

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS EVOLUTION STRATEGIES (ES) PADA UNIT COMMITMENT PROBLEM (UCP)

Aditya Bagus Setyadi¹, Deni Saepudin², Untari Novia Wisey³

¹Teknik Informatika, Fakultas Teknik Informatika, Universitas Telkom

Abstrak

Biaya operasional mesin pembangkit listrik merupakan biaya terbesar dari seluruh biaya operasional sistem tenaga listrik. Oleh karena itu penjadwalan yang tepat dan efisien serta tidak melanggar batasan-batasan yang ada akan menghasilkan biaya yang minimal. Penjadwalan mesin yang beroperasi dan mesin yang tidak aktif akan menghasilkan biaya start-up mesin yang optimum. Selain menjadwalkan mesin mana yang beroperasi akan dihitung juga berapa besaran daya yang akan dihasilkan masing-masing mesin. Besaran daya ini juga berpengaruh pada biaya operasional. Besaran daya ini biasanya dihitung dengan menggunakan metode iterasi lambda. Permasalahan ini lebih dikenal sebagai unit commitment problem (UCP). UCP memiliki batasan-batasan berupa karakteristik mesin-mesin pembangkit itu sendiri serta permintaan besaran arus listrik dari pelanggan.

Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengimplementasikan evolution strategies (ES) yang merupakan algoritma optimasi. ES pada umumnya menggunakan representasi real sehingga memerlukan modifikasi pada proses evolusinya karena menggunakan representasi biner untuk menyesuaikan pada UCP. Pada ES proses pencarian solusi lebih menekankan pada proses mutasi. Dengan menggunakan parameter strategi setiap gen pada suatu populasi bermutasi hingga generasi tertentu untuk mencari solusi yang paling baik. Solusi awal dibangkitkan secara random untuk kemudian berevolusi dengan rekombinasi dan atau mutasi saja.

Dari hasil tugas akhir ini memperlihatkan bahwa ES juga mampu untuk menyelesaikan permasalahan kombinatorial dengan menggunakan representasi biner. Selain itu juga ES mempunyai performansi yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma genetik.

Kata Kunci : optimasi biaya, evolution strategies, unit commitment problem, kombinatorial

Abstract

Power plant machine operating costs is the biggest cost of all power system operating costs. Therefore, the proper and efficient scheduling which does not violate the existing constraints would result a minimal cost. Scheduling engine operating from inactive machines will produce the engine start-up cost. Besides to scheduled the operation of the machine, it also calculated the amount of the power produced form each machine which is scheduled to operate. The amount of power produced from each machine it also affects the operational costs. Amount of power is usually calculated using the lambda iteration method. This problem is known as the unit commitment problem (UCP). UCP has constraints such as the characteristics of the power plant machines itself as well as the amount of electrical current demand from customers.

The purpose of this final project is to implement evolution strategies (ES) which is an optimization algorithm. ES generally using real representation so that it requires modifications to the process of evolution because it using binary representation to adjusting for UCP. ES solution search process more emphasis on the process of mutation. By using the strategy parameters each gene in population mutated until particular generation to find the best solution. The initial solution randomly generated and then evolved by recombination and mutation or mutation alone.

From the results of this final project showed that ES is also able to solve combinatorial problems using binary representation. In addition, the ES has a better performance compared with the genetic algorithm.

Keywords : unit commitment problem, optimization, evolution strategies, scheduling.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Unit Commitment Problem (UCP) merupakan permasalahan optimasi untuk meminimalkan biaya pembangkitan mesin pembangkit listrik untuk memenuhi permintaan tenaga listrik. UCP memiliki banyak aturan yang harus dipenuhi dalam pengaplikasiannya. UCP merupakan masalah *mixed-integer combinatorial optimization problem*. [13]

Ketenagalistrikan memiliki peran vital dalam kehidupan manusia, yang apabila kita lihat lebih jauh memiliki siklus permintaan yang mengikuti siklus hidup manusia. Permintaan akan meningkat apabila jumlah penduduk meningkat, permintaan meningkat pada jam-jam sibuk dan hari-hari kerja, permintaan menurun jika aktifitas manusia menurun, permintaan akan menurun saat *weekend* dimana pabrik-pabrik tidak beroperasi. Penjadwalan waktu beroperasi yang efektif dan efisien akan menghemat biaya pembangkitan listrik. Karena 80% biaya dihabiskan untuk bahan baku energi. [9]

Dalam perkembangannya permasalahan ini telah coba diselesaikan dengan menggunakan beberapa metode. Salah satu metode yang dianggap paling berhasil untuk menanganinya yaitu Algoritma Genetik (GA). GA berhasil menangani masalah dengan dimensi yang lebih besar dengan waktu komputasi yang wajar bila dibandingkan dengan *priority list*, *branch and bound*, ataupun *Dynamic Programming*. Selain memiliki waktu komputasi yang lama apabila menangani penjadwalan yang melibatkan mesin pembangkit dalam jumlah banyak dan penjadwalan dalam rentang waktu yang lama metode-metode tersebut juga memerlukan ruang memori yang besar. [4]

Algoritma genetik memiliki performa yang lebih baik dibandingkan metode-metode diatas. Keunggulan-keunggulan GA antara lain, GA memang dikembangkan untuk masalah kombinatorial, memiliki heuristik yang baik. Namun GA memiliki beberapa parameter yang harus ditentukan secara hati-hati. Parameter-parameter tersebut akan mempengaruhi kinerja dari GA. Pada masalah-masalah yang kompleks, parameter-parameter tersebut akan menjadi sangat sensitif terhadap perubahan kondisi selama proses evolusi berjalan. [11]

Apabila dibandingkan dengan GA, *Evolution Strategies* (ES) memiliki beberapa keunggulan. ES bersifat adaptif dan cocok untuk permasalahan optimasi numerik. Pada ES terdapat parameter-parameter strategi berupa *mutation step size* dan sudut-sudut rotasi dimana parameter-parameter tersebut dapat menyesuaikan diri (*self adaption*) terhadap keadaan yang terjadi melalui proses evolusi. Berbeda dengan GA yang hanya mengevolusi *genotype* parameter strategi pada ES akan terus melakukan evolusi seperti halnya *genotype*. Lewat parameter strategi ini ES melakukan adaptasi, serta mengendalikan mutasi *genotypenya*. Hal tersebut mengakibatkan pergerakan ES dapat bervariasi, karena tidak terpaku oleh parameter strategi awal. Evolusi parameter strategi tersebut dapat mempercepat proses pencarian solusi. Perubahan kecil pada parameter-parameter strategi tersebut akan menghasilkan efek-efek yang kecil begitu juga sebaliknya.

Berbeda dengan GA yang memang dikembangkan dengan menggunakan representasi biner, ES dikembangkan dengan representasi vektor yang bernilai

real serta parameter strategi untuk mengontrol mutasi masing-masing gen. Untuk UCP akan dilakukan perubahan representasi pada ES dengan menggunakan representasi biner untuk menyesuaikan dengan domain masalah sedangkan parameter strategi tetap menggunakan bilangan real.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dapat ditarik perumusan masalahnya sebagai berikut: bagaimana memodifikasi metode *Evolution Strategies* dan mengimplementasikannya untuk menyelesaikan *Unit Commitment Problem*, menguji apakah parameter yang dipakai sudah tepat untuk menghasilkan penjadwalan yang optimal.

Agar permasalahan tidak meluas dan tidak menyimpang dari tujuan yang ingin dicapai, maka terdapat batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Data pembangkit yang digunakan adalah data pembangkit *thermal*
2. Biaya yang dihitung adalah biaya operasi mesin pembangkit tanpa memperhitungkan biaya interkoneksi, biaya perawatan, dan biaya lainnya.
3. Diasumsikan unit pembangkit berada pada kondisi terbaiknya
4. Data besaran beban permintaan listrik tidak berubah-ubah

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Mengimplementasikan metode *Evolution Strategies* untuk menyelesaikan *Unit Commitment Problem*.
2. Menganalisa performansi sistem, dilihat dari biaya penjadwalan mesin pembangkit *thermal*. Hasil pengujian dibandingkan dengan biaya yang dihasilkan untuk kasus yang sama menggunakan Algoritma Genetik.

1.4 Metodologi Penyelesaian Masalah

Tahapan yang akan dilaksanakan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur
Pada tahap ini dilakukan pencarian referensi, mempelajari konsep serta teori yang mendukung untuk memecahkan permasalahan. Meliputi pembelajaran konsep *Unit Commitment Problem*, *Evolution Strategies*, dan informasi lainnya yang menunjang pemahaman terhadap permasalahan dan konsep pemecahan masalahnya.
2. Pengumpulan Data
Pencarian data yang terkait dengan *Unit Commitment Problem*. Data yang akan disimulasikan berupa data pembangkit dan juga permintaan beban.
3. Perancangan Sistem

Pada tahapan ini akan dirancang sistem yang akan digunakan untuk memecahkan *Unit Commitment Problem* menggunakan *Evolution Strategies*.

4. Implementasi Sistem
Pada tahapan ini dilakukan implementasi dari rancangan yang telah dibuat sebelumnya untuk memecahkan *Unit Commitment Problem* menggunakan *Evolution Strategies* menggunakan *tools* MATLAB 2008a.
5. Analisa Hasil
Melakukan pengujian data terhadap sistem dengan skenario-skenario pengujian yang dapat dibentuk, kemudian melakukan analisa hasil pengujian yang diperoleh. Pengujian dilakukan untuk melakukan pengukuran performansi sistem berdasarkan rancangan yang telah dibuat.
6. Penyusunan Laporan
Tahap pembuatan dokumentasi lengkap tentang riset yang dilakukan.

1.5 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

- BAB I PENDAHULUAN**
Dalam bab ini berisi latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan, metode penelitian, dan sistematika penulisan.
- BAB II LANDASAN TEORI**
Dalam bab ini dibahas mengenai dasar-dasar teori yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan, diantaranya adalah Sistem Tenaga Listrik, *Unit Commitment Problem* (UCP), dan *Evolution Strategies* (ES).
- BAB III PERANCANGAN SISTEM**
Pada bab ini berisi tentang desain perangkat lunak untuk menyelesaikan UCP dengan menggunakan ES dan implementasinya dengan menggunakan *tools* MATLAB.
- BAB IV PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA HASIL**
Pada bab ini berisi uji coba perangkat lunak terhadap permasalahan yang ada menggunakan beberapa skenario data. Analisa hasil pengujian dimaksudkan untuk mengukur performansi dari perangkat lunak yang telah dibuat.
- BAB V PENUTUP**
Berisi kesimpulan yang didapatkan dari pembahasan tugas akhir dan saran yang membangun untuk pengembangannya agar tugas akhir ini menjadi lebih baik.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil percobaan diatas dan setelah dilakukan analisis serta perbandingan dengan percobaan lainnya, maka dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Metode ES mampu menyelesaikan permasalahan *unit commitment problem* menggunakan proses mutasi tanpa rekombinasi dengan hasil yang sangat baik (memenuhi permintaan energi listrik hingga 100% dan memenuhi akurasi *minimum up-time* dan *minimum down-time* diatas 95%).
2. ES terbukti mampu lebih baik untuk menyelesaikan permasalahan *unit commitment problem* dibandingkan dengan algoritma genetik. Hal ini dikarenakan setiap gen pada ES mempunyai parameter strategi masing-masing yang berfungsi untuk mengendalikan proses mutasi untuk pencarian solusi.
3. Skema rekombinasi biner tidak cocok untuk metode seleksi survivor yang tidak mengikutsertakan generasi sebelumnya kedalam seleksi karena terdapat kemungkinan untuk menurunkan kualitas individu dalam satu generasi
4. Pengaturan konstanta mutasi yang tepat untuk problem yang tepat diperlukan untuk mendapatkan performa yang terbaik.
5. Banyaknya generasi memungkinkan setiap individu untuk melakukan pencarian lebih luas, tetapi jumlah individu tidak menjamin terjadinya pencarian yang lebih luas.

5.2 Saran

Selain untuk domain masalah yang bernilai real ES juga mampu untuk menyelesaikan domain permasalahan biner dengan performa yang baik. Saran yang dapat diberikan adalah mencoba ES pada domain permasalahan biner lainnya, mencoba untuk mengimplementasikan proses seleksi dengan melibatkan generasi sebelumnya dan menggunakan proses rekombinasi dan mutasi.

Daftar Pustaka

- [1] Beled, Lingamurthy, Amit Jain and Ravikanth Reddy Gaddam, 2009, "Unit Commitment with Nature and Biologically Inspired Computing", *Power Systems Research Center, International Institute of Information Technology, India.*
- [2] Dasgupta, D., and D. R. McGregor, 1994, "Thermal Unit Commitment using Genetic Algorithms", *IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib, Vol. 141, No. 5.*
- [3] Gil, Esteban, Julian Bustos and Hugh Rudnick, 2003, "Short-term Hydrothermal Generation Scheduling Model Using a Genetic Algorithm", *IEEE Transactions on Power System, Vol. 18, No. 4.*
- [4] Kazarlis, S. A., A.G. Bakirtzis and V. Petridis, 1996, "A Genetic Algorithm Solution to the Unit Commitment Problem", *IEEE Transactions on Power System, Vol. 11, No. 1, Yunani.*
- [5] Mashhadi, Habib Rajabi, Hasan Modir Shanechi, and Caro Lucas, 2003, "A New Genetic Algorithm with Lamarckian Individual Learning for Generation Scheduling", *IEEE Transactions on Power System, Vol. 18, No. 3.*
- [6] Petridis, Vassilios, Spyros Kazarlis and Anastasios Bakirtzis, 1998, "Varying Fitness Functions in Genetic Algorithm Constrained Optimization: The Cutting Stock and Unit Commitment Problem", *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics.*
- [7] Rajan, Charles Gnanakkan Chirstober Asir, "Neural Based Tabu Search Method for Solving Unit Commitment Problem with Cooling-Banking Constraints", *Serbian Journal of Electrical Engineering, Vol. 6, No. 1.*
- [8] Salam, Sayeed, 2007, "Unit Commitment Solution Methods", *World Academy of Science, Engineering and Technology, Bangladesh.*
- [9] Sidarjanto, *Materi Kuliah Operasi Optimum Sistem Tenaga*, ITS, Surabaya
- [10] Suyanto, 2010, *Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilistik*, Bandung, Graha Ilmu.
- [11] Suyanto, 2008, *Evolutionary Computation*, Bandung, Informatika.
- [12] Uyar, A. Sima, and Belgin Turkay, 2008, "Evolutionary Algorithms for the Unit Commitment Problem", *Turk J Elec Engin, Vol. 16, No. 3, Turki.*
- [13] Valenzuela, Jorge, and Alice E. Smith, 1999, "A Seeded Memetic Algorithm for Large Unit Commitment Problems", *Journal of Heuristics, USA.*
- [14] Werner, T. G., and J. F. Verstege, "An Evolution Strategy for Common Unit Commitment and Economic Dispatch of Hydrothermal Power Systems".