

# Perbedaan Solusi Masalah Instalasi Jaringan Multi Tahap Dalam Proses Koneksi Menggunakan Algoritma Modifikasi Prim dan GNU Octave

Wamiliana\*, Warsono, Mas Dafri Maulana

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Lampung  
Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung  
Email: [wamiliana.1963@fmipa.unila.ac.id](mailto:wamiliana.1963@fmipa.unila.ac.id)

---

**Abstrak** – Desain jaringan merupakan salah satu bidang yang banyak terapannya dalam optimisasi kombinatorik. Masalah Instalasi Jaringan Multi Tahap atau Multiperiod Degree Constrained Minimum Spanning Tree (MPDCMST) merupakan salah satu masalah desain jaringan dimana akan ditentukan biaya minimum untuk menghubungkan titik-titik yang dipertimbangkan pada tahap-tahap tertentu, dan tidak melanggar syarat atau kendala yang diberikan. Kendala yang diberikan adalah interkoneksi pada tiap titik tidak melebihi  $b$ ,  $b =$  integer nonnegatif. Selain itu, ada skala prioritas titik-titik yang harus terhubung pada tahap tertentu. Pada penelitian ini akan didiskusikan proses instalasi/koneksi tiap titik pada masing-masing tahap yang menggunakan Modifikasi Algoritma Prim untuk menyelesaikannya. Ada dua algoritma (WWM1 dan WWM2) yang akan dibandingkan proses instalasinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma WWM2 memberikan solusi yang lebih baik dari algoritma WWM1.

**Kata kunci:** instalasi jaringan multi tahap, Algoritma Prim, koneksi, tahap

---

## 1 Pendahuluan

Optimisasi jaringan merupakan masalah yang sangat banyak terapannya dan sangat cepat berkembang saat ini. Dalam optimisasi jaringan, proses desain jaringan itu sendiri memegang peranan yang penting. Sebagai contoh, jika suatu perusahaan ingin membangun suatu jaringan, katakanlah jaringan air bersih di suatu kota, maka yang akan dilakukan adalah memetakan dulu topografi dari kota tersebut dan menyatakan/merepresentasikan tempat-tempat yang akan dihubungkan dengan noktah-noktah atau titik-titik untuk dianalisis sebelum proses instalasi yang sebenarnya dilakukan. Proses merepresentasikan tempat-tempat tersebut menjadi titik-titik dan kemudian dianalisis merupakan salah satu bagian dari desain jaringan.

Masalah Instalasi Jaringan Multi Tahap atau yang dikenal juga dengan *Multi Period Degree Constrained Minimum Spanning Tree* (MPDCMST) merupakan masalah yang menggunakan *Minimum Spanning Tree* (MST) sebagai *backbone* dari permasalahan. Diberikan suatu graf  $G(V,E)$   $V = \{1,2,3,\dots,n\}$  adalah himpunan titik dan  $E$  adalah himpunan garis yang menghubungkan titik-titik di  $V$ , dan tiap garisnya diberi bobot positif, maka MST adalah suatu *spanning tree*  $T$  dari  $G$  yang bobotnya paling kecil (*minimum*). *Spanning Tree*  $T$  adalah *tree* yang memuat semua titik dari  $G$ , dan *tree* adalah

graf yang terhubung dan tidak memuat sirkuit. Untuk menyelesaikan MST terdapat dua algoritma yang terkenal yaitu Algoritma Kruskal[1] dan Algoritma Prim [2]. MST yang diberikan kendala pada setiap titiknya disebut dengan *Degree Constrained Minimum Spanning Tree* (DCMST), dan DCMST yang ditambahkan kendala periode pada waktu proses instalasi/koneksi titik-titik pada jaringan disebut dengan MPDCMST.

## 2 Landasan Teori

DCMST merupakan masalah yang banyak muncul pada proses desain jaringan dimana *degree* (derajat) atau banyaknya garis yang menempel pada suatu titik merepresentasikan jumlah *link* yang diperbolehkan pada titik tersebut. Sebagai contoh, sewaktu mendesain jaringan air bersih PDAM, maka kendala *degree* tersebut membatasi banyaknya pipa distribusi yang dapat dihubungkan pada satu titik di pipa transmisi; untuk di jaringan transportasi kendala *degree* tersebut membatasi banyaknya jalan yang terhubung pada satu titik persimpangan, dan lain-lain.

Banyak sekali penelitian yang telah dilakukan berhubungan dengan masalah DCMST ini, dan karena DCMST masuk dalam kategori kelas *NP-Complete*, maka

pada umumnya para peneliti lebih tertarik untuk mengembangkan metode heuristik karena walaupun metode heuristik tidak menjamin nilai optimal dari suatu solusi, tetapi umumnya solusi yang dihasilkan *'nearly optimal'*, atau bahkan optimal, dengan waktu proses yang jauh lebih cepat dibandingkan dengan metode eksak. Beberapa metode heuristik yang telah dikembangkan untuk DCMST ini antara lain: Algoritma greedy yang didasari dari algoritma Prim's dan Kruskal's algorithm untuk menyelesaikan MST dengan melakukan beberapa modifikasi pada algoritma tersebut [3], Algoritma Genetika [4], Metode Iterative Refinement [5], Modified Penalty [6], dan Tabu Search [7-9].

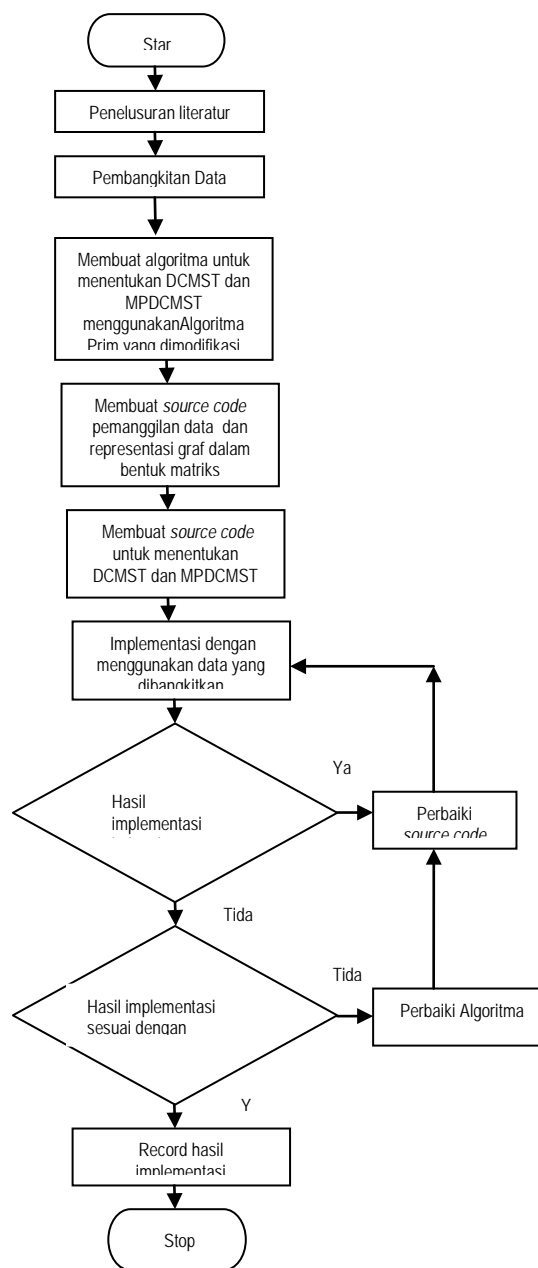
Jika diberikan titik-titik (yang dapat mewakili kota/terminal/stasiun/bandara, dan lain-lain), maka untuk menghubungkan semua titik-titik tersebut diperlukan proses dan waktu untuk menyelesaikannya. Waktu penyelesaian untuk menghubungkan titik-titik tersebut sangat tergantung kepada keperluan dan prioritas keterhubungan titik-titik itu sendiri. Instalasi Jaringan Multi Tahap atau *Multi Period Degree Constrained Minimum Spanning Tree (MPDCMST)* merupakan salah satu masalah jaringan yang sering dihadapi dalam kehidupan nyata, misalnya instalasi jaringan listrik, telekomunikasi, komputer, dan sebagainya. Tetapi, proses tersebut memerlukan beberapa tahap agar seluruh titik dalam jaringan terhubung karena beberapa kendala, antara lain keterbatasan dana. Sehingga, proses instalasi harus dilakukan dalam beberapa tahap. Sebagai contoh, untuk membangun suatu jaringan air bersih, prioritas untuk dihubungkan mungkin diberikan kepada fasilitas-fasilitas publik yang penting seperti rumah sakit, puskesmas, dan lain-lain. Selain itu, perlu juga diperhatikan banyaknya pipa-pipa yang saling bertemu disatu titik, baik pada pipa distribusi maupun pada pipa transmisi.

Kawatra pada tahun 2002 pertama kali menginvestigasi masalah ini dan menyelesaikannya menggunakan metode hibrid relaksasi Lagrange dan *branch exchange*, menggunakan asumsi 10 tahun planning horizon dan menyelesaikan problem dengan orde graf 40 sampai 100; akan tetapi, dari solusi yang didapat sebagian tidak layak (*infeasible*) [10].

Selanjutnya Wamiliana dkk. pada 2010 mengembangkan algoritma WADR1 dan WADR2 untuk menyelesaikan MPDCMST dengan menggunakan hybrid Modifikasi Kruskal dan teknik *Depth First Search* dengan kedalaman node ( $k$ ) adalah 2 [11]. Tahun 2013 Wamiliana dkk. mengenalkan metode WADR3 yang dikembangkan dari metode WADR1 dan WADR2 dengan  $\leq k 3$  [12]. Analisis komparative berbagai metode yang dikembangkan diberikan oleh Wamiliana dkk. pada tahun 2015 [13], dan pada [14] detail proses hybrid metode Kruskal dengan Teknik *Depth First Search* (DFS) diberikan.

### 3 Metodologi Penelitian

Langkah-langkah dalam melakukan penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram alir berikut :



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pada Penelitian ini dikembangkan dua algoritma yaitu Algoritma WWM1 dan WWM2. Kedua algoritma ini dikembangkan dengan menggunakan Algoritma Prim yang dimodifikasi dan proses pengkodean atau pembuatan source code dilakukan dengan menggunakan program paket tidak berbayar GNU Octave. GNU Octave adalah suatu software yang dapat dijalankan pada sistem operasi berbasis

GNU/Linux, macOS, ataupun windows, dan siapapun dapat bebas untuk menggunakan, mengembangkan ataupun mendistribusikannya.

## 4 Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Data yang digunakan

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data yang diambil dari penelitian yang telah dilakukan pada [11]. Data tersebut merupakan data yang dibangkitkan secara acak dengan menggunakan distribusi *uniform*.

### 4.2. Penentuan $HVT_k$ dan $MaxVT_k$

Untuk implementasi *source code* dalam menentukan solusi MPDCMST diperlukan data tentang  $HVT_k$  dan  $MAXVT_k$ .  $HVT_k$  adalah himpunan yang memuat semua titik yang harus sudah dinstal/dihubungkan ke jaringan sewaktu periode ke  $k$  selesai dilakukan, dan  $MAXVT_k$  adalah maksimum titik yang dapat dihubungkan/diinstal ke jaringan pada periode ke  $k$ . Data tabel  $HVT_k$  berikut diambil dari [14]:

Tabel 1. Elemen  $HVT_k$  untuk setiap periode

n	HVT1	HVT2	HVT3
10	2	3	4
20	2	3	4
30	2,3	4,5	6,7
40	2,3,4	5,6,7	8,9,10
50	2,3,4,5	6,7,8,9	10,11,12,13
60	2,3,4,5,6	7,8,9,10,11	12,13,14,15
70	2,3,4,5,6,7	8,9,10,11,12,13	14,15,16,17,18,19
80	2,3,4,5,6,7,8	9,10,11,12,13,14,15	16,17,18,19,20,21,22
90	2,3,4,5,6,7,8	9,10,11,12,13,14,15	16,17,18,19,20,21,22
100	2,3,4,5,6,7,8,9	10,11,12,13,14,15,16,17	18,19,20,21,22,23,24,25

Untuk  $MaxVT_k$  digunakan formula yang diambil dari [12] sebagai berikut:

$$MaxVT_k = \left\lfloor \frac{(n-1)}{3} \right\rfloor \quad (1)$$

### 4.3. Algoritma WWM1

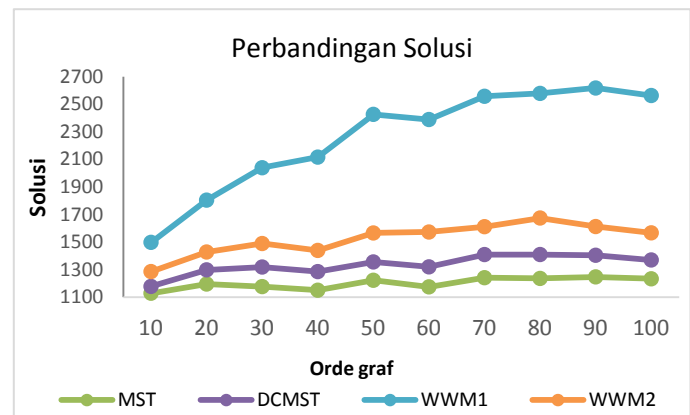
Algoritma WWM1 dimulai dengan memilih titik 1 sebagai *root* dan kemudian mencari titik dalam himpunan  $HVT_k$  yang memiliki bobot terkecil dengan  $V$ , dengan syarat titik yang baru terhubung tidak melanggar kendala *degree* dan tidak menyebabkan terbentuknya *circuit*. Kemudian tambahkan titik terpilih ke  $V$  dan garis terpilih ke  $T$ . Proses ini dilakukan terus menerus sampai semua titik di  $HVT_k$  telah tersambung/terinstal ke jaringan ( $T$ ) dan dilanjutkan dengan mengecek  $MaxVT_k$ . Jika  $MaxVT_k$  lebih besar dari kardinalitas

$HVT_k$  maka tentukan garis terpendek yang dapat dihubungkan ke  $T$  dengan syarat proses tersebut tidak menyebabkan terjadinya sirkuit dan tidak melanggar kendala *degree*. Proses tersebut dilakukan terus menerus sampai jumlah titik yang disambungkan ke jaringan sama dengan selisih dari  $MAXVT_k$  dengan kardinalitas  $HVT_k$  pada periode  $k$ ,  $k=1$ . Untuk periode 2 dan 3 proses yang dilakukan sama dengan proses di periode 1 dengan anggota himpunan di  $HVT_k$  yang berbeda.

### 4.4. Algoritma WWM2

Algoritma WWM2 secara prinsip mirip dengan algoritma WWM1, yang membedakan kedua algoritma tersebut adalah dalam proses instalasi titik-titik di  $HVT_k$ . Pada WWM1 proses dilakukan pada awal periode, sedangkan pada WWM2 proses dilakukan masih dalam periode tersebut akan tetapi proses instalasinya tidak harus dilakukan diawal periode.

Dari hasil implementasi terhadap 300 data didapat grafik sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik perbandingan solusi terhadap orde graf

## 5 Simpulan

Dari hasil dan pembahasan tersebut dapat disimpulkan bahwa algoritma WWM2 lebih baik dari algoritma WWM1. Hal ini berarti bahwa dalam proses instalasi, pada periode ke  $k$ , sebaiknya titik-titik yang harus dihubungkan pada periode tersebut tidak harus dihubungkan segera pada awal periode tersebut dimulai, akan tetapi dapat dilakukan kapan saja asal masih pada periode  $k$  tersebut.

## Kepustakaan

- [1] Kruskal, J.B. *On the Shortest Spanning Tree of a Graph and the Travelling Salesman Problem*, Proc. Amer. Math. Soc. , vol. 7 : p. 48-50, 1956.
- [2] Prim, R.C. *Shortest Connection Networks and Some Generalizations*. Bell Syst. Tech Journal, vol.36 p: 1389-1401, 1957.
- [3] Narula,S.C., and Cesar A.Ho, "Degree-Constrained Minimum Spanning Tree", *Computer and Operation Research*. Vol. 7; pp. 239-249, 1980

- [4] Zhou, G. and Mitsuo Gen, "A Note on Genetic Algorithms for Degree-Constrained Spanning Tree Problems", *Networks*, Vol. 30: p.91 – 95, 1997.
- [5] Deo N. and Nishit Kumar, *Computation of Constrained Spanning Trees: A Unified Approach. Network Optimization* (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Editor : Panos M. Pardalos, et al. ,Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 194 – 220., 1997.
- [6] Wamiliana, " Solving the Degree Constrained Minimum Spanning Tree Using Tabu and Penalty Method", *Jurnal Teknik Industri*: p.1-9, 2004.
- [7] Caccetta L. and Wamiliana, Heuristics Algorithms for the Degree Constrained Minimum Spanning Tree Problems, Proceeding of the International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM), Canberra, Editors: F. Ghassemi et.al; p. 2161-2166, 2001.
- [8] Wamiliana and Caccetta, Tabu search Based Heuristics for the Degree Constrained Minimum Spanning Tree Problem, Proceeding of South East Asia Mathematical Society, p. 133-140, 2003
- [9] Wamiliana and L. Caccetta, The Modified CW1 Algorithm for The Degree Restricted Minimum Spanning Tree Problem, Proceeding of International Conference on Engineering and Technology Development, Bandar Lampung 20-21 June. 2012; p. 36-39
- [10] Kawatra R. "A multi period degree constrained Minimum Spanning Tree Problem", *European Journal of Operational Research*, Vol 143, pp. 53 – 63 , 2002.
- [11] Wamiliana, Dwi Sakethi, and Restu Yuniarti, Computational Aspect of WADR1 and WADR2 Algorithms for The Multi Period Degree Constrained Minimum Spanning Tree Problem, Proceeding SNMAP, Bandar Lampung 8 – 9 December 2010. p. 208 – 214
- [12] Wamiliana, Amanto, and Mustofa Usman, Comparative Analysis for The Multi Period Degree Constrained Minimum Spanning Tree Problem, Proceeding The International Conference on Engineering and Technology Development (ICETD), pp. 39 – 43, 2013.
- [13] Wamiliana, Faiz A.M. Elfaki, Mustofa Usman, and M. Azram, "Some Greedy Based Algorithms for Multi Periods Degree Constrained Minimum Spanning Tree Problem", *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2015; Vol. 10 (21): pp.10147 – 10152, 2015.
- [14] Wamiliana, Mustofa Usman, Dwi Sakethi, Restu Yuniarti, and Ahmad Cucus, "The Hybrid of Depth First Search Technique and Kruskal's Algorithm for Solving The Multiperiod Degree Constrained Minimum Spanning Tree Problem", The 4th International Conference on Interactive Digital Media (ICIDM). IEEE Explore, Dec 2015.