

**OPTIMISASI DIAMETER PIPA PADA JARINGAN
DISTRIBUSI AIR MENGGUNAKAN
PSEUDO-GENETIC ALGORITHM
DENGAN BANTUAN EPANET
(Studi Kasus: PDAM Tirta Raharja Sadu Kabupaten Bandung)**

SKRIPSI

diajukan sebagian salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika



Oleh
Anisa Nur Aidah
NIM 2104089

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

**OPTIMISASI DIAMETER PIPA PADA JARINGAN DISTRIBUSI AIR
MENGUNAKAN *PSEUDO-GENETIC ALGORITHM*
DENGAN BANTUAN EPANET
(Studi Kasus: PDAM Tirta Raharja Sadu Kabupaten Bandung)**

LEMBAR HAK CIPTA

Oleh
Anisa Nur Aidah
2104089

Sebuah skripsi yang diajukan sebagian salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika

© Anisa Nur Aidah
Universitas Pendidikan Indonesia
April 2025

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, difotokopi, atau dengan cara lainnya tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

Anisa Nur Aidah

OPTIMISASI DIAMETER PIPA PADA JARINGAN DISTRIBUSI AIR
MENGUNAKAN *PSEUDO-GENETIC ALGORITHM*
DENGAN BANTUAN EPANET
(Studi Kasus: PDAM Tirta Raharja Sadu Kabupaten Bandung)

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I,



Dr. Kartika Yulianti, M.Si.

NIP. 198207282005012001

Pembimbing II,



Dra. Encum Sumiaty, M.Si.

NIP. 196304201989032002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika



Dr. Kartika Yulianti, M.Si.

NIP. 198207282005012001

ABSTRAK

Optimisasi Diameter Pipa pada Jaringan Distribusi Air Menggunakan Pseudo *Genetic Algorithm* dengan Bantuan EPANET (Studi Kasus: PDAM Tirta Raharja Sadu Kabupaten Bandung)

Oleh

Anisa Nur Aidah

Penelitian ini membahas optimisasi jaringan distribusi Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) yang memfokuskan pada penentuan diameter pipa secara optimal dengan mempertimbangkan efisiensi biaya dan kinerja hidraulik. Dalam penelitian ini, masalah optimisasi dipandang sebagai kombinasi masalah ekonomi dan teknis, sehingga digunakan pendekatan *Pseudo-Genetic Algorithm* (PGA) yang dimodifikasi dengan representasi alfanumerik pada kromosom serta penerapan operator mutasi berbasis *Gray Code*. Proses optimisasi dilakukan dengan mempertimbangkan batasan teknis seperti tekanan minimum dan batas kecepatan aliran dalam pipa. Studi kasus dilakukan pada jaringan distribusi milik PDAM Tirta Raharja Unit Sadu, dengan proses evaluasi hidraulik menggunakan EPANET 2.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma ini mampu menghasilkan solusi dengan total biaya instalasi minimum sebesar Rp31.141.171.200,00. Meskipun seluruh *node* memenuhi batas tekanan minimum, masih terdapat beberapa segmen pipa dengan kecepatan aliran di bawah batas minimum. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu memberikan solusi yang efisien secara ekonomi dan cukup layak secara teknis, meskipun masih terdapat ruang untuk peningkatan performa hidraulik.

Kata kunci: Optimisasi jaringan pipa, *Pseudo-Genetic Algorithm*, *Gray Code*, Alfanumerik, EPANET 2.0, Efisiensi biaya.

ABSTRACT

Pipe Diameter Optimization in Water Distribution Networks Using Pseudo Genetic Algorithm with the Assistance of EPANET (Case Study: PDAM Tirta Raharja Sadu Bandung Regency)

By

Anisa Nur Aidah

This study addresses the optimization of Water Supply System (WSS) distribution networks, focusing on determining the optimal pipe diameters while considering cost efficiency and hydraulic performance. The optimization problem is treated as a combination of economic and technical issues, and a modified Pseudo-Genetic Algorithm (PGA) is employed. The algorithm utilizes alphanumeric chromosome representation and a mutation operator based on Gray Code. The optimization process incorporates technical constraints such as minimum pressure and allowable velocity limits in pipes. A case study is conducted on the distribution network owned by PDAM Tirta Raharja Unit Sadu, with hydraulic evaluation performed using EPANET 2.0. The results show that this algorithm can produce a solution with a minimum installation cost of Rp31,141,171,200.00. Although all nodes meet the minimum pressure requirement, some pipe segments exhibit flow velocities below the minimum threshold. This indicates that the proposed approach is economically efficient and technically feasible, although there is still room for improving hydraulic performance.

Keywords: Pipe network optimization, Pseudo-Genetic Algorithm, Gray Code, Alphanumeric, EPANET 2.0, Cost efficiency

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Manfaat	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Teori Graf.....	7
2.2 Jaringan	8
2.3 Algoritma Pseudo-Genetika	8
2.3.1 Representasi Kromosom	9
2.3.2 Membangkitkan Populasi Awal.....	10
2.3.3 Nilai <i>Fitness</i>	10
2.3.4 Seleksi	11
2.3.5 <i>Crossover</i>	12
2.3.6 Mutasi.....	14
2.3.7 <i>Gray Code</i>	16
2.4 Sistem Jaringan Pipa pada PDAM	16
2.5 Aliran Air pada Pipa.....	21

2.6	Tekanan	21
2.7	<i>Head loss</i>	22
2.8	EPANET 2.0	23
2.9	Penelitian yang Relevan	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Deskripsi Masalah	27
3.2	Tahapan Penelitian	29
3.3	Model Optimisasi	30
3.4	Penyelesaian Model dengan Algoritma Pseudo-Genetika (PGA).....	36
3.4.1	Inisialisasi Parameter	39
3.4.2	Representasi Kromosom	39
3.4.3	Pembentukan Populasi Awal	40
3.4.4	Menghitung Nilai <i>Fitness</i>	40
3.4.5	Seleksi	40
3.4.6	<i>Crossover</i>	41
3.4.7	Mutasi.....	41
3.4.8	Seleksi Kembali	42
3.5	Contoh Kasus	42
3.5.1	Identifikasi Jaringan Pipa	43
3.5.2	Pembentukan Populasi Awal	44
3.5.3	Menghitung Nilai <i>Fitness</i>	44
3.5.4	Seleksi	53
3.5.5	<i>Crossover</i>	54
3.5.6	Mutasi.....	55
3.5.7	Evaluasi Ulang	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		63
4.1	Data Penelitian	63
4.1.1	Desain Jaringan (Skematik Jaringan).....	63

4.1.2	Data Pipa	66
4.2	Model Optimisasi	68
4.3	Penyelesaian Masalah	69
4.4	Tahapan Implementasi	85
4.5	Hasil Implementasi.....	85
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		91
5.1.	Kesimpulan	91
5.2.	Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA.....		94
LAMPIRAN.....		99

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Tingkat Mutasi antara GA dan PGA	15
Tabel 2.2 Kriteria Pipa Transmisi.....	19
Tabel 2.3 Kriteria Pipa Distribusi.....	20
Tabel 2.4 Kriteria Standar Tekanan Aliran Air.....	22
Tabel 3.1 Data Panjang Pipa pada Contoh Kasus	43
Tabel 3.2 Data <i>Demand Node</i> pada Contoh Kasus	43
Tabel 3.3 Data Diameter beserta Biaya Pipa pada Contoh Kasus.....	44
Tabel 3.4 Inisialisasi Populasi Awal pada Contoh Kasus.....	44
Tabel 3.5 Data Aliran pada setiap Pipa	46
Tabel 3.6 Kecepatan Aliran Pipa pada Kromosom 1	47
Tabel 3.7 Penalti untuk Kecepatan Aliran pada Kromosom 1	47
Tabel 3.8 Kecepatan Aliran Pipa pada Kromosom 2	48
Tabel 3.9 Penalti untuk Kecepatan Aliran pada Kromosom 2	48
Tabel 3.10 Kecepatan Aliran Pipa pada Kromosom 3	49
Tabel 3.11 Penalti untuk Kecepatan Aliran pada Kromosom 3	49
Tabel 3.12 Tekanan di Kromosom 1	50
Tabel 3.13 Tekanan di Kromosom 2	51
Tabel 3.14 Tekanan di Kromosom 3	52
Tabel 3.15 <i>Ranking</i> Kromosom Berdasarkan <i>Fitness</i>	53
Tabel 3.16 <i>Ranking</i> Kromosom Berdasarkan Probabilitas Seleksi.....	54
Tabel 3.17 Probabilitas Mutasi Pipa pada Anak 1 dan 2.....	56
Tabel 3.18 Hasil Kromosom Setelah Mutasi.....	57
Tabel 3.19 Kecepatan Aliran pada Anak 1	58
Tabel 3.20 Penalti pada Anak 1.....	58
Tabel 3.21 Kecepatan Aliran pada Anak 2.	59
Tabel 3.22 Penalti Kecepatan Aliran pada Anak 2.	59
Tabel 3.23 Tekanan pada Anak 1	60
Tabel 3.24 Tekanan pada Anak 2	60
Tabel 3.25 Nilai <i>Fitness</i> dari Kromosom Baru	61

Tabel 4.1 Data Panjang Pipa SPAM Sadu PDAM Tirta Raharja Kab. Bandung ..	66
Tabel 4.2. Data <i>Demand Node</i> SPAM Sadu PDAM Tirta Raharja Kab. Bandung	67
Tabel 4.3 Kandidat Diameter Pipa serta Harga Satuan pada tahun 2025.....	68
Tabel 4.4 Tekanan Minimal dalam Setiap Pipa.....	68
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Diameter Pipa Menggunakan PGA	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Graf Berbobot.....	7
Gambar 2.2 Ilustrasi Jaringan N	8
Gambar 2.3 Sistematisa Proses <i>Crossover</i>	13
Gambar 2.4 Ilustrasi <i>Single-Point Crossover</i>	13
Gambar 2.5 Sistematisa Proses Mutasi.....	15
Gambar 2.6 Skematik Jaringan Transmisi dan Distribusi Utama SPAM.....	17
Gambar 2.7 Pola Jaringan Distribusi Cabang	18
Gambar 3.1 Ilustrasi Jaringan Pipa	28
Gambar 3.2 Penerapan PGA untuk Menentukan Diameter Optimum Pipa.....	38
Gambar 3.3 Desain Jaringan Pipa pada Contoh Kasus	43
Gambar 3.4 Hasil Perhitungan EPANET untuk Diameter pada Contoh Kasus	62
Gambar 4.1 Skematik Jaringan SPAM Sadu PDAM Tirta Raharja Kabupaten Bandung	64
Gambar 4.2 SPAM Sadu pada Google Earth	65
Gambar 4.3 Jaringan SPAM Sadu PDAM Tirta Raharja Kabupaten Bandung pada EPANET.....	65
Gambar 4.4 (a) Representasi Kromosom pada <i>Coding Python</i> dan (b) Hasil <i>Output</i> dari Representasi Kromosom	70
Gambar 4.5 (a) Inisialisasi Populasi pada <i>Coding Python</i> dan (b) Hasil <i>Output</i> dari Inisialisasi Populasi.....	72
Gambar 4.6 (a) Fungsi <i>Fitness</i> pada <i>Coding Python</i> dan (b) Hasil <i>Output</i> dari Fungsi <i>Fitness</i>	74
Gambar 4.7 (a) Seleksi <i>Ranking</i> pada <i>Coding Python</i> dan (b) Hasil <i>Output</i> dari Seleksi <i>Ranking</i>	76
Gambar 4.8 (a) Gambar <i>Single-Point Crossover</i> pada <i>Coding Python</i> dan (b) Hasil <i>Output Single-Point Crossover</i>	78
Gambar 4.9 (a) Gambar Mutasi <i>Gray Code</i> pada <i>Coding Python</i> dan (b) Hasil <i>Output Mutasi Gray Code</i>	79
Gambar 4.10 Gambar Evaluasi dan Iterasi pada <i>Coding Python</i>	81
Gambar 4.11 Gambar proses <i>Pseudo-Genetic Algorithm</i> pada <i>Coding Python</i>	82

Gambar 4.12 Gambar Hasil Akhir pada <i>Coding</i> Python.....	85
Gambar 4.13 Hasil <i>Running Coding</i> Optimisasi dari Python	86
Gambar 4.14 Jaringan SPAM pada EPANET dengan Memperlihatkan Diameter pada setiap Pipa.....	88
Gambar 4.15 Hasil Validasi oleh EPANET	90

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kode Program PGA.....	99
----------------------------------	----

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulsamad, A., & Abdulrazzaq, K. A. (2023). Applying the WaterGEMS Software to Conduct a Comparison of the Darcy-Weisbach and Hazen-Williams Equations for Calculating the Frictional Head Loss in a Selected Pipe Network. *Journal of Engineering*, 29(2), 153–163. <https://doi.org/10.31026/j.eng.2023.02.10>
- Alemaw, B. F., & Jankie, T. E. (2023). Optimization of urban water pipe network design using fast-messy genetic algorithms (fmGA). *H2Open Journal*, 6(3), 343–360. <https://doi.org/10.2166/h2oj.2023.029>
- Alkindi, H., Santosa, H., & Sutoyo, E. (2023). Analisis Head Losses pada Circulating Fluida Air dalam Dua Jenis Pipa. In *Aplikasi Mekanika dan Energi: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* (Vol. 9, Issue 1).
- Amirabdollahian, M., Chamani, M. R., & Asghari, K. (2011). Optimal Design of Water Networks Using Fuzzy Genetic Algorithm. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Water Management*, 164(7), 335–345. <https://doi.org/10.1680/wama.2011.164.7.335>
- Awe, O. M., Okolie, S. T. A., & Fayomi, O. S. I. (2019). Optimization of Water Distribution Systems: A Review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1378(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1378/2/022068>
- Chen, Q., Zhong, Y., & Zhang, X. (2010). A Pseudo Genetic Algorithm. *Neural Computing and Applications*, 19(1), 77–83. <https://doi.org/10.1007/s00521-009-0237-3>
- Dairi, R. H., & Sukarmin, M. (2022). Sistem Jaringan Distribusi Perpipaan Air Bersih Di Kecamatan Mawasangka Timur Kabupaten Buton Tengah. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil Unidayan*, XI(No.1).
- Diestel, R. (2017). *Graduate Texts in Mathematics Graph Theory*. <http://www.springer.com/series/136>
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*.

- Hafiz Muhammad, Z., & Anggara, F. (2019). Analisa Head Pompa Water Intake terhadap Self Cleaning Filter pada PT.XY. In *Jurnal Teknik Mesin* (Vol. 08, Issue 2).
- Haq, B., & Masduqi, A. (2014). Sistem Distribusi Air Siap Minum PDAM Kota Malang : Studi Kasus Kecamatan Blimbing. *JURNAL TEKNIK POMITS*, Vol. 3(No.2).
- Hidayatullah, P., Irwansyah, I., Aini, Q., & Syechah, B. N. (2022). Pipeline Network Optimization using Hybrid Algorithm between Simulated Annealing and Genetic Algorithms. *EIGEN MATHEMATICS JOURNAL*, 30–39. <https://doi.org/10.29303/emj.v4i2.100>
- Isa, F. M., Ariffin, W. N. M., Jusoh, M. S., & Putri, E. P. (2024). A Review of Genetic Algorithm: Operations and Applications. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 40(1), 1–34. <https://doi.org/10.37934/araset.40.1.134>
- Jamil, R., & Mujeebu, M. A. (2019). Empirical Relation between Hazen-Williams and Darcy-Weisbach Equations for Cold and Hot Water Flow in Plastic Pipes. *WATER*, 10, 104–114. <https://doi.org/10.14294/WATER.2019.1>
- Jeevan Pradhikaran, M. (2012). *Module 1 Basic of Water Supply System Training Module for Local Water and Sanitation Management Basics of Water Supply System-Training Module for Local Water and Sanitation Management*.
- Johns, M. B., Mahmoud, H. A., Keedwell, E. C., & Savic, D. A. (2020). *ORE Open Research Exeter TITLE A Diameter Probability Distribution Genetic Algorithm for Least-cost Water Distribution Network Design A NOTE ON VERSIONS A Diameter Probability Distribution Genetic Algorithm for Least-cost Water Distribution Network Design*. <http://hdl.handle.net/10871/120214>
- Khairani, N., & Sirait, J. (2013). Membandingkan Kemangkusan Algoritma Dinic dan Algoritma Pelabelan Ford-Fulkerson untuk Masalah Arus Maksimum. *Medan: Universitas Medan*, 176–190.
- Kyriakou, M. S., Demetriades, M., Vrachimis, S. G., Eliades, D. G., & Polycarpou, M. M. (2023). EPyT: An EPANET-Python Toolkit for Smart Water Network Simulations. *Journal of Open Source Software*, 8(92), 5947. <https://doi.org/10.21105/joss.05947>

- Lasut Stelea A. D., Mangangka Isri R., & Sompie Oktovian B. A. (2023). *Evaluasi Sistem Penyediaan Air Minum Sineleyan Di Kota Tomohon* (Vol. 21, Issue 86).
- Mala-Jetmarova, H., Sultanova, N., & Savic, D. (2018). Lost in Optimisation of Water Distribution Systems? A Literature Review of System Design. In *Water (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/w10030307>
- Mandal, S., Anderson, T., Turek, J., Gottschlich, J., Zhou, S., & Muzahid, A. (2021). *Learning Fitness Function for Machine Programming*.
- Michalewicz, Z. (1996). *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*.
- Mora-Melia, D., Iglesias-Rey, P. L., Martinez-Solano, F. J., & Fuertes-Miquel, V. S. (2013). Design of Water Distribution Networks using a Pseudo-Genetic Algorithm and Sensitivity of Genetic Operators. *Water Resources Management*, 27(12), 4149–4162. <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0400-6>
- Munir, R. (2010). *Matematika Diskrit*. <http://www.pakteguh.com>
- Nikjoofar, A., & Zarghami, M. (2013). Water Distribution Networks Designing by the Multiobjective Genetic Algorithm and Game Theory. In *Metaheuristics in Water, Geotechnical and Transport Engineering* (pp. 99–119). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398296-4.00005-2>
- Nugroho, S., Meicahayanti, I., & Nurdiana, J. (2018). Analisa Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Menggunakan EPANET 2.0 (Studi Kasus di Kelurahan Harapan Baru, Kota Samarinda). *TEKNIK*, 39(1), 62–66. <https://doi.org/10.14710/teknik.v39n1.15192>
- Putri, Y. E. (2017). *Analisa Sitem Distribusi Air Bersih PDAM Tirta Ogan di IKK (Unit) Tanjung Baru. 2*.
- Rai, R. K., & Lingayat, P. S. (2019). *Analysis of Water Distribution Network Using EPANET*. <https://ssrn.com/abstract=3375289>
- Rossmann, L. A. (2000). *EPANET 2 Users Manual Versi Bahasa Indonesia*.
- Saleh, C. (2017). Optimasi Diameter Jaringan Pipa dalam Sistem Penyediaan Air Bersih (PDAM) di Kec. Bululawang Kab. Malang Menggunakan Linear Programming. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 15(1), 20. <https://doi.org/10.22219/jmts.v15i1.4489>

- Saleh, C., Setyono, E., Syaiful Amal, A., & Rizhal Fauzi, M. (2020). *Optimasi Diameter Jaringan Pipa Terbuka Menggunakan Linear Programming (Studi Kasus pada Sub Sistem Sumber Air Banyuning PDAM Kota Batu)*. *Optimization of Open Pipe Network Diameter Using Linear Programming (Case Study on the Banyuning Water Source Sub System PDAM Batu City)*. 18(2), 123–133. <https://doi.org/10.22219/jmts.v18i2.15338>
- Savic, D. A., & Walters, G. A. (1997). Genetic Algorithms for Least-Cost Design of Water Distribution Networks. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 123(2), 67–77. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9496\(1997\)123:2\(67\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9496(1997)123:2(67))
- Sulianto, Setiono, E., & Yasa, I. W. (2021). Optimization Model The Pipe Diameter in The Drinking Water Distribution Network Using Multi-Objective Genetic Algorithm. *Journal of Water and Land Development*, 48(1–3), 55–64. <https://doi.org/10.24425/jwld.2021.136146>
- Suprpto, B. Y., & Sariman. (2012). Metode Algoritma Genetika dengan Sistem Fuzzy Logic untuk Penentuan Parameter Pengendali PID. In *Jurnal Rekayasa ElektriKa* (Vol. 10, Issue 1).
- Tobing, E. M. (2009). *Aplikasi Model Jaringan Nodal untuk Mengevaluasi Aliran Gas pada Jaringan Pipa*.
- Umbarkar, A. J., & Sheth, P. D. (2015). Crossover Operators in Genetic Algorithms: A Review. *ICTACT Journal on Soft Computing*, 06(01), 1083–1092. <https://doi.org/10.21917/ijsc.2015.0150>
- Van Zyl, J. E., Savic, D. A., & Walters, G. A. (2004). Operational Optimization of Water Distribution Systems Using a Hybrid Genetic Algorithm. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 130(2), 160–170. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9496\(2004\)130:2\(160\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9496(2004)130:2(160))
- Whitley, D. (2000). *The GENITOR Algorithm and Selection Pressure: Why Rank-Based Allocation of Reproductive Trials is Best*. <https://www.researchgate.net/publication/2527551>
- Wisittipanich, W., & Buakum, D. (2019). Optimal design of pipe diameter in water distribution system by multi-objective differential evolution algorithm: A case

- study of small town in Chiang Mai. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 513, 351–360. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1059-1_33
- Zamzami, Z., Azmeri, A., & Syamsidik, S. (2018). Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih PDAM Tirta Tawar Kabupaten Aceh Tengah. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 1(1), 132–141. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i1.10330>
- Zou, J., Lin, F., Gao, S., Deng, G., Zeng, W., & Alterovitz, G. (2021). *Transfer Learning Based Multi-Objective Genetic Algorithm for Dynamic Community Detection*.