

BAB III

METODE OPTIMASI ALGORITMA GENETIK

III.1. Pendahuluan

Optimasi merupakan suatu proses pencarian kondisi yang memberikan harga minimum atau maksimum pada fungsi. 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.

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 (Atrck,1984).

Dalam mengaplikasi 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, pembatasan model. Masalah yang terformulasi dengan baik merupakan kunci dari kesuksesan pada optimasi.

Dalam tugas akhir ini penyusun menggunakan suatu metode optimasi yang disebut Algoritma Genetik. Algoritma Genetik merupakan metode optimasi yang berdasar ide yang ada di alam.

III.1.1. Variabel Desain

Variabel desain merupakan parameter dari suatu fungsi yang dipilih untuk mencapai tujuan proses optimasi. Variabel desain menghasilkan dua nilai yaitu: nilai kontinu dan nilai diskret. Nilai kontinu menghasilkan hasil sasaran yang bervariasi. Nilai diskret menghasilkan hasil yang sudah pasti. Dalam tugas akhir ini variabel desain yang digunakan berupa ukuran penampang kolom, jumlah tulangan dan diameter tulangan.

III.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. Kendala ini dibagi dua yaitu: batasan sisi (*side constraints*) dan batasan perilaku (*behavior constraints*). Pada *side constraints* hanya terdapat sebuah variabel bebas saja, misalnya desain sebuah profil beton harus memiliki lebar antara 100 mm sampai 850 mm ($100 \text{ mm} \leq b \leq 850 \text{ mm}$). 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 ($h \leq 2b$). Kendala ini dapat berbentuk persamaan atau pertidaksamaan (Kirsch, 1981).

III.1.3. Fungsi Sasaran

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

$$Z = f(x) \dots \dots \dots (3.1)$$

yang memenuhi kendala :

$$g(j) \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \dots \dots \dots (3.2)$$

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.

III.2. Algoritma Genetik

Algoritma Genetik merupakan metoda optimasi yang berdasarkan pada genetika alam dari 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.

Sebagian besar organisme berevolusi melalui dua proses utama yaitu seleksi alamiah dan kawin silang (Holland,1992). Seleksi alamiah menentukan individu-individu tertentu dalam sebuah populasi yang tetap hidup untuk berkembang biak, sedangkan kawin silang mengkombinasikan gen-gen orang tua untuk menghasilkan anak.

Algoritma Genetik (AG) adalah prosedur penelusuran yang didasarkan pada mekanisme seleksi alamiah, kawin silang, mutasi, inversi dan lain-lain yang ada pada genetika, dan dengan meniru mekanisme tersebut, AG melakukan interaksi dari generasi ke generasi untuk menyelesaikan masalah nyata yang telah dikodekan dalam AG.

Prosedur AG dimulai dengan merumuskan masalah dan mengkodekannya, kemudian membangkitkan secara random kode string sejumlah individu generasi pertama sebuah populasi. Masing-masing individu dihitung nilai fitnessnya, yang

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 ini.

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 orang tua 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 orang tuanya, 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 di hutan 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 yang 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 cara tidak kawin tidak 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.

III.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 muka 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 *Genas* 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 spermata, 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

variabel desain kedua terdapat di nomor 3 pada bilangan bulat yang dikodekan dengan '11' dalam bilangan biner. '00' merupakan sub-string pertama, dan '11' merupakan sub-string kedua, sehingga susunan kedua sub-string adalah string '0011'. Individu yang mempunyai nilai variabel desain pertama 0,5 dan nilai variabel kedua 4,0 dikodekan dengan string '0011'.

Tabel 3.1. Contoh Pengkodean Variabel Desain

Bilangan Bulat	Bilangan Biner	Nilai Data Diskrit Variabel Desain 1	Nilai Data Diskrit Variabel desain 2
0	00	0,5	1,0
1	01	1,0	2,0
2	10	1,5	3,0
3	11	2,0	4,0

III.2.4. Fitness

Selain pengkodean, fungsi fitness merupakan aspek yang sangat penting dalam AG (Beasley,1993). Sebuah individu akan mati atau berkembang biak bergantung pada nilai fitnessnya. Nilai fitness bergantung pada nilai fungsi sasaran dan nilai pelanggaran terhadap kendala-kendala. Pada masalah minimisasi, individu dengan nilai fungsi sasaran makin kecil dan nilai pelanggaran terhadap kendala juga makin kecil, akan mempunyai nilai fitness makin besar.

Fungsi fitness diinginkan yang mulus (smooth), konveks dan tak bergelombang, sehingga mudah mencapai optimum global. Tetapi fungsi fitness yang ideal sulit ditemukan karena bergantung pada fungsi sasaran dan fungsi kendala. Adanya kendala-kendala persamaan (*equality constraints*) selain kendala-kendala pertaksamaan (*inequality constraints*) membuat fungsi fitness makin kompleks. Kendala persamaan batasannya sangat kaku, sehingga

memerlukan penanganan khusus. Pada program tak linear kendala persamaan diubah menjadi kendala pertaksamaan dengan memberikan sebuah konstan bernilai kecil (residual) pada persamaan kendala persamaan (Fox,1971). Cara lain dengan mengeliminasi kendala persamaan (Michalewicz,1994).

Metode fungsi penalti digunakan untuk mentransformasikan masalah optimasi berkendala menjadi masalah optimasi tanpa kendala, dan metode fungsi penalti dapat dipakai pada AG. Metode ini dikenalkan oleh Fiacco dan McCormick (Fiacco 1968, Kirsch 1981), yang terbagi menjadi dua pendekatan yaitu fungsi penalti dalam dan fungsi penalti luar. Fungsi penalti dalam bekerja dalam ruang variabel desain layak, sedangkan fungsi penalti luar bekerja di luar ruang variabel desain layak. Pada AG dipakai fungsi penalti luar, karena untuk memperoleh individu-individu layak hampir sesulit mendapatkan individu terbaik (Goldberg,1989). Fungsi penalti luar dinyatakan sebagai

$$\Phi = F + r \left(\sum_{j=1}^m \langle g_j \rangle^2 + \sum_{i=1}^k h_i^2 \right) \dots\dots\dots(3.3)$$

$$Fit = \frac{1}{\Phi} \dots\dots\dots(3.4)$$

dengan Φ menyatakan fungsi penalti, F fungsi sasaran, r parameter penalti, g kendala pertaksamaan, h kendala pertaksamaan, m jumlah kendala pertaksamaan, k jumlah kendala persamaan dan Fit fungsi fitness.

Kendala-kendala dalam persamaan (3.3) sebaiknya dinormalkan, yaitu dengan membuatnya tanpa satuan.

III.2.5. Kawin Silang

Anak hasil kawin silang dua individu yang berbeda stringnya diharapkan mempunyai nilai fitness lebih besar dibanding orang tuanya. Pada AG, kawin silang menentukan hasil optimasi karena mengeksplorasi ruang desain untuk mendapatkan individu yang lebih baik.

Kawin silang dimulai dengan memilih secara random dua individu sebagai orang tua, kemudian juga secara random ditentukan lokasi terjadinya kawin silang. Teknik kawin silang yang biasa dipakai pada AG adalah kawin silang satu lokasi, kawin silang dua lokasi, dan kawin silang merata.

Pada kawin silang satu lokasi, pertukaran string hanya ditentukan oleh sebuah lokasi. Sebagai contoh kawin silang individu 1 dengan string '0111010010' dan individu 2 dengan string '1010111001' yang masing-masing mempunyai panjang string 10 digit dan lokasi terjadinya kawin silang (|) diantara digit ke 3 dan ke 4, yang dapat dinyatakan sebagai

individu 1 : 0 1 1|1 0 1 0 0 1 0

individu 2 : 1 0 1|0 1 1 1 0 0 1

↑ lokasi kawin silang

anak 1 : 0 1 1|0 1 1 1 0 0 1

anak 2 : 1 0 1|1 0 1 0 0 1 0

Pada kawin silang dua lokasi, perlu ditentukan secara random dua buah lokasi kawin silang. Sebagai contoh kawin silang individu 1 dan individu 2 di atas dengan lokasi pertama kawin silang diantara digit ke 3 dan ke 4, sedangkan lokasi kedua kawin silang diantara digit ke 9 dan ke 10, yang dapat dinyatakan sebagai

individu 1 : 0 1 1|1 0 1 0 0 1|0

individu 2 : 1 0 1|0 1 1 1 0 0|1

anak 1 : 0 1 1|0 1 1 1 0 0|0

anak 2 : 1 0 1|1 0 1 0 0 1|1

Pada kehidupan nyata manusia dan hewan, anak hasil perkawinan jumlahnya tidak selalu dua, kadang lebih dari dua, bahkan kadang tidak mempunyai anak. Juga tidak selalu anak menggantikan orang tuanya, malah kadang terjadi persaingan diantara mereka. Dalam AG jumlah individu dalam populasi jumlahnya tetap, sehingga kawin silang dua individu juga memberikan dua anak yang menggantikan tempat orang tuanya di dalam populasi. Steady-state replacement merupakan sebuah teknik kawin silang dimana hanya sebagian kecil anak yang menggantikan orang tuanya di populasi (Beastly 1993, Davis 1994). Berdasarkan ide kehidupan nyata makhluk hidup dan steady-state replacement maka, dikembangkan teknik kawin silang sebagai berikut (Wibowo, 1996):

- anak hasil kawin silang jumlahnya lebih atau sama dengan dua, yaitu dengan membangkitkan secara random antar 2 sampai 10.
- antar anak terjadi kompetisi, dan dipilih dua terbaik
- dua anak terbaik menggantikan orang tuanya di populasi kalau anak lebih fit, kalau ayah atau ibunya masih lebih fit, mereka tidak diganti oleh anaknya.

Yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah:

- anak hasil kawin silang jumlahnya lebih atau sama dengan dua, yaitu dengan membangkitkan secara random antar 2 sampai 10.
- dua anak terbaik menggantikan orang tuanya di populasi kalau anak lebih fit, kalau ayah atau ibunya masih lebih fit, mereka tidak diganti oleh anaknya.

