

**IMPLEMENTASI ALGORITMA *DIFFERENTIAL EVOLUTION* UNTUK
PENCARIAN SOLUSI OPTIMAL GLOBAL BEBERAPA FUNGSI
DIFFERENTIABLE DAN *NON-DIFFERENTIABLE***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika



Oleh:
Derry Romeo
1906080

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2023**

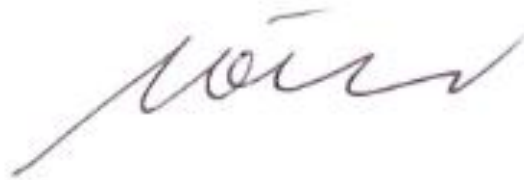
LEMBAR PENGESAHAN

DERRY ROMEO
1906080

**IMPLEMENTASI ALGORITMA *DIFFERENTIAL EVOLUTION* UNTUK
PENCARIAN SOLUSI OPTIMAL GLOBAL BEBERAPA FUNGSI
DIFFERENTIABLE DAN *NON-DIFFERENTIABLE***

disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



Dr. Khusnul Novianingsih, M.Si.
NIP. 197711282008122001

Pembimbing II



Fitriani Agustina, S.Si., M.Si
NIP. 198108142005012001

Mengetahui,
Ketua Departemen Pendidikan Matematika



Dr. H. Dadang Juandi, M.Si.
NIP. 196401171992021001

PERNYATAAN

Dengan ini, saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul: “Implementasi Algoritma *Differential Evolution* untuk Pencarian Solusi Optimal Global Beberapa Fungsi *Differentiable* dan *Non-Differentiable*”, beserta seluruh isinya adalah benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Januari 2023



Derry Romeo

NIM. 1906080

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma *Differential Evolution* (DE) dalam pencarian solusi optimal global dari fungsi *differentiable* dan *non-differentiable*. Fungsi *differentiable* yang diteliti terdiri dari fungsi *Ackley 1*, *Beale*, *Chichinadze*, *Giunta*, *Keane*, *Mishra 6*, *Shekel 7*, dan *Zakharov*. Sedangkan fungsi *non-differentiable* yang diteliti terdiri dari fungsi *Bartels Conn*, *Bukin 4*, *Bukin 6*, *Price 1*, *Schwefel 2.21*, *Step 3*, *Stepint*, dan *Xin-She Yang*. Algoritma DE bekerja menggunakan beberapa parameter, yaitu jumlah variabel atau dimensi fungsi (N), banyaknya populasi (NP), nilai faktor skala mutasi (F), nilai probabilitas rekombinasi (CR), dan banyaknya iterasi (G). Tahapan dalam algoritma DE adalah insialisasi, mutasi, rekombinasi, dan seleksi. Hasil implementasi menunjukkan bahwa algoritma DE mampu memberikan solusi optimal global untuk hampir semua fungsi, termasuk untuk fungsi yang memiliki banyak titik global minimum. Analisis sensitivitas parameter DE menunjukkan bahwa pemilihan parameter F, CR, NP, dan G sangat berpengaruh terhadap nilai optimal global fungsi dan waktu komputasi.

Kata Kunci: Algoritma, *Differential Evolution*, optimal global, fungsi *differentiable*, fungsi *non-differentiable*.

ABSTRACT

This study aims to implement the Differential Evolution (DE) algorithm in finding the globally optimal solution for differentiable and non-differentiable functions. Differentiable functions consist of Ackley 1, Beale, Chichinadze, Giunta, Keane, Mishra 6, Shekel 7, and Zakharov. Non-differentiable functions consist of Bartels Conn, Bukin 4, Bukin 6, Price 1, Schwefel 2.21, Step 3, Stepint, and Xin-She Yang. The DE algorithm uses several parameters, like variables function (N), the number of populations (NP), scale factor (F), the cross-over rate (CR), and the number of iterations (G). DE algorithm consists of several processes: initialization, mutation, cross-over, and selection. The computational results show that the DE algorithm works well in finding globally optimal solutions, especially for functions that have multiple global minimums. Moreover, sensitivity analysis of the DE parameter shows that the parameter F , CR , NP , and G influences the optimal global function solution and computation time.

Keyword: Algorithm, differential evolution, global optimization, differentiable function, non-differentiable function.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
2.1 Fungsi	4
2.1.1 Fungsi Kontinu dan Diskontinu.....	4
2.1.2 Fungsi <i>Separable</i> dan <i>Non-Separable</i>	4
2.1.3 Fungsi Unimodal dan Multimodal.....	5
2.2 Turunan Fungsi Dua Peubah	5
2.3 Maksimum dan Minimum Fungsi	5
2.3.1 Maksimum dan Minimum Lokal Fungsi	5
2.3.2 Maksimum dan Minimum Global Fungsi	6
2.3.3 Teorema Eksistensi Maksimum dan Minimum.....	6
2.4 Batas Atas dan Batas Bawah Fungsi	8
2.5 Optimisasi.....	8
2.6 Metode Metaheuristik.....	9
2.7 <i>Differential Evolution</i>	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	10
3.1 Identifikasi Masalah	10
3.2 Tahapan Penelitian	10
3.3 Algoritma <i>Differential Evolution</i> (DE)	12
3.4 Implementasi Algoritma DE untuk Optimisasi Fungsi <i>Stepint</i>	16

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Data Penelitian.....	19
4.2 Implementasi DE dengan Matlab	21
4.3 Validasi.....	23
4.4 Analisis Hasil.....	24
4.4.1 <i>Ackley 1 Function</i>	24
4.4.2 <i>Beale Function</i>	25
4.4.3 <i>Chichinadze Function</i>	25
4.4.4 <i>Giunta Function</i>	26
4.4.5 <i>Keane Function</i>	26
4.4.6 <i>Mishra 6 Function</i>	27
4.4.7 <i>Shekel 7 Function</i>	27
4.4.8 <i>Zakharov Function</i>	28
4.4.9 <i>Bartels Conn Function</i>	28
4.4.10 <i>Bukin 4 Function</i>	29
4.4.11 <i>Bukin 6 Function</i>	29
4.4.12 <i>Price 1 Function</i>	30
4.4.13 <i>Schwefel 2.21 Function</i>	31
4.4.14 <i>Step 3 Function</i>	31
4.4.15 <i>Stepint Function</i>	32
4.4.16 <i>Xin-She Yang Function</i>	32
4.4.17 Analisis Sensitivitas Parameter DE	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Kesimpulan.....	36
5.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Inisialisasi Fungsi <i>Stepint</i>	16
Tabel 3.2. Mutasi Fungsi <i>Stepint</i>	17
Tabel 3.3. Rekombinasi Fungsi <i>Stepint</i>	17
Tabel 3.4. Seleksi Fungsi <i>Stepint</i>	18
Tabel 4.1. Fungsi <i>Differentiable</i> dan <i>Non-Differentiable</i>	19
Tabel 4.2. Hasil DE dengan $N = 2$, $NP = 100$, $G = 200$, $F = 0.2$, $CR = 0.9$	23
Tabel 4.3. Analisis Sensitivitas Parameter F	33
Tabel 4.4. Analisis Sensitivitas Parameter CR	34
Tabel 4.5. Analisis Sensitivitas Parameter NP	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Maksimum dan Minimum Lokal	5
Gambar 2.2. Maksimum dan Minimum Global	6
Gambar 2.3. Proses Optimisasi Algoritma DE.....	10
Gambar 3.1. Diagram Alir Algoritma DE	16
Gambar 4.1. Grafik 2D <i>Ackley 1</i> dan <i>Line Plot Ackley 1</i>	24
Gambar 4.2. Grafik 2D <i>Beale</i> dan <i>Line Plot Beale</i>	25
Gambar 4.3. Grafik 2D <i>Chichinadze</i> dan <i>Line Plot Chichinadze</i>	25
Gambar 4.4. Grafik 2D <i>Giunta</i> dan <i>Line Plot Giunta</i>	26
Gambar 4.5. Grafik 2D <i>Keane</i>	26
Gambar 4.6. <i>Line Plot</i> ke-1 dan ke-2 <i>Keane</i>	26
Gambar 4.7. Grafik 2D <i>Mishra 6</i> dan <i>Line Plot Mishra 6</i>	27
Gambar 4.8. Grafik 2D <i>Shekel 7</i> dan <i>Line Plot Shekel 7</i>	27
Gambar 4.9. Grafik 2D <i>Zakharov</i> dan <i>Line Plot Zakharov</i>	28
Gambar 4.10. Grafik 2D <i>Bartels Conn</i> dan <i>Line Plot Bartels Conn</i>	28
Gambar 4.11. Grafik 2D <i>Bukin 4</i> dan <i>Line Plot Bukin 4</i>	29
Gambar 4.12. Grafik 2D <i>Bukin 6</i> dan <i>Line Plot Bukin 6</i>	29
Gambar 4.13. Grafik 2D <i>Price 1</i>	30
Gambar 4.14. <i>Line Plot</i> ke-1 dan ke-2 <i>Price 1</i>	30
Gambar 4.15. <i>Line Plot</i> ke-3 dan ke-4 <i>Price 1</i>	30
Gambar 4.16. Grafik 2D <i>Schwefel 2.21</i> dan <i>Line Plot Schwefel 2.21</i>	31
Gambar 4.17. Grafik 2D <i>Step 3</i> dan <i>Line Plot Step 3</i>	31
Gambar 4.18. Grafik 2D <i>Stepint</i> dan <i>Line Plot Stepint</i>	32
Gambar 4.19. Grafik 2D <i>Xin-She Yang</i> dan <i>Line Plot Xin-She Yang</i>	32

DAFTAR PUSTAKA

- Bandaru, S., & Deb, K. (2016). *Metaheuristic techniques*. In *Decision sciences* (pp. 709-766). CRC Press.
- Boyd, dkk., S. P., & Vandenberghe, L. (2004). *Convex optimization*. Cambridge university press.
- Dieterich, J. M., & Hartke, B. (2012). Empirical review of standard benchmark functions using evolutionary global optimization. arXiv preprint arXiv:1207.4318.
- Eltaeib, T., & Mahmood, A. (2018). Differential evolution: A survey and analysis. *Applied Sciences*, 8(10), 1945.
- Fajarwati, I. A., & Anggraeni, W. (2012). Penerapan algoritma differential evolution untuk penyelesaian permasalahan vehicle routing problem with delivery and pick-up. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), A391-A396.
- Fahmiari, I., & Santosa, B. (2014). Aplikasi Algoritma Differential Evolution untuk permasalahan kompleks pemilihan portofolio. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Georgioudakis, M., & Plevris, V. (2020). *A comparative study of differential evolution variants in constrained structural optimization*. *Frontiers in Built Environment*, 6, 102.
- Karaboğa, D. (2004). *A Simple and Global Optimization Algorithm for Engineering Problems: Differential Evolution Algorithm*.
- Kurnia, A., & Ernawati, D. (2021). Perencanaan rute distribusi yang optimal dengan metode algoritma differential evolution (DE) PT. XYZ. *JUMINTEN*, 2(4), 73-84.
- Jamil, M., & Yang, X. S. (2013). *A literature survey of benchmark functions for global optimization problems*. arXiv preprint arXiv:1308.4008.
- Mahmudy, W. F., & Rahman, M. A. (2011). Optimisasi fungsi multi-obyektif berkendala menggunakan algoritma genetika adaptif dengan pengkodean real. *Jurnal Ilmiah KURSOR*, 6(1).

- Pratama, R. Y. (2018). Penerapan Forest Optimization Algorithm (Foa) Dalam Menyelesaikan Masalah Optimasi Fungsi Nonlinear Tanpa Kendala (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Pardalos, P. M., Romeijn, H. E., & Tuy, H. (2000). Recent developments and trends in global optimization. *Journal of computational and Applied Mathematics*, 124(1-2), 209-228.
- Plevris, V., & Solorzano, G. (2022). A collection of 30 multidimensional functions for global optimization benchmarking. *Data*, 7(4), 46.
- Seo, J. H., Im, C. H., Heo, C. G., Kim, J. K., Jung, H. K., & Lee, C. G. (2006). Multimodal function optimization based on particle swarm optimization. *IEEE Transactions on Magnetics*, 42(4), 1095-1098.
- Sherbert, D. R., & Bartle, R. G. (2011). *Introduction to Real Analysis (Fourth Edition)*. New York: Wiley.
- Storn, R., & Price, K. (1997). Differential evolution—a simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces. *Journal of global optimization*, 11(4), 341-359.
- Varberg, D. E., Purcell, E. J., & Rigdon, S. E. (2007). *Calculus*. Pearson Educación.
- Wiratno, S. E., Rudi, N., & Santosa, B. (2012). Algoritma Differential Evolution untuk Penjadwalan Flow Shop Banyak Mesin Dengan Multi Obyektif. *Jurnal Teknik Industri*, 13(1), 1-6.
- Yadav, R., dan Ahmad, W. 2013. Benchmark Function Optimization Using Genetic Algorithm. *Journal of Engineering, Computers & Applied Sciences*. 2:2319-5606.