

BAB II

Dasar Teori Optimasi dan Algoritma Genetik

2.1. Pendahuluan

Teori optimasi adalah bagian dari hasil perhitungan matematika dan metode numerik untuk menemukan dan mengidentifikasi hasil terbaik dari kumpulan alternatif tanpa secara langsung menghitung satu demi satu dan mencoba semua kemungkinan (Kirsch, 1981 hal 4). Kemampuan dari metode optimasi untuk menemukan yang terbaik tanpa harus mencoba semua kemungkinan menjadikan pemakaian tingkat matematik yang sederhana dan penggunaan kinerja perhitungan numerik dengan komputer. Pada tugas-akhir ini, sasaran melakukan optimasi adalah mencari suatu struktur yang memberikan harga paling murah dan memenuhi semua kendala yang ada. Merancang struktur yang optimum dalam harga, berat, keindahan, kendala atau kombinasi keempatnya merupakan hal mutlak bagi seorang perancang.

Era modern dari optimasi struktural dimulai lebih kurang dua puluh tahun yang lalu dengan ciri kegunaannya yang memerlukan teknik pemrograman matematika yang baru. Penyelesaian ini membuat para ahli sadar akan kemungkinan praktisnya dan juga pengujian ulang serta pengembangan lebih jauh dari pendekatan tradisional untuk optimasi struktur. Metode ini berdasarkan pada pemrograman secara matematik.

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 (Atrek, 1984, hal 27).

Dalam mengaplikasikan hasil matematika dan teknik numerik dari teori optimasi pada masalah rekayasa diperlukan batasan perencanaan 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

Nilai kuantitas dengan harga pilihan untuk menghasilkan suatu desain disebut variabel desain. Orang sering menyebut variabel desain dengan *construction parameters* atau *construction variable*. Variabel desain dalam tugas ini berupa ukuran pondasi, jumlah tulangan, dan diameter tulangan. Biasanya variabel desain sering ditulis dalam bentuk vektor, misalnya:

$$V = \begin{pmatrix} t \\ \text{diam} \\ \text{dial} \\ b \\ \text{mn} \\ \text{ml} \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

Pada persamaan diatas, V menyatakan variabel desain, t menyatakan tebal pondasi, b menyatakan lebar pondasi, l menyatakan panjang pondasi, diam menyatakan diameter tulangan memanjang, dial menyatakan diameter tulangan melintang, nm menyatakan jumlah tulangan memanjang, nl menyatakan jumlah tulangan melintang.

2.1.2. Kendala Desain

Sebuah desain memiliki 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 kriteria yang ada.

Batasan desain yang harus dipenuhi untuk menghasilkan desain yang dapat diterima dinamakan kendala. Kendala ini dibagi dua yaitu batasan sisi (*side*

constraints) dan batasan perilaku (*behavior constraints*). Pada batasan sisi hanya terdapat sebuah variabel bebas saja, misalnya desain sebuah profil beton harus memenuhi lebar antara 100 mm sampai 850 mm ($100 \text{ mm} < b < 850 \text{ mm}$), sedangkan batasan perilaku terdapat lebih dari satu variabel bebas, misalnya tinggi balok tidak boleh lebih besar dari dua kali lebar balok untuk menjaga kestabilan ($h \leq 2b$). Kendala ini dapat berbentuk persamaan maupun pertidaksamaan (Kirsch, 1981 hal 6).

2.1.1. Fungsi Sasaran

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

$$\text{Minimumkan } f(x), x \in X \quad (2.2)$$

Yang memenuhi kendala:

$$G_j(x) \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n \quad (2.3)$$

$$G_j(x) = 0 \quad j=1,2,\dots,m \quad (2.4)$$

dengan x menyatakan variabel desain, X ruang variabel desain, $f(x)$ adalah kendala pertidaksamaan, n dan m adalah jumlah kendala pertidaksamaan. Fungsi sasaran dan fungsi kendala pada konstruksi teknik sipil biasanya tidak linier dan mempunyai lebih dari satu titik minimum, yaitu minimum lokal dan minimum global. Fungsi sasaran yang dicari adalah fungsi yang dapat memberikan nilai minimum global.

2.2. Dasar Teori Algoritma Genetik

Algoritma Genetik merupakan metode optimasi yang berdasarkan pada genetika alam dan teori Darwin : "*survival of the fittest*". Metode ini ditemukan oleh John H. Holland dari university of Michigan. Pada tahun 1960, beliau bersama-sama 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 metode optimasi yang memakai banyak individu didalam suatu populasi. Metode ini awalnya disebut

adaptive plan, yang kemudian diubah namanya menjadi algoritma genetik (Haftka dan Gurdal, 1992, Hal 149-150).

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 mampu bertahan akan berkembang, contohnya manusia sanggup bertahan hidup terhadap seleksi alam maka jumlah manusia di bumi ini semakin banyak (Widiastuty, 1997, hal 10-11).

Setiap makhluk hidup memiliki kromosom didalam tubuhnya, yang mengandung informasi mengenai seluruh bagian dirinya. Kromosom inilah yang akhirnya bertukar dengan pasangan kawin. Pada waktu makhluk hidup bereproduksi terjadi pertukaran kromosom. Proses reproduksi ini juga disebut kawin silang (*cross over*). Hasil dari reproduksi ini (anak) memiliki sebagian kromosom dari ayah dan sebagian dari ibunya. Hal ini yang menyebabkan adanya variasi makhluk hidup (Widiastuty, 1997, hal 14).

Anak dapat saja mendapat bagian yang baik dari orang tuanya, tetapi juga mendapat bagian yang buruk dari orang tuanya. Adanya seleksi alam mengakibatkan hanya orang tua yang baik (kesehatan yang baik) yang dapat segera menikah, sedangkan orang tua yang kurang baik lebih jarang menikah. Pada manusia misalnya, bila keadaan ekonomi manusia sangat lemah untuk berteduh saja sulit maka kemungkinan menikah dan memiliki anak lebih kecil dibanding dengan manusia yang hidup berkecukupan (Widiastuty, 1997, hal 14).

Hal demikian mengakibatkan generasi selanjutnya lebih baik, sehingga setiap generasi selalu lebih baik atau lebih mampu beradaptasi dengan lingkungannya. Bila generasi selanjutnya lebih jelek dibanding generasi sebelumnya, secara bertahap dapat menyebabkan musnahnya suatu spesies (Widiastuty, 1997, hal 15).

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

bermacam-macam panjang leher, ada yang panjang dan ada juga yang pendek. Bila suatu ketika di hutan tersebut terjadi kekurangan tanaman yang pendek untuk dimakan, maka akhirnya jerapah-jerapah yang berleher pendek akan berkurang jumlahnya (mati kelaparan), sedangkan jerapah-jerapah yang berleher panjang akan terus bertahan karena dapat memakan tanaman yang lebih tinggi. Tentu saja banyak faktor lain yang berpengaruh, seperti: kemampuan menyelamatkan diri dari pemangsa (predator), penyakit dan reproduksi selanjutnya (Widiastuty, 1997, hal 15).

Variasi menyebabkan bertahannya suatu individu terhadap seleksi alam. Selain dengan kawin silang, dapat juga melalui mutasi yaitu bergantinya suatu bagian dari kromosom yang lain dari kromosom kedua orang tuanya. Proses mutasi ini kemungkinan terjadi di alam sangat kecil (Widiastuty, 1997, hal 15).

2.2.2. Penerapan Genetika Alam Kedalam Algoritma Genetik

Algoritma ini mengelompokkan Individu sehat yang selamat dari populasi sebelumnya dengan informasi yang acak, untuk membentuk pencarian dengan beberapa inovasi seperti pencarian manusia setiap generasi. Kumpulan makhluk buatan yang dibentuk dengan bit dan bagian dari individu sehat sebelumnya. Bagian yang baru selanjutnya dicoba dengan keadaan seleksi alamiah yang terjadi. Ketika melakukan pencarian dengan acak, algoritma genetik tidak seperti pencarian yang acak biasa, algoritma ini secara efisien memakai informasi sebelumnya untuk pencarian baru yang lebih baik.

2.2.3. Perbandingan Terminologi Genetika Alam Sesungguhnya Dengan Algoritma Genetik.

Perbandingan terminologi antara genetika alam sesungguhnya dengan algoritma genetik dapat dilihat pada tabel 2.1. Untuk selanjutnya kedua istilah tersebut akan penulis gunakan dalam tugas-akhir ini (Widiastuty, 1997, hal 17).

Tabel 2.1 Perbandingan terminologi genetika alam sesungguhnya dengan algoritma genetik.

Genetika Alam Sesungguhnya	Algoritma Genetik
Kromosom	String
Gen	Sifat, Karakter, Detektor
Alela	Nilai Sifat
Lokasi	Posisi String
Genotip	Struktur
Fenotip	Kumpulan Parameter, Solusi Alternatif, Penguraian kode
Epitasis	Ketidak linieran

2.2.4. Pengertian dan Istilah Digunakan Dalam Algoritma Genetik

Istilah-istilah, pengertian dan pemakaian yang berhubungan dengan Algoritma Genetik, antara lain (Widiastuty, 1997, hal 17-18):

1. Alela, menyatakan nilai dari gen untuk penggambaran digunakan bilangan dasar 2 (biner). Setiap gen dapat berisi alela 1 dan 0.
2. Kromosom, merupakan struktur data yang menyimpan sebuah string dari parameter tugas atau gen. Kromosom dapat disimpan dalam bentuk binary bit string atau kumpulan bilangan bulat. Misalnya untuk bilangan dasar 2: 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 solusi dengan pertama-tama menemukan sebanyak-banyaknya blok pembentuk, lalu mengabungkan bersama-sama untuk memberikan nilai *fitness* yang terbesar.
4. Nilai *Fitness* adalah nilai dari tiap individu yang menggambarkan seberapa baik atau fit individu. Nilai ini umumnya lebih besar atau sama dengan nol ($fitness \geq 0$).
5. Fungsi Sasaran, yaitu fungsi untuk mendapatkan harga paling optimum 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). Kawin silang dan mutasi termasuk dalam operator genetik.
7. Keturunan atau Anak (*off spring*) adalah Individu yang dihasilkan dengan proses reproduksi, biasanya individu yang memiliki nilai *fitness* yang tinggi memiliki kemungkinan terpilih lebih tinggi dibanding dengan individu yang memiliki *fitness* yang lebih baik.
8. Seleksi, proses dari beberapa individu dalam populasi dipilih untuk bereproduksi, biasanya individu yang memiliki nilai *fitness* yang tinggi memiliki kemungkinan terpilih lebih tinggi dibanding dengan individu yang memiliki *fitness* yang lebih rendah.
9. *Cross over*, adalah operator reproduksi yang membentuk kromosom baru dengan mengabungkan bagian dari kromosom kedua orang tuanya. *Cross over* sederhana memiliki satu lokasi kawin, sedangkan untuk individu yang memiliki kromosom 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 lebih baik dalam banyak masalah praktis, terdiri dari tiga operator yaitu: reproduksi, *cross over*, dan mutasi.

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

$$A_1 = 01101|0111 \quad (2.5)$$

$$A_2 = 01001|0001 \quad (2.6)$$

Panjang string adalah 5, misalkan dalam pemilihan bilangan acak antara 1 sampai 4 terpilih adalah 3 (tampak pada contoh *cross over* menghasilkan dua string baru, yang tanda petik (‘) menunjukkan string dari bagian generasi baru.

$$A'_1 = 011010001 \quad (2.7)$$

$$A'_2 = 010010111 \quad (2.8)$$

Cara kerja reproduksi dan *cross over* sangat mudah, karena hanya menyertakan penghasil bilangan acak, Peniruan string dan pertukaran bagian dari string. Walaupun demikian gabungan dari hal ini membuat algoritma makin kuat karena akan mengeksploitasi ruang desain (Haftka dan Gurdal, 1992, Hal 151).

