

**OPTIMISASI JARINGAN DISTRIBUSI SISTEM PENYEDIAAN AIR
MINUM (SPAM) MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHM* (GA)**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat memperoleh gelar Sarjana
Matematika



Oleh :

Aliya Rahmani Fadila

1903439

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2023

OPTIMISASI JARINGAN DISTRIBUSI SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM
(SPAM) MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHM* (GA)

LEMBAR HAK CIPTA

Oleh :

Aliya Rahmani Fadila

1903439

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat memperoleh gelar Sarjana Matematik pada Program Studi Matematika, Fakultas Pendidikan Matematik dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Aliya Rahmani Fadila

Universitas Pendidikan Indonesia

Desember 2023

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini Tidak Boleh Diperbanyak Seluruhnya atau Sebagian dengan Dicitak Ulang, Diperbanyak, atau Cara Lainnya Tanpa Izin Penulis

LEMBAR PENGESAHAN

ALIYA RAHMANI FADILA

Optimisasi Jaringan Distribusi Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)

Menggunakan *Genetic Algorithm* (GA)

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I

ACC 14/12-2023



Dr. Khusnul Novianingsih, S.Si., M.Si.

NIP.197711282008122001

Pembimbing II

acc usjawan



Dr. H. Cece Kustiawan, M.Si.

NIP. 196612131992031001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Kartika Yuliati, M.Si.

NIP. 198207282005012001

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan *Genetic Algorithm* (GA) untuk menentukan diameter optimal pipa yang akan dipasang pada instalasi jaringan pipa pada SPAM Ciwidey PDAM Kabupaten Bandung dengan mempertimbangkan tekanan air, panjang pipa, diameter pipa, dan koefisien pipa pada tiap segmen pipa. *Genetic Algorithm* (GA) bekerja dengan cara merepresentasi solusi dalam bentuk kromosom menggunakan metode *value encoding*. Setiap gen pada kromosom merepresentasikan diameter solusi pada satu segmen pipa. Panjang kromosom ditentukan oleh banyaknya pipa dalam jaringan distribusi. Setelah populasi awal dibangkitkan secara acak, GA akan menerjemahkan setiap gen ke dalam variabel yang sesuai yaitu ukuran pipa, dan menghitung biaya total untuk selanjutnya dilakukan evaluasi pada setiap kromosom. Perhitungan nilai *fitness* dilakukan dengan mensubstitusikan panjang pipa dan biaya berdasarkan diameter pipa. Setelah itu dilakukan seleksi dengan metode *ranking*, di mana populasi diurutkan berdasarkan nilai *fitness*. Selanjutnya dilakukan *crossover* dengan metode *single point crossover* melalui penentuan parameter probabilitas *crossover*. Mutasi dilakukan berdasarkan parameter probabilitas mutasi. GA bekerja secara iteratif sampai maksimum generasi sehingga diperoleh kromosom terbaik.

Hasil implementasi menunjukkan bahwa *Genetic Algorithm* (GA) dapat menyelesaikan masalah penentuan diameter optimal dari pipa yang akan dipasang pada instalasi jaringan pipa SPAM Ciwidey PDAM Kabupaten Bandung dengan total biaya yang minimum. Diameter pipa yang diperoleh telah memenuhi tekanan minimum pipa yang dibutuhkan. Demikian juga, GA mampu bekerja secara efisien dalam menyelesaikan permasalahan di atas.

Kata kunci: *Genetic Algorithm* (GA), jaringan pipa, model optimisasi, diameter pipa.

ABSTRACT

This research implements Genetic Algorithm (GA) to determine the diameter of pipes in pipe network installation problem at Ciwidey SPAM, PDAM Bandung Regency. The problem is solved by considering water pressure, pipe length, pipe diameter, and coefficient of the pipe in each pipe segment. GA works by representing chromosomes as solution which are generated using the value encoding method. Each gene of the chromosome has an integer number representing a diameter in a pipe segment. The length of the chromosome represents the number of pipes in the distribution network. After, the population is generated randomly, GA will translate each gene into the corresponding variable, that is the pipe size, and calculate the total cost for further analysis. The fitness value of chromosome is calculated by substituting the pipe length and the cost based on the pipe diameter. The selection is performed using the ranking method, that is the population is sorted based on the fitness value. Next, crossover is performed using the single-point crossover method based on crossover probability parameters. Mutation is carried out based on the mutation probability parameter. GA works iteratively until the maximum generation is reached.

The implementation results show that Genetic Algorithm (GA) can solve the problem and it gives the optimal diameter pipes with minimum costs in the pipe network installation of Ciwidey SPAM PDAM Bandung Regency. The diameter results were fulfilled the minimum diameter required for the pipe. Moreover, GA able to work efficiently in solving the problem.

Keywords: *Genetic Algorithm (GA), pipe network, optimization model, pipe diameter.*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Manfaat.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1. Teori Graf	5
2.2. Model Jaringan	8
2.3. Algoritma Genetik	10
2.4. Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1. Deskripsi Masalah	23
3.2. Tahapan Penelitian	23
3.3. Data Penelitian.....	24
3.4. Model Optimisasi	25
3.5. Penyelesaian Model dengan Algoritma Genetik (GA).....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Data Penelitian.....	36
4.1.1. Desain Jaringan (Skematik Jaringan)	36
4.1.2. Data Kebutuhan Air.....	36
4.1.3. Data Pipa	37
4.1.4. Data Tekanan Aliran.....	37
4.2. Validasi.....	39
4.3. Tahapan Implementasi.....	39
4.4. Implementasi	39

4.5. Analisis Parameter GA	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1. Kesimpulan.....	46
5.2. Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh Graf (a) terhubung, graf (b) dan (c) graf tidak terhubung (disconnected).	6
Gambar 2. 2 Contoh graf tak berarah yang terhubung.....	6
Gambar 2. 3 Contoh graf berarah terhubung.	7
Gambar 2. 4 Contoh graf berbobot.	7
Gambar 2. 5 Contoh Lintasan dari v_0 menuju v_3 adalah melalui titik v_0 ke v_1 , v_1 ke v_2 , v_2 ke v_3 , atau sebaliknya.	7
Gambar 2. 6 Contoh Siklus A ke D, D ke F, F ke A.....	8
Gambar 2. 7 Contoh Graf Pohon (Tree)	8
Gambar 2. 8 Mekanisme Seleksi Turnamen.	14
Gambar 2. 9 Sistematika Proses Crossover	15
Gambar 2. 10 Ilustrasi Order Based Crossover.....	16
Gambar 2. 11 Ilustrasi single point crossover.....	16
Gambar 2. 12 Skematik SPAM (Permen PUPR No. 27/2016).....	20
Gambar 2. 13 Skematik Jaringan Transmisi dan Distribusi Utama SPAM.....	22
Gambar 3. 1 Contoh Jaringan Distribusi SPAM.....	26
Gambar 3. 2 Flowchart Tahapan GA untuk Menentukan Diameter Optimal Pipa.	35
Gambar 4. 1 Desain Jaringan SPAM Ciwidey PDAM Tirta Raharja Kabupaten Bandung.	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Contoh Sistem Jaringan.	9
Tabel 3. 1 Kriteria standar tekanan aliran.....	25
Tabel 3. 2 Contoh Kasus Pengkodean Diameter Solusi.....	29
Tabel 3. 3 Contoh Kasus Populasi Awal.....	29
Tabel 3. 4 Panjang Pipa untuk Setiap Segmen Pipa.....	30
Tabel 3. 5 Ranking Kromosom berdasarkan Fitness.	31
Tabel 3. 6 Individu Baru Hasil Mutasi.....	34
Tabel 3. 7 Nilai Fitness dari Kromosom Baru	34
Tabel 4. 1 Data kebutuhan air SPAM Ciwidey PDAM Tirta Raharja Kab. Bandung.....	37
Tabel 4. 2 Data panjang pipa PDAM Tirta Raharja Kab, Bandung.....	38
Tabel 4. 3 Data kandidat diameter pipa serta harga satuan.....	38
Tabel 4. 4 Data Tekanan Air yang dihasilkan <i>Reservoir</i>	38
Tabel 4. 5 Tekanan Minimal dalam Setiap Pipa	38
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Diameter Pipa Menggunakan GA	40
Tabel 4. 7 Hasil uji parameter jumlah populasi	41
Tabel 4. 8 Hasil Uji Parameter Jumlah Generasi	42
Tabel 4. 9 Hasil Uji Parameter Probabilitas Mutasi.....	43
Tabel 4. 10 Hasil Uji Parameter Probabilitas Crossover	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Manual Diameter Pipa Optimal	51
Lampiran 2 Kode Program GA	54
Lampiran 3 Hasil Running Program Validasi	59

DAFTAR PUSTAKA

- Amir, M. Z. (2010). *The Implementation of Mathematics Teaching with Open-Ended Approach to UIN SUSKA RIAU Mathematics Student Ability of Mathematical Creative Thinking*. Proceedings of International Seminar on Mathematics and Its Usage in Other Areas.
- Deo, N. (1989). *Graph Theory with Applications to Engineering and Computer Science*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- El-Abbasy, M. S., et al. (2015). *Optimal design of water distribution networks using genetic algorithms: a critical review*. Environmental Earth Sciences, 73(12), 8555-8565.
- Engelhardt, M.O. (1999). *Development of a Strategy for the Optimum Replacement of Water Mains*. Ph. D Thesis, University of Adelaide, Australia, p.262-263.
- Engelhardt, M.O., Skipworth, P.J., Savic, D.A., Saul, A.J., Walters, G.A. (2000). *Rehabilitation strategies for water distribution networks: a literature review with a UK perspective*. Urban Water, 2(2):153-170. [doi:10.1016/S1462-0758(00)00053-4]
- Fachry, R., Mukhlash, I., & Soetrisno. (2015). *Penentuan Pola Jaringan Pergerakan Logistik yang Optimal pada Transportasi Laut Menggunakan Minimum Spanning Tree Berbasis Algoritma Genetika*. Jurnal Sains dan Seni ITS, 4(2), 2337-3520.
- Gen, M., Cheng, R., Tsujimura, Y. (1996). *A Tutorial Survey of Job-shop Scheduling Problems Using Genetic Algorithms-I. Representation*. Computers & Industrial Engineering, 30(4), 983-997.
- Hashemi, F., Bonakdari, H., & Chavoshi, S. (2013). *Application of genetic algorithm for optimal design of water distribution networks*. Water Resources Management, 27(4), 1089-1107.
- Haupt, Randy L., dan Haupt, Sue E. (2004). *Practical Genetic Algorithms*. Second edition, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Holland, John H., (1975). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Kusumadewi, S., Purnomo, H. (2005). *Penyelesaian Masalah Optimasi dengan Teknik-Teknik Heuristik*. Graha Ilmu, Yogyakarta.

- Kusumadewi, S. (2006). *Artificial Intelligence Teknik dan Aplikasinya*. Graha ilmu, Yogyakarta.
- Latif, P. (2006). *Evaluasi Jaringan Pipa Distribusi Air Minum Dengan Metoda Pohon Penjangkau Minimum (Minimum Spanning Tree) di Kecamatan Wonosari, Gunung Kidul*, Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, (tidak diterbitkan).
- Michalewicz, Z. (1996). *Genetic Algorithm + Data Structure: Evolution Program*. Springer, Verlag.
- Marsudi. (2016). *Teori Graf*. Universitas Brawijaya Press. ISBN 978-602-432-015-7.
- Munir, R. (2001). *Matematika Diskrit*. Informatika, Bandung. Halaman 353-456.
- Munir, R. (2005). *Matematika Diskrit*, Edisi Ketiga. Informatika, Bandung, Indonesia.
- Nugroho, W. T., Purwadi, J., Haryono, N. A. (2008). *Algoritma Genetika dalam Program Pencarian Jalur Alternatif*. Jurnal Informatika, 4(1), 61-68.
- Okiandri, D., Yudaningtyas, E. (2016). *Optimasi Jaringan Serat Optik Menggunakan Metode Algoritma Genetika (Studi Kasus Unisma)*. Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics, 1(2), 118-130.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum.
- Pu, Y.H., Zhao, H.B., Zhou, J.H. (2003). *Solve Optimization Rehabilitation Model of Water Supply Network With Genetic Algorithm*. Water and Wastewater, 29(12):89-92 (in Chinese).
- Razali, N.M., Geraghty, J. (2011). *Genetic Algorithm Performance with Different Selection Strategies in Solving TSP*. Proceedings of the World Congress on Engineering 2011, 1134-1139.
- Sani, A. S. (2011). *Penggunaan Algoritma Genetika Untuk Optimisasi Sistem Distribusi dan Suplai Air (Studi Kasus PDAM Kab. Sleman)*.
- Septyanto, R. B., Setyaningsih, E., Bacharuddin, F. (2017). *Analisis Penempatan Evolved Node B Area DKI Jakarta Dengan Menggunakan Algoritma Genetika Dan Evolutionary Programming*.

- Sanjoyo. (2006). *Aplikasi Algoritma Genetika*.
<http://sanjoyo55.files.wordpress.com/2008/11/non-linier-gen-algol.pdf>
- Suyanto. (2005). *Algoritma Genetika dalam Matlab*. Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Samani, H. M. V., Zanganeh, A. (2010). *Optimisation of Water Networks Using Linier Programming*. Proceedings of the ICE-Water Management, 163 (9), 475-485.
- Siang, Jong Jek. (2011). *Riset Operasi dalam Pendekatan Algoritmis*. Andi Offset, Jogjakarta.
- Siswanto. (2007). *Perencanaan dan Pengendalian Proyek*. Sinar Grafika, Jakarta.
- Surco, D. F., Vecchi, T., Ravagnani, M. (2018). *Optimization of Water Distribution Networks Using a Modified Particle Swarn Optimization Algorithm*. Water Science & Technology: Water Supply, 18 (2), 660-678.
- Wahyuni, K. S. (2011). *Implementasi Algoritma Genetika Untuk Minimasi Total Panjang Rute Pendistribusian Produk Pada Kasus Travelling Salesman Problem*. Yogyakarta.
- Wu, W., Maier, H.R., Simpson, A.R. (2010). *Single-objective versus Multiobjective Optimization of Water Distribution System Accounting for Greenhouse Gas Emissions by Carbon Pricing*. Journal of Water Resources Planning and Management, 136 (5), 555-565.
- Xi JIN, Jie ZHANG, Jin-liang GAO, Wen-yan WU. (2007). *Multi-Objective Optimization of Water Supply Network Rehabilitation With Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm-II*. Journal of Zhejiang University SCIENCE A, ISSN 1673-565X (Print); ISSN 1862-1775 (Online).