

Penerapan Algoritma *Particle Swarm Optimization* dalam Meningkatkan Kualitas Layanan *Routing* Pada Jaringan *Wireless*

Syahrul Usman^{*1}, Rofiq Harun², Sudirman Melangi³, Muh Halqi Ashar Monoarfa⁴

Fakultas MIPA, Ilmu Komputer, Universitas Pancasakti Makassar, Makassar, Indonesia

Fakultas Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Ichsan Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

Fakultas Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Ichsan Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

Fakultas Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Ichsan Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

Email: syahrul.usman@unpacti.ac.id, Halqi.monoarfa2431@gmail.com, rofiqharun18@gmail.com, odiemelangi@gmail.com

Abstrak - Penelitian ini dapat bertujuan mengetahui hasil proses Penerapan Algoritma PSO dalam meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless*. Dalam penelitian ini menggunakan software pendukung yaitu *Python*, *GNS3*, *Wireshark*. Dalam tahapan penelitian ini meliputi tahap pengujian sistem, pengembangan, desain, dan analisis. Pengujian dan penelitian ini dilakukan menggunakan jaringan nirkabel (*wireless network*) yang digunakan di lingkungan objek pengadaan internet. Dalam konteks ini, jaringan nirkabel tersebut menjadi objek utama yang akan ditingkatkan kualitas layanannya melalui penggunaan algoritma *PSO* dalam pengaturan *routing*. Dengan demikian, algoritma *PSO* berhasil menentukan rute optimal dengan total *Delay* terkecil yang diperoleh oleh Partikel. *PSO* bukan hanya menghasilkan solusi yang lebih optimal dibandingkan dengan pendekatan manual atau *default*, tetapi juga memungkinkan eksplorasi berbagai kemungkinan solusi secara efisien.

Kata Kunci: Algoritma *PSO*, *Wireless*, *Python*, *GNS3*, *Wireshark*

Abstract This research aims to find out the results of applying the *PSO* algorithm in improving the quality of routing services on wireless networks. It employs supporting software, namely *Python*, *GNS3*, and *Wireshark*. The research stages are system testing, development, design, and analysis. Testing and research are conducted using a wireless network (*wireless network*) applied to the internet procurement object environment. In this context, the wireless network is the main object to improve the quality of service through the *PSO* algorithm in routing settings. Thus, the *PSO* algorithm determines the optimal route with the smallest total *Delay* obtained by the particles. The *PSO* not only produces more optimal solutions compared to manual or default approaches but also allows efficient exploration of possible solutions

Keywords: *PSO* algorithm, *Wireless*, *Python*, *GNS3*, *Wireshark*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (*Artifisial Intelegensi* – AI) memiliki peranan besar dalam meningkatkan kualitas dan mutu pendidikan, di berbagai tingkat pendidikan, mulai dari pendidikan anak usia dini hingga pendidikan tinggi. Teknologi AI dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan suatu materi pembelajaran yang lebih interaktif, seperti simulasi, permainan edukatif, dan konten multimedia yang disesuaikan dengan kebutuhan individu.[1] Pemanfaatan teknologi AI dalam dunia pendidikan ini tentunya membutuhkan ketersediaan jaringan nirkabel (*wireless*) yang stabil dan kuat. Jaringan *wireless* memungkinkan tersedianya akses internet universal di seluruh lingkungan objek pengadaan internet, sehingga individu dan guru dapat mengakses informasi, sumber daya pendidikan, dan materi pembelajaran secara *online*. Berdasarkan observasi awal yang dilakukan oleh peneliti, permasalahan yang sering dihadapi adalah kapasitas jaringan yang tidak memadai. Ketika terlalu banyak pengguna terhubung secara bersamaan, kecepatan internet dapat menurun drastis atau bahkan putus koneksi. Hal ini menghambat akses ke sumber daya pembelajaran online dan mengganggu kelancaran proses pembelajaran. Hal ini biasanya disebabkan akibat dari cakupan jaringan pada suatu objek terbatas, di mana dalam ruang ruang publik keadaan dan pengadaan jaringan hanya pada bagian bagian tertentu. Akibatnya pengguna yang berada di area tertentu dalam suatu objek tempat mengalami kesulitan dalam mengakses internet. Permasalahan *coverage area* yang tidak merata dan tingginya nilai *delay* tersebut disebabkan penempatan *access point/router* di tengah-tengah ruangan atau *access point* yang menumpuk di satu titik [2]. Dengan menggunakan serangkaian aturan dan protokol, algoritma *routing* dapat menentukan jalur terbaik untuk mengirimkan paket data dari satu titik ke titik lain dalam jaringan. Algoritma *routing* menggunakan informasi yang diberikan oleh protokol lain, seperti protokol IP

(Internet Protocol), untuk menentukan jalur yang tepat untuk paket data. Jaringan yang lebih besar memerlukan algoritma *routing* yang lebih canggih untuk dapat mengelola jumlah data yang lebih besar dan mencari jalur terbaik untuk paket data. Salah satu algoritma *routing* yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas layanan jaringan *wireless* di objek pengadaan internet adalah algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)*. Algoritma PSO dapat digunakan untuk mengoptimalkan rute komunikasi antara perangkat di seluruh objek pengadaan internet, sehingga data dapat mengalir lebih efisien dan dengan kualitas yang lebih baik. Algoritma PSO akan melakukan perhitungan lokasi simpul yang akurat. Dalam hal ini sejumlah *router* harus mencakup semaksimal mungkin luas wilayah *Wireless Mes Network Infrastruktur (WMNI)*, yaitu letak pemasangan titik akses dan *router*. [3] Berdasarkan uraian tersebut, maka peneliti tertarik melakukan suatu penelitian yang menganalisis tentang penerapan algoritma PSO dalam upaya meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless* di lingkungan objek pengadaan internet. Penelitian yang akan peneliti lakukan berjudul “Penerapan Algoritma *Particle Swarm Optimization* dalam Meningkatkan Kualitas Layanan *Routing* pada Jaringan *Wireless*”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)*

Algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* adalah salah satu algoritma optimasi yang digunakan untuk pengambilan keputusan atau pencarian jalur. PSO mengoptimasi permasalahan dengan menggerakkan partikel (calon solusi) di dalam ruang permasalahan menggunakan fungsi tertentu untuk posisi dan kecepatan partikel. [4]

2.2. Peningkatan Kualitas Layanan *Routing*

Peningkatan kualitas layanan *routing* dapat dilakukan dengan melakukan optimisasi. Optimisasi adalah kondisi atau hasil terbaik yang dapat diperoleh dari suatu proses atau sistem yang ditentukan oleh kriteria yang telah ditentukan.

2.3. Jaringan *Wireless*

Jaringan nirkabel (*wireless network*) adalah jenis jaringan komunikasi yang menggunakan gelombang radio atau sinyal inframerah untuk mengirim data antara perangkat tanpa perlu kabel fisik sebagai penghubung. Ini memungkinkan perangkat seperti komputer, *smartphone*, *tablet*, *printer*, dan perangkat lainnya untuk terhubung ke jaringan dan berkomunikasi satu sama lain tanpa harus terhubung melalui kabel Ethernet atau fisik serupa. [5]

2.4. *Routing* pada Jaringan *Wireless*

Routing pada jaringan *wireless* adalah proses pengiriman data maupun informasi dengan meneruskan paket data yang dikirim dari satu jaringan ke jaringan lainnya. Dalam konteks jaringan *wireless*, router bertugas menghubungkan perangkat elektronik ke jaringan internet. Proses ini dikenal sebagai *routing*, di mana router mengirim data, informasi, dan koneksi internet ke berbagai perangkat elektronik. [5].

2.5. *Delay*

Delay dalam konteks jaringan merujuk pada waktu yang diperlukan untuk mengirimkan paket data dari pengirim ke penerima dan sebaliknya. Dengan kata lain, *Delay* menggambarkan penundaan yang terjadi selama proses transfer data. Untuk menentukan nilai *Delay* transmisi dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Delay = (N - 1) \frac{L}{R} \quad (1)$$

Keterangan :

L = Panjang sebuah paket

R = Transmisi rate

N = Total paket

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode *Research & Development*, yaitu metode penelitian yang menghasilkan produk (dapat berupa model atau modul atau yang lainnya), atau menyempurnakan produk yang sudah ada, dalam bidang keahlian tertentu, serta menguji keefektifan produk tersebut. Metode *Research & Development* ini dapat digunakan oleh peneliti diantaranya dalam menemukan sebuah model maupun mengembangkan sebuah model.[6] Peneliti mengembangkan suatu model yang merupakan penerapan algoritma penerapan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* dalam meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless*.

3.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu Pertama, Studi Kepustakaan (*Library Research*) Melakukan studi kepustakaan untuk mengumpulkan data-data terkait tema penelitian, dengan cara membaca buku-buku dan jurnal penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini, seperti buku-buku tentang algoritma PSO, *wireless*, dan referensi lain terkait penelitian. Kedua, Observasi suatu proses yang kompleks, yang tersusun dari proses-proses pengamatan dan ingatan, yang digunakan bila penelitian berkenaan dengan perilaku manusia, proses kerja, gejala-gejala alam, dan bila responden yang diamati tidak terlalu besar.

3.2 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode *Research & Development*.

1. Tahap Observasi

Tahap observasi yaitu mencari informasi dan mengumpulkan data yang relevan tentang jaringan *wireless* objek pengadaan internet. Data ini dapat mencakup informasi tentang topologi jaringan, lokasi *access point* (AP), jarak antar perangkat, dan informasi konfigurasi jaringan lainnya

2. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini peneliti melakukan identifikasi permasalahan, menentukan tujuan, serta mempersiapkan perangkat *hardware* dan *software* yang dibutuhkan dalam pembangunan atau pengembangan model atau produk pada penelitian ini.

3. Tahap Perancangan

Tahap perancangan pada penelitian ini adalah perancangan desain maupun sistem penerapan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* dalam meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless*.

4. Tahap Pembuatan

Tahap pembuatan merupakan eksekusi dari dari perancangan dengan menyatukan komponen alat dan bahan untuk pembangunan atau pengembangan model atau produk, sesuai dengan rancangan desain yang telah ditentukan.

5. Tahap Pengujian

Tahap pengujian digunakan oleh peneliti untuk mengetahui kelayakan dan efektivitas model atau produk yang dikembangkan oleh peneliti. Apabila belum berjalan sesuai keinginan maka dilakukan observasi ulang untuk mengetahui apakah perlu dilakukan perbaikan atau perancangan ulang.

6. Tahap Evaluasi

Tahap penilaian ini digunakan peneliti untuk menilai tingkat ketepatan atau keakuratan model atau produk yang dihasilkan. Dalam hal ini tahapan evaluasi dilakukan untuk menganalisis sejauh mana keakuratan dan keefektifan hasil dari penerapan algoritma *Particle Swarm Optimazation (PSO)* dalam meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless*.

7. Tahap Penulisan Laporan

Tahap akhir dari penelitian ini adalah penulisan laporan hasil penelitian, yang kemudian hari dapat dipelajari dan dikembangkan agar menjadi lebih baik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

a. Membangkitkan *Delay Time*

Data *Delay time* diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan GNS3, sebuah simulator jaringan. Setiap pasangan node dalam jaringan diukur *Delay* -nya, yang kemudian akan digunakan sebagai matriks *Delay*.

Tabel 4.1 Populasi awal *Delay time* (jarak)

	Node 1	Node 2	Node 3	Node 4	Node 5
Node 1	0	0,000891	0,000808	0,000429	0,000407
Node 2	0,000891	0	0,000907	0,000576	0,000525
Node 3	0,000808	0,000907	0	0,000576	0,00062
Node 4	0,000429	0,000576	0,000576	0	0,000436
Node 5	0,000407	0,000525	0,00062	0,000436	0

Dalam algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO), populasi awal sering dibangkitkan menggunakan bilangan *random* untuk memastikan keragaman awal dalam solusi yang mungkin. Pendekatan ini membantu algoritma menjelajahi berbagai area dalam ruang solusi, meningkatkan peluang menemukan solusi optimal.

b. Pembangkitan Nilai *Random*

Langkah-langkah pembangkitan populasi awal menggunakan bilangan *random* yaitu pada rute awal setiap partikel dalam populasi dibangkitkan menggunakan bilangan *random* antara 0 dan 1. Bilangan *random* ini digunakan untuk menentukan urutan node dalam rute. Misalnya, jika peneliti memiliki 5 node dan 5 partikel, peneliti bisa menghasilkan bilangan *random* untuk menentukan urutan kunjungan.

Tabel 4.2 Nilai *random* yang dibangkitkan

	Node 1	Node 2	Node 3	Node 4	Node 5
P1	0	0.12973046	0.10728785	0.21872654	0.5374574
P2	0	0.06767175	0.7769591	0.26916154	0.30530206
P3	0	0.83731713	0.41536288	0.77221645	0.03179312
P4	0	0.72417576	0.54882327	0.1996828	0.76906924
P5	0	0.9004369	0.04373565	0.94235982	0.24015886

Dalam algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk *routing* jaringan *wireless*, populasi awal dibangkitkan menggunakan bilangan *random*. Setiap partikel dalam populasi diberikan serangkaian bilangan *random* yang kemudian diurutkan untuk menentukan rute potensial. Proses pengurutan bilangan *random* ini memastikan bahwa setiap node dikunjungi sekali dalam urutan tertentu, menghasilkan rute unik untuk setiap partikel.

c. Rute Baru Berdasarkan Nilai *Random*

Tabel 4.3 Rute Baru dari Nilai *random*

0	0.10728785	0.12973046	0.21872654	0.5374574
0	0.06767175	0.26916154	0.30530206	0.7769591
0	0.03179312	0.41536288	0.77221645	0.83731713
0	0.1996828	0.54882327	0.72417576	0.76906924
0	0.04373565	0.24015886	0.9004369	0.94235982

Partikel awal dan rute acak:

1	3	2	4	5
1	2	4	5	3
1	5	3	4	2
1	4	3	2	5
1	3	5	2	4

Dalam algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk *routing* jaringan *wireless*, proses pengurutan bilangan *random* adalah langkah awal untuk menentukan rute potensial yang akan diikuti oleh setiap partikel.

d. Pembentukan Rute Potensial (Partikel)

Setelah rute potensial dibentuk melalui proses pengurutan bilangan *random*, langkah selanjutnya adalah menghitung *Delay* total untuk setiap rute berdasarkan matriks *Delay* yang diperoleh dari GNS3. Misalkan peneliti menggunakan matriks *Delay* berikut untuk ilustrasi

Total *Delay* Partikel 1: Rute [1, 3, 2, 4, 5]

$Delay (1 \rightarrow 3) + Delay (3 \rightarrow 2) + Delay (2 \rightarrow 4) + Delay (4 \rightarrow 5)$

$= 0.000808 + 0.000907 + 0.000576 + 0.000436 = 0.002727$

$= 0.002727$

Partikel 2: Rute [1, 2, 4, 5, 3]

$Delay (1 \rightarrow 2) + Delay (2 \rightarrow 4) + Delay (4 \rightarrow 5) + Delay (5 \rightarrow 3)$

$= 0.000891 + 0.000576 + 0.000436 + 0.00062$

$= 0.002523$

Partikel 3: Rute [1, 5, 3, 4, 2]

$Delay (1 \rightarrow 5) + Delay (5 \rightarrow 3) + Delay (3 \rightarrow 4) + Delay (4 \rightarrow 2)$

$= 0.000407 + 0.00062 + 0.000576 + 0.000576$

$= 0.002179$

Partikel 4: Rute [1, 4, 3, 2, 5]

$Delay (1 \rightarrow 4) + Delay (4 \rightarrow 3) + Delay (3 \rightarrow 2) + Delay (2 \rightarrow 5)$

$$=0.000429+0.000576+0.000907+0.000525$$

$$=0.002437$$

Partikel 5: Rute [1, 3, 5, 2, 4]

$$Delay(1 \rightarrow 3) + Delay(3 \rightarrow 5) + Delay(5 \rightarrow 2) + Delay(2 \rightarrow 4)$$

$$=0.000808+0.00062+0.000525+0.000576$$

$$=0.002529$$

Sehingga berdasarkan perhitungan tersebut, berikut adalah total *Delay* untuk setiap partikel:

Partikel 1: 0.002727

Partikel 2: 0.002523

Partikel 3: 0.002179

Partikel 4: 0.002437

Partikel 5: 0.002529

Nilai *Delay* terkecil diperoleh oleh Partikel 3 dengan total *Delay* 0.002179. Oleh karena itu, nilai *gbest* adalah 0.002179, dan rute terbaik sesuai dengan *gbest* adalah rute dari Partikel 3, yaitu [1, 5, 3, 4, 2].

4.2 Update Kecepatan dan Posisi

Untuk menghitung formula *update* kecepatan pada semua partikel, peneliti akan menggunakan persamaan PSO yang telah disebutkan. Pertama-tama, peneliti perlu menentukan beberapa parameter:

Faktor inersia (w): 0.5 (sebagai contoh)

Koefisien akselerasi c_1 : 1.5 (sebagai contoh)

Koefisien akselerasi c_2 : 1.5 (sebagai contoh)

Bilangan *random* r_1 dan r_2 : akan dibangkitkan secara acak untuk setiap dimensi dari setiap partikel senilai 0,4 dan 0,6

Adapun *Gbest* (Nilai terbaik dari P3)

P3	0	0.83731713	0.41536288	0.77221645	0.03179312
-----------	---	------------	------------	------------	------------

Update Kecepatan dan Posisi Menggunakan persamaan kecepatan dan posisi:

$$V_{ij}^{(t+1)} = w \cdot V_{ij}^{(t)} + c_1 \cdot r_1 \cdot (p_{best_{ij}} - X_{ij}^{(t)}) + c_2 \cdot r_2 \cdot (g_{best_j} - X_{ij}^{(t)})$$

$$X_{ij}^{(t+1)} = X_{ij}^{(t)} + V_{ij}^{(t+1)}$$

1. Update Kecepatan (Update Velocity)

Tujuan dari *update* kecepatan dalam algoritma PSO adalah untuk menggerakkan setiap partikel dalam ruang pencarian dengan arah yang berpotensi menuju solusi yang lebih baik. Dengan menggabungkan informasi dari posisi terbaik pribadi (*pbest*) partikel tersebut dan posisi terbaik *Global* (*gbest*) dari seluruh partikel dalam populasi, *update* kecepatan memungkinkan partikel untuk mengeksplorasi ruang pencarian secara efektif. Hal ini memungkinkan partikel untuk mencapai daerah-daerah yang memiliki nilai-nilai objektif yang lebih baik, berkontribusi pada konvergensi menuju solusi yang optimal atau sub-optimal dari masalah yang sedang diselesaikan. Dengan kata lain, tujuan dari *update* kecepatan adalah untuk memandu pergerakan partikel menuju solusi yang lebih baik dalam ruang pencarian. Sehingga peneliti dapat menghitung *update* kecepatan untuk setiap partikel pada setiap node.

Node 1: 0.05

Node 2: 0.89361369

Node 3: 0.428233565

Node 4: 0.839215982

Node 5: 0.102635886

2. Update Rute Potensial

Untuk setiap partikel, peneliti akan membagi setiap nilai dengan jumlah total dari nilai-nilai tersebut untuk mendapatkan nilai antara [0,1]. Setelah itu, peneliti urutkan nilai-nilai tersebut dari yang terkecil untuk menentukan rute potensial.

$$\text{Node 1} = \frac{0.05}{2.313699123} = 0.02160$$

$$\text{Node 2} = \frac{0.89361369}{2.313699123} = 0.38618$$

$$\text{Node 3} = \frac{0.428233565}{2.313699123} = 0.18503$$

$$\text{Node 4} = \frac{0.839215982}{2.313699123} = 0.36264$$

$$\text{Node 5} = \frac{0.102635886}{2.313699123} = 0.04437$$

Rute Potensial: **1, 5, 3, 4, 2**

4.3 Evaluasi Rute dan Memilih Pbest serta Gbest

Evaluasi Jarak Rute

Untuk evaluasi, peneliti hitung jarak total dari setiap rute yang dihasilkan oleh partikel:

Partikel 1: Rute 1-3-2-4-5

$$\text{Jarak} = 0.000808 + 0.000907 + 0.000576 + 0.000436 = 0.002727$$

Partikel 2: Rute 1-2-4-5-3

$$\text{Jarak} = 0.000891 + 0.000679 + 0.000792 + 0.000436 = 0.002798$$

Partikel 3: Rute 1-5-3-4-2

$$\text{Jarak} = 0.000892 + 0.000912 + 0.000893 + 0.000790 = 0.003487$$

Partikel 4: Rute 1-5-3-4-2

$$\text{Jarak} = 0.000899 + 0.000911 + 0.000876 + 0.000790 = 0.003476$$

Partikel 5: Rute 1-5-3-4-2

$$\text{Jarak} = 0.000901 + 0.000910 + 0.000893 + 0.000788 = 0.003492$$

Menentukan Pbest dan Gbest

Pbest untuk setiap partikel adalah rute potensial awal yang memiliki jarak total minimum:

Partikel 1: Rute 1-3-2-4-5 dengan jarak 0.002727

Partikel 2: Rute 1-2-4-5-3 dengan jarak 0.002798

Partikel 3: Rute 1-5-3-4-2 dengan jarak 0.003487

Partikel 4: Rute 1-5-3-4-2 dengan jarak 0.003476

Partikel 5: Rute 1-5-3-4-2 dengan jarak 0.003492

Evaluasi rute dan pemilihan *personal best* (pbest) serta *Global best* (gbest) merupakan langkah penting dalam algoritma PSO untuk menentukan kualitas solusi yang dihasilkan oleh setiap partikel dan seluruh populasi. Gbest

adalah rute dengan jarak minimum di antara semua *Pbest* dimana peneliti menemukan rangkaian *Gbest* adalah pada Rute 1-3-2-4-5 dengan jarak 0.002727

5. KESIMPULAN

Algoritma PSO berhasil menentukan rute optimal dengan total *Delay* terkecil yang diperoleh oleh Partikel. Perbandingan antara hasil manual dan hasil menggunakan PSO menunjukkan bahwa algoritma PSO lebih efektif dalam mengurangi total *Delay time*. Rute *default* menghasilkan total *Delay* sebesar **0.002535**, sementara rute optimal yang ditemukan oleh PSO memiliki total *Delay* sebesar **0.002179**, menunjukkan penurunan *Delay* sebesar sekitar 14.04%. sehingga dapat disimpulkan optimasi rute dengan PSO berhasil menghasilkan rute-rute optimal dengan mempertimbangkan matriks *Dela time* antar node dalam jaringan *wireless*. Melalui iterasi yang berulang, PSO secara mampu memperbarui posisi partikel untuk mencari solusi yang lebih baik. Adapun PSO bukan hanya menghasilkan solusi yang lebih optimal dibandingkan dengan pendekatan manual atau *default*, tetapi juga memungkinkan eksplorasi berbagai kemungkinan solusi secara efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zinnurain, "Pengembangan E-Modul Pembelajaran Interaktif Berbasis Flip Pdf Corporate Edition Pada Mata Kuliah Manajemen Diklat," Acad. J. Inov. Ris. Akad., Vol. 1, No. 1, 2021.
- [2] J. G. Daud, N. Lumondo, And A. Mokotoloy, "Potensi Tenaga Surya Sebagai Energi Alternatif Di Masa Depan," Vol. 7, Pp. 4966–4969, 2023
- [3] P. W. Santika, C. Machbub, A. Indrayanto, And I. S. Suwardi, "Implementasi Algoritma Particle Swarm Optimization Untuk Penentuan Posisi Optimum Router-Router Campus-Wide Wmn," In Konferensi Dan Temu Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi Untuk Indoneisa, Bandung: E-Indonesia Initiative, 2010.
- [4] Mooduto, S., Labolo, A. Y., Bode, A., & Drajana, I. C. R. (2022). Algoritma Backpropagation Menggunakan Pso Prediksi Penerimaan Retribusi Peminjaman Rumah Adat Dulohupa. *Jurnal Tecnoscienza*, 6(2), 347-360.
- [5] Drajana, Ivo Colanus Rally, And Andi Bode. "Simulasi Jaringan Menggunakan Cisco Packet Tracer." *Simtek: Jurnal Sistem Informasi Dan Teknik Komputer* 6.1 (2021): 24-27.
- [6] Simanjuntak, Uki, Et Al. "Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis Problem Based Learning (Pbl) Pada Materi Impuls Dan Momentum Kelas Xi Sma." *Jurnal Penelitian Fisikawan* 6.2 (2023): 1-16..