

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi, *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET) semakin banyak digunakan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan komunikasi tanpa infrastruktur tetap. Jaringan *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET) memungkinkan perangkat untuk berinteraksi secara langsung tanpa memerlukan infrastruktur tetap, sehingga memberikan fleksibilitas tinggi dalam pembentukan jaringan. Karakteristik tersebut yang menjadikan MANET sangat ideal jika digunakan dalam kondisi darurat. Namun, MANET juga memiliki berbagai tantangan, termasuk pengelolaan sumber daya energi yang terbatas dan konektivitas yang sering berubah.

Mobile Ad-Hoc Network (MANET) merupakan salah satu bentuk topologi jaringan nirkabel yang bersifat fleksibel, di mana setiap node memiliki kemampuan untuk berpindah serta membentuk jalur komunikasi secara dinamis (Ramadhani et al., 2022). MANET dapat diimplementasikan tanpa memerlukan infrastruktur jaringan yang kompleks, sehingga efisien dari segi biaya dan waktu. Node dalam jaringan bertanggung jawab untuk mencari dan menangani rute ke setiap node di dalam jaringan. Router yang bergerak secara acak dan bebas, memungkinkan topologi jaringan nirkabel mungkin dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diprediksi. Meskipun MANET memiliki fleksibilitas yang tinggi, MANET masih menghadapi tantangan teknis seperti keterbatasan bandwidth, daya yang terbatas, dan topologi yang sering berubah karena adanya perubahan dari node. Untuk mengatasi pergerakan antar node, dibutuhkan protokol routing yang mampu secara adaptif membentuk dan mempertahankan jalur komunikasi, sehingga setiap node dalam jaringan tetap dapat saling berinteraksi secara efisien meskipun topologi terus berubah.

Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam peningkatan efisiensi komunikasi jaringan nirkabel seperti MANET adalah dengan menerapkan protokol LEACH (*Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy*). LEACH merupakan protokol routing berbasis hierarki yang dirancang khusus untuk meminimalkan konsumsi energi node dalam jaringan dengan cara membentuk struktur kluster.

Dalam protokol LEACH, setiap klaster dipimpin oleh sebuah *Cluster Head* (CH) yang bertugas mengumpulkan dan memproses data dari node-node dalam *cluster* dan meneruskan data tersebut ke *base station* (Zhang et al., 2020a). Protokol LEACH mengatur ukuran dan jumlah klaster dalam jaringan melalui penyesuaian probabilitas node untuk mendeklarasikan diri sebagai *Cluster Head* (CH). Namun, keterbatasan protokol ini terletak pada ketidakmampuan node untuk secara konsisten berperan sebagai CH, ditambah dengan ketidakpastian distribusi geografis CH yang menyebabkan ketidakstabilan masa pakai jaringan yang mengakibatkan efisiensi energi dan ketahanan protokol LEACH sering kali tidak optimal tanpa adanya pendekatan optimasi tambahan.

Keterbatasan protokol LEACH dalam pemilihan *Cluster Head* (CH) secara acak berbasis probabilitas mengakibatkan beberapa masalah dalam lingkungan *Mobile Ad Hoc Network* (MANET). Pemilihan *Cluster Head* (CH) yang tidak mempertimbangkan parameter adaptif seperti sisa energi node, jarak ke *base station*, atau tingkat mobilitas node sering kali menghasilkan distribusi energi yang tidak merata (Suleiman & Hamdan, 2021). Beberapa node yang terpilih sebagai CH berulang kali akan mengalami konsumsi energi berlebih sehingga cepat kehabisan daya, sementara node lain justru tidak pernah mendapat peran tersebut. Akibatnya, umur jaringan (*network lifetime*) menjadi lebih pendek dan efisiensi protokol LEACH tidak optimal.

Selain metode probabilitas, pendekatan lain yang sering digunakan adalah *Random Search*, namun metode ini kurang optimal dalam adaptivitas dan efisiensi energi. Pada metode ini, proses pemilihan kandidat CH dilakukan secara acak melalui pencarian dalam ruang solusi tanpa adanya pertimbangan terhadap faktor adaptif jaringan. Walaupun mekanisme ini relatif sederhana dan mudah diimplementasikan, hasil yang diperoleh sering kali bersifat tidak stabil. Ketidakpastian dalam pemilihan CH menyebabkan beban energi tidak terdistribusi secara seimbang, terutama pada skenario dengan jumlah node yang besar dan mobilitas tinggi (Viet et al., 2021). Kondisi ini berdampak langsung pada penurunan kinerja jaringan, ditandai dengan menurunnya *Packet Delivery Ratio* (PDR), meningkatnya jumlah kehilangan paket (packet loss), serta fluktuasi throughput pada setiap round komunikasi.

Melihat keterbatasan dari kedua pendekatan tersebut, diperlukan metode pemilihan Cluster Head yang lebih adaptif, efisien, dan mampu menyesuaikan diri terhadap dinamika jaringan. Pada penelitian ini akan menerapkan algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC) yang merupakan sebuah metode metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku lebah madu dalam mencari sumber makanan (Rathod et al., 2025). Algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC) memanfaatkan tiga jenis koloni lebah, diantaranya lebah pekeja (*employed bees*), lebah pengamat (*onlooker bees*), dan lebah pencari (*scout bees*). Mekanisme interaksi antar koloni lebah pada algoritma ini menghasilkan proses pencarian solusi yang tidak hanya cepat dalam menemukan kandidat *Cluster Head* yang potensial, tetapi juga mampu menjaga keberagaman solusi agar tidak terjebak pada kondisi local optimum. Dalam konteks pemilihan *Cluster Head* (CH) pada protokol LEACH, *Artificial Bee Colony* (ABC) dapat digunakan untuk mengoptimalkan seleksi *Cluster Head* (CH) dengan mempertimbangkan parameter adaptif, seperti sisa energi node, jarak ke base station, dan tingkat mobilitas node. Pendekatan ini memungkinkan pemilihan *Cluster Head* (CH) yang lebih baik dan seimbang, yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi, memperpanjang masa hidup jaringan, serta menjaga stabilitas performa jaringan.

Melalui penerapan algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC), diharapkan pemilihan Cluster Head dapat dilakukan secara lebih efisien dengan distribusi beban energi yang merata di seluruh node. Diharapkan juga, masa hidup jaringan (network lifetime) dapat diperpanjang, tingkat kehilangan paket (*packet loss*) dapat diminimalkan, serta rasio keberhasilan pengiriman data *Packet Delivery Ratio* (PDR) dapat meningkat secara signifikan. Dengan demikian, integrasi algoritma ABC pada protokol LEACH memberikan potensi solusi yang lebih unggul untuk mengatasi keterbatasan yang muncul pada pendekatan probabilistik dan *Random Search*.

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis komparatif antara dua pendekatan, yaitu metode *Random Search*, dan optimasi berbasis algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC). Analisis ini difokuskan pada beberapa parameter kinerja utama, meliputi konsumsi energi rata-rata, masa hidup jaringan, *Packet Delivery Ratio* (PDR), tingkat kehilangan paket, dan stabilitas distribusi geografis Cluster Head.

Hasil perbandingan diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam pengembangan metode pemilihan Cluster Head yang lebih efisien.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada upaya perbandingan kinerja tiga pendekatan dalam pemilihan *Cluster Head* pada protokol LEACH, yaitu metode probabilistik standar, Random Search, dan optimasi berbasis algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC). Perbandingan ini ditujukan untuk mengetahui sejauh mana algoritma ABC mampu memberikan peningkatan efisiensi energi, memperpanjang masa hidup jaringan, serta meningkatkan kualitas komunikasi pada jaringan MANET dibandingkan dengan kedua metode lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengoptimalkan pemilihan *Cluster Head* (CH) dalam protokol LEACH menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC) untuk meningkatkan efisiensi energi pada jaringan MANET?
2. Apa saja faktor yang mempengaruhi kinerja algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC) dalam pemilihan *Cluster Head* (CH)?
3. Bagaimana perbandingan kinerja antara metode pemilihan *Cluster Head* secara *Random Search* dengan metode algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC)?

1.3 Tujuan & Manfaat

1.3.1 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penulisan penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC) untuk pemilihan *Cluster Head* dalam protokol LEACH pada jaringan MANET.
2. Menganalisis pengaruh faktor, seperti jumlah node, ketersediaan energi awal, luas area serta peletakan *base station* dalam jaringan.
3. Membandingkan efisiensi konsumsi energi antara metode pemilihan cluster head berbasis *Random Search* pada protokol LEACH dengan metode berbasis algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC) dalam lingkungan jaringan MANET.

1.3.2 Manfaat

Berikut merupakan manfaat penelitian ini yaitu:

1. Manfaat bagi mahasiswa sebagai salah satu Upaya untuk membagikan ilmu dan sebagai syarat mutlak untuk menyelesaikan Pendidikan S-1 Teknik Elektro Universitas Trunojoyo Madura.
2. Manfaat bagi Jurusan, Fakultas, dan Universitas: Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengalaman, menjadi rujukan informasi bagi penelitian lain, dan sehingga memberikan referensi yang sesuai.
3. Manfaat bagi Perusahaan: penelitian ini diharapkan dapat dijadikan pertimbangan dalam merancang protokol komunikasi yang lebih adaptif dan hemat energi pada jaringan MANET.

1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan dari permasalahan agar tidak terjadi pelebaran pembahsan, sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas tentang optimasi protokol LEACH dan tidak membahas protokol jaringan lainnya.
2. Algoritma yang akan di uji pada penelitian ini yaitu pencarian *Cluster Head* (CH) dengan model *random search* dan *Artificial Bee Colony* (ABC).
3. Energi utama yang digunakan oleh setiap node akan ditetapkan pada nilai 0,5 Joule.
4. Jumlah node yang digunakan pada penelitian ini yaitu 100, 200, dan 300.
5. Posisi *base station* yang digunakan pada penelitian meliputi 3 skenario yaitu 0x100, 250x750, an 500x500
6. Penelitian ini akan fokus pada analisis parameter kinerja, yaitu *Packet Delivery Ratio* (PDR) yang akan dibandingkan berdasarkan jumlah putaran (*round*) dalam simulasi.
7. Simulasi hanya berbasis perangkat lunak, sehingga tidak mencakup implementasi langsung pada perangkat keras jaringan MANET.
8. Simulasi akan dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *python*.

1.5 Metodologi Penulisan Skripsi

Metodelogi penulisan skripsi yang akan dikerjakan memiliki beberapa tahapan. Tahapan tersebut antara lain:

1.5.1 Metode Persiapan

Metode persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Dalam tahap awal ini disusun hal-hal penting yang harus segera dilakukan dengan tujuan untuk mengefektifkan waktu dan pekerjaan. Tahap persiapan ini meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut: menentukan judul skripsi, pembuatan proposal penyusunan skripsi, studi pustaka terhadap materi desain untuk menentukan garis besarnya, dan menentukan kebutuhan data. Perencanaan jadwal pembuatan desain persiapan diatas harus dilakukan secara cermat untuk menghindari pekerjaan yang berulang, sehingga tahap pengumpulan data menjadi lebih optimal.

1.5.2 Metode Perencanaan

Dalam metode ini membuat sebuah *flowchart* yang menjelaskan tentang langkah awal sampai dengan akhir penyusunan laporan Skripsi. Pengembangan dari penjelasannya dituangkan dalam bentuk diagram alir yang tersusun secara berurutan sesuai dengan proses kerjanya.

1.5.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan yaitu sebagai berikut: Metode Literatur, yaitu mengumpulkan, mengidentifikasi dan mengolah data tertulis serta metode kerja yang digunakan, Metode Observasi yang dilakukan dengan tujuan untuk dapat mengetahui kondisi real di lapangan sehingga dapat diperoleh gambaran-gambaran sebagai pertimbangan dalam perencanaan desain struktur.

1.5.4 Metode Percobaan

Dalam metode ini melakukan sesuatu percobaan guna mengetahui sejauh mana kesesuaian hasil dari percobaan dengan teori yang didapatkan dari studi literatur.

1.5.5 Metode Validasi

Dalam metode ini membuat suatu validasi sistem yang sesuai dengan penelitian serta metode yang digunakan sistem. Metode ini berguna untuk menetapkan hasil akhir yang maksimal sesuai dengan data yang ada.

1.5.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang gambaran umum untuk memberikan pola dasar pemikiran bagi keseluruhan isi yang di tulis dalam skripsi ini meliputi: latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II: TEORI PENUNJANG

Bab ini berisi tentang teori penunjang yang merupakan pijakan selanjutnya yang digunakan untuk menganalisis data di dalam laporan penelitian, dalam bab ini berisikan penelitian terdahulu yang relevan dan dasar teori yang terdiri dari teori tentang topic penelitian.

BAB III: PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berisi tentang uraian kegiatan peneliti untuk mendapatkan data, mengolah data, dan menginterpretasikannya. Bab ini berisikan waktu dan tempat penelitian, diagram alir penelitian, blok diagram, flowchart sistem, perancangan alat dan sistem, serta analisis kebutuhan

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

Bab ini ini berisikan hasil penelitian yang diperoleh yang disesuaikan dengan rumusan masalah atau fokus penelitian, dan juga pembahasan dan sub bahasan.

BAB V: PENUTUP

Bab terakhir berisi tentang kesimpulan, saran-saran atau rekomendasi. Kesimpulan menyajikan secara ringkas seluruh penemuan penelitian yang ada hubungannya dengan masalah penelitian.

1.6 Jadwal Pelaksanaan

Tabel 1. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No.	Jenis Kegiatan Penelitian	Bulan						
		I	II	III	IV	V	VII	VIII
1.	Studi Pustaka dan literatur							
2.	Pengajuan Proposal Skripsi							
3.	Pelaksanaan Penelitian							
4.	Penyusunan Laporan Skripsi							
5.	Pemeriksaan Laporan Skripsi							
6.	Sidang Skripsi							