

**PENERAPAN ALGORITMA *PARTICLE SWARM  
OPTIMIZATION* DALAM MENINGKATKAN  
KUALITAS LAYANAN *ROUTING*  
PADA JARINGAN WIRELESS**

**Oleh**  
**MUH HALQI ASHAR MONOARFA**  
**T3120010**

**SKRIPSI**

**Untuk memenuhi salah salah satu syarat ujian  
guna memperoleh gelar Sarjana**



**PROGRAM SARJANA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UNIVERSITAS IHSAN GORONTALO  
GORONTALO  
2024**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

### PENERAPAN ALGORITMA *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* DALAM MENINGKATKAN KUALITAS LAYANAN *ROUTING* PADA JARINGAN *WIRELESS*

Oleh

MUH HALQI ASHAR MONOARFA

T3120010

SKRIPSI

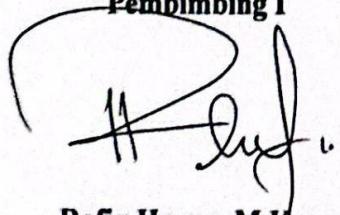
Untuk memenuhi Salah Satu Syarat ujian

Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pada Universitas Ichsan

Dan telah disetujui oleh Tim Pembimbing Pada Tanggal

Gorontalo, ..... 2024

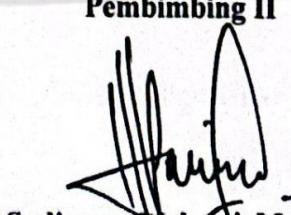
Pembimbing I



Rofiq Harun, M.Kom.

NIDN. 0919048404

Pembimbing II



Sudirman Melangi, M.Kom

NIDN, 0908017702

## PENGESAHAN SKRIPSI

### PENERAPAN ALGORITMA *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* DALAM MENINGKATKAN KUALITAS LAYANAN *ROUTING* PADA JARINGAN *WIRELESS*

Oleh :

MUH HALQI ASHAR MONOARFA

T3120010

Diperiksa oleh Panitia Ujian Strata Satu (S1)

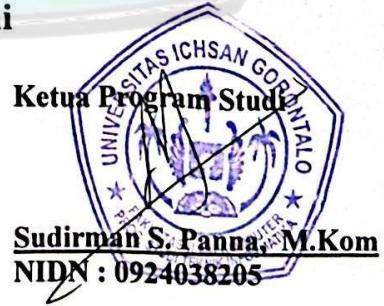
Universitas Ihsan Gorontalo

- 1 Ketua Penguji  
Irvan Abraham Salihi, M.Kom
- 2 Anggota  
Sudirman S. Panna, M.Kom
- 3 Anggota  
Warid Yunus, M.Kom
- 4 Anggota  
Rofiq Harun, M.kom
- 5 Anggota  
Sudirman Melangi, M.Kom



.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Mengetahui



## PERNYATAAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis (Skripsi) saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana) baik di Universitas Ichsan Gorontalo maupun di perguruan tinggi lainnya
2. Karya tulis (Skripsi) saya ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dari Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis (Skripsi) saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dicantumkan sebagai acuan/situs dalam naskah dan dicantumkan pula dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma-norma yang berlaku di Universitas Ichsan Gorontalo

Gorontalo, .. Juni 2024

at pernyataan.



Muh Halqi Ashar Monoarfa

## ABSTRACT

### **MUH HALQI ASHAR MONOARFA. T3120010. THE APPLICATION OF PARTICLE SWARM OPTIMIZATION ALGORITHM TO IMPROVE ROUTING SERVICE QUALITY IN WIRELESS NETWORK**

*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

## ABSTRAK

### **MUH HALQI ASHAR MONOARFA T3120010. PENERAPAN ALGORITMA PARTICLE SWARM OPTIMIZATION DALAM MENINGKATKAN KUALITAS LAYANAN ROUTING PADA JARINGAN WIRELESS**

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*



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan judul : **PENERAPAN ALGORITMA PARTICLE SWARM OPTIMIZATION DALAM MENINGKATKAN KUALITAS LAYANAN ROUTING PADA JARINGAN WIRELESS**, untuk memenuhi salah satu syarat penyusunan Skripsi Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Ichsan Gorontalo.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penelitian ini tidak mungkin terwujud tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, baik bantuan moril maupun materil. Untuk itu, dengan segala keikhlasan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ibu Dr. Hj. Juriko Abdusamad, M.Si, selaku Ketua Yayasan Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (YPIPT) Ichsan Gorontalo;
2. Bapak Dr. Abd Gaffar La Tjokke, M.Si, selaku Rektor Universitas Ichsan Gorontalo;
3. Bapak Irvan A Salihi, M.Kom, selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Ichsan Gorontalo;
4. Bapak Sudirman Melangi, M.Kom, selaku Wakil Dekan I Bidang Akademik Fakultas Ilmu Komputer Universitas Ichsan Gorontalo, sekaligus Pembimbing II yang telah banyak membantu peneliti dalam menyelesaikan penelitian ini.
5. Ibu Irma Surya Kumala Idris, M.Kom, selaku Wakil Dekan II Bidang Administrasi Umum dan Keuangan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Ichsan Gorontalo;
6. Bapak Sudirman S. Panna, M.Kom, selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Ichsan Gorontalo;
7. Bapak Rofiq Harun, M.Kom, selaku Pembimbing I yang telah banyak membantu peneliti dalam menyelesaikan penelitian ini.

8. Bapak dan Ibu Dosen Universitas Ichsan Gorontalo yang telah mendidik dan membimbing serta mengajarkan berbagai disiplin ilmu kepada penulis;
  9. Almarhum Ayah tercinta, Roni Monoarfa yang semasa hidup sampai sekarang selalu menjadi motivasi penulis untuk segera menyelesaikan penelitian ini;
  10. Ibu tersayang, Yolanda Moh Djafar yang selalu memberikan dukungan,motivasi dan selalu mengingatkan penulis agar menyelesaikan skripsi ini;
  11. Istri saya yang bernama Andini Puspita Yusuf yang telah dengan tulus membantu dan mendukung saya untuk terus berjuang menyelesaikan penelitian ini.
  12. Rekan-rekan seperjuangan yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan moril yang sangat besar kepada penulis;
  13. Kepada semua pihak yang ikut membantu dalam penyelesaian penelitian ini yang tak sempat penulis sebutkan satu-persatu;

Dengan demikian, penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan penelitian ini. Maka dari itu, diharapkan saran dan kritik yang konstruktif. Harapannya semoga hasil yang sudah dicapai bisa bermanfaat untuk kita semua, Aamiin.

Gorontalo, Juni 2024

## Muh Halqi Ashar Monoarfa

## DAFTAR ISI

<b>PERSETUJUAN SKRIPSI.....</b>	<b>i</b>
<b>PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN SKRIPSI.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.5.1 Manfaat Teoritis .....	4
1.5.2 Manfaat Praktis .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1 Tinjauan Studi.....	6
2.2 Tinjauan Pustaka.....	12
2.2.1 Algoritma <i>Particle Swarm</i> Optimization (PSO).....	12
2.2.2 Peningkatan Kualitas Layanan <i>Routing</i> .....	19
2.2.3 Jaringan <i>Wireless</i> .....	23

2.2.4 <i>Routing</i> pada Jaringan <i>Wireless</i> .....	27
2.2.5 <i>Delay</i> .....	29
2.3 Kerangka Berpikir.....	31
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>32</b>
3.1 Jenis, Metode, Subyek, Objek, Waktu dan Lokasi Penelitian ..	32
3.1.1 Jenis Penelitian.....	32
3.1.2 Metode Penelitian .....	32
3.1.3 Subyek Penelitian.....	35
3.1.4 Obyek Penelitian .....	35
3.2 Pengumpulan Data.....	36
3.3 Permodelan/Abstraksi.....	36
3.3.1 Model Yang Diusulkan .....	36
3.3.2 Pra Pengolahan Data .....	38
3.3.3 Validasi .....	41
3.3.4 Optimasi .....	41
3.3.5 Evaluasi Model .....	41
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>42</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	42
4.2 Analisa Kebutuhan Pengumpulan Data .....	42
4.2.1 Hasil Pengumpulan Data .....	43
4.2.2 <i>Update</i> Kecepatan dan Posisi .....	48
4.2.3 Evaluasi Rute dan Memilih Pbest serta Gbest.....	57
4.2.4 Pengulangan Iterasi .....	59
4.2.5 Pengujian Model dan Hasil Evaluasi Kinerja Model ....	59

<b>BAB V PEMBAHASAN.....</b>	<b>66</b>
5.1 Pembahasan Kinerja Model .....	66
5.2 Hasil Pemodelan Sebelum Algoritma PSO .....	66
5.3 Hasil Pemodelan Sesudah Algoritma (PSO) .....	67
5.4 Hasil Perbandingan Sebelum dan Sesudah PSO.....	69
<b>BAB VI PENUTUP.....</b>	<b>71</b>
6.1 Kesimpulan .....	71
6.2 Saran .....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>73</b>
<b>JADWAL PENELITIAN.....</b>	<b>76</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Kerangka Berpikir .....	31
<b>Gambar 3.1</b>	<i>Flowchart</i> Metode Tahapan penelitian.....	33
<b>Gambar 3.2</b>	Algoritma <i>Particle Swarm Optimisation</i> (PSO) .....	37
<b>Gambar 4.1</b>	<i>Evaluate Network</i> .....	60
<b>Gambar 4.2</b>	Evaluasi <i>Delay</i> .....	61
<b>Gambar 4.3</b>	Pembangkitan Data awal .....	62
<b>Gambar 4.4</b>	Inisialisasi Nilai Batas .....	63
<b>Gambar 4.5</b>	Mencari <i>Gbest</i> .....	64
<b>Gambar 4.6</b>	Iterasi .....	64
<b>Gambar 4.7</b>	Menginisialisasi Inersia, kognitif dan <i>Social Option</i> .....	65
<b>Gambar 5.1</b>	Topologi Jaringan <i>wireless</i> pada GNS3 .....	66

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Penelitian Terkait .....	6
<b>Tabel 4.1</b> Populasi Awal <i>Delay time</i> .....	44
<b>Tabel 4.2</b> Nilai <i>Random</i> yang dibangkitkan.....	45
<b>Tabel 4.3</b> Rute Baru dari nilai <i>Random</i> .....	45
<b>Tabel 5.1</b> Populasi Awal <i>Delay time</i> (jarak) .....	67
<b>Tabel 5.2</b> Populasi Hasil <i>Delay time</i> .....	67
<b>Tabel 5.3</b> Nilai <i>Random</i> terkecil hingga terbesar .....	68

## **DAFTAR LAMPIRAN**

<b>LAMPIRAN 1 KODE PROGRAM .....</b>	<b>77</b>
<b>LAMPIRAN 2 RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>80</b>
<b>LAMPIRAN 3 HASIL TURNITIN.....</b>	<b>81</b>
<b>LAMPIRAN 4 SURAT TELAH MELAKUKAN PENELITIAN.....</b>	<b>82</b>
<b>LAMPIRAN 5 SURAT TELAH MELAKUKAN PENELITIAN.....</b>	<b>83</b>
<b>LAMPIRAN 6 SURAT BEBAS PUSTAKA .....</b>	<b>84</b>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan (*Artifisial Intelektif* – 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*.

Jaringan *wireless* memungkinkan dan mempermudah penerapan kolaborasi dan interaksi pembelajaran di dalam kelas dan di luar kelas, serta pembelajaran jarak jauh. Sebab pemanfaatan jaringan *wireless* tersebut, memungkinkan penggunaan perangkat seperti laptop, tablet, dan *smartphone* dalam proses pembelajaran, sehingga dapat memberikan akses ke aplikasi pendidikan, *e-book*, dan platform pembelajaran *online*.[2] Hal ini menjadikan individu dan guru dapat dengan mudah berbagi materi pembelajaran, proyek, atau presentasi secara *online*.

Agar jaringan *wireless* di lingkungan objek pengadaan internet dapat berfungsi dengan baik dan stabil, perlu dilakukan perencanaan dan pengelolaan manajemen jaringan, pemeliharaan dan aspek keamanannya. Namun dalam implementasi *wireless Local Area Network (LAN)* pada area

gedung maupun area publik ternyata ada beberapa kendala yang muncul, seperti keterlambatan pengiriman data, koneksi tidak stabil, interferensi frekuensi dan sebagainya.[3] Untuk itu perlu upaya meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless* objek pengadaan internet.

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 *converage area* yang tidak merata dan tingginya nilai *delay* tersebut disebabkan penempatan *acces point/router* di tengah-tengah ruangan atau *acces point* yang menumpuk di satu titik [24].

Untuk meningkatkan *converage area* dan memastikan paket data dikirimkan ke tujuan dengan cepat dan efisien, maka diperlukan algoritma *routing*. Tanpa algoritma *routing*, paket data akan tersesat dan tidak dapat mencapai tujuan dengan tepat waktu. Ini akan mengakibatkan masalah pada jaringan, termasuk gangguan penuh jaringan, penurunan kecepatan koneksi jaringan, dan akses yang buruk ke sumber daya jaringan [25].

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 protocol 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 semaksimum mungkin luas wilayah *Wireless Mesh Network Infrastruktur (WMNI)*, yaitu letak pemasangan titik akses dan *router*.[4]

Penelitian yang menganalisis tentang penerapan algoritma PSO dalam upaya meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless* telah banyak dilakukan. Namun ada beberapa kendala atau aspek penting yang belum dianalisa dalam penelitian-penelitian tersebut.

Penelitian oleh Lin tahun 2015 membahas tentang optimasi penempatan relay berdasarkan posisi internet *gateway* dan QoS (*Quality of Service*) jaringan. Kemudian penelitian oleh Hamdi tahun 2016 membahas tentang optimasi penempatan *relay* yang dapat bergerak dinamis. Keduanya diketahui menggunakan algoritme PSO untuk optimasi permasalahan RNP (*Relay Node Placement*). Namun kedua penelitian tersebut belum mampu menjawab kebutuhan jumlah *relay* untuk menjangkau seluruh perangkat sensor dan internet *gateway*. Serta keduanya juga masih dihitung dengan variabel sederhana. Sehingga masih belum relevan untuk diaplikasikan pada kondisi nyata di lapangan.[5]

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”**.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Dalam implementasi *wireless LAN* pada area publik ternyata ada beberapa kendala yang muncul, seperti keterlambatan pengiriman data, koneksi tidak stabil, interferensi frekuensi dan sebagainya.
2. Ada beberapa kendala atau aspek penting yang belum dianalisa dalam penelitian-penelitian tentang penerapan algoritma PSO dalam upaya meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless*.

## 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah tersebut, maka peneliti merumuskan masalah, sebagai berikut:

Bagaimana proses penerapan algoritma PSO dalam meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless*?

## 1.4 Tujuan Penelitian

Peneliti melakukan penelitian ini dengan tujuan, sebagai berikut:

Untuk mengetahui hasil proses penerapan algoritma PSO dalam meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

### 1.5.1 Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah dan memperkaya pengetahuan tentang pemanfaatan teknologi AI pada dunia pendidikan, khususnya dalam upaya meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless* di objek pengadaan internet dengan menggunakan algoritma PSO, sebagai upaya penyediaan sarana dan prasarana penunjang pemanfaatan teknologi AI tersebut.

### **1.5.2 Manfaat Praktis**

#### **1. Bagi Objek pengadaan internet**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pedoman bagi objek pengadaan internet dalam menentukan letak pemasangan titik akses dan *router*, serta penerapan algoritma PSO untuk meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless* di objek pengadaan internet.

#### **2. Bagi Pengguna**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu objek pengadaan internet dalam upaya menyediakan akses layanan internet yang kuat dan stabil di seluruh lingkungan objek pengadaan internet. Sebab akses layanan internet tersebut dapat mempermudah individu dalam mengakses teknologi AI untuk membantu individu dalam memecahkan masalah, menjawab pertanyaan, atau memberikan penjelasan tambahan terkait suatu materi yang sedang dipelajari, serta memberikan rekomendasi buku, artikel, video, atau sumber belajar lainnya.

#### **3. Bagi Peneliti**

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan pengalaman dan kesempatan bagi peneliti dalam menerapkan ilmu yang dipelajari selama di bangku perkuliahan, khususnya terkait proses penerapan algoritma PSO dalam meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless*.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Studi**

Tinjauan studi bermanfaat untuk membantu peneliti dalam memahami konteks penelitian, memastikan bahwa penelitian yang dilakukan relevan, merinci pengetahuan yang sudah ada tentang topik tersebut, mengidentifikasi celah-celah pengetahuan yang dapat diisi dengan penelitian baru, serta mengidentifikasi cara untuk berkontribusi pada pengetahuan yang ada pada bidang tertentu.

Adapun beberapa penelitian relevan yang peneliti jadikan sebagai dasar dari tinjauan studi, sebagai berikut:

**Tabel 1.1** Penelitian Terkait

NO	PENELITI	JUDUL	TAHUN	METODE	HASIL
1.	Made Suastika, I Gusti Agung Gede Arya Kadyanana, Ngurah Agus Sanjaya Era, Made Agung Raharja, I Komang Ari Mogi, dan Agus Muliantara [6]	<i>Optimization Of WSN Deployment Using PSO Algorithm For Forest Fire Detection</i>	2022	Algoritma <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	Hasil dari setiap iterasi pada PSO akan disimulasikan di NS3 dan komunikasi antar node akan terlihat. Ada 12 iterasi dari maksimal 30 iterasi yang ditentukan, dan terdapat 12 simulasi sesuai jumlah iterasi. Dari 12 simulasi yang telah dilakukan pada iterasi terakhir diketahui sebanyak 10 node diinstal, semua node berkomunikasi. Komunikasi antar

NO	PENELITI	JUDUL	TAHUN	METODE	HASIL
					<p>node dapat dilihat melalui file .pcap dan grafik di NetAnim, komunikasi ditandai dengan pengiriman pesan api ke setiap instalasi simpul. Pada iterasi terakhir, 10 node menerima pesan kebakaran.</p>
2	Alwi Fadli Siregar[7]	Implementasi Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO) Untuk Optimasi <i>Routing</i> Pada Jaringan Komputer	2022	Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	<p>Setelah dilakukan perhitungan menggunakan algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO), maka diperoleh populasi terbaik yang digunakan sebagai acuan dalam membangun desain topologi baru. Desain topologi dibangun menggunakan aplikasi Network Simulator 2 (NS2). Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai <i>Delay</i> pada topologi awal dengan topologi hasil optimasi dan diperoleh perbaikan nilai <i>Delay</i> yang cukup signifikan sebesar 77,50% dan jumlah paket yang dikirim dalam satu</p>

NO	PENELITI	JUDUL	TAHUN	METODE	HASIL
					<p>kali komunikasi berkurang sebesar 80,50%. Optimasi desain topologi jaringan wireless dapat menggunakan <i>algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)</i>.</p>
3	Santika W.P., Carmadi Machbub, Adi Indrayanto, dan Iping Supriana Suwardi [4]	<i>Implementasi Algoritma Particle Swarm Optimization untuk Penentuan Posisi Optimum Router-router Compus-Wide WMN</i>	2018	Algoritma <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	<p>dari hasil proses uji coba penggunaan satu perangkat lunak bebas unduh yang diperbarui lagi untuk penentuan lokasi simpul-simpul <i>router</i> suatu WMNI di suatu wilayah dengan luas area <math>385 \times 500 \text{ m}^2</math>, hasil terbaik dengan cakupan wilayah lebih dari 90% bisa diinstalasi 16 simpul dengan jarak minimum antar simpul 50 m dan iterasi 300. Perangkat lunak yang telah diperbarui tersebut dapat digunakan untuk merencanakan suatu WMNI, sesuai dengan keinginan perencana dan pengelola agar wilayah cakupan</p>

NO	PENELITI	JUDUL	TAHUN	METODE	HASIL
					seluas mungkin dan jumlah sensor sepadan
4	Bisyri Syamsuri [8]	<i>Implementasi Algoritma Single-Objective PSO (Particle Swarm Optimization), Untuk Menentukan Rute Optimal NPC Pada Game Android</i>	2023	Algoritma <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	<p>Pada pengujian dengan para-meter pertama tentang waktu tempuh NPC menemukan rute terhadap player didapatkan bahwa algoritma <i>single objective Particle Swarm optimization</i> memiliki waktu tempuh rata rata 14,18 detik lebih singkat dibanding algoritma <i>bee colony optimization</i> dan <i>ant colony optimization</i>.</p> <p>Pada pengujian dengan parameter kedua tentang waktu tempuh NPC menemukan rute yang ber-<i>obstacle</i> terhadap player didapatkan bahwa algoritma <i>single objective Particle Swarm optimization</i> memiliki waktu tempuh rata rata 13,21 detik lebih singkat dibanding algoritma <i>bee colony optimization</i> dan <i>ant colony optimization</i>.</p> <p>Pada pengujian dengan parameter kedua tentang</p>

NO	PENELITI	JUDUL	TAHUN	METODE	HASIL
					<p>pemilihan rute NPC yang statis (sama) atau dinamis (tidak sama) didapatkan bahwa <i>algoritma single objective Particle Swarm optimisation, bee colony optimisation</i> dan <i>ant colony optimisation</i> mendapatkan hasil yang sama persis yaitu rute yang digunakan/dipilih adalah dinamis (tidak sama).</p> <p>Dari hasil pengujian ketiga parameter dapat disimpulkan bahwa <i>algoritma single objective Particle Swarm optimisation</i> mendapatkan hasil paling efektif dibandingkan dengan <i>algoritma bee colony optimisation</i> dan <i>ant colony optimisation</i> dalam penentuan rute optimal NPC terhadap player.</p>
5	Gürkan Gürgöze dan İbrahim Türkoğlu [9]	<i>Analysis Of The Performance According To Object Density In Static Environments of GA and</i>	2021	Algoritma <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i> dan GA	Hasil analisis kinerja algoritma meta-heuristik PSO dan GA pada kepadatan objek secara statis lingkungan, memberikan hasil yang sangat sukses

NO	PENELITI	JUDUL	TAHUN	METODE	HASIL
		<i>PSO Algorithms Used In Mobile Robot Path Planning</i>			secara offline. Keberhasilan optimasi mengungkapkan prevalensi penggunaan hybrid dengan algoritma lain. Dengan pemilihan sensor yang sesuai dengan sifat lingkungan, beban pemrosesan dan energi lebih sedikit konsumsi dan pergerakan yang tidak perlu dihindari.
6	Andi Hidayat Rizal dan Andi Kumalawati [10]	<i>Peningkatan Kinerja Container Crane Terminal Petikemas Menggunakan Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	2018	Algoritma <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i>	Nilai fitness yang memiliki nilai yang maksimum tidak menjamin nilai fitness tersebut adalah yang paling optimal. Karena nilai optimasi harus memiliki bound / batasan yang lebih spesifik, baik batas atas maupun batas bawah. Optimasi dipilih tidak hanya dari nilai fitnessnya saja tapi juga mempertimbangkan variabel – variabel atau gen – gen yang mempengaruhi dari nilai fitness tersebut. Hasil Algoritma

NO	PENELITI	JUDUL	TAHUN	METODE	HASIL
					PSO pada tiap – tiap iterasinya yang terbaik $G_{best}$ nya dapat digunakan sebagai alternatif sistem pendukung keputusan. Pemilihan alternatif generasi yang terbaik adalah tergantung dari kebutuhan dimana yang paling sesuai untuk obyek kasus optimasi tersebut. Pada kasus ini apabila panjang dermaga tidak dapat ditingkatkan / diperpanjang dan jumlah alat (CC) juga tidak dapat ditambah, maka solusinya yaitu dengan memaksimalkan / meningkatkan faktor kemampuan alat dalam berproduksi ( $\beta$ ).

## 2.2 Tinjauan Pustaka

### 2.2.1 Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO)

#### 1. Pengertian Algoritma PSO

Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) adalah algoritma meta heuristik yang diusulkan oleh Eberhart dan James Kennedy pada tahun 1995, terinspirasi dari perilaku kawanan burung dan ikan.[9] Algoritma PSO adalah algoritma optimisasi yang terinspirasi oleh perilaku kelompok dalam alam semesta, seperti kelompok burung atau ikan yang bergerak bersama untuk mencapai tujuan tertentu.

PSO didasarkan pada simulasi perilaku serangga dan burung yang bergerak dalam sebuah koloni, di mana setiap individu (partikel) dalam koloni mewakili sebuah solusi potensial untuk masalah yang dihadapi. Dalam PSO, setiap partikel memiliki posisi dan kecepatan yang mewakili solusi saat ini dan perubahan solusi dari waktu ke waktu.[8]

Sejumlah partikel membentuk populasi dalam algoritma PSO. Populasi ini bergerak bersama-sama dalam mencari solusi optimal dengan mengubah posisi dan kecepatan mereka seiring waktu. Setiap partikel dipengaruhi oleh dirinya sendiri dan oleh partikel tetangganya dalam populasi. Pengaruh ini dapat digambarkan sebagai partikel yang "mengamati" perilaku tetangganya dan mencoba untuk mendekati solusi yang lebih baik berdasarkan informasi tersebut.

Setiap partikel dalam populasi mengubah posisinya berdasarkan dua faktor utama: kecepatan saat ini dan pengaruh tetangganya. Kecepatan partikel berubah seiring waktu, dan proses ini mengarah pada peningkatan berkelanjutan dalam pencarian solusi yang lebih baik. Interaksi tersebut direalisasikan melalui proses pengambilan rata-rata dari posisi terbaik yang pernah dicapai oleh setiap partikel dan posisi terbaik yang pernah dicapai oleh seluruh koloni.[11]

Keunggulan utama dari PSO adalah kemampuannya untuk mengatasi masalah optimisasi yang rumit tanpa perlu informasi gradien, serta kemampuannya untuk menemukan solusi optimal *Global* dalam beberapa kasus. Algoritma PSO berhenti saat kriteria berhenti tertentu tercapai. Ini bisa berupa jumlah iterasi yang telah dilakukan, nilai objektif yang memadai, atau kondisi lain yang sesuai dengan masalah yang dioptimalkan.

Algoritma PSO telah digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk masalah optimisasi kompleks seperti pengoptimalan fungsi matematis, pengoptimalan struktur dalam rekayasa, pengelompokan data, pengelompokan tugas dalam jaringan sensor nirkabel,

pengoptimalan rute, dan banyak lagi. Namun, seperti halnya dengan semua algoritma optimisasi, hasilnya sangat bergantung pada parameter dan konfigurasi yang tepat, serta pada sifat-sifat masalah yang dihadapi.

## 2. Sistem Kerja Algoritma PSO

Algoritma PSO seringkali digunakan untuk menyelesaikan masalah optimisasi. Proses optimasi diawali dengan menginput beberapa parameter, seperti jumlah partikel, jumlah iterasi maksimum, dan beberapa parameter lainnya. Kemudian dilakukan proses inisialisasi posisi setiap partikel dengan bilangan acak (X, Y) menggunakan *linear congruential generator* (LCG), yang dilanjutkan dengan diinisialisasi nilai *Pbest* dan *Gbest*.[6]

Setelah semua nilai diperoleh, nilai kebugaran masing-masing partikel akan dievaluasi, kemudian hasilnya digunakan untuk menentukan *Pbest* dan nilai *Gbest* pada iterasi berikutnya. Pada tahap akhir akan diperiksa apakah iterasi telah mencapai iterasi maksimum, jika belum maka prosesnya akan dilakukan seperti sebelumnya. Jika iterasi mencapai maksimal maka hasil setiap iterasi akan tercetak dan proses optimasi dinyatakan selesai. Hasil dari proses optimasi setiap iterasi selanjutnya akan diuji dalam simulasi dengan NS3.[6]

Setiap komponen dalam PSO melakukan pencarian jalur keluar terbaik dan melewati ruang pencarian (*search space*). Dalam konteks ini, setiap komponen melakukan adaptasi pada tempat terbaik komponen itu sendiri (*personal best*) dan adaptasi pada tempat terbaik dari seluruh kelompok (*Global best*) sepanjang perjalanan pencarian.[8]

Sebagai hasilnya, penyebaran pengetahuan atau informasi terjadi di dalam setiap komponen secara independen, dengan jarak yang relatif jauh antara satu komponen dengan komponen utama dari semua kelompok selama operasi pencarian jalur keluar. Iterasi khusus

dilakukan untuk mencari tempat terbaik pada setiap komponen hingga mencapai kondisi yang relatif stabil atau mencapai batas iterasi yang telah ditentukan. Pada setiap iterasi, setiap jalur keluar akan dievaluasi kinerjanya menggunakan fungsi kebugaran (*fitness function*).[8]

### 3. Parameter Algoritma *Particle Swarm Optimization*

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. Berikut adalah beberapa parameter yang relevan dalam PSO:

#### (1) Dimensi Permasalahan

PSO memerlukan informasi tentang berapa banyak dimensi yang akan dicari solusinya. Dalam kasus ini, kita asumsikan dimensi bernilai 3 karena ada 3 dimensi yang akan dicari solusinya.

#### (2) Jumlah Partikel

Jumlah partikel yang digunakan dalam perhitungan. Dalam kasus ini, kita asumsikan menggunakan 10 partikel.

#### (3) Jumlah Iterasi

Jumlah iterasi yang digunakan oleh setiap partikel untuk melakukan proses. Dalam kasus ini, kita asumsikan menggunakan 100 iterasi.

#### (4) Total Posisi

Semua solusi yang ditemukan oleh masing-masing individu harus berjumlah sebanyak variabel ini. Dalam kasus ini, total nilai yang harus dicapai adalah 210.

#### (5) Batas Kecepatan

Nilai minimal dan maksimal untuk perpindahan posisi partikel dalam setiap proses.

PSO terus melakukan iterasi hingga kriteria penghentian terpenuhi, seperti jumlah iterasi maksimum atau solusi yang memuaskan ditemukan. Algoritma ini dapat digunakan untuk berbagai permasalahan optimasi dan pencarian jalur. Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) adalah salah satu paradigma *Swarm Intelligence* (SI) yang mengambil inspirasi dari perilaku kolektif cerdas dalam kelompok sosial alam. PSO telah mengalami banyak perubahan sejak pertama kali diperkenalkan pada pertengahan tahun 1990-an1. Dalam konteks PSO, parameter-parameter tertentu memainkan peran penting dalam kinerja dan konvergensi algoritma. Berikut adalah beberapa alasan mengapa parameter PSO sangat relevan:

(1) Parameter Kognitif dan Sosial

Parameter ini mengontrol pengaruh pengalaman pribadi dan interaksi antar partikel dalam gerakan PSO. Nilai-nilai parameter ini memengaruhi bagaimana partikel bergerak menuju solusi optimal. Pengaturan yang tepat dapat mempercepat konvergensi dan meningkatkan kinerja algoritma.

(2) Inersia (Inertia) Weight

Inersia weight mengatur sejauh mana partikel mempertimbangkan kecepatan sebelumnya dalam pergerakannya. Nilai inersia yang tepat mempengaruhi keseimbangan antara eksplorasi (mencari wilayah solusi) dan eksplorasi (mendekati solusi yang ditemukan). Nilai yang terlalu tinggi dapat menyebabkan konvergensi yang lambat, sementara nilai yang terlalu rendah dapat mengurangi eksplorasi.

(3) Jumlah Iterasi Maksimum

Parameter ini menentukan berapa banyak iterasi PSO akan dieksekusi sebelum berhenti. Jumlah iterasi yang cukup besar memungkinkan algoritma untuk lebih banyak menjelajahi ruang

pencarian, tetapi juga memerlukan waktu komputasi yang lebih lama. Pengaturan yang bijaksana diperlukan untuk menghindari overfitting atau konvergensi prematur.

(4) Ukuran Populasi

Jumlah partikel dalam populasi PSO mempengaruhi seberapa baik algoritma dapat mengeksplorasi dan mengeksplorasi ruang pencarian. Populasi yang terlalu kecil dapat mengurangi variasi solusi, sementara populasi yang terlalu besar dapat memperlambat konvergensi.

(5) Parameter Kecepatan

Kecepatan partikel memengaruhi seberapa jauh partikel bergerak dalam setiap iterasi. Nilai kecepatan yang optimal memastikan keseimbangan antara eksplorasi dan eksplorasi. Pengaturan yang buruk dapat menyebabkan partikel terjebak dalam lokal minimum.

Dengan memperhatikan parameter-parameter ini dan mengoptimalkannya, kita dapat meningkatkan kinerja PSO dan memperoleh solusi yang lebih baik untuk berbagai masalah optimasi.

#### 4. Keunggulan Algoritma PSO

Algoritma PSO memiliki beberapa keunggulan dibandingkan algoritma optimasi lainnya. Algoritma PSO dapat menyelesaikan permasalahan minimum *spanning tree* dengan lebih baik dalam hal kompleksitas waktu eksekusi dibandingkan algoritma *Firefly (FA)*.[12]

Algoritma PSO lebih baik dalam menentukan posisi robot dibandingkan dengan algoritma *Genetic (GA)* dalam hal komputasi yang lebih sedikit dan waktu yang relatif cepat.[13] Proses pelatihan *Neural Network* menggunakan Algoritma PSO lebih baik dibandingkan GA dalam hal waktu komputasi yang lebih cepat.[14]

Dibandingkan dengan algoritma optimasi lainnya, algoritma PSO memiliki efisiensi yang lebih baik.[15]

Algoritma PSO memiliki beberapa keunggulan yang membuatnya menjadi pilihan yang baik dalam berbagai masalah optimisasi, terutama dalam konteks optimisasi non-linier dan kompleks. Berikut adalah beberapa keunggulan utama dari algoritma PSO:

a. Sederhana dalam Implementasi

PSO memiliki konsep yang relatif sederhana dan mudah dipahami. Ini memungkinkan untuk diimplementasikan dengan cepat dan relatif mudah dibandingkan dengan beberapa algoritma optimisasi yang lebih kompleks.

b. Konvergensi Cepat

PSO cenderung mencapai solusi yang baik dengan cepat dalam beberapa iterasi awal. Ini bisa menjadi keunggulan dalam situasi di mana waktu komputasi menjadi faktor penting.

c. Kemampuan Mencari Solusi Optimal *Global*

PSO mampu mengeksplorasi ruang pencarian secara efisien dan seringkali dapat menemukan solusi yang mendekati atau bahkan optimal secara *Global* dalam masalah optimisasi yang rumit.

d. Penggunaan Versatile

PSO dapat diterapkan pada berbagai jenis masalah optimisasi, termasuk masalah kontinu dan diskret, masalah multi-objektif, dan masalah dinamis yang berubah seiring waktu.

e. Tidak Bergantung pada Gradien

PSO tidak memerlukan informasi gradien tentang fungsi objektif yang dioptimalkan. Ini membuatnya cocok untuk masalah yang tidak memiliki turunan atau memiliki turunan yang sulit dihitung.

f. Fleksibilitas dalam Penyesuaian Parameter

Dapat menyesuaikan parameter seperti ukuran populasi, kecepatan gerak partikel, dan inersia untuk mengoptimalkan kinerja algoritma PSO pada berbagai jenis masalah.

g. Penggunaan Paralel

PSO dapat diimplementasikan dalam lingkungan paralel atau distribusi untuk mengoptimalkan masalah yang memerlukan daya komputasi yang besar.

h. Mudah Dikombinasikan dengan Algoritma Lain

PSO dapat dikombinasikan dengan algoritma lain, seperti algoritma genetika, untuk meningkatkan kinerja dalam beberapa kasus.

i. Tidak Terjebak pada Minimum Lokal

Meskipun ada risiko terjebak pada minimum lokal, PSO memiliki mekanisme penjelajahan (eksplorasi) yang baik yang membantu mengatasi masalah ini dalam banyak kasus.

Meskipun PSO memiliki banyak keunggulan, tidak ada satu algoritma optimisasi yang cocok untuk semua masalah. Keputusan untuk menggunakan PSO atau algoritma lain harus didasarkan pada karakteristik khusus masalah yang dihadapi dan eksperimen empiris untuk memastikan bahwa algoritma tersebut cocok dan memberikan hasil yang baik.

### **2.2.2 Peningkatan Kualitas Layanan *Routing***

Perkembangan teknologi *mobile* dan internet saat ini mengalami peningkatan setiap tahun. Salah satu teknologi yang digunakan untuk mendukung hal tersebut adalah *Wired Connection*. Namun terdapat beberapa kelemahan pada jaringan *wired* atau *router* ini diantaranya adalah akses yang lambat. Hal ini dipengaruhi oleh skema *routing* dan pemilihan desain topologi yang digunakan. Dengan topologi yang baik maka performa jaringan akan meningkat.[7]

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. Dalam matematika dan ilmu komputer, optimisasi berarti mencari solusi terbaik dari suatu masalah yang diberikan. Optimisasi dapat ditentukan dengan berbagai cara, tergantung pada kriteria yang digunakan untuk menilainya.[8]

Dalam pemecahan masalah optimisasi, kriteria yang digunakan untuk menentukan optimisasi dapat berupa fungsi tujuan yang harus dioptimalkan, contohnya dalam pemecahan masalah TSP (*Traveling Salesman Problem*) kriteria yang digunakan adalah jarak tempuh yang paling pendek. Optimisasi juga dapat ditentukan dengan kriteria subjektif, misalnya dalam pengambilan keputusan, kriteria yang digunakan adalah kepuasan atau preferensi dari pengambil keputusan.[8]

Meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless* objek pengadaan internet adalah tugas yang berkelanjutan. Dengan perencanaan yang tepat, pemeliharaan rutin, dan investasi dalam teknologi yang sesuai, maka dapat mencapai kinerja jaringan yang optimal untuk pendidikan di objek pengadaan internet. Sedangkan untuk meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless* objek pengadaan internet, dapat mengambil beberapa langkah strategis berikut ini:

1. Pemetaan Topologi Jaringan

Langkah pertama adalah memahami topologi jaringan objek pengadaan internet. Identifikasi lokasi *access point* (AP), *router*, dan perangkat nirkabel lainnya. Pemetaan ini akan membantu merencanakan penempatan yang optimal untuk perangkat jaringan.

## 2. Optimasi Penempatan *Access point*

Pastikan bahwa *access point* (AP) ditempatkan secara strategis untuk mencakup area yang paling sering digunakan di objek pengadaan internet, seperti ruang kelas, perpustakaan, ruang pertemuan, dan area luar. Hal ini akan memastikan cakupan Wi-Fi yang merata dan kualitas sinyal yang baik di seluruh objek pengadaan internet.

## 3. Konfigurasi Jaringan yang Optimal

Sesuaikan pengaturan jaringan untuk memastikan kinerja yang optimal. Ini termasuk mengoptimalkan kanal WiFi yang digunakan oleh AP, menghindari interferensi frekuensi, dan mengatur kekuatan sinyal yang sesuai.

## 4. Pemisahan Jaringan

Jika memungkinkan, pisahkan jaringan untuk pengguna staf dan individu. Hal ini dapat membantu mengoptimalkan penggunaan *bandwidth* dan menghindari penggunaan berlebihan oleh satu kelompok pengguna.

## 5. Penggunaan Teknologi Terbaru

Pertimbangkan untuk memperbarui perangkat keras jaringan ke yang lebih canggih jika perlu. Teknologi terbaru, seperti Wi-Fi 6 (802.11ax), dapat memberikan kinerja yang lebih baik dan kapasitas yang lebih tinggi.

## 6. Pengelolaan Lalu Lintas Jaringan

Gunakan perangkat lunak manajemen lalu lintas jaringan untuk mengelola lalu lintas dan memprioritaskan aplikasi penting seperti *e-learning* atau sistem manajemen objek pengadaan internet. Ini akan memastikan bahwa layanan kritis memiliki prioritas tinggi.

## 7. Keamanan Jaringan

Jangan lupakan aspek keamanan. Pastikan jaringan dilindungi dengan baik dari serangan atau akses yang tidak sah. Gunakan

enkripsi WPA3 untuk melindungi sinyal WiFi dan perbarui kata sandi secara teratur.

8. Monitoring dan Pemeliharaan Berkala

Pantau kinerja jaringan secara berkala dengan perangkat lunak pemantauan jaringan. Dengan demikian, dapat mendeteksi masalah dan *bottleneck* segera dan mengambil tindakan perbaikan.

9. Pelatihan Pengguna

Berikan pelatihan kepada pengguna, baik staf maupun individu, tentang cara menggunakan jaringan dengan bijak dan efisien. Hal ini termasuk menghindari penggunaan berlebihan, mengelola perangkat yang terhubung, dan melaporkan masalah teknis secara tepat waktu.

10. Perencanaan Kapasitas Jangka Panjang

Pertimbangkan pertumbuhan jaringan di masa depan dan perencanaan kapasitas yang sesuai. Ini akan membantu menghindari masalah kelebihan beban di masa depan.

11. Konsultasi dengan Ahli

Jika mungkin, berkonsultasilah dengan ahli jaringan atau konsultan TI untuk melakukan audit jaringan dan memberikan saran khusus untuk meningkatkan kualitas layanan *routing* di objek pengadaan internet.

Untuk meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless* objek pengadaan internet, pada penelitian ini peneliti menggunakan algoritma PSO. Pemilihan algoritma PSO dikarenakan algoritma tersebut didasarkan pada konsep-konsep yang terinspirasi oleh perilaku kolektif dalam alam semesta, seperti pergerakan kelompok burung atau ikan. Hal ini menjadikan algoritma ini relevan untuk pemecahan masalah optimisasi yang melibatkan entitas yang berinteraksi.

### 2.2.3 Jaringan Wireless

#### 1. Pengertian Jaringan Wireless

Wireless merupakan standar dari jaringan tanpa kabel atau yang dikenal dengan nama *Wireless Networking* dengan fungsi untuk menyempurnakan komponen-komponen pada jaringan internet agar terkoneksi atau agar terhubung dengan internet dengan mudah.[16] Jaringan *wireless* adalah salah satu teknologi yang saat ini sudah digunakan secara luas diberbagai institusi, kantor, cafe, mall, bandara, hotel, bahkan di objek pengadaan internet-objek pengadaan internet maupun di kampus-kampus.[17]

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.

Jaringan *Wireless* merupakan sekumpulan computer yang saling terhubung antara satu dengan lainnya sehingga terbentuk sebuah jaringan komputer dengan menggunakan media udara/gelombang sebagai jalur lintas datanya.[18]

Jaringan nirkabel sering digunakan untuk menghubungkan perangkat di dalam satu lokasi fisik, seperti rumah atau kantor. Ini dikenal sebagai WLAN (*Wireless Local Area Network*) atau Wi-Fi. *Wireless LAN* adalah suatu jaringan nirkabel yang menggunakan frekuensi radio untuk komunikasi antara perangkat komputer dan akhirnya titik akses yang merupakan dasar dari transiver radio dua arah yang tipikalnya bekerja di bandwidth 2,4GHz (802.11b,802.11g) atau 5GHz (802.11a).[18]

Koneksi nirkabel didasarkan pada teknologi komunikasi tanpa kabel, seperti Wi-Fi (*Wireless Fidelity*), *Bluetooth*, dan 4G/5G. Setiap

teknologi memiliki cakupan dan kecepatan yang berbeda. Kinerja jaringan nirkabel dapat bervariasi berdasarkan teknologi dan lingkungan. Perangkat nirkabel yang lebih baru cenderung menawarkan kecepatan dan kinerja yang lebih baik.

## 2. Keunggulan Jaringan Wireless

Salah satu keunggulan utama jaringan nirkabel adalah mobilitas. Perangkat yang terhubung dapat bergerak secara bebas tanpa terikat oleh kabel, sehingga pengguna dapat mengakses jaringan dari berbagai lokasi. Selain itu, Teknologi jaringan nirkabel terus berkembang, dan inovasi seperti Wi-Fi 6 dan Wi-Fi 6E telah memperkenalkan perbaikan signifikan dalam kecepatan dan kapasitas jaringan.

Teknologi 5G merupakan teknologi nirkabel yang lebih maju daripada teknologi nirkabel sebelumnya. Dengan *bandwidth* yang lebih besar, kecepatan data yang lebih tinggi, dan tingkat keterlambatan yang lebih rendah, teknologi ini dapat menawarkan operator peluang dan keuntungan untuk membangun model bisnis baru. Peningkatan kualitas teknologi ini dapat menyebabkan lebih banyak permintaan layanan dari pengguna untuk operator dan memungkinkan pembentukan model layanan baru.

Berbeda dengan teknologi sebelumnya, teknologi 5G memiliki tujuan utama untuk memenuhi layanan komunikasi bergerak dan menawarkan dukungan teknologi kepada sektor ekonomi dan industri. Teknologi ini akan menciptakan kondisi di mana konektivitas nirkabel akan berubah dari sesuatu yang tidak memberikan nilai tambah menjadi sesuatu yang harus ada di industri.[19]

Jaringan nirkabel memiliki peran penting dalam pendidikan modern. Objek pengadaan internet, universitas, dan lembaga pendidikan lainnya sering menggunakan jaringan nirkabel untuk memberikan akses internet kepada individu dan staf, memfasilitasi

pembelajaran digital, dan menyediakan akses ke sumber daya pendidikan *online*.

Jaringan *wireless* memiliki keunggulan dibandingkan dengan jaringan kabel, sebagai berikut:

1. Mobilitas,
2. Kemudahan Instalasi,
3. Fleksibilitas Tempat,
4. Efisiensi Biaya,
5. Jangkauan Luas.[20]

### **3. Manfaat Jaringan Wireless Objek pengadaan internet**

Jaringan nirkabel (*wireless*) di objek pengadaan internet dapat memberikan berbagai manfaat yang signifikan bagi individu, guru, dan staf administrasi. Berikut adalah beberapa manfaat utama dari jaringan *wireless* objek pengadaan internet:

a. Akses Internet Universal

Jaringan nirkabel objek pengadaan internet memungkinkan akses internet universal di seluruh area objek pengadaan internet, sehingga individu dan dosen dapat mengakses informasi, sumber daya pendidikan, dan materi pembelajaran secara *online*.

b. Pembelajaran Digital

Jaringan *wireless* memungkinkan penggunaan perangkat seperti *laptop*, *tablet*, dan *smartphone* dalam proses pembelajaran. Ini mendukung pembelajaran digital dengan memberikan akses ke aplikasi pendidikan, *e-book*, dan *platform* pembelajaran *online*.

c. Kemudahan Kolaborasi

Dengan jaringan nirkabel, individu dapat dengan mudah berbagi materi pembelajaran, proyek, atau presentasi secara *online*. Ini mendorong kolaborasi dan interaksi di dalam dan di luar kelas.

d. Peningkatan Aksesibilitas

Jaringan *wireless* membuat pendidikan lebih dapat diakses untuk individu dengan kebutuhan khusus. Alat bantu, seperti perangkat terjemahan teks ke suara, dapat digunakan melalui jaringan *wireless* untuk mendukung individu yang memerlukan dukungan tambahan.

e. Pemantauan dan Manajemen

Sistem jaringan dapat digunakan untuk memantau aktivitas *online* individu, yang membantu guru dan staf objek pengadaan internet dalam menjaga keamanan dan kedisiplinan di lingkungan belajar digital.

f. Akses ke Sumber Daya Edukatif

Jaringan *wireless* memberikan akses mudah ke sumber daya pendidikan *online* seperti perpustakaan digital, database akademis, video pelajaran, dan portal edukasi.

g. Peningkatan Efisiensi

Guru dapat menggunakan teknologi untuk mengotomatisasi tugas-tugas administratif seperti pencatatan absensi dan penilaian, yang meningkatkan efisiensi mereka dalam mengajar.

h. Pengembangan Keterampilan Teknologi

Melalui penggunaan perangkat dan akses ke internet, individu memiliki kesempatan untuk mengembangkan keterampilan teknologi yang sangat diperlukan di era digital ini.

i. Pembelajaran Jarak Jauh

Jaringan nirkabel dapat mendukung pembelajaran jarak jauh dan mengaktifkan objek pengadaan internet untuk menyelenggarakan kelas *online* saat diperlukan, seperti selama situasi darurat.

j. Manajemen Sumber Daya

Jaringan nirkabel dapat digunakan untuk mengelola sumber daya objek pengadaan internet, seperti penjadwalan ruangan dan perangkat, serta manajemen inventaris perangkat teknologi.

k. Menghadirkan Dunia ke Kelas

Dosen dapat menggunakan jaringan nirkabel untuk membawa tamu pembicara atau ahli melalui video konferensi ke kelas, memperkaya pengalaman belajar individu.

Untuk memastikan manfaat jaringan *wireless* dapat dapat direalisasikan secara efektif dan aman maka perlu upaya merencanakan dan mengelola jaringan *wireless* dengan baik. Agar jaringan *wireless* objek pengadaan internet dapat berfungsi dengan baik maka perlu diperhatikan aspek-aspek penting, seperti keamanan, manajemen jaringan, dan pemeliharaan.

#### **2.2.4 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. Router merupakan perangkat yang digunakan untuk menjalankan fungsi *routing* tersebut. Router juga berperan dalam menerima paket yang ditujukan ke jaringan di luar jaringan pertama dan meneruskan paket yang diterima hingga tujuannya tercapai [26].

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. Dengan demikian, router memainkan peran penting dalam mengatur lalu lintas data antara perangkat yang terhubung dalam jaringan nirkabel [27].

Penting untuk memahami bahwa *routing* terjadi di layer jaringan (*network layer*) dalam model OSI (*Open Systems Interconnection*).

Setiap komputer akhir dapat terhubung dengan satu jaringan melalui router, yang memutuskan rute berdasarkan alamat IP tujuan paket data. Jenis protokol *routing* pada jaringan *wireless* memiliki peran penting dalam mengatur bagaimana data dikirimkan antara perangkat di jaringan. Berikut adalah beberapa jenis protokol *routing* yang sering digunakan dalam konteks jaringan nirkabel [28]:

1. **RIP (Routing Information Protocol):**
  - a) RIP adalah protokol yang memberikan informasi *routing* table berdasarkan router yang terhubung langsung.
  - b) Informasi yang diberikan meliputi host, network, subnet, dan route *default*.
  - c) Menggunakan algoritma “distance vector” dengan metrik berdasarkan hop count.
  - d) *Update routing* table dilakukan secara broadcast setiap 30 detik.
  - e) Terdapat dua versi: RIPv1 dan RIPv2. RIPv2 mendukung VLSM (Variabel Length Subnet Mask) dan memiliki fitur keamanan lebih.
2. **OSPF (Open Shortest Path First):**
  - a) OSPF adalah protokol link-state yang mempertimbangkan kualitas jalur (*bandwidth*, *Delay* , *reliability*) untuk menentukan rute terbaik.
  - b) Cocok untuk jaringan besar dan kompleks.
  - c) Menggunakan area untuk membagi domain OSPF menjadi segmen yang lebih kecil.
3. **BGP (Border Gateway Protocol):**
  - a) BGP digunakan untuk menghubungkan antara AS (*Autonomous System*).
  - b) Fokus pada pertukaran informasi tentang rute antara AS.
  - c) Digunakan di internet dan jaringan besar.

4. IGRP (*Interior Gateway Routing Protocol*):
  - a) IGRP adalah protokol *routing* proprietary dari Cisco.
  - b) Menggunakan metrik berdasarkan bandwidth dan *Delay* .
  - c) Tidak umum digunakan lagi karena digantikan oleh EIGRP.
5. EIGRP (*Enhanced Interior Gateway Routing Protocol*):
  - a) Juga dari Cisco, EIGRP adalah pengembangan dari IGRP.
  - b) Menggunakan metrik yang lebih kompleks termasuk bandwidth, *Delay* , reliability, dan beban.
6. IS-IS (*Intermediate System to Intermediate System*):
  - a) Protokol link-state yang digunakan terutama dalam jaringan besar dan ISP.
  - b) Mirip dengan OSPF tetapi memiliki beberapa perbedaan dalam format pesan dan penggunaan area.

Semua protokol ini berperan dalam mengoptimalkan rute dan memastikan efisiensi komunikasi dalam jaringan nirkabel. Setiap protokol memiliki karakteristik dan kegunaan yang berbeda, tergantung pada kebutuhan dan skala jaringan yang digunakan. Secara sederhana, *routing* pada jaringan *wireless* adalah proses pengiriman data melalui router agar dapat mencapai perangkat tujuan di jaringan lainnya [30].

### 2.2.5 *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. Berikut beberapa hal yang perlu diperhatikan tentang *Delay* [29]:

- a) Jarak

Jarak antara perangkat pengirim dan server web hosting memengaruhi kecepatan koneksi. Semakin jauh jaraknya, semakin lama *Delay* nya.

b) Ukuran Halaman Web

Ukuran halaman web, termasuk gambar, video, skrip, dan konten lainnya, memengaruhi waktu loading. Halaman dengan konten berat mungkin memerlukan waktu lebih lama.

c) Software dan Hardware

Perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan saat mentrasnfer data juga mempengaruhi *Delay*

d) Perbedaan dengan Throughput

*Delay* adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Throughput adalah jumlah data yang berhasil ditransfer melalui jaringan dalam jangka waktu tertentu.

Perhitungannya mempertimbangkan *Delay* .

*Delay* adalah salah satu faktor penting dalam memastikan website memiliki loading yang cepat dan pengalaman pengguna yang baik. Semakin rendah *Delay* nya, semakin cepat proses transfer data.

Untuk menentukan nilai *Delay* transmisi dapat menggunakan persamaan berikut :

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

Keterangan :

L = Panjang sebuah paket

R = Transmisi rate

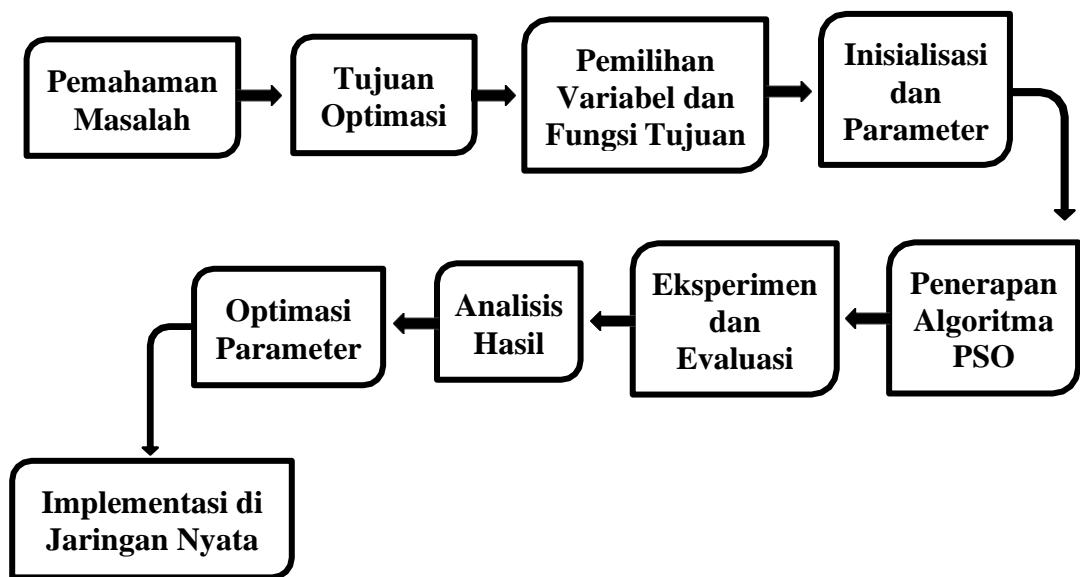
N = Total paket

*Delay queue* (antrian) merupakan lamaya waktu yang dibutuhkan sebuah paket data tersebut diteruskan hingga sampai ke tujuan.

### 2.3 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir adalah sebuah model atau gambaran yang berupa konsep yang didalamnya menjelaskan tentang hubungan antara variabel yang satu dengan variabel yang lainnya. Sebaiknya kerangka berpikir dibuat dalam bentuk diagram atau skema, dengan tujuan untuk mempermudah memahami beberapa variabel data yang akan dipelajari pada tahap selanjutnya. Kerangka berpikir dapat dikatakan sebagai rumusan-rumusan masalah yang sudah dibuat berdasarkan dengan proses deduktif dalam rangka menghasilkan beberapa konsep dan juga proposisi yang digunakan untuk memudahkan seorang peneliti merumuskan hipotesis penelitiannya.[21]

Adapun kerangka berpikir pada penelitian ini, sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Kerangka Berpikir

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Jenis, Metode, Subyek, Objek, Waktu dan Lokasi Penelitian

##### 3.1.1 Jenis Penelitian

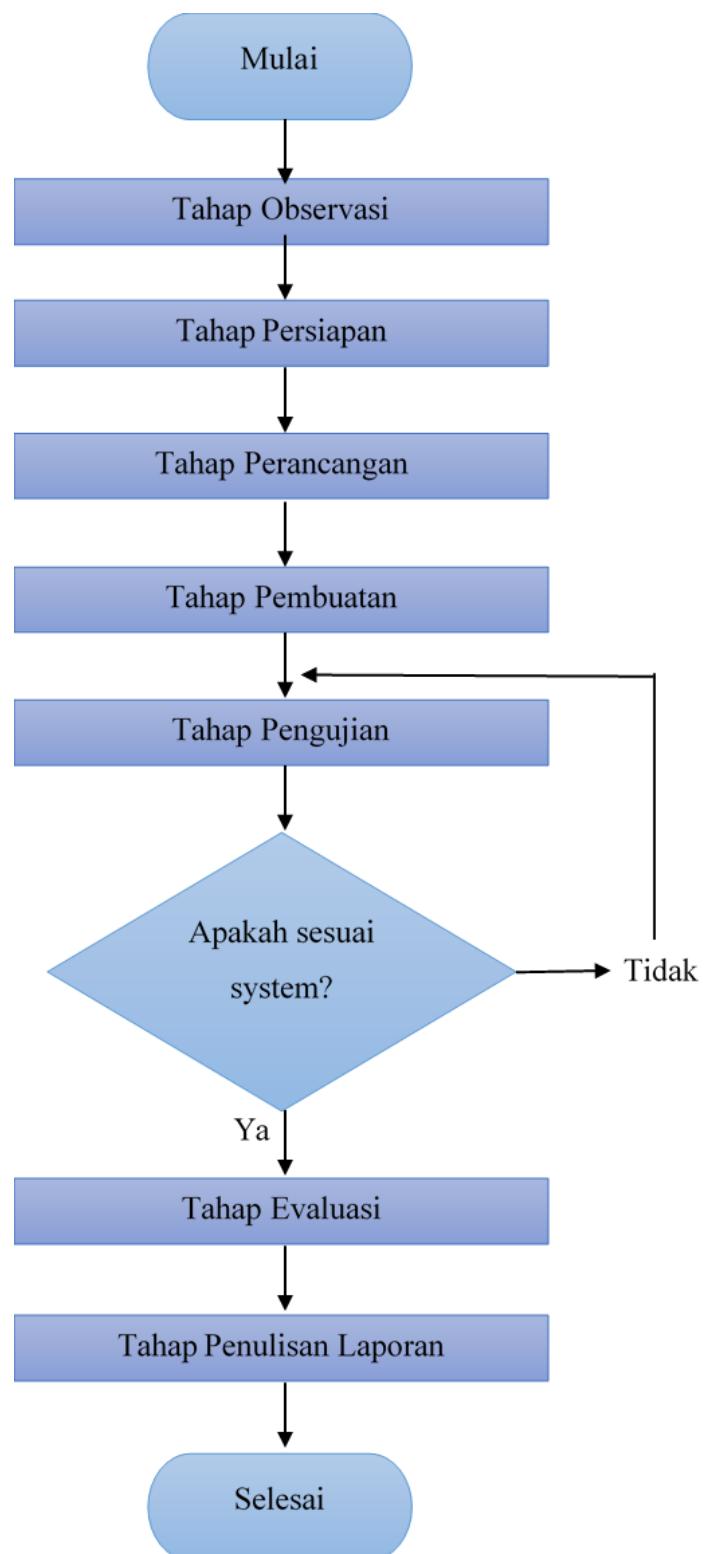
Dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode *Research & Development*, yaitu metode penelitian yang menghasilkan produk (dapat berupa model atau modul atau yang lainnya), atau menyempurnakan produk yang sudah ada, dalam bidang keahlian tertentu, serta menguji keefektifan produk tersebut. Metode *Research & Development* ini dapat digunakan oleh peneliti diantaranya dalam menemukan sebuah model maupun mengembangkan sebuah model.[22] Peneliti mengembangkan suatu model yang merupakan penerapan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* dalam meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless*.

##### 3.1.2 Metode Penelitian

Penelitian perlu dikelola dengan manajemen yang komprehensif. Awal manajemen penelitian adalah pra-perencanaan penelitian. Pra-perencanaan penelitian ini dapat menjadi dasar dalam merencanakan, melaksanakan dan evaluasi serta penyusunan laporan penelitian oleh peneliti. Faktual dilapangan pra-perencanaan ini memudahkan peneliti dalam menentukan langkah berikutnya. [22]

Peneliti menentukan *flowchart* metode tahapan penelitian sebagai upaya agar pelaksanaan penelitian ini terarah dan memenuhi aspek-aspek penelitian ilmiah.

Adapun *flowchart* metode tahapan penelitian tersebut pada gambar 3.1 berikut ini:



**Gambar 3. 1** *Flowchart* Metode Tahapan penelitian

Metode pelaksanaan penelitian yang digambarkan pada gambar

3.1 tersebut, antara lain:

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.

### **3.1.3 Subyek Penelitian**

Subyek penelitian pada penelitian ini adalah pengembangan dan implementasi algoritma PSO untuk meningkatkan kualitas layanan (*Quality of Service/QoS*) dalam jaringan nirkabel yang digunakan di lingkungan objek pengadaan internet.

### **3.1.4 Obyek Penelitian**

Obyek penelitian pada penelitian ini adalah 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*.

### 3.2 Pengumpulan Data

Adapun tahap-tahap pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini, antara lain:

1. 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.

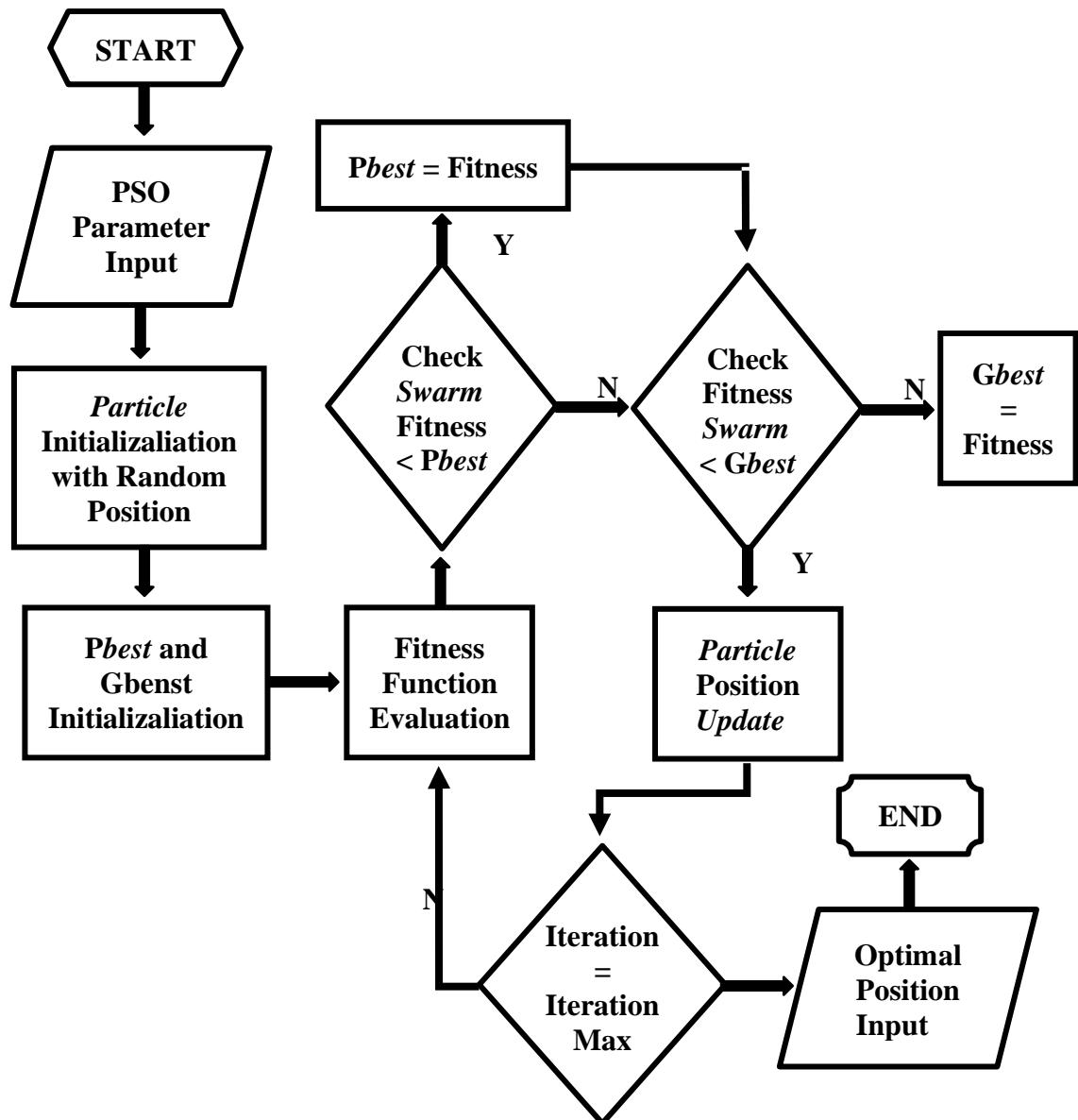
2. Observasi

Observasi merupakan 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. Observasi diartikan sebagai pengamatan terhadap pola perilaku manusia dalam situasi tertentu, untuk mendapatkan informasi tentang fenomena yang diinginkan. Observasi merupakan proses untuk memperoleh data dari tangan pertama dengan mengamati orang dan tempat pada saat dilakukan penelitian [23].

### 3.3 Permodelan/Abstraksi

#### 3.3.1 Model Yang Diusulkan

Model sistem kerja yang diusulkan untuk penerapan algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* dalam meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless*, dapat digambarkan pada gambar 3.2, sebagai berikut:



**Gambar 3. 2** Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO)

Algoritma PSO secara matematis dinyatakan sebagai berikut:

$$V_{t+1} = w \cdot V_t + c \cdot \text{rand} (p_{best} - X_t) + c \cdot \text{rand} (q_{best} + X_t) \quad (3.1)$$

$V_t$  Particle velocity,  $X_t$  Particle position,  $p_{best}$  best solution of  $p_{best}$

Particle,  $q_{best}$  best solution in  $q_{best}$  group,  $\text{rand}$  random variable,  $c$  constant.[9]

### 3.3.2 Pra Pengolahan Data

Adapun pra pengolahan data yang dilakukan penelitian, antara lain:

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan 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.

Pada tahap pengumpulan data ini akan mengambil data *Delay* dan *routing table* yang akan digunakan sebagai parameter inputan untuk sistem yang akan digunakan nantinya. Nilai *Delay* dan *routing table* yang diperoleh dari aplikasi NS2 simulator ini nantinya akan dianalisa sehingga mendapatkan hasil yang optimal.

2. Inisialisasi Populasi Partikel PSO

Tahap ini merupakan tahap yang digunakan untuk membangkitkan populasi awal dengan melakukan pembangkitan secara acak. Setiap individu atau partikel yang dibangkitkan akan terdiri dari beberapa *sub ring network* yang terbentuk berdasarkan parameter data *Delay* dan *routing table* yang diperoleh dari *nodes*.

3. Pembagian Nilai Posisi dan Kecepatan dari Setiap Partikel

Pada tahap ini terjadi proses menginisiasi pembangkitan nilai pada setiap partikel guna menentukan nilai awal suatu partikel. Pembangkitan awal dengan cara membangkitkan nilai-nilai partikel secara acak atau *random* sehingga menghasilkan nilai awal semua partikel.

Pada tahap ini juga terjadi tahap pembangkitan nilai awal kecepatan partikel. Pembangkitan awal kecepatan partikel dengan cara membangkitkan nilai-nilai partikel secara acak atau

*random* sehingga menghasilkan nilai awal kecepatan semua partikel.

#### 4. Inisialisasi Nilai $c1$ , $c2$ , $w$

Pada tahap awal yaitu inisialisasi nilai  $c1$ ,  $c2$ ,  $w$  yang merupakan parameter pencarian pada algoritma PSO. Proses inisialisasi partikel dibangkitkan secara acak. Nilai  $w$  memiliki rentang 0,4 - 0,9. Nilai dari  $c1$  dan  $c2$  biasanya adalah 2 sehingga perkalian  $c1r1$  dan  $c2r2$  memastikan bahwa partikel-partikel akan mendekati target sekitar setengah selisihnya.

#### 5. Evaluasi Nilai *Fitness*

Evaluasi nilai *fitness* adalah tahapan yang bertujuan untuk mengukur sejauh mana partikel mendapatkan solusi yang optimum dalam memenuhi batasan yang sudah ditetapkan. Tiap-tiap partikel akan dievaluasi dengan menggunakan fungsi *fitness* guna mencari tahu partikel yang memiliki nilai *fitness* yang terbaik.

#### 6. Pembagian Nilai Terbaik Partikel (*Lbest* dan *Gbest*)

Pada tahap ini adalah proses menghitung perpindahan nilai *fitness* dari tiap-tiap partikel yang berpindah, setiap proses perhitungan akan menghasilkan nilai *fitness* lokal terbaik atau *Lbest*, serta menghasilkan nilai *fitness* *Global* terbaik atau *Gbest*.

#### 7. *Update Velocity* Partikel

Pada tahap ini terjadi proses menghitung kecepatan perpindahan pada setiap partikel guna menentukan arah perpindahan suatu partikel untuk memperbaiki posisi semula.

#### 8. *Update Posisi* Partikel

*Update* posisi partikel adalah tahap terakhir dari setiap iterasi algoritma PSO untuk menghasilkan posisi akhir partikel sebelum memasuki iterasi baru algoritma PSO.

## 9. Kondisi Terpenuhi

Algoritma PSO selesai jika kriteria telah terpenuhi, maka dilanjutkan kembali dengan proses mencari nilai lokal terbaik (*Lbest*) dan *Global* terbaik (*Gbest*), serta ke tahap selanjutnya, begitu seterusnya hingga kondisi terpenuhi.

## 10. Solusi Optimal

Jika kondisi telah terpenuhi maka akan menghasilkan solusi optimum, sehingga proses perhitungan algoritma PSO akan berhenti.

## 11. Perancangan

Tahap ini akan digunakan sebagai pedoman untuk menerapkan algoritma PSO yang direpresentasikan ke dalam bentuk sistem sesuai dengan tujuan yang akan dicapai. Pada tahap ini juga akan dilakukan proses input data parameter yang akan digunakan, yaitu berupa data *Delay* antar *node* pada jaringan.

Terdapat 2 hal yang akan dilakukan pada tahap perancangan ini yaitu:

- a. Perancangan jaringan *wireless* menggunakan *NS2 Simulator*

Perancangan jaringan *wireless* menggunakan aplikasi *NS2 Simulator*. Dengan menggunakan aplikasi ini akan diperoleh data hasil pengujian jaringan.

- b. Perancangan *interface* atau *pseudecode*

Perancangan *interface* atau *pseudecode* akan dilakukan setelah tahap analisa selesai. Pada tahap ini akan dibangun sebuah *interface* dengan menggunakan aplikasi *mathlab* yang akan digunakan untuk membantu proses pencarian solusi berupa desain topologi jaringan.

## 12. Pembagian Data

Pada penelitian ini data set akan dibagi menjadi 3 kombinasi, yaitu 70% data latih dan 30% data uji, 80% data latih dan 20% data uji, serta 90% data latih dan 10% data uji.

### 3.3.3 Validasi

Validasi dalam penelitian ini adalah langkah penting untuk memastikan bahwa solusi yang dihasilkan benar-benar efektif dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Validasi ini melibatkan pengujian dan evaluasi solusi yang ditemukan dengan menggunakan data dunia nyata atau simulasi. Hasil validasi akan membantu dalam mengambil keputusan yang lebih baik terkait implementasi dan pengelolaan jaringan di objek pengadaan internet.

### 3.3.4 Optimasi

Optimasi dalam penelitian ini adalah proses yang berkelanjutan untuk memastikan bahwa jaringan tetap berkinerja optimal seiring waktu dan mengatasi perubahan dalam kebutuhan pengguna. Optimasi jaringan *wireless* objek pengadaan internet adalah upaya berkelanjutan yang membutuhkan pemantauan, pemeliharaan, dan penyesuaian berdasarkan perubahan kebutuhan dan kondisi. Dengan melakukan pemantauan dan pengelolaan yang baik, maka dapat memastikan bahwa jaringan tetap berkinerja optimal untuk mendukung pembelajaran dan operasi objek pengadaan internet.

### 3.3.5 Evaluasi Model

Evaluasi membantu peneliti menilai sejauh mana model yang telah Anda usulkan dan implementasikan berhasil mencapai tujuan penelitian ini. Evaluasi ini mencakup penilaian terhadap kualitas solusi yang dihasilkan oleh algoritma PSO, efektivitas dalam meningkatkan kualitas layanan, dan dampaknya pada operasi jaringan.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

Pada pokok analisa dalam penelitian "Penerapan Algoritma *Particle Swarm Optimization* dalam Meningkatkan Kualitas Layanan *Routing* pada Jaringan *Wireless*", fokus utama adalah mengevaluasi hasil implementasi algoritma PSO dalam konteks *routing* pada jaringan *wireless*. Peneliti juga akan membahas efektivitas PSO dalam mengoptimalkan rute data dan bagaimana hal ini mempengaruhi kualitas layanan (QoS) jaringan secara keseluruhan.

#### 4.2 Analisa Kebutuhan Pengumpulan Data

Pada bagian ini peneliti akan memaparkan hasil penelitian mengenai penerapan Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless*. Penelitian ini dimulai dengan inisialisasi parameter-parameter penting seperti jumlah partikel, rute awal, konstanta akselerasi ( $c_1$  dan  $c_2$ ), jumlah iterasi, kecepatan awal, inersia, serta batasan nilai ( $ba$  dan  $bb$ ). Setelah itu, evaluasi dilakukan untuk menghitung jarak total dari setiap rute yang dihasilkan oleh partikel berdasarkan matriks jarak yang ada.

Partikel dengan jarak total terkecil ditetapkan sebagai *gbest* (*Global best*), sementara nilai awal setiap partikel digunakan sebagai *pbest* (*personal best*). Proses iteratif kemudian dilakukan, di mana kecepatan dan posisi setiap partikel diperbarui menggunakan nilai *pbest* dan *gbest*. Penyesuaian dilakukan jika ada elemen yang berada di luar batas yang diijinkan. Evaluasi jarak total dilakukan kembali setelah pembaruan posisi, dan *gbest* serta *pbest* diperbarui berdasarkan performa terbaru. Proses ini diulang hingga kriteria penghentian terpenuhi. Adapun langkah-langkah penghitungan manual adalah sebagai berikut.

### 4.2.1 Hasil Pengumpulan Data

Pembangkitan populasi awal merupakan langkah pertama dalam implementasi algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk masalah *routing* jaringan *wireless*. Populasi awal terdiri dari beberapa partikel, masing-masing mewakili sebuah rute potensial antar node dalam jaringan. Dalam konteks ini, rute optimal adalah rute yang meminimalkan total *Delay* atau "jarak" antar node.

#### 4.2.1.1 Pemodelan Dengan Algoritma (PSO)

Algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) adalah teknik optimasi berbasis populasi yang meniru perilaku sosial kawan burung atau ikan. Dalam PSO, setiap partikel dalam populasi mewakili solusi potensial dan memiliki posisi serta kecepatan yang diupdate pada setiap iterasi. Proses *update* ini dipandu oleh posisi terbaik yang pernah dicapai oleh partikel tersebut (*personal best* atau *pbest*) dan posisi terbaik yang pernah dicapai oleh seluruh populasi (*Global best* atau *gbest*). Tujuan utama PSO adalah untuk menemukan solusi optimal dengan mengarahkan partikel-partikel menuju wilayah solusi yang lebih baik dalam ruang pencarian, melalui iterasi berkelanjutan yang melibatkan evaluasi rute, pemilihan *pbest* dan *gbest*, serta *update* kecepatan dan posisi.

##### 1. Membangkitkan Nilai Awal

Dalam algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk mengoptimalkan *routing* pada jaringan *wireless*, populasi awal dibangkitkan dengan menggunakan nilai *Delay time* atau jarak antar node yang diukur dari hasil simulasi atau eksperimen. Nilai-nilai ini mewakili waktu yang dibutuhkan untuk mengirim data dari satu node ke node lainnya dan digunakan sebagai acuan dalam menentukan rute awal partikel. Setiap partikel dalam

populasi akan memiliki serangkaian nilai *Delay* yang berbeda, yang kemudian diolah untuk menghasilkan solusi rute potensial. Tujuan dari inisialisasi populasi dengan nilai *Delay* ini adalah untuk memberikan titik awal bagi algoritma PSO dalam mengeksplorasi dan mengoptimalkan rute dengan total *Delay* terkecil, sehingga meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless*.

*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)**

	<b>Node 1</b>	<b>Node 2</b>	<b>Node 3</b>	<b>Node 4</b>	<b>Node 5</b>
<b>Node 1</b>	0	0,000891	0,000808	0,000429	0,000407
<b>Node 2</b>	0,000891	0	0,000907	0,000576	0,000525
<b>Node 3</b>	0,000808	0,000907	0	0,000576	0,00062
<b>Node 4</b>	0,000429	0,000576	0,000576	0	0,000436
<b>Node 5</b>	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**

	<b>Node 1</b>	<b>Node 2</b>	<b>Node 3</b>	<b>Node 4</b>	<b>Node 5</b>
<b>P1</b>	0	0.12973046	0.10728785	0.21872654	0.5374574
<b>P2</b>	0	0.06767175	0.7769591	0.26916154	0.30530206
<b>P3</b>	0	0.83731713	0.41536288	0.77221645	0.03179312
<b>P4</b>	0	0.72417576	0.54882327	0.1996828	0.76906924
<b>P5</b>	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. Sebagai ilustrasi, berikut adalah proses untuk Partikel 1. Berdasarkan tabel nilai *random* yang dibangkitkan, nilai *random* untuk Partikel 1 adalah 0 untuk Node 1, 0.12973046 untuk Node 2, 0.10728785 untuk Node 3, 0.21872654 untuk Node 4, dan 0.5374574 untuk Node 5. Langkah pertama adalah mengurutkan bilangan *random* dari yang terkecil hingga terbesar untuk menentukan urutan kunjungan node. Hasil pengurutan ini adalah 0, 0.10728785, 0.12973046, 0.21872654, dan 0.5374574, yang sesuai dengan Node 1, Node 3, Node 2, Node 4, dan Node 5. Oleh karena itu, rute yang terbentuk untuk Partikel 1 adalah [1, 3, 2, 4, 5]. Proses pengurutan bilangan *random* ini memastikan bahwa setiap node dikunjungi sekali dalam urutan tertentu, menghasilkan rute unik yang akan digunakan oleh Partikel 1 dalam iterasi berikutnya untuk mencari solusi optimal dalam *routing* jaringan *wireless*.

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]

$$\begin{aligned}
 & \text{Delay } (1 \rightarrow 3) + \text{Delay } (3 \rightarrow 2) + \text{Delay } (2 \rightarrow 4) + \text{Delay } (4 \rightarrow 5) \\
 & = 0.000808 + 0.000907 + 0.000576 + 0.000436 = 0.002727 \\
 & = 0.002727
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 & \text{Delay } (1 \rightarrow 2) + \text{Delay } (2 \rightarrow 4) + \text{Delay } (4 \rightarrow 5) + \text{Delay } (5 \rightarrow 3) \\
 & = 0.000891 + 0.000576 + 0.000436 + 0.00062 \\
 & = 0.002523
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 & \text{Delay } (1 \rightarrow 5) + \text{Delay } (5 \rightarrow 3) + \text{Delay } (3 \rightarrow 4) + \text{Delay } (4 \rightarrow 2) \\
 & = 0.000407 + 0.00062 + 0.000576 + 0.000576 \\
 & = 0.002179
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 & \text{Delay } (1 \rightarrow 4) + \text{Delay } (4 \rightarrow 3) + \text{Delay } (3 \rightarrow 2) + \text{Delay } (2 \rightarrow 5) \\
 & = 0.000429 + 0.000576 + 0.000907 + 0.000525 \\
 & = 0.002437
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 & \text{Delay } (1 \rightarrow 3) + \text{Delay } (3 \rightarrow 5) + \text{Delay } (5 \rightarrow 2) + \text{Delay } (2 \rightarrow 4) \\
 & = 0.000808 + 0.00062 + 0.000525 + 0.000576 \\
 & = 0.002529
 \end{aligned}$$

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].

#### 4.2.2 *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)

<b>P3</b>	0	0.83731713	0.41536288	0.77221645	0.03179312
-----------	---	------------	------------	------------	------------

*Update* Kecepatan dan Posisi Menggunakan persamaan kecepatan dan posisi:

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

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

##### a. *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.

Perhitungan *Update* Kecepatan untuk **Partikel I**:

*Partikel 1 Node 1:*

$$V^{(1)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0 - 0) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0 - 0) = 0.05$$

$$X_{ij}^{(1)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0 - 0) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0 - 0) = 0.05$$

*Partikel 1 Node 2:*

$$V^{(2)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.12973046 - 0.12973046) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.8373 - 0.12973046)$$

$$= 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 0.70756954 = 0.05 + 0.636812586 = 0.686812586$$

$$X_{ij}^{(2)} = 0.12973046 + 0.686812586 = 0.816543046$$

*Partikel 1 Node 3:*

$$V^{(3)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.10728785 - 0.10728785) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.4154 - 0.10728785)$$

$$= 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 0.30811215 = 0.05 + 0.277301934 = 0.327301934$$

$$X_{ij}^{(3)} = 0.10728785 + 0.327301934 = 0.434589784$$

*Partikel 1 Node 4:*

$$V^{(4)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.21872654 - 0.21872654) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.7722 - 0.21872654)$$

$$= 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 0.55347346 = 0.05 + 0.498126114 = 0.548126114$$

$$X_{ij}^{(4)} = 0.21872654 + 0.548126114 = 0.766852654$$

*Partikel 1 Node 4:*

$$V^{(4)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.5374574 - 0.5374574) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.0318 - 0.5374574)$$

$$= 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (-0.5056574) = 0.05 - 0.45479166 = -0.40479166$$

$$X_{ij}^{(4)} = 0.5374574 - 0.40479166 = 0.13266574$$

*Update Posisi untuk Partikel 1*

Node 1: 0.05

Node 2: 0.816543046

Node 3: 0.434589784

Node 4: 0.766852654

Node 5: 0.13266574

Proses Serupa untuk Partikel Lain. Perhitungan *Update* Kecepatan untuk **Partikel II:**

*Partikel 2 Node 1:*

$$V_{2,1}^{(t+1)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0 - 0) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0 - 0) = 0.05$$

$$X_{2,1}^{(t+1)} = 0 + 0.05 = 0.05$$

*Partikel 2 Node 2:*

$$V_{2,2}^{(t+1)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.06767175 - 0.06767175) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.8373 - 0.06767175)$$

$$= 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 0.76962825 = 0.05 + 0.692665425 = 0.742665425$$

$$X_{2,2}^{(t+1)} = 0.06767175 + 0.742665425 = 0.810337175$$

*Partikel 2 Node 3:*

$$V_{2,3}^{(t+1)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.7769591 - 0.7769591) +$$

$$1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.4154 - 0.7769591)$$

$$= 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (-0.3615591) = 0.05 - 0.32540319 = -0.27540319$$

$$X_{2,3}^{(t+1)} = 0.7769591 - 0.27540319 = 0.50155591$$

*Partikel 2 Node 4:*

$$V_{2,4}^{(t+1)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.26916154 - 0.26916154) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.7722 - 0.26916154)$$

$$= 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 0.50303846 = 0.05 + 0.452734614 = 0.502734614$$

$$X_{2,4}^{(t+1)} = 0.26916154 + 0.502734614 = 0.771896154$$

*Partikel 2 Node 5:*

$$V_{2,5}^{(t+1)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.30530206 - 0.30530206) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.0318 - 0.30530206)$$

$$= 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (-0.27350206) = 0.05 - 0.246151854 = -0.196151854$$

$$X_{2,5}^{(t+1)} = 0.30530206 - 0.196151854 = 0.109150206$$

*Update* Posisi untuk Partikel 2

Node 1: 0.05

Node 2: 0.810337175

Node 3: 0.50155591

Node 4: 0.771896154

Node 5: 0.109150206

Perhitungan *Update* Kecepatan untuk **Partikel III**:

*Partikel 3 Node 1:*

$$V_{3,1}^{(t+1)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0-0) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0-0) = 0.05$$

$$X_{3,1}^{(t+1)} = 0 + 0.05 = 0.05$$

*Partikel 3 Node 2:*

$$V_{3,2}^{(t+1)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.83731713 - 0.83731713) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.8373 - 0.83731713)$$

$$= 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (-1.713 - 0.05) = 0.05 - 1.54 - 0.05 = 0.0499846$$

$$X_{3,2}^{(t+1)} = 0.83731713 + 0.0499846 = 0.88730173$$

*Partikel 3 Node 3:*

$$V_{3,3}^{(t+1)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.41536288 - 0.41536288) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.4154 - 0.41536288)$$

$$= 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 3.712 - 0.05 = 0.05 + 3.341 - 0.05 = 0.05003341$$

$$X_{3,3}^{(t+1)} = 0.41536288 + 0.05003341 = 0.46539629$$

*Partikel 3 Node 4:*

$$V_{3,4}^{(t+1)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.77221645 - 0.77221645) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.7722 - 0.77221645)$$

$$= 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (-1.645 - 0.05) = 0.05 - 1.481 - 0.05 = 0.04998519$$

$$X_{3,4}^{(t+1)} = 0.77221645 + 0.04998519 = 0.82220164$$

*Partikel 3 Node 5:*

$$\begin{aligned}
 V_{3,5}^{(t+1)} &= 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.03179312 - 0.03179312) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.0318 - 0.03179312) \\
 &= 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 0.000688 - 0.06 = 0.05 + 0.006192 - 0.06 = 0.050006192 \\
 X_{3,5}^{(t+1)} &= 0.03179312 + 0.050006192 = 0.081799312
 \end{aligned}$$

*Update Posisi untuk Partikel 3*

Node 1: 0.05

Node 2: 0.88730173

Node 3: 0.46539629

Node 4: 0.82220164

Node 5: 0.081799312

Perhitungan *Update Kecepatan untuk Partikel IV:*

*Partikel 4 Node 1:*

$$\begin{aligned}
 V_{4,1}^{(t+1)} &= 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0 - 0) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0 - 0) = 0.05 \\
 X_{4,1}^{(t+1)} &= 0 + 0.05 = 0.05
 \end{aligned}$$

*Partikel 4 Node 2:*

$$\begin{aligned}
 V_{4,2}^{(t+1)} &= 0.5 + 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.72417576 - 0.72417576) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.8373 - 0.72417576) \\
 &= 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 0.11312424 = 0.05 + 0.101811816 = 0.151811816 \\
 X_{4,2}^{(t+1)} &= 0.72417576 + 0.151811816 = 0.875987576
 \end{aligned}$$

*Partikel 4 Node 3:*

$$\begin{aligned}
 V_{4,3}^{(t+1)} &= 0.5 + 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.54882327 - 0.54882327) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.4154 - 0.54882327) \\
 &= 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (-0.13342327) = 0.05 - 0.120080943 = -0.070080943 \\
 X_{4,3}^{(t+1)} &= 0.54882327 - 0.070080943 = 0.478742327
 \end{aligned}$$

*Partikel 4 Node 4:*

$$V_{4,4}^{(t+1)} = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.1996828 - 0.1996828) +$$

$$\begin{aligned}
& 1.5 \cdot 0.6(0.7722 - 0.1996828) \\
& = 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 0.5725172 = 0.05 + 0.51526548 = 0.56526548 \\
& X_{4,4}^{(t+1)} = 0.1996828 + 0.56526548 = 0.76494828
\end{aligned}$$

*Partikel 4 Node 5:*

$$\begin{aligned}
V_{4,5}^{(t+1)} &= 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.76906924 - 0.76906924) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.0318 - 0.76906924) \\
& = 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (-0.73726924) = 0.05 - 0.663542316 = -0.613542316 \\
X_{4,5}^{(t+1)} &= 0.76906924 - 0.613542316 = 0.155526924
\end{aligned}$$

*Update Posisi untuk Partikel 4*

Node 1: 0.05

Node 2: 0.875987576

Node 3: 0.478742327

Node 4: 0.76494828

Node 5: 0.155526924

Perhitungan *Update Kecepatan untuk Partikel V:*

*Partikel 5 Node 1:*

$$\begin{aligned}
V_{5,1}^{(t+1)} &= 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0 - 0) + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0 - 0) = 0.05 \\
V_{5,1}^{(t+1)} &= 0 + 0.05 = 0.05
\end{aligned}$$

*Partikel 5 Node 2:*

$$\begin{aligned}
& = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.9004369 - 0.9004369) + \\
& 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.8373 - 0.9004369) \\
& = 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (-0.0631369) = 0.05 - 0.05682321 = -0.00682321 \\
& = 0.9004369 - 0.00682321 = 0.89361369
\end{aligned}$$

*Partikel 5 Node 3:*

$$\begin{aligned}
& = 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.04373565 - 0.04373565) + \\
& 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.4154 - 0.04373565) \\
& = 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot 0.37166435 = 0.05 + 0.334497915 = 0.384497915
\end{aligned}$$

$$=0.04373565+0.384497915=0.428233565$$

*Partikel 5 Node 4:*

$$\begin{aligned} & 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.94235982 - 0.94235982) + \\ & 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.7722 - 0.94235982) \\ & = 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (-0.17015982) = 0.05 - 0.153143838 = -0.103143838 \\ & = 0.94235982 - 0.103143838 = 0.839215982 \end{aligned}$$

*Partikel 5 Node 5:*

$$\begin{aligned} & 0.5 \cdot 0.1000 + 1.5 \cdot 0.4 \cdot (0.24015886 - 0.24015886) + \\ & 1.5 \cdot 0.6 \cdot (0.0318 - 0.24015886) = 0.05 + 0 + 1.5 \cdot 0.6 \cdot (-0.20835886) = 0.05 - \\ & 0.187522974 = -0.137522974 \\ & = 0.24015886 - 0.137522974 = 0.102635886 \end{aligned}$$

*Update Posisi untuk Partikel 5*

Node 1: 0.05

Node 2: 0.89361369

Node 3: 0.428233565

Node 4: 0.839215982

Node 5: 0.102635886

#### b. *Update Rute Potensional*

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. Berikut adalah perhitungannya:

Partikel 1

Nilai Sebelum Pembagian:

Node 1: 0.05

Node 2: 0.22973046

Node 3: 0.20728785

Node 4: 0.31872654

Node 5: 0.6374574

Jumlah Total:

$$0.05 + 0.22973046 + 0.20728785 + 0.31872654 + 0.6374574 = 1.44320225$$

Nilai Setelah Pembagian:

$$\text{Node 1} = \frac{0.05}{1.44320225} = 0.03463$$

$$\text{Node 2} = \frac{0.22973046}{1.44320225} = 0.15918$$

$$\text{Node 3} = \frac{0.20728785}{1.44320225} = 0.14365$$

$$\text{Node 4} = \frac{0.31872654}{1.44320225} = 0.22089$$

$$\text{Node 5} = \frac{0.6374574}{1.44320225} = 0.44165$$

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

## Partikel 2

Nilai Sebelum Pembagian:

Node 1: 0.05

Node 2: 0.16767175

Node 3: 0.8769591

Node 4: 0.36916154

Node 5: 0.40530206

Jumlah Total:

$$0.05 + 0.16767175 + 0.8769591 + 0.36916154 + 0.40530206 = 1.86909445$$

Nilai Setelah Pembagian:

$$\text{Node 1} = \frac{0.05}{1.86909445} = 0.02675$$

$$\text{Node 2} = \frac{0.16767175}{1.86909445} = 0.08969$$

$$\text{Node 3} = \frac{0.8769591}{1.86909445} = 0.46931$$

$$\text{Node 4} = \frac{0.36916154}{1.86909445} = 0.46931$$

$$\text{Node 5} = \frac{0.40530206}{1.86909445} = 0.21673$$

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

### Partikel 3

Nilai Sebelum Pembagian:

Node 1: 0.05

Node 2: 0.88730173

Node 3: 0.46539629

Node 4: 0.82220164

Node 5: 0.081799312

Jumlah Total:  $0.05 + 0.88730173 + 0.46539629 + 0.82220164 + 0.081799312 = 2.30669897$

Nilai Setelah Pembagian:

$$\text{Node 1} = \frac{0.05}{2.30669897} = 0.02168$$

$$\text{Node 2} = \frac{0.88730173}{2.30669897} = 0.38465$$

$$\text{Node 3} = \frac{0.46539629}{2.30669897} = 0.20172$$

$$\text{Node 4} = \frac{0.82220164}{2.30669897} = 0.03547$$

$$\text{Node 5} = \frac{0.081799312}{2.30669897} = 0.35647$$

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

### Partikel 4

Nilai Sebelum Pembagian:

Node 1: 0.05

Node 2: 0.875987576

Node 3: 0.478742327

Node 4: 0.76494828

Node 5: 0.155526924

Jumlah Total:  $0.05 + 0.875987576 + 0.478742327 + 0.76494828 + 0.155526924 = 2.325205107$

Nilai Setelah Pembagian:

$$\text{Node 1} = \frac{0.05}{2.325205107} = 0.02151$$

$$\text{Node 2} = \frac{0.875987576}{2.325205107} = 0.37677$$

$$Node 3 = \frac{0.478742327}{2.325205107} = 0.20588$$

$$Node 4 = \frac{0.76494828}{2.325205107} = 0.32900$$

$$Node 5 = \frac{0.155526924}{2.325205107} = 0.06689$$

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

### Partikel 5

Nilai Sebelum Pembagian:

Node 1: 0.05

Node 2: 0.89361369

Node 3: 0.428233565

Node 4: 0.839215982

Node 5: 0.102635886

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Total: } & 0.05 + 0.89361369 + 0.428233565 + 0.839215982 + 0.102635886 \\ & = 2.313699123 \end{aligned}$$

Nilai Setelah Pembagian:

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

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

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

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

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

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

#### 4.2.3 Evaluasi Rute dan Memilih Pbest serta Gbest

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. Evaluasi rute dilakukan untuk mengukur kinerja solusi yang dihasilkan oleh setiap partikel, yang biasanya diekspresikan dalam bentuk fungsi tujuan atau kriteria yang ingin dioptimalkan. Ini memungkinkan penentuan apakah rute

yang dihasilkan oleh partikel tersebut merupakan peningkatan dari rute sebelumnya atau tidak. Pemilihan *pbest* dan *gbest* melibatkan perbandingan antara kinerja rute saat ini dengan kinerja terbaik yang pernah dicapai oleh partikel itu sendiri (*pbest*) dan seluruh populasi (*gbest*). Tujuan dari evaluasi rute dan pemilihan *pbest* serta *gbest* adalah untuk memastikan bahwa partikel dan populasi secara keseluruhan menuju solusi yang lebih baik secara progresif. Dengan menentukan *pbest* dan *gbest*, partikel-partikel akan lebih cenderung bergerak ke arah yang mengarah ke solusi yang optimal atau sub-optimal, membantu algoritma PSO untuk mencapai konvergensi dengan cepat.

a. 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

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

b. 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

*G<sub>best</sub>* adalah rute dengan jarak minimum di antara semua *P<sub>best</sub>* dimana peneliti menemukan rangkaian *G<sub>best</sub>* adalah **pada Rute 1-3-2-4-5 dengan jarak 0.002727**

#### 4.2.4 Pengulangan Iterasi

Setelah proses awal di mana kecepatan dan posisi partikel di-*update* dan rute potensial dievaluasi, iterasi berlanjut. Pada setiap iterasi, langkah-langkah yang sama diulangi: setiap rute yang dihasilkan oleh setiap partikel dievaluasi untuk mengukur kinerja, kemudian *p<sub>best</sub>* dan *g<sub>best</sub>* diperbarui berdasarkan hasil evaluasi tersebut. *Update* kecepatan dilakukan dengan mempertimbangkan perubahan *p<sub>best</sub>* dan *g<sub>best</sub>*. Proses ini terus berlanjut sampai kriteria berhenti tercapai. Kriteria berhenti dapat berupa jumlah iterasi tertentu yang telah ditentukan sebelumnya atau kondisi tertentu yang menandakan konvergensi solusi atau pencapaian tujuan yang diinginkan. Sebagai contoh, peneliti dapat memutuskan untuk berhenti setelah sejumlah iterasi tetap, atau ketika nilai objektif tidak berubah dalam beberapa iterasi berturut-turut, atau jika solusi yang ditemukan sudah memenuhi standar kinerja yang diinginkan. Proses iteratif ini memungkinkan algoritma PSO untuk secara bertahap memperbaiki solusi yang dihasilkan hingga mendekati atau mencapai solusi optimal atau sub-optimal yang diinginkan.

#### 4.2.5 Pengujian Model dan Hasil Evaluasi Kinerja Model

Bagian ini membahas hasil dari implementasi algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) menggunakan kode Python, yang mencakup perhitungan dan evaluasi kinerja model. Pengujian dilakukan dengan menerapkan rumus-rumus PSO, termasuk *update* kecepatan dan posisi partikel, evaluasi rute, serta pemilihan *personal best* (*p<sub>best</sub>*) dan *Global best* (*g<sub>best</sub>*). Hasil dari pengujian ini akan menunjukkan bagaimana PSO mengoptimalkan rute dalam jaringan *wireless* berdasarkan *Delay time* yang dihitung. Kinerja model dievaluasi berdasarkan efektivitas dan efisiensi dalam mengurangi total *Delay*, serta stabilitas konvergensi menuju solusi optimal. Analisis hasil codingan akan memberikan wawasan tentang

keberhasilan model dalam mencapai tujuan optimasi dan potensi perbaikan lebih lanjut.

#### 4.2.5.1 Implementasi Hasil Pemodelan

Bagian ini menjelaskan bagaimana hasil pemodelan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) diterapkan untuk mengoptimalkan *routing* pada jaringan *wireless*. Implementasi dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Python untuk mengodekan rumus-rumus PSO, seperti *update* kecepatan dan posisi partikel, evaluasi rute, dan pemilihan *personal best* (*pbest*) serta *Global best* (*gbest*). Setiap partikel dalam populasi mewakili solusi potensial yang dievaluasi berdasarkan total *Delay* atau waktu tempuh antar node dalam jaringan. Proses iteratif PSO memungkinkan partikel-partikel ini untuk secara progresif mendekati solusi optimal dengan memperbarui kecepatan dan posisi mereka berdasarkan *pbest* dan *gbest*. Hasil dari implementasi ini diukur melalui pengurangan total *Delay*, menunjukkan peningkatan efisiensi *routing* dalam jaringan *wireless*. Evaluasi kinerja model dan pengujian lebih lanjut memberikan umpan balik untuk penyempurnaan algoritma dan peningkatan kualitas layanan *routing* dalam skenario nyata

##### 1. Fungsi *Evaluate Network*

```

1  # Mengevaluasi solusi untuk di urutkan berdasarkan nilai dilanjutkan
2  # dengan mengevaluasi nilai delay
3  def evaluate_network(solution):
4      sls = []
5      for i in range(len(solution)):
6          dct = {}
7          for j in range(len(solution[i])):
8              if j == 0:
9                  solution[i][j] = 0
10             dct[j] = solution[i][j]
11         dcttmp = sorted(dct.items(), key=lambda x:x[1])
12         sls.append(dcttmp)
13
14     # Implementasi fungsi evaluasi dengan memanggil fungsi evaluate_delay
15     return evaluate_delay(sls, network_data)

```

**Gambar 4.1 Evaluate Network**

Proses evaluasi dalam algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk jaringan *wireless* dimulai dengan inisialisasi solusi awal berupa nilai-nilai *random* untuk setiap partikel. Nilai-nilai ini diurutkan dari yang terkecil ke terbesar, membentuk rute potensial yang unik untuk setiap partikel. Selanjutnya, rute-rute ini dievaluasi menggunakan data *Delay* yang diperoleh dari analisis Wireshark. Fungsi evaluasi *Delay* menghitung total *Delay* untuk setiap rute berdasarkan data *Delay* antar node. Rute dengan total *Delay* terkecil di antara semua partikel dipilih sebagai solusi terbaik pada iterasi tersebut. Proses ini memastikan bahwa rute optimal dengan *Delay* minimum dapat ditemukan, meningkatkan efisiensi jaringan *wireless*.

## 2. Fungsi Evaluasi *Delay*

```

2  # menerima dua inputan yaitu solusi yang dibangkitkan
3  # secara random dan network data yaitu data delay yang di dapatkan dari
4  # analisa wireshark
5  def evaluate_delay(solution, network_data):
6      total_delay = 0
7      for i in range(len(solution)):
8          for j in range(len(solution) - 1):
9              delay_ij = network_data[solution[i][j][0], solution[i][j+1][0]]
10             # total delay nantinya akan dijadikan GBest
11             total_delay += delay_ij
12
13     return total_delay

```

**Gambar 4.2 Evaluasi *Delay***

Dalam implementasi model menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) dengan Python, program menerima dua input utama: solusi yang dibangkitkan secara acak dan data jaringan berupa *Delay time* yang diperoleh dari analisis menggunakan Wireshark. Solusi acak ini memberikan titik awal bagi setiap partikel dalam ruang pencarian, sementara data *Delay* dari Wireshark menyediakan informasi nyata tentang waktu yang dibutuhkan untuk mengirim data antara node-node dalam jaringan

### 3. Pembangkitan Data Awal

```

1  # mendefinisikan jumlah node yang akan di olah
2  num_nodes = 5
3  # pembentukan data awal berdasarkan data yang diperoleh dari analisa wireshark
4  # atau perangkat jaringan
5  network_data = np.array([
6      [0, 0.000891, 0.000808, 0.000429, 0.000407],
7      [0.000891, 0, 0.000907, 0.000576, 0.000525],
8      [0.000808, 0.000907, 0, 0.000576, 0.00062],
9      [0.000429, 0.000576, 0.000576, 0, 0.000436],
10     [0.000407, 0.000525, 0.00062, 0.000436, 0]
11 ])
12

```

**Gambar 4.3 Pembangkitan Data Awal**

Dalam algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk *routing* jaringan *wireless*, langkah pertama adalah membangkitkan data awal yang mencakup jumlah node dan partikel. Dalam kasus ini, peneliti akan mengolah data untuk 5 node dan 5 partikel. Jumlah node ini mendefinisikan titik-titik dalam jaringan *wireless* yang akan dianalisis, sedangkan jumlah partikel mencerminkan solusi potensial yang dievaluasi oleh algoritma.

Data *Delay* antar node diperoleh melalui analisa Wireshark pada perangkat jaringan, yang memberikan informasi akurat mengenai waktu *Delay* antara setiap pasangan node. *Delay* ini disusun dalam bentuk matriks, dengan setiap elemen matriks mewakili *Delay time* antara dua node tertentu. Selanjutnya, nilai *random* antara 0 dan 1 dibangkitkan untuk setiap partikel, yang digunakan untuk menentukan urutan kunjungan antar node dalam rute potensial yang dihasilkan oleh setiap partikel. Proses ini memungkinkan PSO untuk mengeksplorasi berbagai rute dan menemukan rute optimal dengan *Delay* minimum, sehingga meningkatkan efisiensi *routing* dalam jaringan *wireless*.

#### 4. Inisialisasi Nilai Batas



```
1 # inisialisasi nilai batas atas dan batas bawah
2 x_max = 1 * np.ones(5)
3 x_min = 0 * x_max
4 bounds = (x_min, x_max)
5
```

**Gambar 4.4 Inisialisasi Nilai Batas**

Dalam implementasi algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk *routing* jaringan *wireless*, inisialisasi nilai batas atas (Xmax) dan batas bawah (Xmin) dari posisi partikel adalah langkah penting. Dengan menetapkan  $X_{\max} = 1$  dan  $X_{\min} = 0$ , peneliti memastikan bahwa semua posisi partikel selalu berada dalam rentang yang diinginkan selama iterasi algoritma. Ini penting untuk menjaga agar partikel tidak keluar dari batas ruang solusi yang telah didefinisikan, mencegah divergensi, dan memastikan konsistensi serta validitas solusi yang dihasilkan. Selain itu, batas atas dan bawah memfasilitasi konvergensi yang lebih terkontrol dan efisien, karena partikel dapat mencapai keseimbangan antara eksplorasi dan eksplorasi ruang solusi lebih cepat. Dengan menjaga posisi dalam rentang  $[0, 1]$ , evaluasi dan perhitungan *Delay* juga menjadi lebih mudah dan seragam. Oleh karena itu, pada setiap pembaruan posisi partikel, nilai posisi yang melampaui Xmax atau kurang dari Xmin akan disesuaikan kembali ke dalam rentang yang ditetapkan, memastikan partikel tetap berada dalam ruang solusi yang valid sepanjang iterasi algoritma.

## 5. Mencari *Gbest*



```

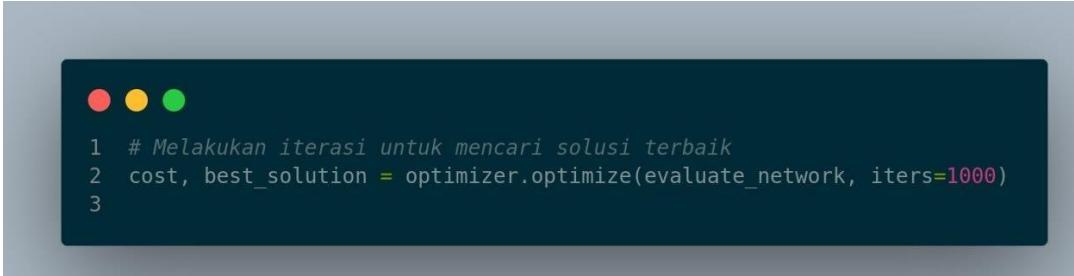
● ● ●
1 # mencari GBest dan memasukkan total partikel yang akan di olah
2 optimizer = ps.single.GlobalBestPSO(n_particles=5, dimensions=num_nodes, options=options, bounds=bounds)
3

```

**Gambar 4.5 Mencari *Gbest***

Pencarian *Gbest* dan pengolahan total partikel dalam algoritma PSO bertujuan untuk menemukan solusi optimal dengan *Delay* minimum dalam *routing* jaringan *wireless*. *Gbest* mewakili rute terbaik yang ditemukan oleh seluruh populasi partikel, yang diperbarui pada setiap iterasi berdasarkan evaluasi total *Delay* dari setiap partikel. Proses ini diimplementasikan menggunakan Python, dimana posisi dan kecepatan partikel diinisialisasi, dievaluasi, dan diperbarui secara iteratif. Setiap iterasi melibatkan evaluasi rute, pembaruan *Pbest* dan *Gbest*, serta penyesuaian kecepatan dan posisi partikel untuk konvergensi menuju solusi optimal.

## 6. Melakukan Iterasi



```

● ● ●
1 # Melakukan iterasi untuk mencari solusi terbaik
2 cost, best_solution = optimizer.optimize(evaluate_network, iters=1000)
3

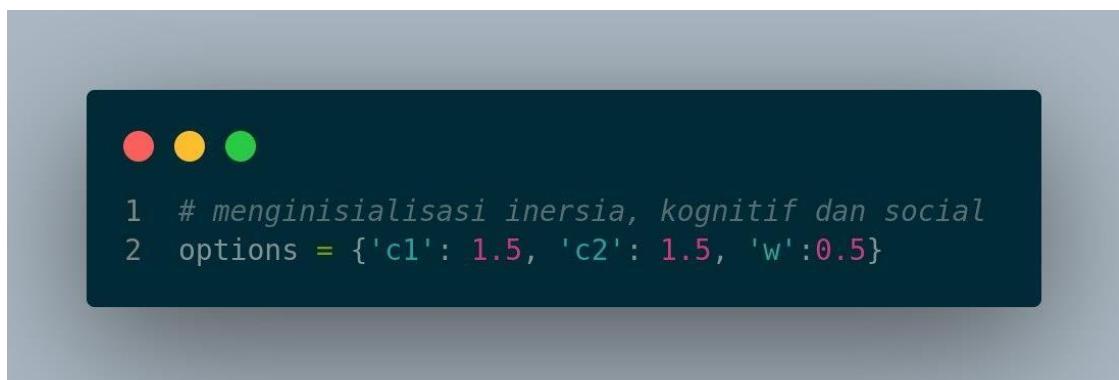
```

**Gambar 4.6 Iterasi**

Dalam algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless*, iterasi menjadi inti dari proses pencarian solusi terbaik. Pada setiap iterasi, langkah-langkah penting seperti pembaruan posisi dan kecepatan partikel, evaluasi rute, serta penentuan *Pbest* dan *Gbest* dilakukan. Dengan melakukan iterasi secara berulang, PSO dapat secara sistematis mengeksplorasi dan mengeksplorasi ruang solusi, menuju solusi yang

mendekati atau optimal dalam meminimalkan *Delay* pada jaringan *wireless*. Proses iteratif ini memungkinkan algoritma untuk menyesuaikan dan meningkatkan solusi secara progresif, sehingga meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless* secara keseluruhan.

#### 7. Menginisialisasi Inersia, Kognitif dan *Social Option*



**Gambar 4.7 Menginisialisasi Inersia, Kognitif dan *Social Option***

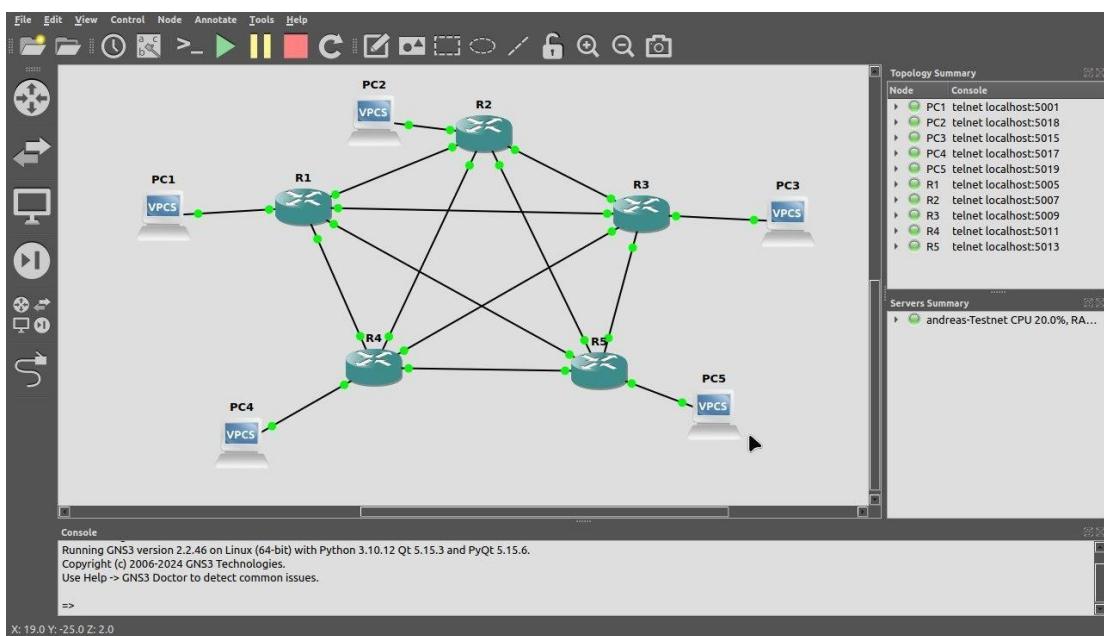
Menginisialisasi inersia, kognitif, dan *Social Option* dalam algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) adalah langkah penting yang menentukan bagaimana partikel-partikel dalam populasi mencari solusi terbaik. Inersia (*w*) mengontrol pengaruh kecepatan partikel sebelumnya terhadap kecepatan barunya, dengan nilai inersia yang besar meningkatkan eksplorasi ruang solusi, dan nilai yang kecil meningkatkan eksplorasi solusi terbaik yang telah ditemukan. Komponen kognitif (*c1*) mengarahkan partikel untuk kembali ke posisi terbaiknya sendiri yang telah ditemukan (*Pbest*), mencerminkan pengalaman individu partikel. Sementara itu, komponen *Social Option* (*c2*) mengarahkan partikel untuk mengikuti posisi terbaik yang ditemukan oleh seluruh populasi (*Gbest*), mencerminkan interaksi sosial atau pengaruh kelompok. Dalam implementasi PSO menggunakan Python, nilai-nilai ini perlu diatur secara eksplisit sebelum digunakan dalam rumus pembaruan kecepatan dan posisi partikel, memastikan keseimbangan yang tepat antara eksplorasi dan eksplorasi dalam proses pencarian solusi optimal untuk *routing* pada jaringan *wireless*.

## BAB V

## PEMBAHASAN

### 5.1 Pembahasan Kinerja Model

Pada studi ini, algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) digunakan untuk menentukan rute optimal dalam jaringan *wireless* berdasarkan matriks *Delay time*. Proses ini dimulai dengan membangkitkan populasi awal yang terdiri dari sejumlah partikel, di mana masing-masing partikel mewakili solusi potensial dalam bentuk urutan kunjungan node. Matriks *Delay* yang dihasilkan dari pengukuran menggunakan GNS3 digunakan sebagai dasar untuk menghitung total *Delay* untuk setiap rute.



**Gambar 5.1 Topologi Jaringan Wireless pada GNS3**

### 5.2 Hasil Pemodelan Sebelum Algoritma PSO

Sebelum diterapkannya algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO), rute yang digunakan adalah rute *default linear* yaitu [1, 2, 3, 4, 5]. Untuk menghitung total *Delay time* dari rute ini, peneliti perlu menjumlahkan *Delay time* antara tiap pasangan node yang berurutan berdasarkan matriks *Delay* yang telah dihasilkan dari GNS3.

Berikut adalah matriks *Delay time* yang diperoleh dari GNS3:

**Tabel 5.1 Populasi awal *Delay time* (jarak)**

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

Total *Delay* dari rute [1, 2, 3, 4, 5] adalah  $0,000891 + 0,000808 + 0,000429 + 0,000407 = \mathbf{0.002535}$

Dengan demikian, sebelum penerapan algoritma PSO, rute linear *default* [1, 2, 3, 4, 5] menghasilkan total *Delay* sebesar **0.0042**. Nilai ini akan dibandingkan dengan hasil yang diperoleh setelah penerapan PSO untuk melihat seberapa besar peningkatan efisiensi yang dicapai melalui optimasi rute.

### 5.3 Hasil Pemodelan Sesudah Algoritma (PSO)

Populasi awal dibangkitkan dengan nilai *random* yang menentukan urutan kunjungan node untuk setiap partikel. Nilai *random* ini memastikan variasi awal dalam solusi yang memungkinkan algoritma PSO untuk mengeksplorasi berbagai kemungkinan solusi. Berikut adalah nilai *random* yang dibangkitkan untuk lima partikel:

**Tabel 5.2 Populasi Hasil *Delay time* (jarak)**

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

Dari nilai *random* ini, urutan kunjungan node untuk masing-masing partikel ditentukan dengan mengurutkan nilai *random* dari yang terkecil hingga terbesar. Hasilnya adalah sebagai berikut:

**Tabel 5.3 Nilai *random* terkecil hingga terbesar**

Partikel	Urutan Kunjungan Node
1	(1-3-2-4-5)
2	(1-2-4-5-3)
3	(1-5-3-4-2)
4	(1-4-3-5-2)
5	(1-3-5-2-4)

Total *Delay* untuk setiap partikel dihitung berdasarkan matriks *Delay* yang dihasilkan dari pengukuran GNS3. Berikut adalah matriks *Delay* yang digunakan:

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

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

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

$$\text{Delay} = 0.000891 + 0.000576 + 0.000436 + 0.00062 = 0.002523$$

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

$$\text{Delay} = 0.000407 + 0.00062 + 0.000576 + 0.000576 = 0.002179$$

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

$$\text{Delay} = 0.000429 + 0.000576 + 0.000907 + 0.000525 = 0.002437$$

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

$$\text{Delay} = 0.000808 + 0.00062 + 0.000525 + 0.000576 = 0.002529$$

Dari hasil perhitungan tersebut, total *Delay* terkecil diperoleh oleh Partikel 3 dengan nilai **0.002179**. Oleh karena itu, *gbest* (*Global best*) adalah 0.002179 dengan rute terbaik **[1, 5, 3, 4, 2]**.

Dalam PSO, kecepatan dan posisi setiap partikel diupdate berdasarkan kecepatan sebelumnya, posisi terbaik partikel tersebut (*pbest*), dan posisi terbaik *Global* (*gbest*). Parameter yang digunakan adalah faktor inersia (*w* = 0.5), koefisien akselerasi (*c*<sub>1</sub> = 1.5 dan *c*<sub>2</sub> = 1.5), serta bilangan *random* (*r*<sub>1</sub> =

0.4 dan  $r2 = 0.6$ ). Proses serupa dilakukan untuk semua node pada semua partikel. *Update* posisi menghasilkan nilai baru yang akan digunakan dalam iterasi berikutnya untuk mencari rute optimal dengan *Delay* minimal.

#### 5.4 Hasil Perbandingan Sebelum dan Sesudah PSO

Pada studi ini, algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) diterapkan untuk menentukan rute optimal dalam jaringan *wireless* berdasarkan matriks *Delay time*. Sebelum penerapan PSO, rute *default* yang digunakan adalah [1, 2, 3, 4, 5], dengan total *Delay time* sebesar **0.002535**. Nilai ini dihitung dengan menjumlahkan *Delay time* antara setiap pasangan node yang berurutan. Meskipun rute ini sederhana dan mudah diterapkan, total *Delay* yang dihasilkan cukup besar, menunjukkan adanya potensi untuk optimasi lebih lanjut guna meningkatkan efisiensi jaringan.

Setelah penerapan PSO, dilakukan pembangkitan populasi awal dengan nilai *random* yang menentukan urutan kunjungan node untuk setiap partikel. Proses ini menghasilkan beberapa rute alternatif, dengan partikel yang memiliki total *Delay* terkecil adalah rute [1, 5, 3, 4, 2], yang memiliki total *Delay* sebesar **0.002179**. Hal ini menunjukkan bahwa PSO mampu menemukan solusi yang lebih efisien dibandingkan dengan rute *default*. PSO memanfaatkan kecepatan dan posisi partikel yang diperbarui berdasarkan posisi terbaik partikel tersebut (*pbest*) dan posisi terbaik *Global* (*gbest*), sehingga memungkinkan eksplorasi berbagai kemungkinan solusi untuk menemukan rute dengan *Delay* minimal.

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%. Efisiensi yang dicapai melalui optimasi ini menegaskan bahwa PSO adalah alat yang sangat berguna dalam masalah optimasi jaringan, memberikan solusi yang lebih optimal dibandingkan dengan pendekatan manual atau

*default*. Implementasi PSO tidak hanya meningkatkan kinerja jaringan dengan mengurangi *Delay time* tetapi juga menunjukkan potensi besar dalam aplikasi lain yang memerlukan optimasi rute atau alokasi sumber daya secara efisien.

## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1 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 *Delay 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.

NO	NODE	AWAL	OPTIMASI
1.	Partikel 1	0.002727	0.002727
2.	Partikel 2	0.002798	0.002523
3.	Partikel 3	0.003487	<b>0.002179</b>
4.	Partikel 4	0.003476	0.002437
5.	Partikel 5	0.003492	0.002529

#### 6.2 Saran

Terdapat beberapa saran dari penelitian ini untuk instansi universitas dan peneliti selanjutnya yang beberapa halnya dapat dipertimbangkan:

1. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi berbagai metode optimasi selain PSO, seperti Algoritma Genetika, Simulated Annealing, atau Metode Koloni Semut, untuk meningkatkan kualitas layanan *routing* pada jaringan *wireless*. Perbandingan kinerja antara berbagai metode optimasi dapat memberikan wawasan yang berharga tentang keunggulan dan kelemahan masing-masing pendekatan.
2. Mengimplementasikan algoritma optimasi dalam skala yang lebih besar dengan topologi jaringan yang lebih kompleks dan heterogen. Hal ini akan memungkinkan penelitian untuk mengevaluasi kinerja algoritma dalam situasi yang lebih realistik dan memperluas aplikabilitasnya dalam lingkungan jaringan yang lebih kompleks.
3. Mengembangkan pendekatan optimasi berbasis multi-objektif yang mempertimbangkan berbagai parameter kinerja, seperti *Delay time*, throughput, konsumsi energi, dan kehandalan jaringan secara bersamaan. Hal ini akan memungkinkan penelitian untuk menemukan solusi yang lebih holistik dan optimal yang memperhitungkan berbagai aspek penting dalam pengelolaan jaringan *wireless*.
4. Melakukan studi kasus dan implementasi lapangan di lingkungan jaringan nyata untuk menguji kinerja algoritma optimasi dalam skenario yang lebih realistik. Pengujian di lapangan akan memberikan wawasan yang berharga tentang efektivitas algoritma dalam kondisi yang sebenarnya dan memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi tantangan dan peluang di dunia nyata.

## 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] N. Arum, S. N. Hidayat, and N. Nisa, “Tantangan Inovasi Pendidikan di Masa Pasca Pandemi,” *J. Basicedu*, vol. 6, no. 5, pp. 9079–9086, 2022, [Online]. Available: <https://jbasic.org/index.php/basicedu/article/view/3345>
- [3] H. Nurmawan, B. Soedijono, and E. Pramono, “Perancangan Perbandingan Jumlah Hop Pada Wireless Mesh Network,” *J. Inf. J. Penelit. dan Pengabdi. Masy.*, vol. 5, no. 4, pp. 67–72, 2020, doi: 10.46808/informa.v5i4.158.
- [4] 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 Indonesia*, Bandung: e-Indonesia Initiative, 2010.
- [5] A. Aziz, H. Widada, K. Amron, and F. A. Bakhtiar, “Optimasi Penempatan *Relay Node* Pada *Wireless Sensor Networks* Menggunakan Algoritme *Particle Swarm Optimization (PSO)*,” *J. Pengemb. Teknol. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 7, pp. 2548–964, 2019, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [6] I. M. Suastika, I. G. A. G. A. Kadyanan, N. A. Sanjaya ER, M. A. Raharja, I. K. A. Mogi, and A. Muliantara, “*Optimization Of Wsn Deployment Using Pso Algorithm For Forest Fire Detection*,” *JELIKU (Jurnal Elektron. Ilmu Komput. Udayana)*, vol. 11, no. 2, p. 421, 2022, doi: 10.24843/jlk.2022.v11.i02.p21.
- [7] A. F. Siregar, “Implementasi Algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* Untuk Optimasi *Routing* Pada Jaringan Komputer,” Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2022.
- [8] B. Syamsuri, “Implementasi Algoritma *Single-Objective PSO (Particle Swarm Optimization)*, Untuk Menentukan Rute Optimal NPC Pada Game Android,” Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, 2023.
- [9] G. Gürgöze and İ. Türkoğlu, “*Analysis of The Performance According to Object Density in Static Environments of GA and PSO Algorithms Used in Mobile Robot Path Planning Mobil Robot Yol Planlamasında Kullanılan GA ve PSO Algoritmalarının Statik Ortamlardaki Nesne*

- Yoğunluğun Göre Perfo,” *Turkish J. Sci. Technol.*, vol. 16, no. 2, pp. 205–214, 2021.
- [10] A. H. Rizal and A. Kumalawati, “Peningkatan Kinerja Container Crane Terminal Petikemas Menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO),” in *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi ke-21*, Universitas Brawijaya, Malang, 2018, pp. 19–20.
- [11] V. Cahya, “Solusi Optimasi *Global Kontinu* Menggunakan Algoritma *Scout Particle Swarm* ,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 6, no. 1, pp. 5–10, 2019.
- [12] D. Novianti, D. Anggraini, and P. Hapsari, “Analisis Perbandingan Algoritma *Particle Swarm Optimization* Dan *Firefly Algorithm* Dalam Menentukan Minimum *Spanning Tree*,” *Rang Tek. J.*, vol. 1, no. 2, 2018.
- [13] N. F. Istighfarin, R. A. Rahmasti, and H. Nugroho, “Penerapan Metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) Dan *Genetic Algorithm* (GA) Pada Sistem Optimasi *Visible Light Communication* (VLC) Untuk Menentukan Posisi Robot,” *J. Simetris*, vol. 11, no. 1, pp. 279–286, 2020.
- [14] W. A. Setyowati and W. F. Mahmudy, “Optimasi Vektor Bobot Pada *Learning Vector Quantization* Menggunakan *Particle Swarm Optimization* Untuk Klasifikasi Jenis *Attention Deficit Hyperactivity Disorder* (ADHD) Pada Anak Usia Dini,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 11, pp. 4428–4437, 2018.
- [15] I. Romadhona, I. Cholissodin, and Marji, “Penerapan Algoritme *Particle Swarm Optimization -Learning Vector Quantization* (PSO-LVQ) Pada Klasifikasi Data Iris,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 12, pp. 6418–6428, 2018.
- [16] A. Hafiz and I. Kurnia, “Mengembangkan Jaringan *Wireless Local Area Network* (Wlan) Dan Hotspot Pada Amik Dian Cipta Cendikia (Dcc) Pringsewu,” *JISN (Jurnal Inform. Softw. dan Network)*, vol. 2, no. 1, pp. 15–22, 2021.
- [17] M. Rusdan and M. Sabar, “Pengembangan Jaringan *Wireless* Menggunakan *User Authentication* Berbasis Radius Dalam Industri 4 . 0 (Studi Kasus : Universitas Widyatama),” *Infotech J.*, vol. 1, no. 1, pp. 44–52, 2019.
- [18] A. Ananda, F. W. Ginting, K. Putri, K. Lahagu, and S. K. Halawa, “Analisis Kualitas Layanan Jaringan Internet *Wireless LAN* Pada Layanan Indihome,” *J. Ilm. Multidisiplin Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 01, pp. 24–30, 2023.
- [19] F. P. E. Putra, M. Riski, M. S. Yahya, and M. H. Ramadhan, “Mengenal Teknologi Jaringan Nirkabel Terbaru Teknologi 5G,” *J. Sistim Inf. dan*

- Teknol. Vol.*, vol. 5, no. 2, pp. 167–174, 2023, doi: 10.37034/jisisfotek.v5i1.233.
- [20] M. Y. Simargolang and A. Widarma, “*Quality of Service (QoS) for Network Performance Analysis Wireless Area Network (WLAN)*,” *CESS (Journal Comput. Eng. Syst. Sci.)*, vol. 7, no. 1, p. 162, 2022, doi: 10.24114/cess.v7i1.29758.
- [21] Hardani *et al.*, *Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*. Yogyakarta: Penerbit Pustaka Ilmu, 2020.
- [22] B. Saputro, *Manajemen Penelitian Pengembangan (Research & Development) Bagi Penyusun Tesis Dan Disertasi*, Cetakan I. Sleman, Jogjakarta: Aswaja Pressindo, 2017.
- [23] Sugiyono, *Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods)*. Bandung: Penerbit Alfabeta, 2018.
- [24] J. G. Daud, N. Lumondo, and A. Mokotoloy, “Potensi Tenaga Surya sebagai Energi Alternatif di Masa Depan,” vol. 7, pp. 4966–4969, 2023.
- [25] N. M. Neli Lestari, I. N. Satya Kumara, and I. A. Dwi Giriantari, “Review Status Panel Surya Di Indonesia Menuju Realisasi Kapasitas Plts Nasional 6500 Mw,” *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 1, p. 27, 2021, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i01.p4.
- [26] A. Algivari and D. Mustika, “*Teknik Ice Breaking* pada Pembelajaran Tematik di Sekolah Dasar,” *J. Educ. Action Res.*, vol. 6, no. 4, pp. 433–439, 2022, doi: 10.23887/jear.v6i4.53917.
- [27] Aprianto Budiman, M. Ficky Duskarnaen, and Hamidillah Ajie, “Analisis *Quality of Service (QoS)* Pada Jaringan Internet Smk Negeri 7 Jakarta,” *PINTER J. Pendidik. Tek. Inform. dan Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 32–36, 2020, doi: 10.21009/pinter.4.2.6.
- [28] M. Arsahayum, “Analisis Perbandingan Kinerja Router Linux dan Router Mikrotik menggunakan *Quality of Service (QoS)*,” pp. 1–65, 2020, [Online]. Available: <http://repository.uncp.ac.id/381/0Ahttp://repository.uncp.ac.id/381/1/MUH. ARSAHAYUM-1604411369.pdf>.
- [29] E. Damanik, C. D. Suhendra, and L. F. Marini, “*Quality of Service (QoS) Jaringan Wireless Local Area Network (WLAN)* Pada Universitas Papua (*Quality of Service (QoS) Wireless Local Area Network (WLAN)* in Papua University),” *J. Inf. Sci. Technol.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–7, 2022.
- [30] F. N. B. Zaki and L. Lukman, “Analisis Perbandingan *Quality Of Service (QoS)* Pada Video Streaming Dengan Metode PCQ Dan HTB Menggunakan Router Mikrotik,” *Respati*, vol. 16, no. 3, p. 25, 2021, doi: 10.35842/jtir.v16i3.415.

## **JADWAL PENELITIAN**

Deskripsi Aktivitas	2023				2024					
	September	Oktober	November	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
PraPenelitian										
Pengumpulan Data										
Analisis Data										
Implementasi										
Evaluasi Hasil										
Penyusunan Laporan										

## LAMPIRAN 1

### KODE PROGRAM

```

import numpy as np
import pyswarms as ps
import sys

# Fungsi evaluasi untuk memodelkan delay dalam jaringan berdasarkan solusi
routing

    # menerima dua inputan yaitu solusi yang dibangkitkan
    # secara random dan network data yaitu data delay yang di dapatkan dari
    # analisa wireshark

def evaluate_delay(solution, network_data):

    total_delay = 0
    for i in range(len(solution)):
        for j in range(len(solution) - 1):
            delay_ij = network_data[solution[i][j][0], solution[i][j+1][0]]
            # total delay nantinya akan dijadikan GBest
            total_delay += delay_ij

    return total_delay

# Mengevaluasi solusi, untuk di urutkan berdasarkan nilai terendah yang
dilanjutkan

# dengan mengevaluasi nilai delay

def evaluate_network(solution):
    sls = []
    for i in range(len(solution)):
        dct = {}
        for j in range(len(solution[i])):
            if j == 0:
                solution[i][j] = 0

```

```

dct[j] = solution[i][j]
dcttmp = sorted(dct.items(), key=lambda x:x[1])
sls.append(dcttmp)

# Implementasi fungsi evaluasi dengan memanggil fungsi evaluate_delay
return evaluate_delay(sls, network_data)

# mendefinisikan jumlah node yang akan di olah
num_nodes = 5
# pembentukan data awal berdasarkan data yang diperoleh dari analisa
wireshark
# atau perangkat jaringan
network_data = np.array([
    [0, 0.000891, 0.000808, 0.000429, 0.000407],
    [0.000891, 0, 0.000907, 0.000576, 0.000525],
    [0.000808, 0.000907, 0, 0.000576, 0.00062],
    [0.000429, 0.000576, 0.000576, 0, 0.000436],
    [0.000407, 0.000525, 0.00062, 0.000436, 0]
])

# inisialisasi nilai batas atas dan batas bawah
x_max = 1 * np.ones(5)
x_min = 0 * x_max
bounds = (x_min, x_max)
# menginisialisasi inersia, kognitif dan social
options = {'c1': 1.5, 'c2': 1.5, 'w': 0.5}
# mencari GBest dan memasukkan total partikel yang akan di olah
optimizer = ps.single.GlobalBestPSO(n_particles=5, dimensions=num_nodes,
options=options, bounds=bounds)

```

```
# Melakukan iterasi untuk mencari solusi terbaik
cost, best_solution = optimizer.optimize(evaluate_network, iters=1000)

print("Best routing solution found:", best_solution)
print("Best delay value:", cost)

af_bf = []
dct_belum_urut = { }
for i in range(len(best_solution)):
    dct_belum_urut[i+1] = best_solution[i]

af_bf.append(dct_belum_urut)
dct_setelah_urut = sorted(dct_belum_urut.items(), key=lambda x:x[1])
af_bf.append(dct_setelah_urut)

print("Best routing with tag before sort: ", af_bf[0])
print("Best routing with tag after sort: ", af_bf[1])

with open('file.txt','a') as data:
    data.write(str(af_bf[1]) + "\n")
```

**LAMPIRAN 2**  
**RIWAYAT HIDUP**

NAMA : MUH HALQI ASHAR MONOARFA  
JENIS KELAMIN : LAKI-LAKI  
PERGURUAN TINGGI : UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO  
PROGRAM STUDI : TEKNIK INFORMATIKA  
JENJANG : S1  
NOMOR INDUK MAHASISWA : T3120010  
SEMESTER AWAL : GANJIL 2020  
STATUS AWAL MAHASISWA : PESERTA DIDIK BARU  
STATUS MAHASISWA SAATINI : BELUM LULUS



## LAMPIRAN 3

### HASIL TURNITIN

 Similarity Report ID: oid:25211:61090110

PAPER NAME	AUTHOR
SKRIPSI_T3120010_MUH HALQI ASHAR MONOARFA.pdf	MUH HALQI ASHAR MONOARFA halqi.m onoarfa2431@gmail.com
WORD COUNT	CHARACTER COUNT
13480 Words	80825 Characters
PAGE COUNT	FILE SIZE
74 Pages	1.1MB
SUBMISSION DATE	REPORT DATE
Jun 10, 2024 1:10 PM GMT+8	Jun 10, 2024 1:11 PM GMT+8

**● 9% Overall Similarity**  
The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 9% Internet database
- 0% Publications database
- Crossref database
- Crossref Posted Content database
- 0% Submitted Works database

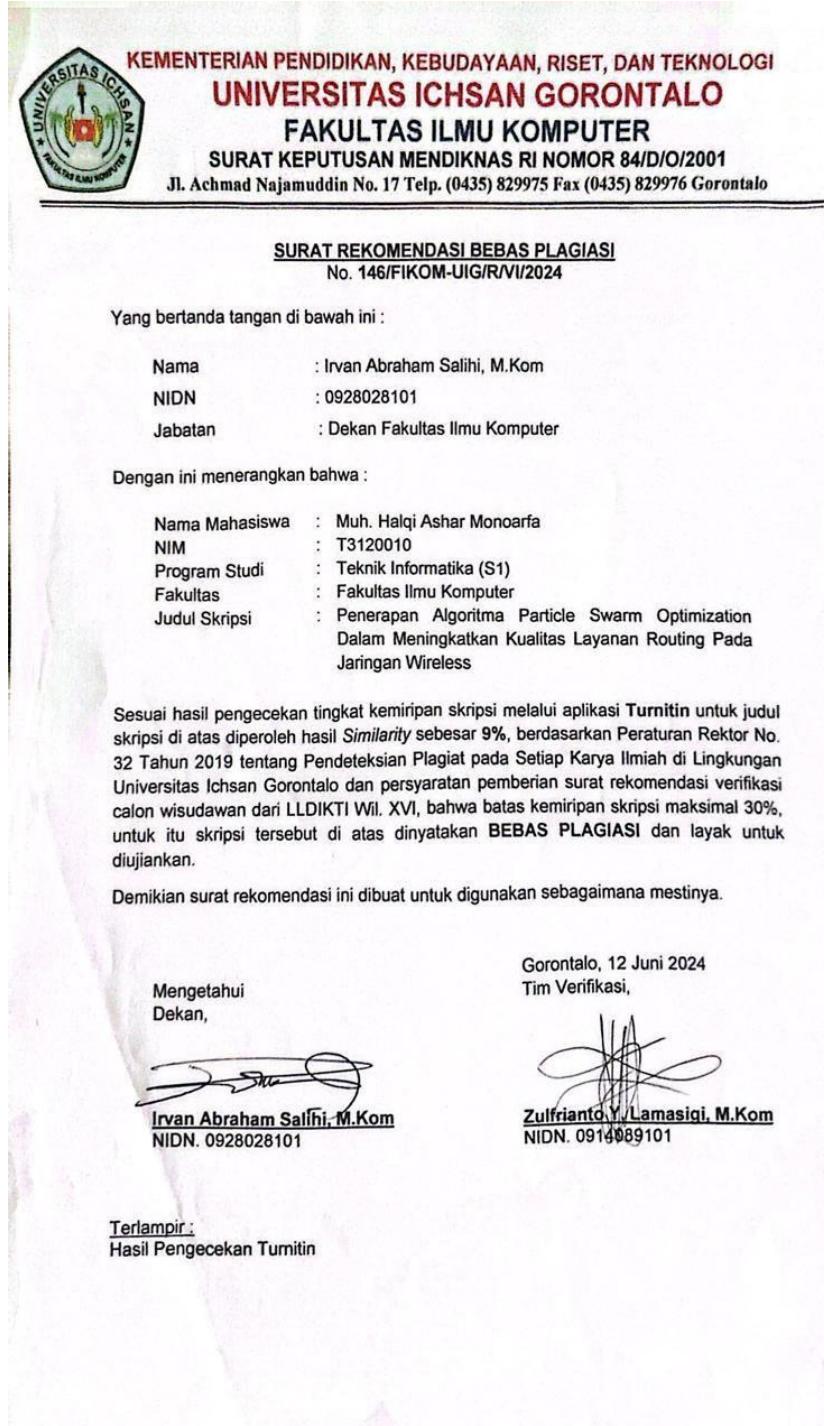
**● Excluded from Similarity Report**

- Bibliographic material
- Cited material
- Quoted material
- Small Matches (Less than 30 words)

Summary

## LAMPIRAN 4

### SURAT REKOMENDASI BEBAS PLAGIASI



## LAMPIRAN 5

### SURAT TELAH MELAKUKAN PENELITIAN



## LAMPIRAN 6

### SURAT BEBAS PUSTAKA



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER  
UPT. PERPUSTAKAAN FAKULTAS  
SK. MENDIKNAS RI NO. 84/D/0/2001  
Jl. Achmad Nadjamuddin No.17 Telp(0435) 829975 Fax. (0435) 829976 Gorontalo

#### **SURAT KETERANGAN BEBAS PUSTAKA**

No : 003/Perpustakaan-Fikom/V/2024

Perpustakaan Fakultas Ilmu Komputer (FIKOM) Universitas Ichsan Gorontalo dengan ini menerangkan bahwa :

Nama Anggota : Muh. Halqi Ashar Monoarfa  
No. Induk : T3120010  
No. Anggota : M202411

Terhitung mulai hari, tanggal : Sabtu, 25 Mei 2024, dinyatakan telah bebas pinjam buku dan koleksi perpustakaan lainnya.

Demikian keterangan ini di buat untuk di pergunakan sebagaimana mestinya.

**Gorontalo, 25 Mei 2024**

**Mengetahui,  
Kepala Perpustakaan**



**Apriyanto Alhamad, M.Kom**

**NIDN : 0924048601**