

OPTIMASI PENDUGAAN PARAMETER DALAM ANALISIS STRESS DAN STRAIN TERHADAP MATERIAL MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Mike Susmikanti

Pusat Pengembangan Informatika Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional
Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan
e-mail: mike@batan.go.id

ABSTRAK

Dalam penelitian dibidang teknik nuklir dilakukan beberapa kajian untuk mengetahui kekuatan material yang digunakan. Pemodelan dilakukan sebagai pendekatan untuk mengetahui sifat material. Kekuatan material salah satunya dapat diuji menggunakan stress dan strain analisis. Analisis tegangan (stress) dan regangan (strain) merupakan faktor penting yang saling berkaitan dalam studi sifat material. Sebagai pendekatan awal melalui uji tak merusak (non destructive analysis), dalam penelitian ini dilakukan pendugaan parameter optimasi beban yang dapat diberikan terhadap material menggunakan algoritma genetika yang sesuai dengan fungsi tujuan dan batasan yang diberikan. Simulasi menggunakan algoritma genetika diharapkan akan lebih efisien dalam menentukan toleransi optimasi beban yang dapat diberikan, dibandingkan menggunakan eksperimen yang cukup lama dan mahal serta pendekatan nilai diskrit. Simulasi ini dapat pula digunakan untuk studi material lain dan dapat digunakan dalam suatu interval tertentu dengan nilai kontinyu. Dalam analisa tegangan dan regangan, optimasi terhadap fungsi tujuan untuk pendugaan parameter beban dalam hal ini dilakukan dengan metoda seleksi Roulette Wheel sebagai bagian rangkaian tahapan algoritma genetika. Tahap proses persilangan individu menggunakan proses crossover satu titik. Dari hasil pemodelan dan simulasi yang telah dilakukan, diperoleh nilai beban optimal yang nilainya mendekati hasil eksperimen.. Penelitian ini meliputi kajian permasalahan, pembuatan program menggunakan MATLAB serta pemodelan dan simulasi

Kata kunci: Algoritma Genetika, Analisis Tegangan, Analisis Regangan, Beban Optimal

1. PENDAHULUAN

Dalam industri, sifat dan karakteristik bahan penting untuk dipelajari.. Penelitian struktur bahan merupakan hal penting, karena dengan mengetahui sifat dan karakteristik bahan, maka kualitas bahan yang dipersyaratkan dapat ditingkatkan.

Dalam pemahaman karakteristik material yang digunakan di bidang teknik nuklir, banyak dilakukan beberapa kajian untuk mengetahui kekuatan dan kegagalan material yang digunakan. Dijumpai permasalahan dalam menganalisa jenis perubahan dari struktur material. Faktor kegagalan struktur bahan meliputi korosi, *creep*, *fatigue* sedangkan analisa faktor perubahan struktur bahan meliputi analisis tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*). Hal ini dapat diakibatkan adanya beban yang berlebihan serta dapat diakibatkan dari pengaruh radiasi, temperatur tinggi dan umur.

Simulasi dan pemodelan banyak dilakukan sebagai pendekatan untuk mengetahui sifat material. Kekuatan material salah satunya dapat diuji menggunakan analisis tegangan dan regangan.. Analisis tegangan dan regangan merupakan faktor yang saling berkaitan dalam studi sifat material. Salah satu analisa pendekatan yang baik diantaranya adalah dengan melalui uji tak merusak (non destructive analysis).

Suatu sistem kecerdasan buatan untuk optimasi saat ini telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang antara lain pada sistem desain, sistem manajemen mutu dan sistem pengawasan dengan

menggunakan algoritma genetika. Algoritma genetika merupakan teknik pencarian heuristik yang didasarkan atas mekanisme evolusi biologis yang dikembangkan oleh John Holland dari Universitas Michigan (1975). Dalam penelitian ini dilakukan pendekatan pendugaan parameter optimasi beban yang dapat diberikan terhadap material yang sesuai dengan fungsi tujuan dan batasan yang diberikan menggunakan algoritma genetika. Simulasi menggunakan algoritma genetika diharapkan akan lebih efisien dalam menentukan toleransi optimasi beban yang dapat diberikan, dibandingkan menggunakan eksperimen yang cukup lama dan mahal. Simulasi ini dapat digunakan untuk studi material lain dan dapat pula digunakan dalam suatu interval tertentu '(Jakiela, 2000)'.

Pengambilan metoda seleksi dalam algoritma genetika untuk optimasi terhadap fungsi tujuan dan pendugaan parameter beban dalam analisa tegangan dan regangan, dilakukan dengan metoda seleksi *Roulette Wheel* sebagai bagian rangkaian dari langkah langkah yang dilakukan dalam algoritma genetika. Dalam proses persilangan individu digunakan crossover satu titik. Dari hasil pemodelan dan simulasi yang telah dilakukan, diperoleh nilai beban optimal yang nilainya mendekati hasil eksperimen. Diperoleh beban optimal tertentu yang dapat diberikan sesuai dengan fungsi tujuan dan batasan yang diberikan. Metodologi dari penelitian ini meliputi kajian permasalahan, pembuatan program menggunakan MATLAB serta pemodelan

dan simulasi. '(CAO, 1999)'. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengetahui sifat kegagalan material *creep*, *fatigue* maupun *korosi* yang optimal melalui pendugaan temperatur tinggi, efek radiasi maupun umur.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Algoritma Genetika

Algoritma genetika merupakan salah satu pendekatan pencarian optimasi secara heuristik yang didasarkan mekanisme evolusi biologis secara menyeluruh. Teknik pencarian dilakukan terhadap sejumlah solusi yang mungkin yang disebut dengan populasi. Variabel bebas yang diselidiki dapat lebih dari satu '(Bassir, 2008). Individu yang terdapat dalam satu populasi disebut dengan istilah kromosom. Populasi awal dibangun secara acak, sedangkan populasi berikutnya merupakan hasil evolusi kromosom-kromosom melalui iterasi yang disebut generasi. Pada setiap generasi, kromosom akan melalui proses evaluasi melalui fungsi kesesuaian (*fitness*). Nilai *fitness* suatu kromosom menunjukkan kualitas kromosom dalam populasi. Generasi berikutnya terbentuk dari proses penyilangan (*crossover*). Selain proses penyilangan, operasi kromosom dapat juga menggunakan proses mutasi. Populasi generasi baru dibentuk dengan cara memilih/seleksi nilai *fitness* kromosom induk dan nilai *fitness* kromosom anak, serta menolak kromosom lainnya yang tidak memenuhi syarat, sehingga ukuran populasi (jumlah kromosom dalam suatu populasi) konstan. Setelah melalui beberapa generasi, maka algoritma ini akan konvergen ke kromosom terbaik '(Kusumadewi, 2003)'. Tahapan algoritma genetika yang digunakan dalam hal ini '(Kuswadi, 2007)' meliputi,

1. Teknik Pengkodean

Teknik pengkodean meliputi pengkodean gen kromosom. Gen merupakan bagian dari kromosom. Gen dapat direpresentasikan dalam bentuk sekumpulan string bit (binary digit), array bilangan riil atau representasi lainnya untuk operator genetika. Dalam hal ini digunakan sederetan binary string bit.

2. Prosedur Inisialisasi

Ukuran populasi tergantung pada masalah yang akan dipecahkan dan jenis operator genetika yang akan diterapkan. Setelah ukuran populasi ditentukan, kemudian dilakukan inisialisasi terhadap kromosom yang terdapat pada populasi tersebut. Inisialisasi kromosom dilakukan secara acak, dengan memperhatikan daerah penyelesaian dan batasan permasalahan yang diberikan.

3. Fungsi Evaluasi

Dalam melakukan evaluasi kromosom ada dua hal yang dilakukan yaitu evaluasi fungsi tujuan dan konversi fungsi tujuan kedalam fungsi *fitness*. Secara umum fungsi *fitness* diturunkan dari fungsi tujuan.

4. Seleksi

Seleksi ini bertujuan untuk memberikan kesempatan reproduksi yang lebih besar bagi anggota populasi yang paling fit. Ada beberapa metoda seleksi dari induk, dalam hal ini dipilih seleksi yang sederhana dan paling sering digunakan yaitu *Roulette Wheel* dengan *stochastic sampling with replacement*. Seleksi akan menentukan individu mana saja yang akan dipilih untuk melakukan rekombinasi dan bagaimana anak terbentuk dari individu terpilih. Langkah yang dilakukan dalam seleksi ini adalah pencarian nilai *fitness*. Masing-masing individu dalam suatu wadah seleksi akan menerima probabilitas reproduksi yang tergantung pada nilai obyektif dirinya sendiri terhadap nilai obyektif dari semua individu dalam wadah seleksi tersebut. Nilai *fitness* inilah yang nantinya akan digunakan pada tahap-tahap seleksi berikutnya. Seleksi ini bertujuan memberi kesempatan reproduksi yang lebih besar bagi anggota populasi yang memiliki *fitness* tinggi untuk melakukan reproduksi.

Algoritma seleksi *Roulette Wheel* dapat diringkas mejadi;

1) Hitung total *fitness* (F) :

- Total *Fitness* = $\sum F_k$; k = 1, 2, ..., ukuran populasi

2). Hitung *fitness* relatif tiap individu :

$$p_k = F_k / \text{Total Fitness}$$

3). Hitung *fitness* kumulatif :

$$q_1 = p_1$$

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

4) Pilih induk yang akan menjadi kandidat untuk di-*crossover* dengan cara:

- Bangkitkan bilangan random r

- Jika $q_k \leq r$ dan $q_{k+1} > r$, maka pilih kromosom ke (k+1) sebagai kandidat induk

5. Proses Penyilangan (*Cross over*)

Terdapat operator genetika untuk melakukan penyilangan antara lain penyilangan satu titik, banyak titik, seragam dan permutasi. Dalam hal ini dilakukan penyilangan satu titik bernilai biner yaitu proses penyilangan sebagian dari dua induk seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.

Proses penyilangan :

Induk 1 : 1 0 1 0 | 1 1 1 1 1 1

Induk 2 : 0 1 0 1 | 0 0 0 0 0 0

Menjadi :

Induk 1 : 1 0 1 0 | 0 0 0 0 0 0

Induk 2 : 0 1 0 1 | 1 1 1 1 1 1

Gambar 1. Penyilangan satu titik

Parameter peluang penyilangan dapat penuh (misalnya $p = 0,95; 0,90$), seimbang (misalnya $p = 0,70; 0,65$) atau sebagian (misalnya $0,35; 0,30$), yang digambarkan pada Gambar 2.

Induk 1 : 1 1 0 1 1 0 0 → 1 1 0 1 1 0 0
Induk 2 : 0 1 1 0 0 0 1 ($p = 0,95$) 0 1 1 0 0 0 1

Induk 1 : 1 1 0 | 1 1 0 0 → 1 1 0 1 0 1 1
Induk 2 : 1 1 0 | 1 0 1 1 ($p = 0,70$) 1 1 0 1 1 0 0

Induk 1 : 1 | 1 0 0 0 0 0 → 1 0 1 0 1 0 1
Induk 2 : 1 | 0 1 0 1 0 1 ($p = 0,35$) 1 1 0 0 0 0 0

Gambar 2. Beberapa penyilangan kromosom

6. Mutasi

Setelah mengalami proses penyilangan, pada *offspring* (anak) dapat dilakukan mutasi. Variabel *offspring* dimutasi dengan menambahkan nilai random yang sangat kecil (ukuran langkah mutasi), dengan probabilitas yang sangat rendah. Peluang mutasi (pm) didefinisikan sebagai presentasi dari jumlah total gen pada populasi yang mengalami mutasi. Peluang mutasi mengendalikan banyaknya gen baru yang akan dimunculkan untuk dievaluasi. Dalam hal ini digunakan mutasi biner yaitu mengganti satu atau beberapa nilai gen dari kromosom. Adapun langkah mutasi sebagai berikut :

- Hitung jumlah gen pada populasi (panjang kromosom dikalikan dengan ukuran populasi)
- Pilih secara acak gen yang akan dimutasi
- Tentukan kromosom dari gen yang terpilih untuk dimutasi
- Ganti nilai gen (0 ke 1, atau 1 ke 0) dari kromosom yang akan dimutasi tersebut

7. Penentuan parameter

Penentuan parameter kontrol algoritma genetika meliputi ukuran populasi (*popsize*), peluang crossover (pc) dan peluang mutasi (pm). Nilai parameter ini ditentukan juga berdasarkan permasalahan yang akan diselesaikan. Ada beberapa rekomendasi yang dapat digunakan. Dalam hal digunakan rekomendasi dari Grefenstette yang merekomendasi rata-rata fitness setiap generasi yaitu $popsize = 30$, $pm = 0,01$ akan tetapi diambil $pc = 0,25$ dikarenakan untuk mengantisipasi agar diperoleh adanya sejumlah penyilangan.

Algoritma Genetika dapat disederhanakan menjadi berikut ini,

Misalkan $P(\text{generasi})$ adalah populasi dari satu generasi, maka secara sederhana algoritma genetika terdiri dari langkah-langkah :

1. Generasi = 0 (generasi awal)
2. Inisialisasi Populasi Awal, $P(\text{generasi})$, secara acak
3. Evaluasi nilai fitness pada setiap individu dalam $P(\text{generasi})$
4. Kerjakan langkah-langkah berikut hingga generasi mencapai maksimum generasi :

- a. generasi = generasi + 1 (tambah generasi)
- b. Seleksi populasi tersebut untuk mendapatkan kandidat induk, $P'(\text{generasi})$
- c. Crossover pada $P'(\text{generasi})$
- d. Mutasi pada $P'(\text{generasi})$
- e. Evaluasi fitness setiap individu pada $P'(\text{generasi})$
- f. Bentuk populasi baru: $P(\text{generasi}) = \{P(\text{generasi-1}) \text{ yang survive}, P'(\text{generasi})\}$

2.2 Analisis Stress dan Strain

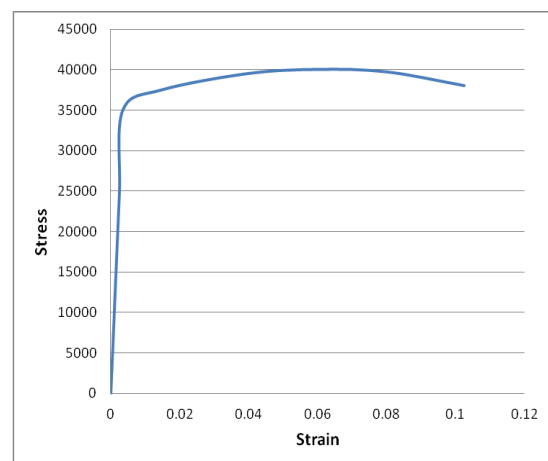
Dalam eksperimen pada umumnya dilakukan uji-tarik (*tensile-test*). Pengujian stress dilakukan terhadap suatu ukuran penampang lintang spesimen material yang diberikan apabila dikenakan suatu gaya atau beban. Sedangkan pengujian strain dilakukan terhadap suatu material dengan panjang awal sehingga diperoleh perubahan panjang dari material tersebut. Tegangan (*stress*) σ dan regangan (*strain*) ε dalam masalah teknik didefinisikan sebagai persamaan (1) dan (2)

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2)$$

A_0 adalah luas penampang lintang awal dari spesimen material sebelum dimulainya pengujian. l_0 adalah panjang awal suatu material yang diamati, dan Δl adalah perubahan panjang sesudah diberikan gaya atau beban sebesar F .

Melalui analisis strain dan stress akan dapat diketahui seberapa besar beban maksimal yang dapat diberikan untuk mencegah terjadinya patahan (*fracture*) '(Askeland, 2006)'. Berikut ini gambaran kurva stress-strain untuk logam alumina yang dilakukan secara eksperimen dengan uji-tarik (*tensile-test*) yang diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva stress-strain logam alumina

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi dilakukan terhadap logam alumina dengan panjang awal sebesar 2,0 in. Diameter logam alumina sebesar 0,505 in. Beban yang diberikan berkisar pada interval 0 lb sampai 10000 lb. Perubahan panjang diamati dari interval 0,0 in sampai 0,3 in. Penentuan parameter kontrol dalam algoritma genetika meliputi ukuran populasi (popsize) sebesar 30, peluang crossover (*pc*) sebesar 0,25 dan peluang mutasi (*pm*) sebesar 0,01. Nilai parameter ini ditentukan berdasarkan rekomendasi dari Grefenstette dan juga berdasarkan permasalahan yang akan dipecahkan.

Dengan program yang dibuat menggunakan *MATLAB*, dilakukan simulasi untuk optimasi uji analisis stress dan analisis strain pada logam alumina dengan parameter yang telah diberikan tersebut diatas. Optimasi dilakukan terhadap fungsi tujuan *stress* dan *strain* dengan batasan beban yang diberikan dan batasan perubahan panjang yang diamati. Simulasi dilakukan sampai diperoleh nilai optimal melalui pengulangan optimal sebanyak 50 generasi. Diperoleh nilai beban dan perubahan panjang demikian sehingga fungsi tujuan diatas optimal yaitu mencapai nilai maksimum yang dinyatakan dalam nilai *fitness* untuk *stress* dan *strain*. Hasil simulasi optimasi stress diberikan pada Tabel 1 dan hasil simulasi optimasi strain diberikan pada Tabel 2. Terlihat bahwa variabel beban *F* fitness, konvergen atau stabil pada nilai 9572 lb dan variabel σ fitness, konvergen pada 47790 psi. Sedangkan variabel untuk perubahan panjang yang diberikan Δl konvergen pada nilai 0,2976 in dan variabel strain fitness ϵ konvergen pada 0,1488.

Dari hasil simulasi yang dilakukan dalam analisis stress, diperoleh hasil akhir bahwa beban optimal dalam statistik tiap generasi yang sesuai dengan fungsi tujuan dan nilai batasan yang diberikan menuju nilai yang konvergen sebesar 9572 lb dan nilai stress 47790 psi. Sedangkan dari hasil pemodelan dan simulasi yang dilakukan dalam analisis strain, hasil perubahan panjang yang optimal diperoleh sebesar 0.2976 in dan nilai strain sebesar 0.1488. Dengan demikian dari simulasi diatas diperoleh secara keseluruhan bahwa beban maksimal yang dapat diberikan berkisar 9572 lb, dengan nilai stress sebesar 47790 psi dan nilai strain sebesar 0,1488. Hal ini mendekati nilai eksperimen.

4. KESIMPULAN

Dalam simulasi yang dilakukan dalam analisis stress dan regangan, diperoleh hasil akhir beban optimal dalam statistik tiap generasi dengan fungsi tujuan dan nilai batasan yang diberikan serta menuju nilai konvergen yaitu sebesar 9572 lb dan nilai stress 47790 psi. Sedangkan perubahan panjang optimal dari hasil simulasi diperoleh sebesar 0.2976 in dan nilai strain sebesar 0.1488.

Diperoleh bahwa beban maksimal yang dapat diberikan berkisar 9572 lb, dengan nilai stress

sebesar 47790 psi dan nilai strain sebesar 0,1488. Patahan akan terjadi jika diberikan beban lebih dari 9572 lb. Dengan pendekatan algoritma genetika diperoleh hasil simulasi yang mendekati eksperimen. Dengan simulasi ini, pengujian dapat dilakukan pada nilai beban yang kontinyu jika dibandingkan dengan eksperimen yang dilakukan pada nilai beban yang diskrit.

Tabel 1. Statistik tiap generasi optimasi stress σ

Generasi	<i>F</i> fitness	σ fitness
1	9572	47790
2	9572	47790
3	9572	47790
4	9572	47790
5	9572	47790
6	9572	47790
7	9572	47790
8	9574	47799
9	9572	47799
10	9572	47790
11	9572	47790
12	9245	46158
13	9572	47790
14	9572	47790
15	9572	47790
16	9572	47790
17	9572	47790
18	9144	45654
19	9572	47790
20	9572	47790
21	9572	47790
22	9572	47790
23	9572	47790
24	9143	45648
25	9572	47790
26	9572	47790
27	9933	49592
28	9533	47595
29	9245	46158
30	9572	47790
31	9572	47790
32	9572	47790
33	9572	47790
34	9533	47595
35	9572	47790
36	9572	47790
37	9144	45655
38	9572	47790
39	9572	47790
40	9572	47790
41	9572	47790
42	9572	47790
43	9572	47790
44	9327	46568
45	9572	47790
46	9572	47790
47	9572	47790
48	9572	47790
49	9572	47790
50	9572	47790

Tabel 2. Statistik tiap generasi optimasi strain ε

Generasi	ΔI fitness	ε fitness
1	0,2976	0,1488
2	0,2976	0,1488
3	0,2976	0,1488
4	0,2976	0,1488
5	0,2976	0,1488
6	0,2976	0,1488
7	0,2976	0,1488
8	0,2976	0,1488
9	0,2976	0,1488
10	0,2976	0,1488
11	0,2976	0,1488
12	0,2976	0,1488
13	0,2976	0,1488
14	0,2976	0,1488
15	0,2988	0,1494
16	0,2976	0,1488
17	0,2976	0,1488
18	0,2976	0,1488
19	0,2976	0,1488
20	0,2976	0,1488
21	0,2988	0,1494
22	0,2976	0,1488
23	0,2918	0,1459
24	0,2976	0,1488
25	0,2976	0,1488
26	0,2976	0,1488
27	0,2976	0,1488
28	0,2976	0,1488
29	0,2976	0,1488
30	0,2976	0,1488
31	0,2976	0,1488
32	0,2976	0,1488
33	0,2976	0,1488
34	0,2976	0,1488
35	0,2976	0,1488
36	0,2976	0,1488
37	0,2976	0,1488
38	0,2976	0,1488
39	0,2976	0,1488
40	0,2976	0,1488
41	0,2976	0,1488
42	0,2976	0,1488
43	0,2976	0,1488
44	0,2976	0,1488
45	0,2976	0,1488
46	0,2976	0,1488
47	0,2976	0,1488
48	0,2976	0,1488
49	0,2976	0,1488
50	0,2976	0,1488

PUSTAKA

- Askeland, Donald R., Pradeep, Phule P. (2006). *The Science and Engineering Of materials*, Nelson, a division of Thomson, Canada.
- Bassir, D.H., Tang X. G., Zhang, W. H. (2008). *Material Optimization with Mixed Variables Based on Genetic Algorithm*, International Conference on Engineering Optimizations, Rio de Janeiro, Brazil.
- CAO, Y. J., WU, Q. H. (1999). *Teaching Genetic Algorithm Using MATLAB*, Int. J. Elect. Enging. Educ. Vol 36, pp 139-153, Manchester U.P. Printed in Great Britain.
- Jakiela, Mark J., Chapman, Colin, Duda, James, (2000). *Continuum structural topology design wih genetics algorithms*, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 186, 339-356, ELSEVIER, USA
- Kusumadewi, Sri (2003). *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta
- Kuswadi, Son. (2007). *Kendali Cerdas (Teori dan Aplikasi Praktisnya)*, Penerbit ANDI, Yogyakarta