakah fungsi sasaran optimasi dan fungsi kendala terpenuhi. Biasanya variabel desain sering ditulis dalam bentuk vektor, misalnya :

$$X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

Contoh variabel desain misalnya untuk penampang melintang yaitu  $x_1$  dan  $x_2$ .



**Gambar 2.1.** Contoh variabel desain

Ada dua macam variabel desain, yaitu :

1. Bernilai Kontinu, misal tebal baja  $0,1 \leq x_1 \leq 50$ , diambil nilai 25,61347
2. Bernilai Diskrit, diambil sesuai data yang ada (d disesuaikan dengan penampang keluaran pabrik), misal diameter tulangan 10 mm, 14 mm, 16 mm, dan seterusnya.

### 2.1.2. Kendala Desain

Sebuah desain memiliki kumpulan nilai untuk tiap variabel desain. Desain ini ada yang masuk daerah layak (*feasible*) yaitu bila desain memenuhi semua kriteria yang ada, dan ada juga daerah yang tidak layak (*infeasible*) yaitu bila desain melanggar satu atau lebih dari kriteria yang ada.

Batasan desain yang harus dipenuhi untuk menghasilkan desain yang dapat diterima dinamakan kendala.

Di bidang teknik, kendala ini dibagi dua yaitu :

1. Batasan isi (*side constraints*)

Pada *side constraints* hanya terdapat sebuah variabel bebas saja, misalnya desain sebuah profil beton harus memiliki lebar antara 100 mm sampai 850 mm ( $100 \text{ mm} \leq b \leq 850 \text{ mm}$ ).

2. Batasan perilaku (*behavior constraints*).

Sedangkan untuk *behavior constraints* terdapat lebih dari satu variabel bebas, misalnya tinggi balok tidak boleh lebih besar dari dua kali lebar balok untuk menjaga kestabilan ( $h \leq 2b$ ), contoh lainnya batasan tegangan, batasan perpindahan.

Ada dua macam jenis kendala desain, yaitu :

1. Kendala persamaan,  $h_j(x) = 0$
2. Kendala pertidaksamaan,  $g_j(x) \leq 0$  atau  $g_j(x) \geq 0$

### 2.1.3. Fungsi Sasaran

Fungsi sasaran adalah fungsi yang menggambarkan hasil akhir yang hendak dioptimasi. Biasanya dalam bentuk meminimumkan suatu fungsi, misalnya meminimumkan harga,

$$Z = f(x)$$

yang memenuhi kendala :

$$g_j(x) \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Fungsi sasaran dan fungsi kendala pada konstruksi teknik sipil biasanya tidak linear dan mempunyai lebih dari satu titik minimum, yaitu minimum lokal dan minimum global. Fungsi sasaran yang dicari adalah fungsi yang dapat

memberikan minimum global, tetapi ini sangat sulit diperoleh, karena metoda optimasi biasanya diformulasikan untuk fungsi yang konveks.

## **2.2. Dasar Teori Algoritma Genetik**

Algoritma Genetik merupakan metoda optimasi yang berdasarkan pada genetik alam dan teori Darwin: "*survival of the fittest*". Metoda ini ditemukan oleh John. H. Holland dari University of Michigan. Pada tahun 1960, beliau bersama-sama dengan para mahasiswanya meneliti mengenai mesin yang mampu belajar, dan beliau mencatat bahwa belajar tidak hanya diadaptasi oleh organisme tunggal saja melainkan juga diadaptasi oleh sekelompok organisme. Berdasarkan pengalaman tersebut dan dengan inspirasi dari teori Darwin, beliau mengembangkan metoda optimasi yang memakai banyak individu di dalam suatu populasi. Metoda ini pada awalnya disebut *adaptive plans*, yang kemudian diubah namanya menjadi Algoritma Genetik dalam bukunya.

### **2.2.1. Genetika Alam**

Alam menyeleksi makhluk hidup yang tinggal dan hidup didalamnya. Apabila ada spesies yang tidak dapat mempertahankan hidup terhadap keadaan sekelilingnya maka lama-kelamaan spesies tersebut akan punah, sedangkan spesies yang kuat akan semakin banyak jumlahnya (terus berkembang biak). Manusia sebagai contohnya, manusia sanggup bertahan terhadap seleksi alam maka jumlah manusia dimuka bumi semakin banyak. Peristiwa ini tetap terjadi sebelum manusia tahu cara kerja alam.

Setiap makhluk hidup memiliki kromosom di dalam tubuhnya, yang mengandung “informasi” mengenai seluruh bagian dirinya. Kromosom inilah yang akhirnya bertukar dengan pasangan kawin. Pada waktu makhluk hidup bereproduksi terjadi pertukaran kromosom, yang diturunkan dari kedua orangtua ke anaknya melalui pertukaran bagian dari kromosom. Proses reproduksi ini juga disebut *crossover*. Hasil dari reproduksi ini (anak) memiliki sebagian kromosom dari ayahnya dan sebagian lagi dari ibunya. Hal ini dapat mengakibatkan adanya variasi makhluk hidup.

Anak dapat saja mendapat bagian yang baik dari kedua orangtuanya, tetapi dapat juga mendapat bagian yang buruk dari orangtuanya. Adanya seleksi alam mengakibatkan hanya orangtua yang baik (kesehatan yang baik) yang dapat segera menikah, sedangkan orangtua yang kurang baik, lebih jarang menikah. Pada manusia misalnya, bila keadaan ekonomi manusia sangat lemah untuk berteduhpun sulit maka kemungkinan menikah dan memiliki anak lebih kecil dibandingkan dengan manusia yang hidup berkelimpahan. Banyak faktor yang akan dipertimbangkan manusia yang lemah sebelum memutuskan untuk menikah dan memiliki anak. Hal demikian mengakibatkan generasi selanjutnya lebih baik, sehingga setiap generasi selalu lebih baik atau lebih mampu beradaptasi dengan lingkungannya. Bila generasi selanjutnya lebih jelek dibandingkan dengan generasi sebelumnya, maka secara bertahap dapat menyebabkan musnahnya suatu spesies.

Adaptasi lingkungan juga mengakibatkan banyaknya variasi dalam suatu populasi. Misalnya dalam suatu populasi jerapah terdapat beberapa jerapah

dengan bermacam tinggi leher, ada yang tinggi, dan ada juga yang pendek. Bila suatu ketika dihutan tersebut terjadi kekurangan tanaman yang pendek untuk dimakan maka akhirnya jerapah-jerapah yang berleher pendek akan berkurang jumlahnya (mati), sedangkan jerapah-jerapah yang berleher panjang akan terus bertahan. Tentu saja banyak faktor lain yang berpengaruh seperti: kemampuan menyelamatkan diri dari pemangsa (*predator*), penyakit, rintangan untuk menjadi dewasa, dan reproduksi selanjutnya.

Variasi menyebabkan bertahannya suatu individu terhadap seleksi alam. Selain dengan *crossover*, dapat juga melalui mutasi yaitu bergantinya suatu bagian dari kromosom yang lain dari kromosom kedua orangtuanya. Hal ini tidak menutup kemungkinan dari orangtua yang sehat menghasilkan anak yang kurang sehat. Proses mutasi ini kemungkinan terjadinya di alam kecil.

Seleksi alam dapat saja berubah, misalnya pada jaman dahulu suhu udara tidak sama dengan sekarang. Pada jaman es suhu dimuka bumi dingin, setelah es di kutub utara mencair suhu udara meningkat. Dahulu banyak sekali kupu-kupu berwarna indah yang hidup di bumi, sekarang sudah hampir tidak ada lagi kupu-kupu berwarna indah, yang ada hanya kupu-kupu berwarna coklat atau hitam, tapi memang variasi inilah yang lebih unggul dalam menghadapi perubahan alam (sekarang banyak asap dari bermacam-macam kendaraan, asap pabrik, dan sampah) dan mampu bertahan hidup.

Sudah dibuktikan bahwa makhluk hidup yang berkembang biak dengan kawin lebih unggul dibandingkan dengan makhluk hidup yang berkembang biak dengan tidak kawin (membelah diri). Individu yang berkembang biak dengan

kawin lebih memiliki variasi dibandingkan dengan individu yang berkembang biak dengan cara tidak kawin. Individu yang berkembang biak dengan kawin memiliki variasi yang lebih banyak yang menyebabkan lebih tahannya terhadap seleksi alam.

### **2.2.2. Evolusi Makhluk hidup**

Evolusi berasal dari kata *evolvo* (latin) yang berarti membuka gulungan atau membuka lapisan. Sedangkan dalam bahasa inggris *evolution* berarti perkembangan secara bertahap. Dalam Ilmu Pengetahuan Alam, evolusi diartikan sebagai perkembangan makhluk hidup secara berangsur-angsur dari bentuk sederhana ke bentuk yang lebih sempurna. Perubahan ini terjadi dalam jangka waktu yang sangat lama.

Banyak ahli yang menyatakan bahwa semula spesies yang ada di bumi tidak sebanyak sekarang ini. Mereka berkeyakinan bahwa makhluk hidup yang ada sekarang ini lambat-laun mengalami perubahan dalam jangka waktu yang sangat lama bahkan jutaan tahun. Akibat perubahan itu maka makhluk-makhluk berikutnya telah jauh menyimpang dari struktur aslinya (moyangnya), sehingga timbullah turunan yang beraneka ragam, yang mengarah pada terbentuknya spesies baru. Ada 2 macam evolusi organisme, yaitu :

1. Evolusi progresif, apabila evolusi menghasilkan spesies yang memungkinkan berlanjutnya kehidupan berikutnya.
2. Evolusi regresif, yaitu apabila evolusi menghasilkan spesies yang tidak memungkinkan dapat melanjutkan kehidupan berikutnya.



Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan sifat akibat proses evolusi adalah:

1. Faktor dalam (gen)

Genetika berasal dari bahasa Latin *Genos* yang berarti suku bangsa atau asal-usul. Dalam genetika yang dibahas adalah cara mewariskan sifat keturunan atau hereditas kepada anak cucu serta variasi yang mungkin timbul didalamnya. Sifat suatu organisasi dikendalikan oleh substansi yang tersimpan di dalam kromosom yang disebut gen. Bila substansi ini berubah maka berubahlah sifat suatu organisme. Perubahan gen ini dapat terjadi karena mutasi dan rekombinasi gen.

Mutasi adalah perubahan struktur kimia gen yang sifatnya menurun. Mutasi ini dapat terjadi secara spontan, dan dapat pula karena pengaruh faktor luar seperti bahan kimia, virus, dan sinar radioaktif.

Rekombinasi gen yaitu penggabungan gen-gen dari induk jantan dan induk betina yang terjadi pada pembuahan ovum oleh sperma, sehingga membuahkan keturunan yang mempunyai susunan pasangan gen yang berbeda dengan susunan gen induk jantan maupun induk betina.

2. Faktor luar (lingkungan)

Makhluk hidup merupakan bagian dari lingkungannya. Sifat atau karakter suatu makhluk tidak dapat dipisahkan dari lingkungannya. Suatu organisme akan tetap hidup apabila dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya, sedang yang tidak mampu beradaptasi akan punah.

Mutasi, rekombinasi gen, dan adaptasi yang terus-menerus dari suatu makhluk hidup terhadap lingkungan akan menyebabkan terbentuknya varian baru yang mengarah pada terbentuknya spesies baru.

### 2.2.3. Penerapan Genetika Alam ke dalam Algoritma

Algoritma ini mengelompokkan individu sehat yang selamat dari populasi sebelumnya dengan informasi yang acak, untuk membentuk algoritma pencarian dengan beberapa inovasi seperti pencarian manusia. Setiap generasi, kumpulan makhluk buatan yang baru dibentuk dengan bit dan bagian dari individu sehat sebelumnya. Bagian yang baru selanjutnya dicoba dengan keadaan seleksi yang terjadi.

Ketika melakukan pencarian dengan acak, Algoritma Genetik tidak seperti pencarian yang acak biasa. Algoritma ini secara efisien memakai informasi sebelumnya untuk mencari pencarian baru yang lebih baik.

### 2.2.4. Pengertian dan Istilah yang Digunakan dalam Algoritma Genetik

Mengingat masih barunya teori Algoritma Genetik ini maka disini akan diuraikan istilah-istilah, pengertian, dan pemakaian yang berhubungan dengan Algoritma Genetik.

1. Alela, menyatakan nilai dari gen. Untuk penggambaran digunakan bilangan dasar 2 (biner). Setiap gen dapat berisi alela 1 atau 0.
2. Kromosom, merupakan struktur data yang menyimpan sebuah string dari parameter tugas atau gen. kromosom dapat disimpan dalam bentuk *binary* bit string atau sebagai kumpulan bilangan bulat.

Misalnya : sebuah kromosom dengan panjang kromosom ( $n=5$ ) dapat berisi : 11001 (yang merupakan angka 25 dalam bilangan dasar 10).

3. Blok Pembentuk (*Building Block*)

Hipotesa blok pembentuk menyatakan bahwa Algoritma Genetik menemukan solusinya dengan pertama-tama menemukan sebanyak-banyaknya blok pembentuk, lalu menggabungkan bersama-sama untuk memberikan nilai fitness yang terbesar.

4. Nilai fitness adalah nilai dari tiap individu yang menggambarkan seberapa baik atau fit individu tersebut. Nilai ini umumnya lebih besar atau sama dengan nol ( $fitness \geq 0$ ).

5. Fungsi sasaran, yaitu fungsi untuk mendapatkan harga paling murah dan memenuhi semua kendala yang ada.

6. Operator genetik, merupakan operator pencarian sifat yang bekerja pada alela (yang bekerja pada bit pada sistem *binary*, bukan pada bilangan itu sendiri). *Crossover* dan mutasi termasuk dalam operator genetik.

7. Keturunan atau anak (*offspring*) adalah individu yang dihasilkan dengan proses reproduksi yang membawa gabungan sebagian dari sifat kedua orangtuanya.

8. Seleksi

Proses dimana beberapa individu dalam populasi dipilih untuk bereproduksi, biasanya individu yang memiliki nilai fitness yang tinggi memiliki kemungkinan terpilih lebih tinggi dibandingkan dengan individu yang

memiliki kemungkinan terpilih lebih tinggi dibandingkan dengan individu yang memiliki fitness lebih rendah.

9. *Crossover*, adalah operator reproduksi dimana membentuk kromosom baru dengan menggabungkan bagian dari kromosom kedua orangtuanya. *Crossover* sederhana memiliki satu lokasi kawin silang, sedangkan untuk individu yang memiliki kromosom yang panjang maka dapat terjadi lebih dari satu lokasi kawin (demikian juga pada makhluk hidup).

#### 2.2.5. Algoritma Genetik Sederhana

Algoritma Genetik sederhana menghasilkan hasil yang baik dalam banyak masalah praktis, terdiri dari tiga operator sederhana yaitu: reproduksi, *Crossover*, dan mutasi.

Setelah reproduksi, operator *crossover* sederhana dapat dilakukan dengan cara anggota dari string yang direproduksi didalam tempat pertemuan dipertemukan dengan acak atau *random*. Sebagai contoh :

$$A_1 = 0 \ 1 \ 1 \ | \ 0 \ 1$$

$$A_2 = 1 \ 1 \ 0 \ | \ 0 \ 0$$

Panjang string adalah 5, misalkan dalam pemilihan bilanganacak antara 1 sampai dengan 4 terpilih angka 3 (tampak pada contoh garis vertikal yang membagi string menjadi dua bagian). *Crossover* menghasilkan dua string baru, dimana tanda petik (') menunjukkan string dari bagian generasi baru.

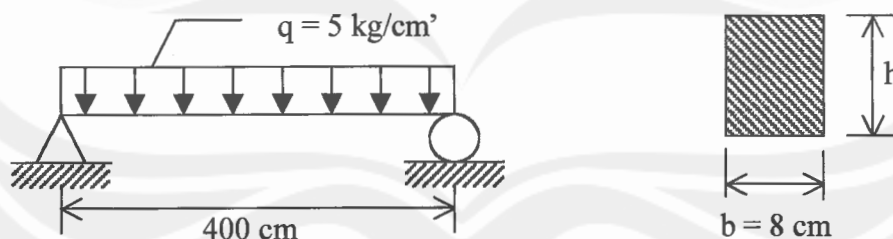
$$A_1' = 0 \ 1 \ 1 \ | \ 0 \ 0$$

$$A_2' = 1 \ 1 \ 0 \ | \ 0 \ 1$$

Cara kerja reproduksi dan *crossover* sangat mudah, karena hanya menyertakan penghasil bilangan acak, peniruan string, dan pertukaran sebagian dari string. Walaupun demikian gabungan dari hal ini (reproduksi, struktur, acak, dan pertukaran informasi melalui *crossover*) membuat Algoritma Genetik menjadi kuat karena hal ini akan mengeksplorasi ruang desai. Perlu diperhatikan pula apabila kedua orangtua memiliki sifat yang sama, maka perkawinan tidak akan memberikan anak yang berbeda dari orangtuanya (bila tanpa adanya mutasi).

### 2.2.6. Contoh Aplikasi sederhana Algoritma Genetika

Misalnya dicari ukuran tinggi balok kayu yang memberikan harga minimum, bila Harga balok kayu Rp. 1.500.000,- dan Tegangan ijin kayu = 120 kg/cm<sup>2</sup>



Gambar 2.2. Contoh Aplikasi pada Balok kayu

Data Diskrit tinggi  $h$  :

Tabel 2.1. Contoh Data Diskrit

No	0	1	2	3	4	5	6	7
Binner	000	001	010	011	100	101	110	111
$h$ (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40

Daftar Bilangan Random :

**Tabel 2.2.** Contoh Bilangan Random

1	5	3	2	7	0	3	4	0	6	7	3	4	3
1	0	3	2	2	4	5	6	7	5	6	1	5	7
3	4	1	2	6	0	5	1						

Harga balok kayu Rp. 1.500.000,-/m<sup>3</sup> atau Rp. 15,-/cm<sup>3</sup>

Perumusan Masalah :

Harga Balok :

$$f(h) = 8 \cdot h \cdot 400 \cdot 15 = 4800h$$

Momen Maksimum :

$$M = 1/8 \cdot q \cdot l^2 = 1/8 \cdot 5 \cdot 400^2$$

Modulus Potongan :

$$W = I / (h/2) = 1/6 \cdot b \cdot h^2 = 1/6 \cdot 8 \cdot h^2$$

Tegangan Maksimum :

$$\sigma = M / W = (1/8 \cdot 5 \cdot 400^2) / (1/6 \cdot 8 \cdot h^2) = 75.000 / h^2$$

Formulasi Masalah :

$$\text{Minimumkan } f(h) = 4800h$$

Yang memenuhi kendala :

$$g(h) = \frac{M}{W} = \frac{75.000}{h^2} - 120 \leq 0 \rightarrow (\text{Tegangan Maks} \leq \text{Tegangan Ijin})$$

$$\text{Fitness} = \frac{1e5}{f(h) + r \cdot g(h)}$$

dengan r = rasio penalti, besarnya ditentukan sendiri, misal = 1000.

Jika  $g(h)$  lebih kecil dari nol (negatif), maka harga  $g(h)$  yang digunakan =

0. Misalnya digunakan Jumlah Individu = 4.

Bangkitkan Generasi Pertama

**Tabel 2.3. Contoh Generasi Pertama**

Individu	No random	String	H	F(h)	G(h)	Fitness	Ranking	Seleksi Alam	Jodoh	Lokasi tukar	Gen ke-2
1	①	001	10	48000	630	0,15	4	101	③	①	111
2	⑤	101	30	144000	0	0,69	1	101	4	②	100
3	③	001	20	96000	67,5	0,61	2	011	1	1	001
4	②	010	15	72000	213	0,35	3	010	2	2	011

Keterangan :

1. Individu didapat dari merandom data diskrit.
2. Lokasi tukar = 1 dan Jodoh = 3 pada individu 1, diperoleh dari bilangan random, yang lain menyesuaikan. Misalkan individu 1 berjodoh dengan individu 3, maka individu 3 mempunyai lokasi tukar yang sama dengan individu 1, yaitu = 1.
3. Misal : Lokasi Tukar = 1, berarti

$$\begin{array}{c}
 1 \downarrow 0 \ 1 \\
 \boxed{1}
 \end{array}
 \text{ dengan }
 \begin{array}{c}
 0 \downarrow 1 \ 1 \\
 \boxed{1}
 \end{array}$$

anaknya (*offspring*) menjadi 1 1 1 dan 0 0 1

Lokasi Tukar = 2, berarti :

$$\begin{array}{c}
 1 \ 0 \downarrow 1 \\
 \boxed{2}
 \end{array}
 \text{ dengan }
 \begin{array}{c}
 0 \ 1 \downarrow 0 \\
 \boxed{2}
 \end{array}$$

anaknya (*offspring*) menjadi 1 0 0 dan 0 1 1

4. Individu 1 (dengan *string* = 001) hilang pada seleksi alam karena mempunyai nilai *fitness* paling rendah. Individu ini selanjutnya digantikan oleh individu terbaik (Individu dengan *fitness* terbaik)

Generasi kedua

Tabel 2.4. Contoh Generasi lanjutan

Individu	String	H	f(h)	g(h)	Fitness	Ranking	Seleksi Alam	Jodoh	Lokasi tukar	Gen ke-3
1	111	40	192000	-73	0,52	3	111	2	1	100
2	100	25	120000	0	0,833	1	100	1	1	111
3	001	10	48000	630	0,15	4	100	4	1	111
4	011	20	96000	67,5	0,61	2	011	3	1	000

Dilanjutkan Generasi seterusnya, sampai dengan individunya *konvergen* (keseluruhan sama).

Pada Generasi terakhir atau setelah *konvergen*, individu yang dihasilkan adalah individu yang terbaik, dalam hal ini berarti dimensi h yang terkecil atau yang menghasilkan harga minimum tetapi tetap memenuhi syarat kendala, dalam hal ini tegangan ijin.