ANALISIS DAN PENERAPAN KOMBINASI ALGORITMA LAGRANGIAN DAN PARTICLE SWARM OPTIMIZATION UNTUK PEMECAHAN MASALAH DEGREE-CONSTRAINED MINIMUM SPANNING TREE

Niken Andriani[1], Agung Toto Wibowo[2], Jondri [3]

[1]Teknik Informatika, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Telkom

Abstrak

Permasalahan pencarian pohon merentang dengan cost minimum pada sebuah graf sering muncul terutama dengan adanya beberapa batasan seperti batasan derajat pada simpul. Permasalahan perancangan jaringan seperti pada jaringan telekomunikasi misalnya, terdapat batasan derajat pada nodes. Terdapat beberapa pendekatan yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, salah satunya pada penelitian ini digunakan pendekatan metode PSO yang digabungkan dengan fungsi lagrange.

Kata Kunci : particle swarm optimization, lagrange, pohon merentang minimum, batasan derajat

Abstract

For some problems a minimum spanning tree has constraints. The constraints are based on the problem. In the network design for telecommunication for example, there is degree-constrained for the nodes. We call the problem degree-constrained minimum spanning tree (DCMST) problem. There are some heuristics to solve the DCMST problem. In this paper the author uses a combinatorial lagrangian function and particle swarm optimization (COLAPSO).

Keywords : particle swarm optimization, lagrangian, minimum spanning tree, degree-constrained

1. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan, banyak bermunculan pendekatan, metode dan teknik untuk mengatasi permasalahan *spanning tree. Spanning tree* dari sebuah graf adalah bagian dari graf *acyclic* yang terdiri dari seluruh simpul yang terdapat pada graf tersebut. Hal yang sering muncul adalah bagaimana kita dapat membuat sebuah *Minimum Spanning Tree* (MST) untuk mengatasi beberapa permasalahan pada perancangan jaringan transportasi atau jaringan telekomunikasi. Contohnya saja pada permasalahan jaringan sensor *wireless* dimana dibutuhkan sebuah mekanisme untuk membuat rute jaringan. [6]

Permasalahan dalam optimisasi MST dapat diselesaikan dengan kompleksitas polinomial seperti dengan penggunaan strategi Greedy yaitu dengan algoritma Prim's, Dijkstra atau algoritma Kruskal. *Degree-Constrained Minimum Spanning Tree* (DCMST) adalah perluasan dari MST di mana jumlah derajat dari setiap simpul dibatasi. DCMST mencari jumlah minimal bobot *edge* yang menghubungkan setiap simpul dalam suatu graf tak berarah dengan syarat tak ada simpul yang derajatnya melebihi batasan derajat yang ditentukan. Penyelesaian DCMST dengan metode konvensional tersebut pada permasalahan MST dapat menimbulkan *NP-hard* jika diubah menjadi TSP sehingga komputasinya menjadi tinggi. Pada penelitian ini, permasalahan DCMST diselesaikan dengan menggunakan heuristik kombinasi dari metode Lagrangian dan Particle Swarm Optimization (PSO). Gabungan kedua metode tersebut disebut COLAPSO atau *Combinatorial Lagrangian Particle Swarm Optimization.* [1,4]

Linear Programming adalah suatu teknik yang dituliskan dalam model matematika yang direpresentasikan dalam hubungan linear untuk mencari cara dalam memperoleh keluaran yang terbaik seperti *cost* minimum atau keuntungan maksimum. Ada 2 jenis program linear yaitu *integer programming* dan *non-integer programming*. *Integer programming* adalah program linear yang semua tipe variabel nya adalah integer. *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) adalah program linear yang beberapa tipe variable nya adalah integer. Pada [4] metode relaksasi lagrange adalah metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan MILP dengan mengambil beberapa atau seluruh kendala dan mengubahnya menjadi fungsi objektif menggunakan pengali lagrange. Metode Lagrangian menyelesaikan fungsi objektif yang langsung dikaitkan dengan fungsi kendalanya.

PSO adalah salah satu anggota dari kategori yang ada pada metode *swarm intelligence* untuk memecahkan masalah optimasi global. Algoritma PSO memiliki konsep yang sederhana, mudah diiplementasikan, dan efisien dalam perhitungan. Algoritma ini adalah salah satu dari teknik komputasi *evolusioner* yang menggunakan kecerdasan kawanan (*swarm*) untuk menemukan solusi terbaik dari ruang pencarian.

Gabungan keduanya dihasilkan dari kemampuan Lagrangian dalam menghitung batas bawah dan dari kemampuan PSO untuk membentuk sintaksis algoritma yang sepadan secara efektif untuk memperoleh DCMST yang optimal.

Pada tugas akhir ini, gabungan kedua algoritma tersebut disebut dengan COLAPSO yang merupakan singkatan dari *Combination of Lagrangian and Particle Swarm Otpimization*.

1.2 Perumusan masalah

Masalah yang akan dipecahkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menganalisis algoritma kombinasi Lagrangian dan PSO yang disebut dengan COLAPSO sehingga dapat menyelesaikan permasalahan DCMST.
2. Bagaimana menganalisis pengaruh penggunaan fungsi Lagrange pada COLAPSO dengan menggunakan parameter dari PSO yaitu jumlah partikel, faktor *learning* dan *inertia weight*.

1.3 Batasan masalah

Dalam implementasi tugas akhir ini dibatasi oleh beberapa hal, sebagai berikut:

- Jumlah simpul maksimal adalah 100. Dataset diambil dari http://cs.hbg.psu.edu/~bui/data/SHRD-Graphs.zip.
- Algoritma yang digunakan untuk melakukan pencarian minimum spanning tree adalah algoritma Kruskal.
- Implementasi algoritma menggunakan MATLAB.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini, yaitu :

1. Mengimplementasikan penggabungan metode *particle swarm optimization* dan fungsi Lagrange untuk menyelesaikan permasalahan DCMST.
2. Menganalisis parameter-parameter pada PSO yaitu jumlah partikel, faktor learning dan *inertia weight.*
3. Menganalisis pengaruh fungsi Lagrange yang diterapkan pada metode PSO

1.5 Metodologi penyelesaian masalah

Metodologi penyelesaian masalah yang akan digunakan adalah :

1. Pendefinisian Masalah
   Pada tahap ini dilakukan pendefinisian masalah yang mendasari penelitian yaitu mengkombinasikan metode heuristik Lagrangian dan PSO untuk menyelesaikan permasalahan DCMST.
2. Studi Literatur
   Pada tahap ini dilakukan pencarian dan studi pada referensi dan sumber yang diperoleh dari buku, jurnal, dan *website* sebagai acuan pembuatan tugas akhir. Studi yang dilakukan adalah mempelajari fungsi Lagrangian dan PSO.
3. Analisis Algoritma
   Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap algorima gabungan. Analisis bagaimana kedua metode yang digabungkan dapat menghasilkan sebuah

algoritma yang dapat menyelesaikan permasalahan DCMST serta analisis parameter PSO yaitu jumlah partikel, factor *learning* dan *inertia weight*.

4. Implementasi
   Pada tahap ini dilakukan implementasi COLAPSO menggunakan MATLAB R2009b, dengan spesifikasi komputer sebagai berikut:
   a. RAM 4 GB
   b. Hardisk 500 GB
   c. Prosesor Intel Core i3 3.30 GHz (4 CPUs)
   d. Sistem Operasi Microsoft Windows 7 Ultimate 32-bit
5. Pengujian
   Pada tahap ini dilakukan pengujian pada program yang telah dibuat pada tahap implementasi. Pengujian yang dilakukan dengan menguji parameter PSO yaitu jumlah partikel, factor *learning* dan *inertia weight* serta mengukur pengaruh penggunaan fungsi Lagrange.
6. Analisis Hasil Pengujian
   Pada tahap ini dilakukan analisis pengujian dari hasil pengujian.
7. Penyusunan Laporan
   Pada tahap ini dilakukan penyusunan hasil penelitian, dokumentasi, dan kesimpulan dari hasil penelitian. Laporan akhir yang dibuat mengikuti kaidah penulisan yang benar sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan oleh institusi.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I **Pendahuluan**
Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, hipotesis, batasan masalah, metodologi penyelesaian masalah, serta sistematika penulisan buku tugas akhir.

BAB II **Landasan Teori**
Bab ini berisi uraian teori mengenai graf, pohon merentang minimum dengan batasan derajat (DCMST), metode *Particle Swarm Optimization* (PSO), dan fungsi lagrange.

BAB III **Perancangan dan Implementasi**
Bab ini berisi rancangan algoritma COLAPSO dengan mengkombinasikan fungsi lagrange dan metode PSO, serta implementasi dari algoritma tersebut.

BAB IV **Pengujian dan Analisis**
Bab ini berisi mengenai pengujian yang dilakukan terhadap algoritma COLAPSO untuk menemukan DCMST pada graf. Pengujian dilakukan dengan 2 skenario yaitu dengan cara mengatur jumlah partikel, faktor *learning* dan *inertia weight* sehingga diperoleh parameter yang baik dan menganalisis pengaruh penggunaan fungsi Lagrange.

BAB V **Kesimpulan dan Saran**
Bab ini berisi tentang kesimpulan yang didapat dari pelaksanaan tugas akhir ini serta saran yang membangun untuk pengembangannya lebih lanjut.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan implementasi kemudian pengujian, maka berdasarkan dari analisis hasil pengujian maka dapat disimpulkan :

1. Dari hasil pengujian skenario pertama maka diperoleh nilai parameter PSO yang mampu menghasilkan solusi yang optimal untuk menyelesaikan permasalahan DCMST, yaitu : jumlah partikel = 8, faktor *learning* = 0.02, dan *inertia weight* = 0.30.
2. Dari hasil pengujian skenario kedua, secara keseluruhan penerapan algoritma COLAPSO lebih baik karena adanya fungsi Lagrange yang mengarahkan LB dan UB sehingga dapat meminimalkan iterasi, dibandingkan dengan PSO yang harus mencapai iterasi maksimum agar berhenti.
3. Dari hasil pengujian skenario kedua juga diperoleh *gain* untuk jumlah *cost* terbaik dan rata-rata dari penerapan algoritma COLAPSO.

Jumlah simpul	Degree	Gain	
		Best	Average
30	2	12.87	11.23
50	2	-3,79	-5,08
70	2	-3,95	-6,13
	3	0,00	-0,31
100	2	-0,37	-3,04
	3	0,00	-0,55
	4	0,00	-0,80

5.2 Saran

Pada tugas akhir ini, dapat dilakukan pengembangan antara lain :

1. Menggunakan teknik optimasi lain yang menerapkan *swarm intelligence* yaitu *Ant Colony Optimization* yang digabung dengan fungsi Lagrange.
2. Menerapkan paralelisasi pada sistem yang dibangun sehingga bisa ditentukan jumlah partikel yang baik dan pengaruhnya dengan penggunaan *quad core*. Selain itu dengan *trial-and-error* dapat diujikan lagi nilai-nilai parameter yang paling sesuai.

Referensi

[1] Binh, H. T. T., Nguyen, T. B. 2008. *New Particle Swarm Optimization Algorithm for Solving Degree Constrained Minimum Spanning Tree Problem.* Hanoi : In PRICAI 2008 : TRENDS IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE.

[2] Chipperfield, A., Pedersen, A. 2010. *Simplifying particle swarm optimization*. Applied Soft Computing Journal, vol. 10, no. 2, pp. 618–628.

[3] Engelbrecht, Andries P. 2002. *Computational Intelligence An Introduction*. England : John Wiley & Sons.

[4] Ernst, A. 2010. *A Hybrid Lagrangian Particle Swarm Optimization Algorithm for the Degree-Constrained Minimum Spanning Tree Problem.* Barcelona : IEEE Congress on Evolutiuonary Computation (CEC).

[5] Ernst, A., Krishnamoorthy, M., Sharaiha, Y. 2001. *Comparison of Algorithms for the Degree Constrained Minimum Spanning Tree*. Journal of Heuristics, vol 7, no. 6, pp. 587-611, 2001.

[6] Huang, Yu., Lin, Jian., Liang, Chiu. *An Application of Degree-Constrained Minimum Spanning Trees in Sensor Networks*.

[7] Munir, Rinaldi. 2007. *Matematika Diskrit*. Bandung : Informatika.

[8] PSO Tutorial. http://www.swarmintelligence.org/tutorials.php diakses pada tanggal 29 Maret 2011

[9] Purcell, Edwin J. *Kalkulus dan Geometri Analisis Edisi ke 5*.

[10] Rennard, J.P., Collet, P. 2006. *Stochastic Optimization Algorithm*. Draft version of a paper in Handbook of Research on Nature Inspired Computing for Economics and Management, Hershey, IGR.

[11] Resume Pemodelan Matematika Dalam Bidang Fisika. http://sutanto.staff.uns.ac.id/files/2010/01/pemodelan.pdf diakses pada tanggal 3 Maret 2012

[12] Riset Operasi Particle Swarm Optimization. http://risetoperasi.wordpress.com/2009/01/22/particle-swarm-optimization/ diakses pada tanggal 13 Juni 2011

[13] Suyanto. 2010. *Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilistik*. Yogyakarta : Graha Ilmu.

[14] Volgenant, A. 1989. *A langrangean approach to the degree constrained minimum spanning tree problem*. Amsterdam : European Journal of Operational Research, vol.39 , pp.325–331.