



GRAHA ILMU

Dr. Eng. Admi Syarif

ALGORITMA GENETIKA

Teori dan Aplikasi

Edisi 2

ALGORITMA GENETIKA

Teori dan Aplikasi

Edisi 2

Dr. Eng. Admi Syarif

ALGORITMA GENETIKA

Teori dan Aplikasi

Edisi 2

ALGORITMA GENETIKA; Teori dan Aplikasi Edisi 2, oleh Dr. Eng. Admi Syarif

Hak Cipta © 2014 pada penulis



GRAHA ILMU

Ruko Jambusari 7A Yogyakarta 55283

Telp: 0274-889398; Fax: 0274-889057; E-mail: info@grahailmu.co.id

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun, secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.

ISBN: 978-602-262-307-6

Cetakan ke I, tahun 2014

Persoalan optimisasi, merupakan salah satu persoalan yang sering kita hadapi dalam kehidupan kita sehari-hari. Persoalan ini umumnya berkaitan dengan pencarian nilai maksimum atau nilai minimum dari suatu fungsi baik yang hanya memiliki satu variabel maupun yang memiliki beberapa variabel. Seringkali, optimisasi pada persoalan-persoalan di dunia nyata juga dilengkapi dengan suatu pembatas (*constraint*) yang harus dipenuhi. Karenanya persoalan optimisasi biasanya sangatlah kompleks dan sulit diselesaikan dengan metode-metode konvensional.

Sejak tahun 1960an, riset yang memanfaatkan proses evolusi (*evolutionary process*) untuk menyelesaikan persoalan-persoalan optimisasi yang sulit diselesaikan dengan metode matematika tradisional telah banyak dilakukan. Beberapa diantaranya yang termasuk kelompok ini adalah *Genetic Algorithm (GA)*, *Evolutionary Strategies (ES)*, *Evolutionary Programming* dan *Genetic Programming (GP)*. Diantara metode-metode tersebut, GA dapat dikatakan sebagai metode yang sangat populer saat ini.

Meskipun tidak dapat dijamin bahwa GA akan selalu memberikan solusi optimal dari persoalan-persoalan optimisasi, setelah melalui proses evolusi pada beberapa generasi, GA pada umumnya akan mampu memberikan solusi yang baik. GA saat ini banyak dipakai pada berbagai aplikasi bisnis, teknik maupun pada bidang-bidang keilmuan lain.

Dalam pemanfaatan GA untuk penyelesaian persoalan optimisasi, ada paling sedikit 3 (tiga) keuntungan sebagai berikut:

Pemanfaatan GA tidak memerlukan pengetahuan tentang matematika yang rumit. GA mampu menangani persoalan yang memiliki apapun fungsi tujuan dan persoalan-persoalan dengan pembatas (*constraint*) linear, nonlinear, diskrit, *continuous* ataupun gabungan diantaranya.

2. Metode tradisional lain biasanya melakukan pencarian lokal terhadap solusi optimal yang terdekat. Karenanya seringkali solusi yang diperoleh tidak dapat dijamin merupakan solusi global optimal. Dengan metode ini, suatu solusi baru dapat dijamin merupakan solusi global optimal apabila persoalan yang dihadapi memiliki *convex* properti dimana setiap lokal optimal solusi dari persoalan akan juga merupakan solusi global optimal.
3. GA memberikan fleksibilitas kepada kita untuk dikombinasikan dengan metode lain (*hybrid*).

Dalam perkembangannya, GA telah diuji mampu memberikan solusi optimal pada persoalan optimisasi baik yang terdiri dari satu variabel atau multi variabel. Diantaranya GA telah diaplikasikan pada persoalan *Scheduling, Vehicle Routing, Group technology, Facility Layout, Location Allocation* dan lain sebagainya.

Tujuan utama penulisan buku ini adalah membantu mahasiswa, dosen, peneliti dan praktisi mempelajari dan menyelesaikan berbagai persoalan optimisasi. Oleh karena itu, penulis berharap buku ini secara langsung dapat berguna bagi pembaca untuk meningkatkan kualitas dan melakukan pilihan yang terbaik. Adapun objek kajian yang disajikan pada buku ini meliputi persoalan optimisasi dan penjelasan aplikasi GA untuk mencari solusi pendekatan atau optimal pada berbagai persoalan optimisasi.

Saya sangat bersyukur kepada Allah SWT karena atas berkat rahmat dan hidayahNya sehingga selalu dalam keadaan sehat dan mampu berfikir secara positif. Kepada istriku tercinta (Yulia Kusuma Wardani, SH, LLM) dan Putri saya (Ramiza Lionatasya Admi) yang selalu memberikan dorongan dan pengorbanan lainnya, saya ucapkan terima kasih.

Pada kesempatan ini, saya mengucapkan terima kasih kepada Graha Ilmu dan Lembaga Penelitian Universitas Lampung yang telah bersedia menerbitkan buku ini untuk digunakan oleh pembaca yang berkecimpung secara langsung atau tidak langsung dalam bidang ekonomi, riset operasi, teknik industri, teknik mesin, ilmu komputer. Secara khusus saya ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) yang telah memberikan bantuan pendanaan melalui hibah kompetensi.
2. Prof. Dr. Ida Farida Rivai, Dr. John Hendri, Dr. Irwan Ginting atas dukungan dan persahabatan yang baik selama saya menyelesaikan program Doktor di Jepang.
3. Yasir Wijaya, S.Si, Sdr. Ikhman Alhakki, SE, Sdr. Adiguna Setiawan, S.Kom., dan Muhammad Thaha Yanuar Ayub, S.T yang telah membantu serta mendukung sehingga terselesaikannya penulisan buku ini.

Saya menyadari bahwa buku ini masih perlu banyak penyempurnaan. Karenanya, sumbang saran dan kritik konstruktif dari para pembaca yang budiman sangat saya nantikan.

Bandar Lampung, Oktober 2014

Admi Syarif

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Apakah Genetic Algorithm (GA) ?	1
1.2 Persoalan optimisasi	3
1.2.1 Optimisasi tanpa pembatas (<i>Unconstraint Optimization</i>)	3
1.2.2 Optimisasi dengan pembatas (<i>Constraint Optimization</i>)	4
1.2.3 Optimisasi kombinatorik (<i>Combinatorial Optimization</i>)	4
1.2.4 Optimisasi dengan beberapa fungsi tujuan (<i>Multi-objective optimization</i>) .	4
1.3 Aplikasi GA	5
1.4 Buku-buku tentang GA	5
BAB 2 STRUKTUR GA.....	7
2.1 Representasi kromosom	9
2.1.1 Representasi Nilai (<i>Value encoding</i>)	10
2.1.2 Representasi Biner (<i>Binary encoding</i>)	10
2.1.3 Representasi Permutasi (<i>Permutation encoding</i>).....	10

2.1.4	Representasi Pohon (<i>Tree encoding</i>).....	11
2.1.5	Representasi Matrik (<i>Matrix encoding</i>).....	12
2.2	Metode pembentukan generasi awal.....	12
2.3	Metode evaluasi kromosom.....	13
2.4	Operasi genetika.....	13
2.4.1	<i>Crossover</i>	13
2.4.2	Mutasi (<i>Mutation</i>).....	20
2.4.3	Seleksi (<i>Selection</i>).....	21
2.5	Parameter GA.....	24
2.6	Hybridisasi GA.....	25
2.6.1	<i>Fuzzy Logic Controller</i>	25
2.6.2	Pencarian Lokal (<i>Local Search</i>).....	27
BAB 3	OPTIMISASI TANPA KENDALA (<i>UNCONSTRAINT OPTIMIZATION</i>)	29
3.1	GA dengan pengkodean biner.....	29
3.1.1	Representasi Kromosom.....	30
3.2.1	Populasi awal (<i>Initial Population</i>).....	31
3.2.2	Evaluasi (<i>Evaluation</i>).....	32
3.2.3	Seleksi (<i>Selection</i>).....	33
3.2.4	<i>Crossover</i>	34
3.2.5	Mutasi (<i>Mutation</i>).....	36
3.2	GA dengan representasi Real.....	37
3.2.1	Metode representasi.....	38
3.2.2	<i>Crossover</i>	39
3.2.3	Mutasi.....	40
3.2.4	Seleksi.....	41
3.3	Berbagai Contoh Persoalan.....	42
3.3.1	Perancangan <i>Gear Train</i>	44

Bab 4 OPTIMISASI BERKENDALA (CONSTRAINT OPTIMIZATION)	45
4.1 Penanganan pembatas (<i>Handling constraint</i>).....	46
4.1.1 Strategi penolakan (<i>Rejecting strategy</i>)	46
4.1.2 Strategy perbaikan (<i>Repairing_strategy</i>)	46
4.1.3 Strategi Modifikasi Operasi Genetik Operator (<i>Modified Genetic Operator Strategy</i>)	46
4.1.4 Strategi Pinalti (<i>Penalty strategy</i>).....	46
4.1.5 Nilai Fungsi Pinalti.....	48
4.1.6 Berbagai Contoh Strategi Pinalti	48
4.2 Berbagai contoh persoalan.....	49
4.2.1 Permasalahan <i>Coil Compression Spring</i>	49
BAB 5 PERMASALAHAN TRANSPORTASI (TRANSPORTATION PROBLEM)	57
5.1 GA dengan representasi <i>Matrix</i>	60
5.2 GA dengan representasi <i>Tree</i>	65
BAB 6 PROBLEM LOKASI/ALOKASI FASILITAS (FACILITY LOCATION/ALLOCATION PROBLEM)	73
6.1 Pendahuluan	73
6.2 <i>Uncapacitated Location/Allocation Problem</i> (uLAP)	73
6.2.1 Model uLAP.....	74
6.2.2 Aplikasi GA untuk uLAP.....	75
6.2.3 Operasi Genetika	76
6.2.4 Hibridisasi GA	77
6.2.5 Hasil Eksperimen	78
BAB 7 TRAVELING SALESMAN PROBLEM (TSP)	79
7.1 Model TSP.....	80
7.2 Aplikasi GA untuk TSP.....	81
7.2.1 Representasi Kromosom	81
7.2.2 Metode Pembentukan Generasi Awal.....	81
7.2.3 Evaluasi Kromosom.....	82

7.2.4	Crossover.....	82
7.2.5	Mutasi.....	83
7.2.6	Seleksi	84
7.3	Hibridisasi GA.....	84
7.4	Hasil Eksperimen	87
BAB 8	SHORTEST PATH PROBLEM (SPP)	101
8.1	Shortest Path Problem	101
8.2	Aplikasi SPP	102
8.3	Implementasi GA untuk SPP	105
8.3.1	Metode Representasi	105
8.3.2	Crossover dan Mutasi.....	107
8.3.3	Eksperimen	107



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Perbedaan metode konvensional dan GA.....	2
Gambar 2.1	Struktur dasar GA.....	8
Gambar 2.2	Daerah kerja proses GA.....	9
Gambar 2.3	Contoh kromosom dengan representasi nilai.....	10
Gambar 2.4	Contoh kromosom dengan representasi biner.....	10
Gambar 2.5	Contoh kromosom representasi permutasi.....	11
Gambar 2.6	Contoh tipe <i>edge encoding</i>	11
Gambar 2.7	Contoh representasi bilangan Prüfer (Admi dan Gen, 2003a).....	12
Gambar 2.8	Contoh kromosom representasi matrik (Gen dan Cheng, 1997).....	12
Gambar 2.9	Contoh <i>crossover</i> satu titik.....	14
Gambar 2.10	Contoh <i>crossover</i> dua titik.....	14
Gambar 2.11	<i>Order-based Crossover</i>	18
Gambar 2.12	Contoh mutasi pembalikan.....	20
Gambar 2.13	Contoh mutasi penyisipan.....	20
Gambar 2.14	Contoh mutasi pemindahan.....	21
Gambar 2.15	Contoh mutasi penukaran.....	21
Gambar 2.16	Contoh mutasi penggantian.....	21
Gambar 2.17	Contoh metode seleksi <i>roulette wheel</i>	22

Gambar 2.18	Penggambaran kromosom metode <i>roulette wheel</i>	23
Gambar 2.19	Situasi kromosom melalui metode ranking	24
Gambar 2.20	Fungsi keanggotaan <i>Fuzzy</i>	26
Gambar 2.2	<i>Fitness value Local Search</i> dan GA	28
Gambar 3.1	Ilustrasi persoalan tanpa pembatas	30
Gambar 3.2	Contoh kromosom dengan representasi biner	31
Gambar 3.3	Contoh operasi <i>crossover</i>	36
Gambar 3.4	Hasil eksperimen GA dengan representasi biner	37
Gambar 3.5	Fungsi <i>Ackley</i>	38
Gambar 3.6	Hasil eksperimen GA dengan representasi real	42
Gambar 3.7	Pencarian solusi optimal	43
Gambar 3.8	Proses konvergensi menuju solusi optimal	43
Gambar 3.9	Ilustrasi perancangan <i>Gear Train</i> (Yun dan Gen, 2003)	44
Gambar 4.1	Persoalan <i>coil compression spring</i>	51
Gambar 4.2	Ilustrasi Persoalan Perencanaan <i>Pressure Vessel</i>	52
Gambar 4.3	Solusi GA	53
Gambar 4.4	Proses Evolusi GA	55
Gambar 5.1	Ilustrasi <i>transportation problem (TP)</i>	59
Gambar 5.2	Ilustrasi solusi TP berbentuk matrix	60
Gambar 5.3	Ilustrasi dari solusi TP berbentuk matriks	60
Gambar 5.4	<i>Spanning Tree</i> dengan bilangan Prüfer	67
Gambar 5.5	Proses <i>decoding</i> bilangan Prüfer	68
Gambar 5.6	Proses <i>encoding</i> bilangan Prüfer	69
Gambar 5.7	Proses <i>crossover</i> pada bilangan Prüfer	70
Gambar 6.1	Representasi Kromosom	75
Gambar 6.2	Ilustrasi Metode <i>Crossover</i>	76
Gambar 6.3	Ilustrasi metode mutasi pembalikan dan pemindahan	76
Gambar 7.1	Kromosom <i>permutation encoding</i>	81

Gambar 7.2	Tur yang memuat persilangan	86
Gambar 7.3	Hasil Algoritma 2-opt.....	86
Gambar 7.4	Tur dengan ketajaman.....	87
Gambar 7.5	Setelah dilakukan 3-opt.....	87
Gambar 7.6	Perbandingan keberhasilan masing-masing paket	94
Gambar 7.7	Perbandingan Konvergensi Masing-Masing Metode.....	95
Gambar 7.8	Grafik rat 575 pada TSP LIB	99
Gambar 8.1	Ilustrasi SPP	102
Gambar 8.2	Ilustrasi persoalan perencanaan pembiayaan	104
Gambar 8.3	Representasi kromosom	107
Gambar 8.4	Solusi SPP dengan GA	108



Tabel 2.1	Tabel pengambilan keputusan <i>Fuzzy</i>	27
Tabel 3.1	Hasil uji permasalahan sederhana.....	43
Table 3.2	Perbandingan solusi dari <i>gear train design</i>	44
Tabel 4.1	Solusi Persoalan <i>Coil Compression Spring</i>	51
Tabel 4.2	Solusi <i>Heuristik</i> pada <i>pressure vessel design</i>	52
Tabel 4.3	Perbandingan solusi pada persoalan <i>Himmelblau</i>	54
able 5.1	Kinerja m-GA and st-GA pada TP.....	70
abel 6.1	Hasil Eksperimen.....	78
abel 7.1	Perkembangan Penelitian TSP.....	79
abel 7.2	Hasil Komputasi Menggunakan Operator <i>PMX-Inseri</i>	88
abel 7.3	Hasil Komputasi Menggunakan Operator <i>PMX-Inversi</i>	89
abel 7.4	Hasil Komputasi Menggunakan Operator <i>PMX-Swap</i>	90
abel 7.5	Hasil Komputasi Menggunakan Operator <i>WMX-Inseri</i>	91
abel 7.6	Hasil Komputasi Menggunakan Operator <i>WMX-Inversi</i>	92
abel 7.7	Hasil Komputasi Menggunakan Operator <i>WMX-Swap</i>	93
abel 7.8	Perbandingan dengan metode <i>heuristik</i> lain.....	96
abel 7.9	Persentase Error Nilai Optimum Masing-Masing Metode <i>Heuristik</i>	97
abel 7.10	Perbandingan Waktu Komputasi (dalam detik)	

Tabel 8.1	Data untuk contoh SPP	102
Tabel 8.2	Biaya perawatan kendaraan menurut tahun.....	103
Tabel 8.3	Harga jual kendaraan menurut tahun	103

•••••

ALGORITMA GENETIKA

Teori dan Aplikasi

Edisi 2

Sejak tahun 1960-an, riset yang mensimulasikan proses evolusi (*evolutionary process*) untuk menyelesaikan persoalan-persoalan optimasi telah banyak dilakukan. Salah satu metode yang sangat populer saat ini adalah *Genetic Algorithm* (GA). GA pertama kali diperkenalkan oleh Holland pada tahun 1975. Kemudian, bererapa ahli mempopulerkan GA diantaranya Goldberg (1989), Davis (1985 dan 1991), Gen dan Cheng (1997 dan 2000) dan Michalewicz (1994). Dalam perkembangannya, GA telah diuji mampu memberikan solusi optimal pada aplikasi bisnis, teknik maupun pada bidang-bidang keilmuan lain.

Buku ini membahas teori-teori terkait GA dan implementasi GA pada berbagai persoalan diantaranya: *Transportation Problem, Location Allocation, Shortest Path Problem Travelling Salesman Problem* (TSP) dan lain sebagainya. Buku ini sangat cocok menjadi bahan referensi bagi setiap pembaca dan peneliti yang ini menggunakan GA.



Dr. Eng. Admi Syarif telah menyelesaikan program Doktor dari *Department of Information System Engineering, Ashikaga Institute of Technology, Japan* dengan topik riset aplikasi *Genetic Algorithm* untuk bidang Logistik dan *Supply Chain*. Ia adalah dosen Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung dan anggota Dewan Riset Daerah Provinsi Lampung. Beberapa karyanya telah dipublikasikan di berbagai jurnal nasional dan internasional. Hasil penelitiannya juga telah dipresentasikan di berbagai konferensi internasional di berbagai negara, yaitu Jepang, Amerika Serikat (Los Angeles, San Fransisko, Las Vegas, Florida, Hawaii), Hongkong, Australia, Singapura, China (Beijing, Zhang Jia Jie), Yunani, Kanada, Korea Selatan, Selandia Baru, Taiwan, Irlandia dan Malaysia. Ia menerima anugerah peneliti terbaik Indonesia bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi kementerian RISTEK tahun 2009.

Diterbitkan Atas Kerjasama



LEMBAGA PENELITIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG

dengan



GRAHA ILMU

www.grahailmu.co.id



ISBN: 978-602-262-307-6



9 786022 623076 >