



REKONFIGURASI 26 KANAL IRIGASI MENGGUNAKAN METODE BINARY FIREFLY ALGORITHMS (BFA)

M Yunus¹, Markhaban Siswanto², Slamet Imam Wahyudi³, Soedarsono⁴, Nazariano Rahman Wahyudi⁵,
Machrus Ali^{*6}

^{1,2,3,4,5} Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung

⁶ Teknik Elektro, Universitas Darul Ulum

^{1,2,3,4,5} Jl. Kaligawe Raya Km.4, Terboyo Kulon, Kecamatan Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112, Indonesia

⁶ Jl. Gus Dur No.29A, Mojongapit, Kec. Jombang, Kabupaten Jombang, Jawa Timur 61419, Indonesia

E-mail: muhyunus.ir@gmail.com¹, markhaban.siswanto.ft@gmail.com², wahyudi@unisula.ac.id³,
soedarsono@unisula.ac.id⁴, rianwahyudi9@gmail.com⁵, machrus7@gmail.com⁶

ABSTRACT

Irrigation canals are essential for agriculture as they ensure adequate water supply to crops, which impacts crop yields and agricultural productivity. To ensure proper water distribution and sustainable use of resources, it is essential to properly maintain and manage irrigation canals. Reconfiguration of irrigation water channels on agricultural land aims to meet the water needs of rice fields. In its use, irrigation water must be used optimally. An automatic irrigation system is needed to provide water for plants at the desired conditions. This reconfiguration uses one primary channel, 26 secondary channels, and 5 engineering channels which will be used as alternative channels. This irrigation reconfiguration system uses control system simulation using the MATLAB 2013b software program. The control simulation applied to the irrigation prototype is used to increase efficiency and determine the amount of irrigation water needed to regulate irrigation water distribution according to needs. For controller comparison, an artificial intelligence method for controller tuning based on the Binary Firefly Algorithm (BFA) is used. The furthest water discharge results can be reduced in the reconfiguration model using the BFA method. Before reconfiguration, there was a reduction in water of 89.724 m³ and after reconfiguration, it only decreased by 50.7355 m³. So network reconfiguration with BFA can reduce water discharge losses by 43.4538%. In this way, irrigation water needs can be met up to the endpoint.

Keywords: Artificial Intelligence, Binary Firefly Algorithm (BFA), Irrigation Settings, Reconfiguration of irrigation networks.

ABSTRAK

Saluran irigasi sangat penting untuk pertanian karena memastikan pasokan air yang cukup untuk tanaman yang berdampak pada hasil panen dan produktivitas pertanian. Untuk memastikan distribusi air yang tepat dan penggunaan sumber daya yang berkelanjutan, sangat penting untuk mengelola saluran irigasi dengan baik. Rekonfigurasi saluran air irigasi pada lahan pertanian bertujuan untuk memenuhi kebutuhan perairan sawah. Dalam penggunaannya, air irigasi harus digunakan secara maksimal. Sistem irigasi otomatis diperlukan untuk menyediakan air bagi tanaman pada kondisi yang diinginkan. Dalam rekonfigurasi ini menggunakan satu saluran primer, 26 saluran sekunder, dan 5 saluran rekayasa yang akan digunakan sebagai alternative saluran. Pada sistem rekonfigurasi irigasi ini menggunakan simulasi sistem kendali dengan menggunakan program software Matlab 2013b. Simulasi pengendalian yang diterapkan pada prototipe irigasi digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan menentukan jumlah air irigasi yang dibutuhkan untuk mengatur distribusi air irigasi sesuai kebutuhan. Sebagai perbandingan pengontrol, digunakan metode kecerdasan buatan untuk penyetelan pengontrol berdasarkan Binary Firefly Algorithm (BFA). Hasil debit air terjauh dapat dikurangi pada model rekonfigurasi dengan metode BFA. Sebelum rekonfigurasi terjadi pengurangan air sebesar 89,724 m³ dan setelah rekonfigurasi hanya berkurang 50,7355m³. Jadi konfigurasi ulang jaringan dengan BFA dapat mengurangi kehilangan debit air sebesar 43,4538%. Dengan demikian kebutuhan air irigasi dapat dipenuhi sampai titik ujung.

Kata kunci: Artificial Intelligence, Binary Firefly Algorithm (BFA), Pengaturan Irigasi, Rekonfigurasi jaringan irigasi.

Naskah diterima 06 Jan 2024; Revisi 31 Jan 2024; Diterima 15 Mar 2024. Tanggal Publikasi 18 Mar 2024
Jurnal Teknik berada pada lisensi *Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License*



1. PENDAHULUAN

Dalam keadaan di mana kebutuhan akan air untuk tanaman lebih besar daripada jumlah air yang tersedia untuk lahan pertanian, penggunaan pengairan merupakan salah satu opsi input air untuk sistem pertanian. Untuk memenuhi kebutuhan air tumbuhan, air pengairan diberikan ke tanah pertanian, tetapi harus digunakan dengan benar. Sebenarnya, operasi pengairan menyebabkan boros air meningkat, yang mengakibatkan peningkatan kebutuhan ekonomi. Karena air saat ini masih banyak yang membeli melalui satuan daya tampung, keinginan untuk air berdampak pada pengeluaran ekonomi agrobisnis. Dengan demikian, penggunaan air secara puncak memberikan manfaat bagi agrobisnis. Sementara sistem pengairan perpipaan dan pengairan otomatis baru-baru ini digunakan, banyak sistem pengairan tengah menggunakan gerakan buka-tutup pengairan terbuka.

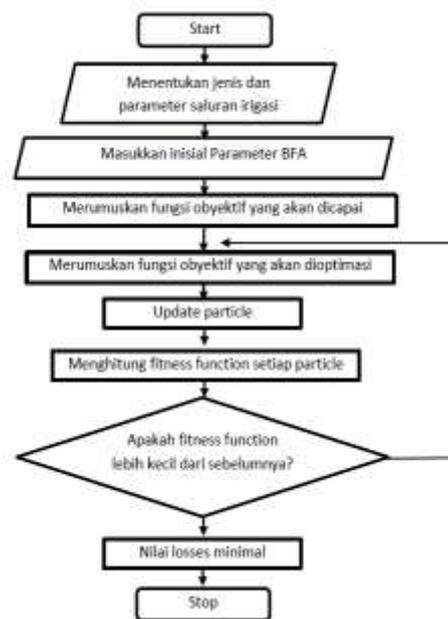
Hasil survei menunjukkan bahwa banyak masalah terus muncul, terutama kekurangan air pengairan di bagian ambang. Hal ini disebabkan oleh sistem pengairan yang tidak terkendali, yang menyebabkan penimbunan kotoran yang menyebabkan pipa sering tersendat. Selain itu, pengairan otomatis mengalami banyak kekalutan di bagian instalasi pemeriksaan dan memiliki reaksi waktu pengairan yang kurang puncak. Situasi seperti ini menunjukkan aturan pertanian di sektor agrobisnis yang merugikan bagi konsumen air pengairan, terutama dalam situasi keterbatasan air. Untuk menggantikan pemecahan di atas, perlu dilakukan penelitian tentang cara instalasi yang lebih efisien, pengawasan otomatis, dan akurasi yang lebih besar. Dengan sistem kontrol air pengairan yang serupa, penelitian ini diharapkan dapat menemukan cara lain untuk menekan biaya untuk kebutuhan air dan level ketinggian air yang diinginkan (Parwanti *et al.*, 2021) (Muhlasin *et al.*, 2020). Dalam penelitian ini dikembangkan sistem kendali irigasi dengan PID sebagai pengendalian sistem kontrol irigasi secara otomatis. Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan efisiensi irigasi pada sistem irigasi otomatis.

Analisa sistem, penyusunan, aplikasi, pengesanan, eksperimen, dan analisis eksperimen adalah beberapa tahapan yang digunakan untuk menguji penelitian ini. Langkah analisa sistem membahas semua kebutuhan untuk membuat dan menggunakan sistem pengairan otomatis, termasuk pengenalan masalah, pengawasan pengairan, pemeriksaan air tingkat, dan Matlab 2013b. Langkah penyusunan sistem pengairan juga mencakup pembuatan perangkat keras dan penggunaan. Sistem pengairan prototipe dirancang dengan dua gulungan, dengan tiap blok berukuran 80 cm, 100 cm, dan 50 cm. Setiap gulungan memiliki dua sumber air pada denah kanan dan kiri, dengan ukuran 10 cm, 100 cm, dan 50 cm, seperti yang ditunjukkan pada gambar konsep prototipe dan penampang melintang.

Penyusunan aplikasi yang dicoba mencakup kedua pembuatan aplikasi pengairan otomatis dan imitasi bentuk pengairan otomatis. Penyusunan perangkat keras sistem pengairan ini termasuk penggunaan pemrograman Visual Basic dan pembuatan pemrograman pada Matlab 2013b, serta pemeriksaan tingkat air, pemeriksaan kadar air tanah, selenoid valve.

2. METODE

Alur penelitian dapat dilihat pada flowchart dibawah ini:



Gambar 1. Diagram alir rekonfigurasi

A. Saluran Irigasi

Saluran irigasi dapat terdiri dari berbagai jenis, seperti:

1. Saluran Terbuka: Saluran seperti sungai, parit, dan kanal terbuka di permukaan tanah.
2. Saluran Tertutup: Saluran yang sepenuhnya atau sebagian tertutup, biasanya terbuat dari pipa atau saluran beton bawah tanah.
3. Saluran Primer: Saluran utama yang membawa air ke daerah irigasi dari sumber air besar, seperti sungai atau danau.
4. Saluran Sekunder adalah saluran yang mengalir air ke area pertanian atau lahan yang lebih kecil dari saluran primer.
5. Saluran Distribusi: Saluran yang mengalir air ke bidang pertanian atau kebutuhan air lainnya dari saluran sekunder.
6. Saluran Lateral: Saluran kecil yang terhubung ke saluran distribusi untuk mengirimkan air ke lokasi tertentu, seperti baris tanaman.
7. Saluran Sub-Irigasi: Ini adalah saluran yang mengarahkan air ke dalam tanah dan mengalir langsung ke akar tanaman.

Dalam pertanian, saluran irigasi sangat penting karena memastikan pasokan air yang cukup untuk

tanaman, yang pada gilirannya mempengaruhi hasil panen dan produktivitas pertanian secara keseluruhan. Untuk memastikan distribusi air yang tepat dan penggunaan sumber daya yang berkelanjutan, sangat penting untuk menjaga saluran irigasi dirawat dengan baik dan dioperasikan dengan benar (Haryani, Wardoyo and Hidayat, 2015).

B. Model Aliran Air

Pergerakan air dari kondisi kering kebasah sebab akumulasi pengairan dengan 2 saluran pengairan pada kanan serta kiri profil dengan jarak S . Diasumsikan kondisi yang harmonis, aspek kelok bisa terbuat diantara kedua saluran buat melukiskan wajah air tanah. Bentuk gerakan air tanah pada sesuatu akuifer dengan masukan air dari infiltrasi.

$$S \frac{\delta \phi}{\delta t} = T \left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} \right) + I \quad (1)$$

Dimana:

- S = storativitas
- T = transmisivitas
- x, y = jarak pada arah y dan x
- I = laju infiltrasi
- ϕ = head piezometrik

$$S \frac{\delta h}{\delta t} = T \left(\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \right) + q \quad (2)$$

Buat akumulasi konsep gorong-gorong di dalam tanah, selaku jalan pengaliran air biar lebih segera menyeluruh mengalir tanah, hingga bisa memakai struktur perbandingan satu format sebagai berikut:

$$h_x^{t+1} = h_x^t + q \frac{\Delta t}{S} + \alpha (h_{x-1}^t + h_{x+1}^t - 2h_x^t) \quad (3)$$

$$\alpha = t \frac{\Delta t}{S \Delta x^2} \quad (4)$$

C. Rekonfigurasi Saluran

Konfigurasi saluran irigasi bentuknya sangat beragam dan sulit untuk disederhanakan. Rekonfigurasi saluran irigasi digunakan untuk mengatur ulang bentuk konfigurasi saluran dengan jalan membuka dan menutup switch yang terdapat pada jaringan. Ini digunakan untuk mengurangi rugi-rugi volume air pada jaringan irigasi sehingga efisiensi air yang disalurkan meningkat dan konsumen dapat dilayani dengan baik. Hasil konfigurasi dapat diperoleh hasil analisa aliran air dan volume air dalam jaringan. Karena banyaknya saluran dan titik percagangan pada jaringan, jika dihitung secara manual akan sulit dan memerlukan waktu yang sangat lama, sehingga penyelesaian permasalahan harus diselesaikan dengan rekonfigurasi menggunakan Artificial Intelegent (AI).

Beberapa metode rekonfigurasi digunakan dalam aplikasi jaringan, diantaranya menggunakan Binary Firefly Algorithm (BFA) (Diana Mulya Dewi *et al.*, 2020), Modified Imperialis Competitif Algorithm (MICA) (Ali *et al.*, 2020), dan Modified Firefly Algorithms (MFA) (Nurohmah, Raikhani and Ali, 2017) dalam jaringan.

D. Binary Firefly Algorithm (BFA)

Binary Firefly Algorithm merupakan pengembangan dari metode algoritma firefly. Pengembangan yang dilakukan adalah data masukan dan keluaran berupa data binary yaitu "0" dan "1". Data keluaran pada Binary Firefly Algorithm berupa data binary sehingga perlu fungsi tambahan yaitu fungsi sigmoid. Fungsi sigmoid seperti persamaan:

$$S(x_i) = \frac{1}{1 + \exp(-x_i)} \quad (5)$$

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{if } S(x_i) > r \\ 0, & \text{---} \end{cases} \quad (6)$$

Firefly algorithm atau algoritma kunang-kunang merupakan algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku berkedip kunang-kunang. Tujuan utama dari perilaku berkedip kunang-kunang adalah untuk menarik kunang-kunang yang lain.

Algoritma kunang-kunang dikembangkan oleh Dr Xin-She Yang di Universitas Cambridge pada tahun 2007. Dr Xin-She Yang merumuskan algoritma kunang-kunang sebagai berikut (Okwu and Tartibu, 2021) (Yelghi and Köse, 2018) :

1. Semua kunang-kunang itu unisex sehingga suatu kunang-kunang akan tertarik pada kunang-kunang yang lain.
2. Daya tarik kunang-kunang sebanding dengan tingkat kecerahan kunang-kunang. Kunang-kunang dengan tingkat kecerahan yang lebih rendah akan tertarik dan bergerak menuju ke kunang-kunang dengan tingkat kecerahan yang lebih tinggi. Tingkat kecerahan dipengaruhi oleh jarak dan cahaya akibat cuaca.
3. Kecerahan atau intensitas cahaya kunang-kunang ditentukan oleh nilai fungsi tujuan dari masalah yang diberikan. Intensitas cahaya sebanding dengan nilai fungsi tujuan untuk masalah optimisasi (Nurohmah, Raikhani and Ali, 2017).

Proses rekonfigurasi dengan BFA dapat dirumuskan sebagai berikut:

a. Keatraktifan Firefly

Ada dua hal yang sangat penting dalam firefly algorithm yaitu intensitas cahaya dan fungsi keatraktifan. Tingkat keatraktifan kunang-kunang dipengaruhi oleh tingkat intensitas cahaya. Fungsi keatraktifan terlihat pada persamaan:

$$\beta(r) = \beta_0 * e(-\gamma r^m), \quad (m \geq 1) \quad (7)$$

Nilai keatraktifan kunang-kunang (β) dipengaruhi oleh nilai intensitas cahaya (γ) (Ali *et al.*, 2022).

b. Jarak Antar Firefly

Jarak antara kunang-kunang i dan j pada lokasi x , x_i dan x_j dapat ditentukan ketika dilakukan peletakan titik dimana kunang-kunang tersebut disebar secara random. Jarak antar kunang-kunang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (8)$$

Dimana selisih dari koordinat lokasi kunang-kunang i terhadap kunang-kunang j merupakan jarak diantara kedua kunang-kunang (rij).

c. Pergerakan Firefly

Pergerakan kunang-kunang i yang bergerak menuju tingkat intensitas cahaya yang terbaik dapat dilihat melalui persamaan:

$$x_{i\text{baru}} = x_i + \beta_0 * e(-\gamma r_{ij}^2) * (x_i - x_j) + \alpha * (\text{rand} - \frac{1}{2}) \quad (9)$$

Dimana pergerakan kunang-kunang (xi baru) dapat dipengaruhi oleh posisi awal kunang-kunang (xi), tingkat keatraktifan (β), keadaan cuaca atau lingkungan (γ) dan jarak antar kunang-kunang (xi-xj)(Ali et al., 2019)(Ali et al., 2022).

d. Parameter BFA

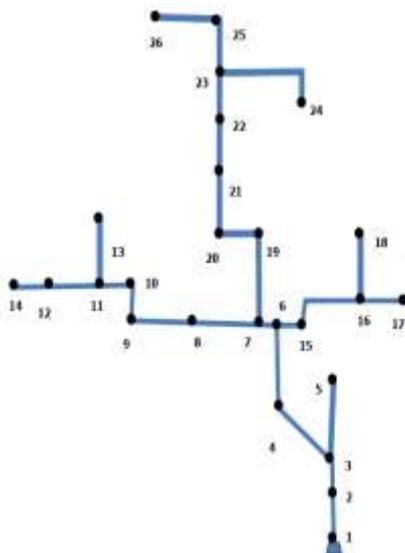
Parameter BFA yang digunakan dalam penelitian ini seperti pada Tabel 1:

Tabel 1. BFA Parameters

BFA Parameters	Value
β	0.5
α	0.5
γ	0.5
Dimension	3
Number of fireflies	50
Maximum iteration	50

3. PEMBAHASAN

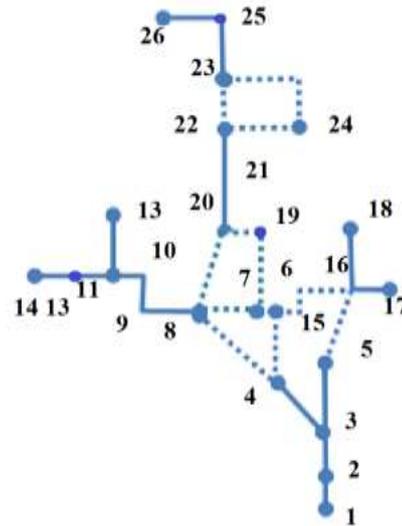
Konfigurasi saluran irigasi dapat disimulasikan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Konfigurasi saluran sebelumnya

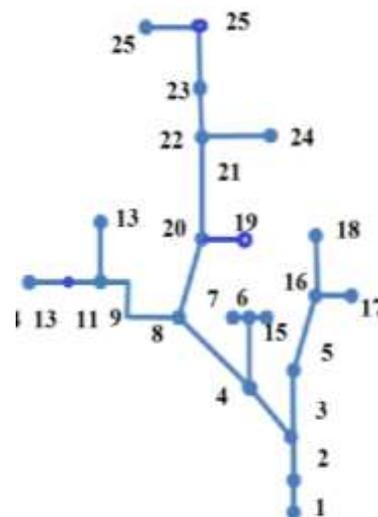
Dengan memasukkan parameter saluran dan BFA kedalam rumus (7), (8), dan (9), kemudian dibuatkan alternative berupa 4 buah loop yang akan dipakai sebagai acuan optimasi

Dari saluran diatas, dibuat 4 buah loop; [6 7 10 19 27]; [4 8 7 15 28]; [3 4 5 15 29]; dan [4 8 15 26 30]. Saluran awal terputus pada saluran 27 28 29 30, setelah rekonfigurasi didapatkan jaringan dengan profie saluran diputus pada 6 7 15, dan 26. Sehingga terbentuk saluran baru seperti gambar pada nomor 2.



Gambar 3. Konfigurasi Alternatif

Program matlab akan mencari konfigurasi terbaik dari beberapa alternative saluran air. Program matlab akan membuka salah satu saluran, kemudian dihitung kerugian debitnya, setelah ini saluran ditutup lagi, membuka saluaran lainnya, dihitung dan pindah satu saluran lainnya, secara bergantian, kemudian dipilih dan dicatat. Gambar 3 berikut merupakan hasil konfigurasi 26 KANAL yang didapatkan.



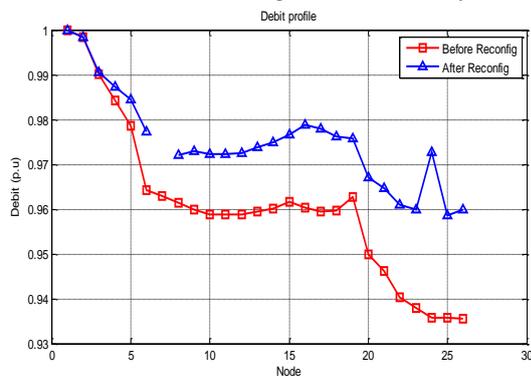
Gambar 4. Hasil Konfigurasi

Hasil running program terbaik didapatkan hasil debit air seperti pada Tabel 2 dan Gambar 5 dibawah.

Tabel 2. Simulink hasil output irigasi sistem.

**** SIMULATON RESULTS OF IRRIGATION WATER CHANNELS ****			
	BEFORE RECONFIGURTION		AFTER RECONFIGURATION
Tie switches:	27	28 29 30	6 7 15 24 26
Debit loss:	89,724 m3		50,7355 m3
Debit loos reduction:	--		43,4538 %
Minimum debit	0,93557 pu		0,95849 pu

Dengan mengubah arah aliran air, didapatkan terjadi pengurangan kehilangan air dari saluran dari 89,724 m³ setelah rekonfigurasi kehilangan air sebesar 50,7355 m³, jadi bias mereduksi kehilangan air 43,4538% dari kehilangan air sebelumnya.

**Gambar 5.** Profile output irigasi sistem.

Setelah membuka dan menutup switch secara acak sampai konvergen, didapatkan hasil konfigurasi saluran sebagai berikut:

Keran membuka sebelum rekonfigurasi adalah pada line 27, 28, 29, 30. Setelah rekonfigurasi switch yang membuka adalah 6, 7, 15, 21.

Sebelum rekonfigurasi terdapat losses debit sebesar 89,724 m³, sesudah rekonfigurasi menjadi sebesar 50,7355 m³. Debit minimum sebelum rekonfigurasi sebesar 0,93557 pu, setelah rekonfigurasi menjadi 0,95849 pu. Sehingga dengan merekonfigurasi saluran dengan BFA dapat mereduksi losses debit air sebesar 43,4538 %

4. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa pada sistem irigasi dengan metode rekonfigurasi BFA dapat mereduksi lossis debit air secara signifikan. Hasil debit air terjauh dapat diperkecil pada model rekonfigurasi dengan metode BFA. Sehingga dengan merekonfigurasi saluran dengan BFA dapat mereduksi losses debit air sebesar 43,4538 %. Hasil penelitian ini dapat dipakai sebagai rujukan dalam optimisasi sistem irigasi dengan metode dan bentuk irigasi lainnya.

PUSTAKA

Ali, M. *Et Al.* (2019) 'Design Of Water Level Control Systems Using Pid And Anfis Based On Firefly Algorithm', *JEEMecs (Journal Of Electrical Engineering, Mechatronic And Computer Science)*, 2(1). Available At: <https://doi.org/10.26905/Jeemecs.V2i1.2804>.

Ali, M. *et al.* (2020) 'Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Di Penyulang Purwoasri Berbasis Modified Imperialist Competitive Algorithms (MICA)', *Jurnal FORTECH*, 1(2), pp. 74–78. Available at: <https://doi.org/10.32492/fortech.v1i2.227>.

Ali, M. *et al.* (2022) 'Determination of the parameters of the firefly method for PID parameters in solar panel applications', *SINERGI*, 26(2), p. 265. Available at: <https://doi.org/10.22441/sinergi.2022.2.016>.

Diana Mulya Dewi *et al.* (2020) 'Rekonfigurasi Jaringan Menggunakan Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) Pada Penyulang Suryagraha', *Jurnal JEETech*, 1(1), pp. 22–30. Available at: <https://doi.org/10.48056/jeetech.v1i1.4>.

Haryani, T., Wardoyo, W. and Hidayat, A. (2015) 'PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DI SALURAN IRIGASI MATARAM', *Jurnal Hidroteknik*, 1(2), p. 75. Available at: <https://doi.org/10.12962/jh.v1i2.1672>.

Muhlasin *et al.* (2020) 'Optimization of Water Level Control Systems Using ANFIS and Fuzzy-PID Model', in *2020 Third International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE)*. IEEE, pp. 1–5. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICVEE50212.2020.9243229>.

Nurohmah, H., Raikhani, A. and Ali, M. (2017) 'Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Menggunakan Modified Firefly Algorithms (MFA) Pada Penyulang Tanjung Rayon Jombang', *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, 1(2), pp. 45–48. Available at: <https://doi.org/10.21070/jeee-u.v1i2.1064>.

Okwu, M.O. and Tartibu, L.K. (2021) 'Firefly Algorithm', in *Studies in Computational Intelligence*, pp. 61–69. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-61111-8_7.

Parwanti, A. *et al.* (2021) 'Modified Firefly Algorithm for Optimization of the Water Level in the Tank', in *2021 3rd International Conference on Research and Academic Community Services (ICRACOS)*. IEEE, pp. 113–116. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICRACOS53680.2021.9701981>.

Yelghi, A. and Köse, C. (2018) 'A modified firefly algorithm for global minimum optimization', *Applied Soft Computing Journal*, 62, pp. 29–44. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.10.032>.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN