

***ROUTING PROTOCOL YANG TERKELOMPOK
TIDAK SAMA BERDASARKAN LOGIKA FUZZY
UNTUK JARINGAN SENSOR NIRKABEL***

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



DISUSUN OLEH:

Mudrik Hugo Bhamakerti

09011382025134

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**ROUTING PROTOCOL YANG TERKELOMPOK TIDAK SAMA
BERDASARKAN LOGIKA FUZZY UNTUK JARINGAN SENSOR
NIRKABEL**

Skripsi

Program Studi Sistem Komputer

Jenjang S1

Oleh:

Mudrik Hugo Bhamakerti

09011382025134

Palembang, 10 November 2024

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. Sukemi, M.T.

NIP. 196612032006041001

Pembimbing Tugas Akhir

Huda Ubaya, S.T., M.T.

NIP. 198106162012121003

AUTHENTICATION PAGE

**AN UNEQUALLY CLUSTERED ROUTING PROTOCOL BASED ON FUZZY
LOGIC FOR WIRELESS SENSOR NETWORKS**

THESIS

**Dept. of Computer System
Bachelor's Degree**

By:

Mudrik Hugo Bhamakerti

09011382025134

Palembang, 8 November 2024

Head Of Computer Systems Department



Dr. Ir. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

Supervisor



Huda Ubaya, S.T., M.T.
NIP. 198106162012121003

LEMBAR PERSETUJUAN

Telah di uji dan lulus pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 24 Oktober 2024

Tim Penguji:

1. Ketua : Kemahyanto Exaudi, S.Kom., M.T.
2. Penguji : Dr. Ahmad Zarkasi, M.T.
3. Pembimbing : Huda Ubaya, S.T., M.T.



Mengetahui, *Sukemi*
Ketua Jurusan Sistem Komputer



Sukemi
Dr. Ir. Sukemi, M.T.

NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : Mudrik Hugo Bhamakerti

NIM : 09011382025134

Judul : *Routing Protocol* Yang Terkelompok Tidak Sama Berdasarkan Logika Fuzzy Untuk Jaringan Sensor Nirkabel

Hasil Pengecekan Software Thenticate/Turnitin: 3%

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari universitas sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.



Palembang,

November 2024



Mudrik Hugo Bhamakerti

NIM. 09011382025134

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Motto”

*“Allah Tidak Akan Membebani Seseorang Melainkan Sesuai Dengan
Kesanggupannya”*

QS. Al Baqarah 286

Logika Mengalahkan Kepanikan, Pengetahuan Mengalahkan Ketakutan

h.u

“Nulla Tenaci Invia Est Via”

Dengan segenap hari, skripsi ini dipersembahkan untuk:

- ❖ Allah Swt
- ❖ Diri Sendiri
- ❖ Kedua Orang Tua dan Keluarga
- ❖ Dosen Pembimbing
- ❖ Temen Seperjuangan
- ❖ Dosen, Pegawai, dan Staf Fasilkom Universitas
Sriwijaya

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Marilah kita panjatkan puji serta syukur atas kehadiran Allah SWT karena atas berkat hidayah dan karunia – Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul “***Routing Protocol Yang Terkelompok Tidak Sama Berdasarkan Logika Fuzzy untuk Jaringan Sensor Nirkabel***”

Sebelumnya, penulis ingin memberikan serta mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang senantiasa memberikan ide, masukan, kritik, serta motivasi selama penulis melakukan penyusunan Tugas Akhir. Ucapan terima kasih tersebut ingin penulis sampaikan kepada :

1. Allah SWT yang senantiasa telah memberikan rahmat serta karunia – Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua saya tercinta Bapak Riazi dan Ibu Susanti Andriani yang tidak letih – letih dalam mengasuh serta mendidik saya sehingga saat ini dan tak ada hentinya juga dalam memberikan nasihat, semangat, serta juga dalam memberikan motivasi.
3. Kedua saudari saya Aristy Chandinie Izaaz dan Varissa Tsalis Sumayyah yang telah membantu saya dalam menjalankan perkuliahan, memberikan semangat dan doa sehingga Tugas Akhir ini dapat segera diselesaikan
4. Bapak Prof. Dr. Erwin, S.Si, M.Si. yang merupakan Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi, M.T., yang merupakan Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Huda Ubaya, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktu dan tenaga dalam membimbing, memberikan saran serta motivasi kepada penulis selama proses penulisan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Rahmat Fadli Isnanto, S.Si., M.SC selaku Dosen Pembimbing Akademik Jurusan Sistem Komputer penulis saat ini.
8. Mbak Sari selaku admin jurusan Sistem Komputer yang telah berjasa dalam membantu permasalahan administrasi penulis.

9. Semua pihak yang terlibat yang telah turut ikut membantu, baik itu dalam memberikan masukan dan ide, kritik maupun juga memberikan semangat kepada penulis yang mana tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwasannya skripsi yang telah diselesaikan ini masih tidak mendekati kata sempurna. Maka dari itu penulis meminta kritik, masukan, serta ide yang dapat digunakan oleh penulis agar penyusunan skripsi akan menjadi jauh lebih baik lagi di masa mendatang.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Palembang, November 2024
Penulis,

Mudrik Hugo Bhamakerti
09011382025134

***ROUTING PROTOCOL YANG TERKELOMPOK TIDAK SAMA
BERDASARKAN LOGIKA FUZZY UNTUK JARINGAN SENSOR
NIRKABEL***

Mudrik Hugo Bhamakerti (09011382025134)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email: mudrikhugo@gmail.com

ABSTRAK

Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) adalah infrastruktur dengan banyak sensor yang terhubung secara nirkabel untuk mengumpulkan data lingkungan. Setiap sensor dilengkapi dengan sensor fisik, unit pemrosesan data, dan modul komunikasi. Penerapan logika fuzzy dalam protokol routing, dapat meningkatkan efisiensi energi dan ketersediaan komunikasi jaringan dengan pengambilan keputusan cerdas dalam alokasi sumber daya dan penentuan jalur, mendukung adaptasi dinamis terhadap perubahan jaringan dan lingkungan. Hasil pengujian tiga simulasi menunjukkan peningkatan efisiensi energi menggunakan metode ini. Pada simulasi 1, konsumsi energi rata-rata menurun dari 0,942–0,962 mJ menjadi 0,224 mJ. Simulasi 2 menunjukkan penurunan dari 0,950–1,111 mJ menjadi 0,347 mJ. Pada simulasi 3, konsumsi energi turun dari 1,227–1,514 mJ menjadi 1,007 mJ. Pendekatan ini terbukti meningkatkan efisiensi energi dan keandalan komunikasi JSN secara signifikan.

Kata Kunci: Jaringan Sensor Nirkabel, Routing Protokol, Fuzzy Logic, Cluster Head

***AN UNEQUALLY CLUSTERED ROUTING PROTOCOL BASED ON FUZZY
LOGIC FOR WIRELESS SENSOR NETWORKS***

Mudrik Hugo Bhamakerti (09011382025134)

Dept. of Computer System, Faculty of Computer Science, Sriwijaya University

Email: mudrikhugo@gmail.com

ABSTRACT

Wireless Sensor Network (WSN) is an infrastructure with many sensors connected wirelessly to collect environmental data. Each sensor is equipped with a physical sensor, a data processing unit, and a communication module. The application of fuzzy logic in routing protocols, can improve the energy efficiency and availability of network communication by making intelligent decisions in resource allocation and path determination, supporting dynamic adaptation to network and environmental changes. The results of three simulation tests show an increase in energy efficiency using this method. In simulation 1, the average energy consumption decreases from 0.942–0.962 mJ to 0.224 mJ. Simulation 2 shows a decrease from 0.950–1.111 mJ to 0.347 mJ. In simulation 3, the energy consumption decreases from 1.227–1.514 mJ to 1.007 mJ. This approach is proven to significantly improve the energy efficiency and reliability of WSN communication.

Keywords: *Wireless Sensor Network, Routing Protocol, Fuzzy Logic, Cluster Head*

DAFTAR ISI

	HALAMAN
LEMBAR PENGESAHAN	ii
<i>AUTHENTICATION PAGE</i>	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pendahuluan	4
2.2 Jaringan Sensor Nirkabel	10
2.3 Konsep Logika Fuzzy	13
2.4 Himpunan Fuzzy	13
2.5 Sistem Inferensi Fuzzy	13

2.6 Sistem Inferensi Fuzzy Sugeno.....	14
2.6.1 Struktur Sistem Inferensi Fuzzy Sugeno.....	14
2.6.2 Fuzzifikasi Metode Sugeno	14
2.6.3 Aturan Fuzzy	16
2.6.4 Defuzzifikasi Metode Sugeno	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Pendahuluan	18
3.2 Kerangka Kerja Penelitian	18
3.3 Spesifikasi Kebutuhan.....	20
3.3.1 Perangkat Lunak yang Digunakan.....	20
3.3.2 Perangkat Keras yang Digunakan.....	20
3.4 Parameter Simulasi.....	20
3.5 FIS (Fuzzy Inference System).....	22
3.6 Aturan Fuzzy (<i>ruleset</i>).....	23
3.7 Fuzzy Logic.....	24
3.7.1 Proses Fuzzifikasi	24
3.7.2 Derajat Keanggotaan Fuzzy.....	25
3.7.3 Inferensi Fuzzy	28
3.7.4 De-fuzzifikasi	30
BAB IV PEMBAHASAN.....	34
4.1 Batasan Implementasi	34
4.2 Implementasi Pengujian	34
4.3 Implementasi Formasi Cluster	34
4.4 Hasil Perhitungan Konsumsi Energi Tanpa Menggunakan Metode	36
4.5 Hasil Analisis Total Seluruh Konsumsi Energi Tanpa Menggunakan Metode.....	39

4.6 Hasil Perhitungan Konsumsi Energi Menggunakan Metode Fuzzy (Parameter Powertrace).....	39
4.7 Hasil Perbandingan Konsumsi Energi Menggunakan (Parameter RER). 44	
4.8 Hasil Analisis Total Seluruh Konsumsi Energi Menggunakan Metode ...	46
4.9 Grafik Hasil Percobaan Antar Simulasi	47
4.9.1 Grafik dan Persentase Hasil Untuk Node Antar Simulasi	47
4.9.2 Grafik dan Persentase Hasil Untuk Cluster Antar Simulasi	48
BAB V KESIMPULAN.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Linear Naik	15
Gambar 2.2 Linear Turun	15
Gambar 2.3 Kurva Segitiga	16
Gambar 3.1 Kerangka Kerja Penelitian	19
Gambar 3.2 Diagram Blok FIS (Fuzzy Inference System)	22
Gambar 3.3 Fungsi Masukan Keanggotaan DS to BS.....	25
Gambar 3.4 Fungsi Masukan Keanggotaan Res. Energy	26
Gambar 3.5 Fungsi Masukan Keanggotaan Node Concentration	27
Gambar 3.6 Output	30
Gambar 4.1 Topologi Total 18 Node	35
Gambar 4.2 Topologi Total 33 Node	35
Gambar 4.3 Topologi Total 48 Node	35
Gambar 4.4 Grafik Node Simulasi 1	47
Gambar 4.5 Grafik Node Simulasi 2	48
Gambar 4.6 Grafik Node Simulasi 3	48
Gambar 4.7 Grafik Cluster Simulasi 1	49
Gambar 4.8 Grafik Cluster Simulasi 2	49
Gambar 4.9 Grafik Cluster Simulasi 3	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terkait	4
Tabel 3.1 Kebutuhan Perangkat Lunak	20
Tabel 3.2 Kebutuhan Perangkat Keras	20
Tabel 3.3 Parameter Umum Simulasi	21
Tabel 3.4 Basis Aturam Fuzzy Untuk Kemungkinan Pemilihan Jalur	23
Tabel 3.5 Hasil Setiap Aturan $w_i \times z_i$	31
Tabel 4.1 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 1 Simulasi Ke-1 Tanpa Metode.....	36
Tabel 4.2 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 2 Simulasi Ke-1 Tanpa Metode.....	36
Tabel 4.3 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 3 Simulasi Ke-1 Tanpa Metode.....	36
Tabel 4.4 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 1 Simulasi Ke-2 Tanpa Metode.....	37
Tabel 4.5 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 2 Simulasi Ke-2 Tanpa Metode.....	37
Tabel 4.6 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 3 Simulasi Ke-2 Tanpa Metode.....	37
Tabel 4.7 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 1 Simulasi Ke-3 Tanpa Metode.....	38
Tabel 4.8 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 2 Simulasi Ke-3 Tanpa Metode.....	38
Tabel 4.9 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 3 Simulasi Ke-3 Tanpa Metode.....	38
Tabel 4. 10 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 1 Simulasi Ke-1	40
Tabel 4.11 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 2 Simulasi Ke-1.....	40
Tabel 4.12 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 3 Simulasi Ke-1	40
Tabel 4.13 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 1 Simulasi Ke-2	41
Tabel 4.14 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 2 Simulasi Ke-2	42
Tabel 4.15 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 3 Simulasi Ke-2	42
Tabel 4.16 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 1 Simulasi Ke-3	43
Tabel 4.17 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 2 Simulasi Ke-3	43
Tabel 4.18 Rata – Rata Konsumsi Energi Cluster 3 Simulasi Ke-3	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) adalah infrastruktur yang terdiri dari banyak sensor yang terhubung melalui jaringan nirkabel untuk mengumpulkan data dari lingkungan fisik sekitarnya. Setiap sensor, atau node, dilengkapi dengan berbagai jenis sensor fisik seperti suhu, kelembaban, tekanan, atau cahaya, bersama dengan unit pemrosesan data dan modul komunikasi nirkabel. Komunikasi antar node dalam JSN menggunakan protokol nirkabel seperti Zigbee, Bluetooth, atau Wi-Fi untuk memfasilitasi pertukaran data yang efisien. Data yang terkumpul dikirimkan ke pusat pengendali untuk diproses, dianalisis, atau digunakan untuk pengambilan keputusan lebih lanjut. [1]

Protokol routing adalah landasan operasi jaringan komputer, memastikan pengiriman efisien paket data dari sumber ke tujuan. Namun, dalam prakteknya, protokol routing sering menghadapi sejumlah permasalahan yang mempengaruhi kinerja jaringan secara keseluruhan. Salah satunya adalah tantangan konvergensi yang lambat, di mana waktu yang dibutuhkan protokol untuk mencapai kesepakatan tentang topologi jaringan setelah terjadi perubahan dapat mengakibatkan penundaan atau kehilangan paket data.

Solusi untuk protokol routing dan jaringan komputer menawarkan berbagai keunggulan penting. Salah satunya adalah kemampuan metode fuzzy dalam menangani ketidakpastian dan keambiguan dalam pengambilan keputusan, terutama dalam situasi di mana kondisi jaringan sulit diprediksi secara akurat. Selain itu, metode ini memberikan fleksibilitas yang tinggi dalam menentukan prioritas berdasarkan beragam faktor, memungkinkan protokol routing untuk menyesuaikan keputusan secara dinamis terhadap perubahan lingkungan jaringan. Metode fuzzy juga memungkinkan pengambilan keputusan yang berbasis pengalaman atau pengetahuan manusia, serta kemampuan untuk menangani variabel linguistik, seperti "cukup baik" atau "sedikit buruk", yang lebih mudah dipahami oleh manusia. Dengan memanfaatkan kelebihan-kelebihan ini,

penggunaan metode fuzzy dalam pengembangan protokol routing dapat meningkatkan kinerja jaringan secara keseluruhan, termasuk efisiensi, ketersediaan, dan keandalan.

Metode fuzzy dalam pengembangan protokol routing memberikan keunggulan dalam menangani ketidakpastian dan keambiguan, fleksibilitas dalam penentuan prioritas, integrasi pengetahuan manusia dan pengalaman, serta kemampuan untuk menangani variabel linguistik. Penggunaan metode ini dapat meningkatkan kinerja jaringan secara keseluruhan, termasuk efisiensi, ketersediaan, dan keandalan.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana implementasi logika fuzzy dalam pengembangan protokol routing untuk jaringan sensor nirkabel yang terkelompok tidak sama dapat meningkatkan efisiensi dan ketersediaan komunikasi jaringan

1.3 Tujuan

1. Meningkatkan efisiensi energi dan memaksimalkan masa pakai JSN dengan menggunakan peningkatan hierarki pengelompokan (LEACH)
2. Membantu penggunaan logika fuzzy dalam protokol routing dapat meningkatkan efisiensi dan ketersediaan komunikasi dalam konteks jaringan sensor nirkabel.

1.4 Manfaat

1. Memberikan pemahaman logika fuzzy dalam protokol routing memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cerdas dalam alokasi sumber daya dan penentuan jalur komunikasi
2. Membantu adaptasi yang dinamis terhadap perubahan lingkungan dan kondisi jaringan, logika fuzzy dapat membantu memastikan bahwa jaringan sensor nirkabel tetap tersedia dan berfungsi dengan baik

1.5 Sistematika Penulisan

Berikut ini merupakan sistematika yang digunakan dalam penulisan tugas akhir, yang mendeskripsikan bab-bab yang terdapat dalam tugas akhir

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi mengenai latar belakang penelitian yang dilakukan, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan penelitian

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang penelitian terkait dengan penelitian yang dilakukan, teori yang mendukung, dan rangkuman dari kajian Pustaka

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang data set yang digunakan untuk penelitian, perangkat yang digunakan, blok diagram, serta metodologi yang digunakan untuk melakukan penelitian.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang proses penelitian yang dilakukan serta penjelasan dari penelitian yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan penelitian dari yang dilakukan serta saran dari hasil penelitian yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Adnan, L. Yang, T. Ahmad, and Y. Tao, "An Unequally Clustered Multi-hop Routing Protocol Based on Fuzzy Logic for Wireless Sensor Networks," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 38531–38545, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3063097.
- [2] H. Taheri, P. Neamatollahi, O. M. Younis, S. Naghibzadeh, and M. H. Yaghmaee, "An energy-aware distributed clustering protocol in wireless sensor networks using fuzzy logic," *Ad Hoc Networks*, vol. 10, no. 7, pp. 1469–1481, 2012, doi: 10.1016/j.adhoc.2012.04.004.
- [3] J. Wang and C. Liu, "An imperfect spectrum sensing-based multi-hop clustering routing protocol for cognitive radio sensor networks," *Sci. Rep.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–16, 2023, doi: 10.1038/s41598-023-31865-5.
- [4] M. M. Afsar and M. Tayarani-n, "Journal of Network and Computer Applications Clustering in sensor networks : A literature survey," vol. 46, pp. 198–226, 2014, doi: 10.1016/j.jnca.2014.09.005.
- [5] A. Mohamed, W. Saber, I. Elnahry, and A. E. Hassanien, "Coyote optimization based on a fuzzy logic algorithm for energy-efficiency in wireless sensor networks," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 185816–185829, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3029683.
- [6] S. Lata, S. Mehfuz, S. Urooj, and F. Alrowais, "Fuzzy Clustering Algorithm for Enhancing Reliability and Network Lifetime of Wireless Sensor Networks," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 66013–66024, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2985495.
- [7] I. Gupta, D. Riordan, and S. Sampalli, "Cluster-head election using fuzzy logic for wireless sensor networks," *Proc. 3rd Annu. Commun. Networks Serv. Res. Conf.*, vol. 2005, pp. 255–260, 2005, doi: 10.1109/CNSR.2005.27.
- [8] A. Kousar, N. Mittal, and P. Singh, "An Improved Hierarchical Clustering Method for Mobile Wireless Sensor Network Using Type-2 Fuzzy Logic," *Lect. Notes Electr. Eng.*, vol. 605, no. 8, pp. 128–140, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-30577-2_11.
- [9] H. Bagci and A. Yazici, "An energy aware fuzzy approach to unequal

- clustering in wireless sensor networks,” *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 13, no. 4, pp. 1741–1749, 2013, doi: 10.1016/j.asoc.2012.12.029.
- [10] S. A. Sert and A. Yazici, “Optimizing the Performance of Rule-Based Fuzzy Routing Algorithms in Wireless Sensor Networks,” *IEEE Int. Conf. Fuzzy Syst.*, vol. 2019-June, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/FUZZ-IEEE.2019.8858920.
- [11] U. Burgos, U. Amozarrain, C. Gómez-Calzado, and A. Lafuente, “Routing in mobile wireless sensor networks: A leader-based approach,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 7, pp. 1–15, 2017, doi: 10.3390/s17071587.
- [12] K. A. Sharada, T. R. Mahesh, S. chandrasekaran, R. Shashikumar, V. V. Kumar, and J. R. Annand, “Improved energy efficiency using adaptive ant colony distributed intelligent based clustering in wireless sensor networks,” *Sci. Rep.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–15, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-55099-1.
- [13] O. A. Egaji, A. Griffiths, M. S. Hasan, and H. N. Yu, “A comparison of Mamdani and Sugeno fuzzy based packet scheduler for MANET with a realistic wireless propagation model,” *Int. J. Autom. Comput.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–13, 2015, doi: 10.1007/s11633-014-0861-y.
- [14] P. S. Sahraoui, *S. Sahraoui. Mécanismes de sécurité pour l’intégration des RCSFs à l’IoT (Internet of Things)*. 2016.