

IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIK PADA OPTIMASI BENTUK DAN UKURAN BUKAAN PADA BALOK BAJA PROFIL I DENGAN BUKAAN CELLULAR

Suharjanto¹

Diterima 06 Juli 2006

ABSTRACT

Cellular beam are generally fabricated from I- steel beam that are butt welded and cut to the required web-opening by multiple flame cutting. Various shapes, sizes and locations of openings may be used in the web of cellular beam. The opening may be circular, elongated circular. Some optimization may be possible in order to gain the maximum utilization of steel from one standard I- steel beam dimension, allowing small losses due to cutting operation. In many ways, genetic algorithms, and the extension of genetic programming, offer an outstanding combination of flexibility, robustness, and simplicity. The following discussion highlights some of the key features of genetic algorithms (GAs), and illustrates an application of a particular GA in the search and estimation of global optima. Optimization may take the form of a minimization or maximization procedure. Throughout this article, optimization will refer to maximize web-opening while increasing the strength and stiffness. The preference for maximization is simply intuitive: Genetic algorithms are based on evolutionary processes and Darwin's concept of natural selection. In a GA context, the objective function is usually referred to as a fitness function, and the phrase survival of the fittest implies a maximization procedure.

Keywords : Cellular beam, Genetic Algorithm, Optimization, Web- Opening

ABSTRAK

Balok selulair umumnya terfabrikasi dari balok baja profil I yang dipotong dan dilas dan system pemotongan membentuk bukaan pada badan profil dengan bentuk sel atau lingkaran yang diinginkan. Berbagai variasi bentuk, ukuran dan lokasi bukaan bisa digunakan pada badan profil balok selulair ini. Bentuk bukaan bisa lingkaran maupun lingkaran yang diperlebar maupun diperpanjang. Beberapa optimasi mungkin bisa digunakan agar mendapatkan pemanfaatan secara maksimal dari dimensi standar balok baja berprofil I, sehingga menghasilkan kerugian (kehilangan bahan) yang sekecil mungkin akibat operasi pemotongan. Dalam banyak hal, Algoritma Genetik, dan pengembangannya, mengemukakan kombinasi antara fleksibilitas, ketahanan dan kesederhanaan. Pembahasan berikut mengutamakan beberapa fitur kunci dari

¹ Jurusan Teknik Sipil FT. Universitas Janabadra
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 57 Yogyakarta

Algoritma Genetik, dan mengilustrasikan suatu aplikasi dari kekhususan Algoritma Genetik dalam mencari dan meng-estimasi nilai optima global. Optimasi bisa mengambil berupa prosedur maksimalisasi atau minimalisasi. Dalam artikel ini, optimisasi akan me-maksimalisasi bukaan badan sambil meningkatkan kekuatan dan kekakuan. Pilihan me-maksimalisasi adalah: Algoritma Genetik didasarkan pada proses evolusi dan konsep seleksi alami dari Darwin. Dalam konteks Algoritma Genetik, fungsi tujuan biasanya disebut dengan fungsi fitness, dan istilah survival dari nilai paling fit menunjukkan prosedur maksimalisasi.

Keywords : Balok selulair, Algoritma Genetik, Optimisasi, Bukaan-badan.

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir ini, seiring dengan kemajuan di bidang teknik komputasi, maka peranan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) yang meliputi jaringan saraf tiruan (*neural network*), *system fuzzy* dan algoritma genetik dalam penyelesaian masalah optimasi di industri dan struktur memang kelihatan sekali peningkatannya.

Pada dasarnya ada 2 (dua) teknik pencarian dan pelacakan yang digunakan, yaitu pencarian buta (*blind search*) dan pencarian terbimbing (*heuristic search*). Pencarian buta tidak selalu dapat diterapkan dengan baik, hal ini disebabkan semua simpul akan dikunjungi dan hal ini menyebabkan waktu aksesnya cukup lama serta membutuhkan memori yang cukup besar. Kelemahan ini bisa diatasi jika ada informasi tambahan dari *domain*.

Heuristik adalah teknik yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi proses pencarian menuju ke sebuah solusi, mungkin dengan mengorbankan ketidaklengkapan. Pada pencarian heuristik perlu diberikan informasi khusus dalam *domain* tersebut. Tujuan dari sebuah fungsi heuristik adalah untuk memandu proses pencarian tujuan yang menguntungkan dengan menganjurkan

jalur yang diikuti atau node mana yang akan dikunjungi pertama kali, ketika tersedia lebih dari satu tujuan. Setelah proses berlangsung, akan dihitung fungsi heuristik yang sempurna dengan cara melakukan sebuah pencarian yang lengkap dari node dalam pertanyaan dan menentukan apakah fungsi ini menuju ke sebuah solusi yang terbaik. Pada umumnya, ada sebuah pertukaran diantara biaya untuk mengevaluasi sebuah fungsi heuristik dan menghemat waktu pencarian yang disediakan.

Beberapa algoritma pencarian secara heuristik dalam beberapa kasus dibidang optimasi antara lain, Pembangkit dan Pengujian (*Generate & Test*), Pendakian Bukit (*Hill Climbing*), *Tabu Search*, *Simulated Annealing*, Algoritma Genetika dan Algoritma Semut.

Algoritma Genetik meningkatkan teknik-teknik optimasi yang ada selama ini, dan memandangngnya sebagai metoda alternatif ke teknik metode tradisional, dan tidak sebagai pengganti metoda konvensional yang ada. Dengan kata lain, Algoritma Genetika sebaiknya digunakan sebagai komplemen bagi teknik-teknik metode numerik yang sudah familiar., dan tidak dalam arti menggantikan atau memasukkan teknik optimasi numerik yang telah ada.

STRUKTUR UMUM ALGORITMA GENETIK

Pada algoritma ini, teknik pencarian dilakukan sekaligus atas solusi yang mungkin yang dikenal dengan istilah populasi. Individu terdapat dalam satu populasi disebut dengan istilah kromosom. Kromosom ini merupakan suatu solusi yang masih berbentuk simbol. Populasi dibangun secara acak, sedangkan populasi berikutnya merupakan evolusi kromosom-kromosom melalui iterasi yang disebut dengan istilah generasi. Pada setiap generasi, kromosom akan melalui proses evaluasi dengan menggunakan alat ukur yang disebut dengan fungsi *fitness*. Nilai *fitness* dari suatu kromosom akan menunjukkan kualitas kromosom dari populasi tersebut. Generasi berikutnya dikenal dengan istilah anak (*off spring*) terbentuk dari gabungan 2 kromosom generasi sekarang yang bertindak sebagai induk (*parent*) dengan menggunakan operator penyilangan (*crossover*). Selain operator penyilangan, suatu kromosom dapat dimodifikasi dengan menggunakan operator mutasi. Populasi generasi yang baru dibentuk dengan cara menyeleksi nilai *fitness* dan kromosom induk (*parent*) dan nilai *fitness* dan kromosom anak (*offspring*), menolak kromosom-kromosom yang lainnya sehingga ukuran populasi (jumlah kromosom dalam suatu populasi) konstan. Setelah melalui beberapa generasi, maka algoritma ini akan konvergen ke kromosom terbaik.

Ada 6 komponen utama dalam algoritma genetika, yaitu Teknik Penyandian, Prosedur Inisialisasi,

Fungsi Evaluasi, Seleksi, Operator Genetika dan Penentuan Parameter.

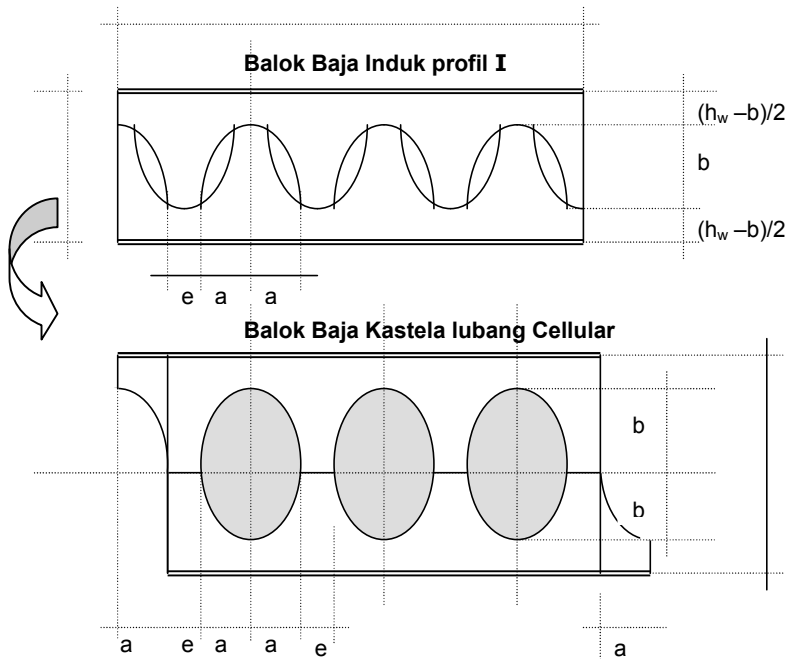
Sedangkan proses algoritma genetik dapat dijelaskan dengan diagram alir pada Gambar 1.

APLIKASI

Balok baja kastela dengan bukaan *cellular* merupakan modifikasi dari balok baja induk berprofil **I**, dengan cara memotong dalam bentuk pemotongan *circular* atau ellipsoida secara *overlapping* seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Bagan alir proses optimasi dengan algoritma genetik



Gambar 2. Proses pembentukan balok Cellular

Dari Gambar 2 di atas, dapat ditentukan banyak atau jumlah lubang, n , yang terbentuk sepanjang balok, sebagai berikut:

$$L = (n + \frac{1}{2})(2.a) + n + 1)e$$

$$= 2.a.n + a + ne + e$$

maka,

$$n = \frac{Ll - a - e}{2.a + e} \dots\dots\dots (1)$$

Luas bagian yang solid,

$$A = (L-a)(h'_w) - n.A_{\text{lubang}} \dots\dots\dots (2)$$

Inisialisasi parameter

Pada proses ini dimasukkan data input berupa : panjang (L) dan tinggi (h) balok baja profil I, domain variabel

lebar (a) dan tinggi (b) serta jarak (e) antara bukaan *cellular*, serta presisi ukuran yang diinginkan.

Selanjutnya nilai presisi tersebut akan digunakan untuk menentukan panjang kromosom (jumlah bit : n_1, n_2, n_3) individu pada populasi, yang dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Panjang_kromosom} = \lceil \log[(b-a) \times 10^{\text{presisi}} + 1] \rceil, \quad (3)$$

Keterangan :

$[a,b]$ = batas bawah dan batas atas Variabel

Selain itu juga dimasukkan parameter-parameter genetika berupa :

- n = ukuran populasi
- p_m = probabilitas mutasi
- p_c = probabilitas crossover
- max_gen = maksimum generasi

Penentuan parameter dilakukan dengan memperhatikan permasalahan yang akan dipecahkan. Ada beberapa rekomendasi yang bisa digunakan, antara lain:

1. Untuk permasalahan yang memiliki kawasan solusi cukup besar, De Jong merekomendasikan untuk nilai parameter kontrol:
(popsize; pc; pm) = (50; 0,6; 0,001).
2. Bila rata-rata *fitness* setiap generasi digunakan sebagai indikator, maka Grefenstette merekomendasikan:
(popsize; pc ; pm) = (30; 0,95; 0,01).
3. Bila *fitness* dari individu terbaik dipantau pada setiap generasi, maka usulannya adalah:
(popsize; pc; pm) = (80; 0,45; 0,01).
4. Ukuran populasi sebaiknya tidak lebih kecil dari 30, untuk sembarang jenis permasalahan.

Pembangkitan populasi awal

Populasi awal dibangkitkan secara acak namun tetap mempertimbangkan domain solusi dan kendala permasalahan yang ada.

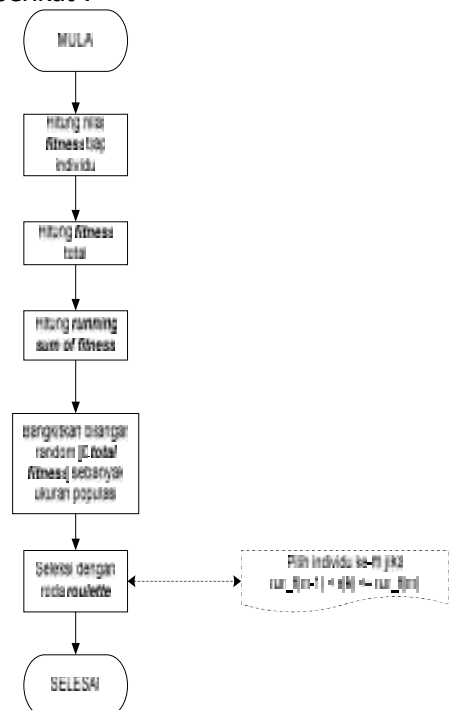
Seleksi

Seleksi ini bertujuan untuk memberikan kesempatan reproduksi yang lebih besar bagi anggota populasi yang paling *fit*. Masing-masing individu dalam populasi akan menerima probabilitas reproduksi sebanding dengan nilai *fitness*nya.

Ada beberapa metode seleksi, pada algoritma genetik ini digunakan metode

seleksi dengan roda roulette. Metode seleksi roda roulette ini merupakan metode yang paling sederhana, dan sering juga dikenal dengan nama *stochastic sampling with replacement*. Pada metode ini, individu-individu dipetakan dalam suatu segmen garis secara berurutan sedemikian hingga tiap-tiap segmen individu memiliki ukuran yang sama dengan ukuran *fitness*nya. Sebuah bilangan random dibangkitkan dan individu yang memiliki segmen dalam kawasan bilangan random tersebut akan terseleksi. Proses ini diulang hingga diperoleh sejumlah individu yang diharapkan.

Proses seleksi dengan roda roulette dapat digambarkan dengan diagram alir berikut :



Gambar 3. Bagan alir proses seleksi dengan roda roulette

Nilai *fitness* individu dihitung dengan fungsi objektif sebagai berikut :

$$A_{solid} = (L-a)(b+h) - \frac{L-a-e}{2a+e} \int_{z_1}^{z_2} a \sqrt{1 - \frac{z^2}{b^2}} dz \dots\dots (4)$$

Dengan constraint/kendala pertidaksamaan sebagai berikut :

tegangan maksimum < tegangan ijin

Fungsi objektif dan kendala pertidaksamaan tersebut selanjutnya diubah ke fungsi *fitness* sebagai berikut :

- Masalah minimum diubah ke masalah maksimum dengan persamaan :

$$A_{lubang} = L \times h - A_{solid} \dots\dots\dots (5)$$

- Persamaan tersebut diubah ke bentuk persen :

$$\%A_{lubang} = \frac{A_{lubang}}{L \times h} \times 100\% \dots\dots (6)$$

- Kendala pertidaksamaan diubah ke fungsi *penalty* sebagai berikut :

$$\%S_{max} = \frac{S_{max}}{S_{ijin}} \times 100\% , \dots\dots\dots (7)$$

jika $S_{max} < S_{ijin}$,

Jika $S_{max} > S_{ijin}$, maka $\% S_{max} = 0$

- Fungsi *fitness* gabungan menjadi:

$$f_fitness = \%A_{lubang} + \%S_{max} \dots (8)$$

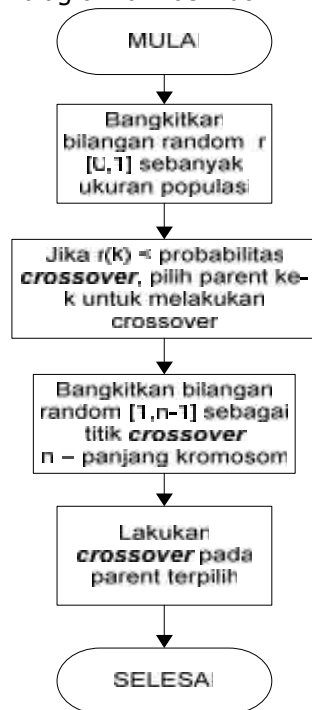
Untuk menentukan besarnya tegangan maksimum, digunakan analisis tegangan dengan memanfaatkan PDETOOL pada MATLAB.

Crossover

Crossover (penyilangan) dilakukan atas 2 kromosom untuk menghasilkan kromosom anak (*offspring*). Kromosom anak yang terbentuk akan mewarisi sebagian sifat kromosom induknya. Metode *crossover* yang paling sering digunakan pada algoritma genetika sederhana dengan kromosom berbentuk string biner adalah *crossover* satu titik (*one-point crossover*).

Pada penyilangan satu titik, posisi penyilangan k ($k=1,2,\dots,N-1$) dengan N = panjang kromosom, diseleksi secara random. Kemudian kita tukarkan bagian kanan titik potong dari kedua induk kromosom tersebut untuk menghasilkan kromosom anak.

Proses *crossover* dapat digambarkan dengan diagram alir berikut :



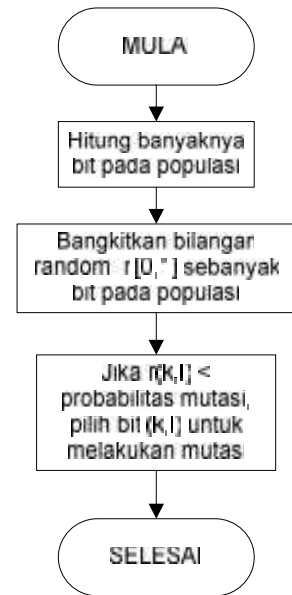
Gambar 4. Diagram Alir Crossover

Mutasi

Mutasi yang digunakan pada algoritma genetika sederhana dengan kromosom biner, pada dasarnya akan mengubah secara acak nilai suatu bit pada posisi tertentu. Kemudian kita mengganti bit 1 dengan 0, atau mengganti bit 0 dengan 1. Pada mutasi ini sangat dimungkinkan memunculkan kromosom baru yang semula belum muncul dalam populasi awal.

Pada mutasi ada satu parameter yang sangat penting yaitu peluang mutasi (p_m). Peluang mutasi menunjukkan prosentasi jumlah total gen pada populasi yang akan mengalami mutasi. Untuk melakukan mutasi, terlebih dahulu kita harus menghitung jumlah total gen pada populasi tersebut. Kemudian bangkitkan bilangan random yang akan menentukan posisi mana yang akan dimutasi (gen ke berapa pada kromosom ke berapa). Misalkan ukuran populasi ($p_{size} = 100$), setiap kromosom memiliki panjang 20 gen, maka total gen adalah $100 \times 20 = 2000$ gen. Jika peluang mutasi ($p_m = 0,01$), berarti bahwa diharapkan ada $(1/100) \times 2000 = 20$ gen akan mengalami mutasi.

Proses mutasi dapat digambarkan dengan diagram alir berikut :

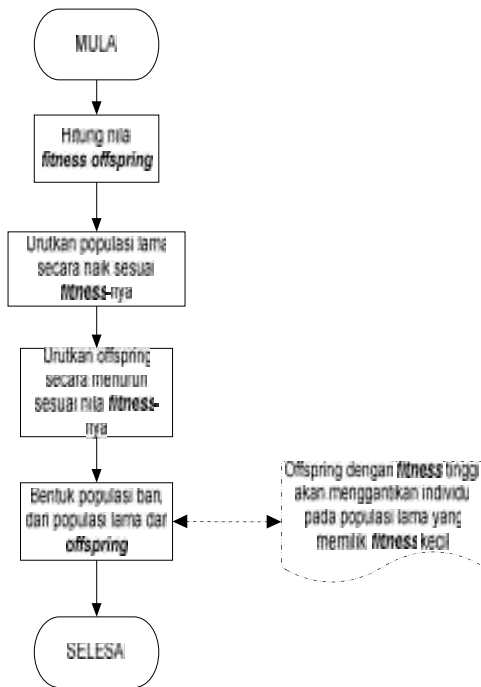


Gambar 5. Diagram Alir Mutasi

Pembangkitan populasi baru

Populasi baru dibentuk dari populasi lama dan *offspring*. Populasi lama yang memiliki nilai *fitness* lebih besar dari *offspring* akan tetap dipertahankan (konsep pelestarian kromosom). Sedangkan *offspring* yang memiliki nilai *fitness* tinggi akan dimasukkan ke dalam populasi baru.

Proses pembangkitan populasi baru dapat digambarkan dengan diagram alir berikut :



Gambar 6. Diagram alir proses pembangkitan populasi baru

Tes konvergensi

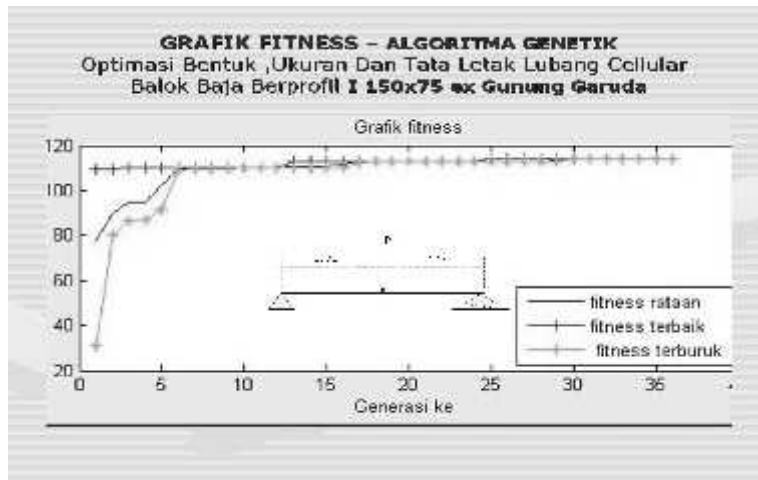
Tes konvergensi dimaksudkan untuk mengetahui apakah solusi terbaik sudah tercapai. Tes konvergensi dilakukan dengan cara membandingkan nilai *fitness* rata-rata generasi sekarang dengan nilai *fitness* rata-rata generasi sebelumnya. Jika perubahan nilai *fitness* rata-rata (*gradient* nilai *fitness* rata-rata) sudah mencapai nilai nol maka konvergensi sudah tercapai.

SIMULASI

Penelitian numerik ini dilakukan pada balok profil I, produk PT Gunung Garuda, Cibitung, Jakarta untuk I 75 x 100, dan secara grafis didapat hasil sebagai berikut ini.

Simulasi Pertama

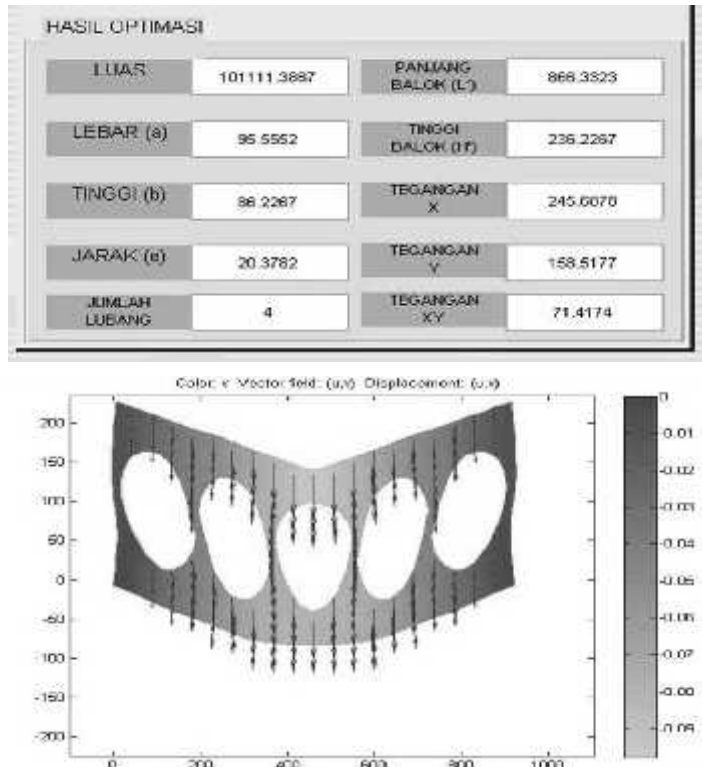
Beban terpusat ditengah bentang



Gambar 7. Grafik Fitness – Algoritma Genetik pada Balok Sederhana Beban Terpusat di Tengah Bentang

Suharjanto

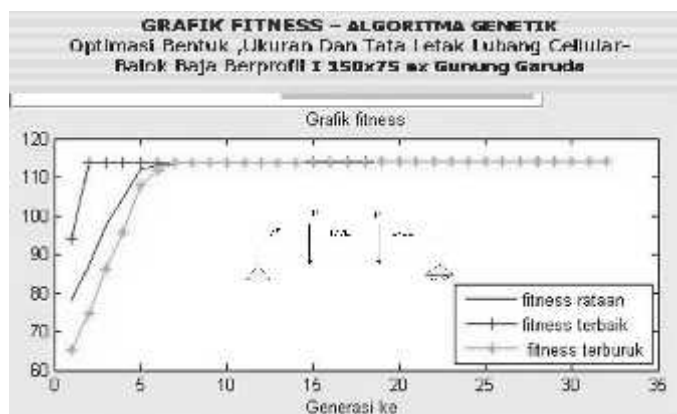
Implementasi Algoritma Genetik pada Optimasi Bentuk dan Ukuran Bukaannya pada Balok Baja Profil I dengan Bukaannya Cellular



Gambar 8. Hasil Optimasi – Balok Sederhana Beban Titik di Tengah Bentang

Simulasi Kedua

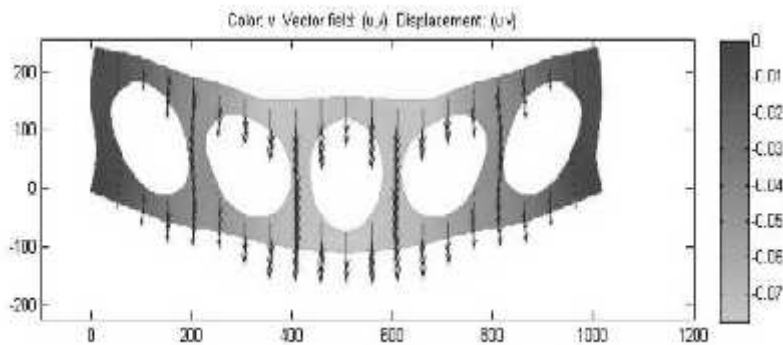
Beban terpusat di 1/3 dan 2/3 bentang



Gambar 9. Grafik Fitness – Algoritma Genetik pada Balok Sederhana Beban Terpusat di 1/3 dan 2/3 Bentang

HASIL OPTIMASI

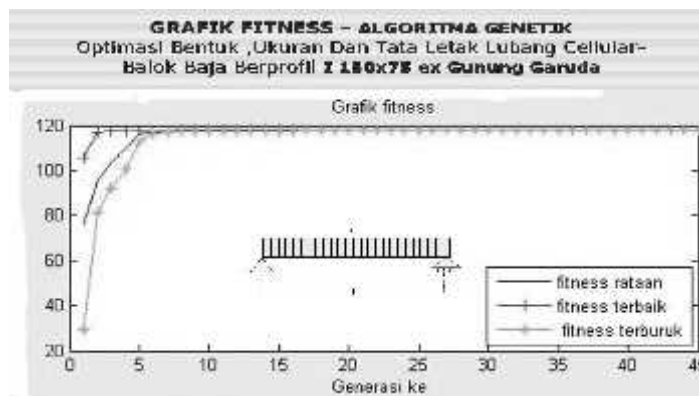
LUAS	127810.2937	PANJANG BALOK (L')	1016.8028
LEBAR (a)	81.8591	TINGGI BALOK (H)	241.8468
TINGGI (b)	91.8468	TEGANGAN X	250.1863
JARAK (e)	33.0354	TEGANGAN Y	180.4917
JUMLAH LUBANG	5	TEGANGAN XY	62.9877



Gambar 10. Hasil Optimasi – Balok Sederhana Beban Titik di 1/3 dan 2/3 Bentang

Simulasi Ketiga

Beban merata sepanjang bentang

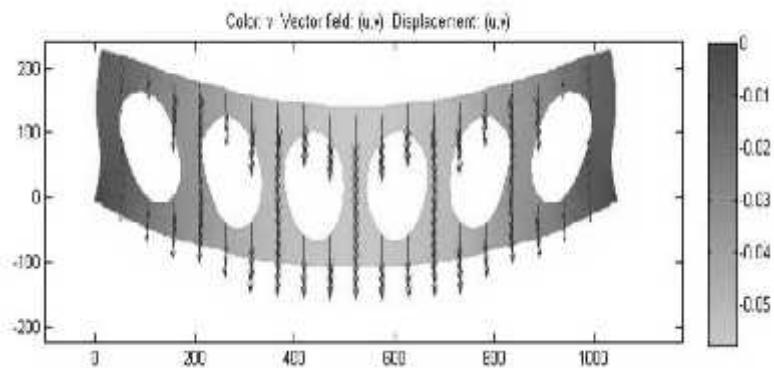


Gambar 11. Grafik Fitness – Algoritma Genetik pada Balok Sederhana Beban Merata Sepanjang Bentang

Suharjanto

Implementasi Algoritma Genetik pada Optimasi Bentuk dan Ukuran Bukaannya pada Balok Baja Profil I dengan Bukaannya Cellular

HASIL OPTIMASI			
LUAS	110881.9176	PANJANG BALOK (L)	887.6122
LEBAR (a)	90.2424	TINGGI BALOK (H)	240.4193
TINGGI (b)	90.4193	TEGANGAN X	237.8056
JARAK (e)	33.1347	TEGANGAN Y	204.9266
JUMLAH LUBANG	4	TEGANGAN XY	83.1885



Gambar 12. Hasil Optimasi – Balok Sederhana Beban merata sepanjang bentang

Ketiga simulasi dengan variasi lokasi dan konfigurasi pembebanan di atas, untuk menghasilkan perubahan perilaku, bentuk dan ukuran bukaan yang optimal dari balok baja profil I dengan bukaan cellular pada badan.

KESIMPULAN

Dari penelitian numerika diatas bisa disimpulkan sebagai berikut :

1. Makin terpusat beban ke tengah bentang akan menghasilkan bukaan optimum berbentuk elips, dan jarak antara lubang makin membesar.
2. Makin tersebar beban dan akhirnya merata, bentuk lubang optimum yang dihasilkan mendekati bentuk lingkaran
3. Optimasi bentuk, ukuran dimensi bukaan dan jarak bukaan sangat tergantung pada konfigurasi dan lokasi pembebanan

DAFTAR PUSTAKA

Fox R.L., 1971, *Optimization Methods for Engineering Design*, Addison Wesley Publishing, Company

Narayanan, R.. 1/1984, *Design of slender webs containing circular holes*. IABSE Periodica, , p.72/84 Rao SS, 1985, *Optimization Theory and Application*, Second Edition, Willey Eastern Limited, New Delhi.

Rao SS, 1985, *Optimization Theory and Application*, Second Edition, Willey Eastern Limited, New Delhi.

Narayanan, R., Darwish. September, 1985, *Strength of slender webs having non-central holes.*, I.Y.S. Structural Engineer, vol.63B, no.3 Goldberg,D.E., 1989, *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison Wesley Publishing Company, Massachuset.

Hajela, P, 1990, *Genetic Search – An Approach to the Nonconvex Optimization Problems*, The American Institute of Aeronautics and Astronautics, v.28,no,7, p.

Rawlins GJE, 1991, *Foundations of Genetic Algorithm*, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, California.

Zienkiewicz O.C. ad Taylor R.L., 1991, *The Finite Element Methods, Fourth Edition, Volume 2, Solid and Fluid Mechanics, Dynamic and Non-Linearity*, McGraw-Hill Internatonal Edition, Singapore.

Denning, PJ, 1992, *The Science Computing : Genetic Algorithm*, American Scientist, v.80, p. 12-14.

Holland, J.H., 1992, *Genetic Algorithms*, *Scientifics America*, p.44-50.

Rajeev, S., and Khrisnamoorthy CS, 1992, *Discrete Optimization of Structure using Genetic Algorithms*, Journal of Structural Engineering, American Society of Civil Engineers, v. 118, no.5, p. 1223-1250.

Michalewicz, Z., 1994, *Genetic Algorithms + Data structures = Evolution Programs*, Extended Edition, Springer Verlag, Berlin.