

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelaksanaan ujian berbasis komputer (Computer Based Test/CBT) di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) merupakan salah satu indikator kesiapan lembaga pendidikan dalam mengadopsi transformasi digital. Penerapan CBT diharapkan mampu meningkatkan efektivitas, efisiensi, serta akuntabilitas proses evaluasi hasil belajar karena seluruh proses ujian, mulai dari distribusi soal hingga pengumpulan jawaban, dilakukan secara terkomputerisasi. Namun demikian, keberhasilan implementasi CBT sangat bergantung pada ketersediaan jaringan komunikasi yang stabil dan andal. Berdasarkan data Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) (2024), tingkat penetrasi internet nasional telah mencapai 79,5%, tetapi masih terdapat kesenjangan kualitas akses internet, khususnya pada wilayah rural dan Indonesia Timur. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa meskipun banyak sekolah telah memiliki akses internet, kestabilan dan keandalan jaringan masih menjadi tantangan utama dalam mendukung pelaksanaan ujian berbasis komputer.

Hasil observasi awal yang dilakukan di SMKN 1 Sidayu melalui wawancara dengan guru Teknik Komputer dan Jaringan, Budi Subiyanto, menunjukkan bahwa pelaksanaan ujian daring masih bergantung pada koneksi internet dari penyedia layanan (Internet Service Provider/ISP). Ketergantungan tersebut menyebabkan berbagai kendala teknis, seperti keterlambatan akses soal, kegagalan pengiriman jawaban, serta penurunan stabilitas sistem ketika jumlah peserta yang terhubung meningkat. Permasalahan tersebut sejalan dengan penelitian Ramadhani dan

Suhartanta (2023) yang melaporkan bahwa sebanyak 21,2% siswa SMK masih mengalami kendala jaringan selama pembelajaran daring. Selain itu, Priyambodo et al. (2022) menjelaskan bahwa permasalahan utama sekolah di wilayah pinggiran bukan terletak pada ketersediaan perangkat, melainkan pada kestabilan jaringan internet yang digunakan selama proses pembelajaran maupun evaluasi berbasis daring.

Temuan tersebut diperkuat oleh hasil wawancara dengan Kepala Laboratorium SMKN 1 Sidayu, Didik Kiswoyo, yang menyatakan bahwa permasalahan teknis paling sering terjadi berupa peningkatan delay ketika banyak perangkat mengakses jaringan Wi-Fi sekolah secara bersamaan. Hasil simulasi pelaksanaan CBT serta pengujian trafik jaringan yang dilakukan penulis (Lampiran Bukti Nomor 10) menunjukkan bahwa koneksi masih berjalan stabil ketika digunakan oleh sekitar 10–15 perangkat. Namun, performa jaringan mulai mengalami penurunan pada saat jumlah perangkat aktif mencapai 30–35 unit, yang ditandai dengan meningkatnya waktu respons hingga 3–5 detik untuk setiap transaksi komunikasi. Kondisi tersebut selaras dengan penelitian Latief, Nugroho, dan Aziz (2022) serta Wibowo, Kurniawan, dan Indrawan (2022) yang menunjukkan bahwa peningkatan jumlah node aktif akan meningkatkan beban bandwidth dan menyebabkan bertambahnya delay, sehingga kualitas layanan jaringan menurun ketika digunakan secara bersamaan oleh banyak pengguna.

Keterbatasan infrastruktur jaringan serta ketergantungan terhadap penyedia layanan internet (ISP) menyebabkan sekolah memiliki kendali yang terbatas dalam mengelola distribusi lalu lintas data selama pelaksanaan ujian. Menurut Firmansyah, Hidayat, dan Zulfikar (2023), kondisi tersebut berpotensi menurunkan

reliabilitas sistem karena performa jaringan dipengaruhi oleh faktor-faktor di luar kendali institusi, seperti gangguan pada jaringan penyedia layanan maupun kepadatan trafik internet. Akibatnya, proses evaluasi pembelajaran berbasis CBT menjadi rentan mengalami gangguan yang dapat memengaruhi kelancaran pelaksanaan ujian, validitas hasil evaluasi, serta kepercayaan terhadap sistem yang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan jaringan yang mampu menyediakan konektivitas secara mandiri sehingga sekolah tidak sepenuhnya bergantung pada infrastruktur eksternal.

Kebutuhan tersebut semakin penting mengingat pelaksanaan ujian berbasis komputer menuntut komunikasi data yang berlangsung secara kontinu antara perangkat peserta dengan server. Selama ujian berlangsung, setiap perangkat melakukan berbagai aktivitas, seperti memuat soal, menyimpan jawaban, melakukan sinkronisasi waktu, hingga mengirimkan hasil pekerjaan peserta ke server. Seluruh proses tersebut memerlukan jaringan dengan tingkat ketersediaan (availability) dan stabilitas yang tinggi. Apabila terjadi gangguan koneksi, keterlambatan pengiriman paket, atau kegagalan komunikasi, proses ujian dapat terganggu dan berpotensi menimbulkan ketidakadilan bagi peserta. Oleh sebab itu, sekolah memerlukan sistem jaringan yang tidak hanya mampu menyediakan konektivitas, tetapi juga memberikan kendali penuh terhadap pengelolaan komunikasi data selama pelaksanaan ujian.

Salah satu pendekatan yang dinilai mampu memenuhi kebutuhan tersebut adalah Mobile Ad-hoc Network (MANET). MANET merupakan jaringan nirkabel yang dapat terbentuk secara otomatis tanpa memerlukan infrastruktur tetap, seperti access point, switch, maupun menara pemancar. Pada jaringan ini, setiap perangkat

(node) berfungsi sebagai pengguna (host) sekaligus sebagai perantara (router) yang meneruskan paket data menuju perangkat lain melalui mekanisme multi-hop. Karakteristik tersebut memungkinkan jaringan tetap beroperasi meskipun tidak tersedia koneksi internet maupun terjadi perubahan topologi jaringan akibat perpindahan atau terputusnya salah satu node. Dengan sifatnya yang otonom, fleksibel, dan adaptif, MANET menjadi salah satu alternatif yang potensial untuk mendukung komunikasi data pada lingkungan pendidikan yang memiliki keterbatasan infrastruktur jaringan.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa MANET memiliki potensi yang besar untuk diterapkan pada lingkungan pendidikan yang membutuhkan komunikasi data secara mandiri dan adaptif. Ospina Cifuentes et al. (2021) membuktikan bahwa implementasi MANET berbasis Optimized Link State Routing (OLSR) mampu meningkatkan throughput serta menjaga kestabilan komunikasi baik pada lingkungan indoor maupun outdoor melalui pengaturan jumlah node dan laju transmisi. Selain itu, Kumar (2024) menunjukkan bahwa MANET mampu menyediakan konektivitas yang stabil melalui mekanisme komunikasi peer-to-peer tanpa bergantung pada infrastruktur jaringan eksternal. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa karakteristik MANET yang bersifat dinamis dan mampu beradaptasi terhadap perubahan topologi menjadikannya relevan untuk diterapkan pada lingkungan pendidikan yang melibatkan banyak perangkat dalam satu area, seperti laboratorium komputer atau ruang ujian berbasis CBT.

Berdasarkan karakteristik tersebut, Mobile Ad-hoc Network (MANET) dipilih dalam penelitian ini karena memiliki kesesuaian dengan kebutuhan pelaksanaan Computer Based Test (CBT) di SMKN 1 Sidayu. MANET mampu membentuk jaringan komunikasi secara mandiri tanpa bergantung pada koneksi internet maupun infrastruktur jaringan dari penyedia layanan (ISP), sehingga komunikasi antarperangkat tetap dapat berlangsung melalui mekanisme multi-hop. Selain itu, setiap perangkat berfungsi sebagai host sekaligus router, sehingga apabila salah satu jalur komunikasi mengalami gangguan, jaringan dapat membentuk rute alternatif secara otomatis. Kemampuan tersebut memberikan fleksibilitas yang tinggi dalam menjaga kontinuitas komunikasi selama ujian berlangsung, terutama ketika terjadi peningkatan jumlah pengguna atau perubahan kondisi jaringan. Dengan demikian, MANET tidak hanya menjadi solusi terhadap keterbatasan infrastruktur jaringan sekolah, tetapi juga mampu meningkatkan keandalan komunikasi data yang dibutuhkan dalam pelaksanaan CBT.

Selain meningkatkan kemandirian jaringan, penerapan MANET juga memberikan manfaat dari sisi keamanan dan pengelolaan lalu lintas data. Seluruh komunikasi antarperangkat berlangsung di dalam jaringan lokal sehingga pertukaran data tidak bergantung pada internet publik. Kondisi ini memungkinkan sekolah memiliki kendali yang lebih baik terhadap distribusi soal, pengiriman jawaban, maupun proses sinkronisasi data selama ujian berlangsung. Dengan komunikasi yang berlangsung pada jaringan internal, risiko gangguan akibat koneksi internet eksternal dapat dikurangi, sementara keamanan dan integritas data ujian menjadi lebih mudah dikendalikan oleh pihak sekolah. Oleh karena itu, MANET tidak hanya berfungsi sebagai alternatif infrastruktur jaringan, tetapi juga

sebagai pendekatan strategis untuk mendukung pelaksanaan CBT yang lebih stabil, aman, dan andal.

Dengan karakteristiknya yang terdistribusi, otonom, dan fleksibel, *MANET* berpotensi menjadi solusi strategis untuk pelaksanaan ujian daring di sekolah dengan keterbatasan infrastruktur. Penerapan *MANET* memungkinkan perangkat siswa membentuk jaringan lokal mandiri yang tetap berfungsi meskipun koneksi internet eksternal terputus. Selain itu, sifatnya yang tertutup juga berpotensi memperkuat aspek keamanan data karena interaksi terbatas hanya pada perangkat yang tergabung dalam jaringan.

Kemampuan *MANET* beradaptasi tanpa infrastruktur tetap bersifat universal dan dapat diterapkan pada berbagai jenjang pendidikan. Dengan demikian, jika *MANET* terbukti mendukung komunikasi *real-time* yang menuntut stabilitas tinggi, maka penggunaannya pada skenario ujian daring di SMK yang lebih sederhana akan semakin layak dipertimbangkan (Ospina Cifuentes et al., 2021).

Studi Kumar (2024) di lingkungan perguruan tinggi menunjukkan bahwa *MANET* mampu menyediakan konektivitas yang stabil melalui mekanisme hubungan langsung antarpeserta (*peer-to-peer*) tanpa ketergantungan pada infrastruktur eksternal. Meskipun penelitian tersebut dilakukan pada tingkat kampus, prinsip dasar *MANET* bersifat universal karena berfokus pada pengelolaan komunikasi dalam ruang terbatas dengan jumlah perangkat yang relatif banyak. Kondisi ini sejalan dengan kebutuhan sekolah yang harus menjamin kelancaran ujian daring di tengah keterbatasan sumber daya jaringan. Pengadopsian konsep *MANET* pada lingkungan sekolah bukanlah sekadar adaptasi teknologi, melainkan

upaya strategis untuk menghadirkan sistem ujian yang lebih andal, aman, dan sepenuhnya berada dalam kendali internal.

Penerapan *MANET* di lingkungan sekolah memungkinkan perangkat siswa membentuk jaringan lokal yang mandiri tanpa bergantung pada internet publik. Hal ini memberi kendali penuh kepada sekolah terhadap distribusi data dan meningkatkan keamanan karena seluruh lalu lintas komunikasi berada dalam sistem tertutup. Penelitian Kumar (2024) membuktikan bahwa *MANET* mampu menyediakan koneksi stabil melalui mekanisme *peer-to-peer* bahkan pada kondisi banyak pengguna, sementara Singh & Patel (2022) menunjukkan bahwa topologi *MANET* dapat dioptimalkan agar hemat energi hingga 20%.

Dengan demikian, *MANET* memiliki potensi kuat untuk diterapkan di SMK yang menghadapi keterbatasan infrastruktur jaringan namun membutuhkan reliabilitas tinggi. Dalam pelaksanaan ujian sekolah berbasis komputer, kebutuhan akan jaringan yang stabil dan aman menjadi faktor yang tidak dapat ditawar. *MANET* memiliki keunggulan adaptif dalam menjaga konektivitas antarpeserta, karena setiap perangkat tidak hanya berperan sebagai pengguna, tetapi juga sebagai penghubung aktif dalam jaringan. Penelitian Kumar (2024) menunjukkan bahwa integrasi *MANET* dengan *LoRaWAN* di lingkungan kampus mampu memberikan komunikasi yang efisien dan stabil meskipun melibatkan banyak perangkat. Temuan ini mengindikasikan bahwa *MANET* dapat diadaptasi untuk skenario ujian daring, di mana koneksi yang terjaga antarperangkat siswa menjadi penentu kelancaran proses evaluasi.

Lebih jauh, studi yang dilakukan oleh Ospina Cifuentes et al. (2021) menguji implementasi *MANET* berbasis *OLSR (Optimized Link State Routing)* dalam konteks *distance education*. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa *MANET* mampu menjaga throughput komunikasi secara nyata baik di lingkungan *indoor* maupun *outdoor*, sekaligus mendukung *routing* dinamis ketika banyak perangkat bergerak dalam jaringan. Kondisi ini sangat relevan dengan situasi ujian sekolah, di mana perangkat siswa biasanya berjumlah besar dan membutuhkan kestabilan komunikasi tanpa bergantung pada jaringan eksternal.

Selain aspek kemandirian jaringan, efisiensi konsumsi energi perangkat juga menjadi faktor penting dalam ujian daring. Di SMKN 1 Sidayu, keterbatasan pasokan daya listrik di ruang ujian menjadi salah satu perhatian awal pihak sekolah. Penelitian Singh & Patel (2022) membuktikan bahwa topologi *MANET* yang dioptimalkan dengan algoritma hemat energi dapat memperpanjang masa pakai baterai hingga 20% melalui mekanisme routing yang efisien.

Temuan ini memberikan landasan teoritis bahwa penerapan *MANET* tidak hanya mendukung kemandirian jaringan, tetapi juga berpotensi menjaga performa perangkat selama ujian berlangsung. Keterkaitan antara hasil penelitian tersebut dengan kondisi SMKN 1 Sidayu memperlihatkan bahwa *MANET* dapat menjawab tantangan keterbatasan infrastruktur sekaligus menjaga efisiensi sumber daya. Dari temuan ini, jelas bahwa manfaat *MANET* di ranah pendidikan bukan hanya terbukti di kampus, tetapi juga memiliki dasar kuat untuk diadaptasikan ke sekolah menengah.

Dengan adanya mekanisme tersebut, potensi *MANET* di lingkungan sekolah dapat dimaksimalkan, baik dari sisi kinerja maupun keberlanjutan pemanfaatan sumber daya. Meskipun demikian, semakin banyak perangkat yang terhubung, semakin kompleks permasalahan *routing* yang terjadi dalam *MANET*. Diperlukan mekanisme optimasi yang dapat menjaga efisiensi jalur komunikasi tanpa menambah beban sistem.

Salah satu pendekatan yang relevan adalah algoritma *Ant Colony Optimization* (*ACO*), yaitu metode *metaheuristic* yang meniru perilaku semut dalam mencari jalur tercepat menuju sumber makanan. Melalui prinsip *pheromone updating*, *ACO* memungkinkan sistem menyesuaikan jalur komunikasi secara dinamis dan efisien. Algoritma ini mampu menghasilkan jadwal yang layak sekaligus optimal melalui representasi graf dan pencarian jalur terpendek.

Meskipun konteks penelitian tersebut berada pada ranah perguruan tinggi, esensi algoritmik *ACO* bersifat universal karena menekankan pada bagaimana sistem dapat menjaga efisiensi di tengah keterbatasan sumber daya dan meningkatnya kompleksitas. Hal ini sejalan dengan hasil studi Kumar (2023) yang juga menegaskan efektivitas *ACO* dalam mengoptimalkan distribusi sumber daya akademik. Penelitian Ramadhani (2024) membuktikan bahwa *ACO* mampu mengoptimalkan penjadwalan perkuliahan kompleks dengan sumber daya terbatas, sementara Kumar (2023) menegaskan efektivitasnya dalam pengelolaan distribusi sumber daya akademik. Prinsip *ACO* yang menekankan efisiensi dan adaptasi menjadikannya relevan untuk mengoptimalkan *routing* pada *MANET* di konteks ujian daring, di mana banyak perangkat siswa harus berbagi jaringan secara bersamaan.

Meskipun penelitian Ramadhani (2024) maupun Kumar (2023) dilaksanakan pada konteks perguruan tinggi, prinsip dasar *ACO* tetap relevan untuk diadaptasikan di lingkungan sekolah menengah. Kompleksitas penjadwalan kuliah yang melibatkan banyak variabel, seperti dosen, mata kuliah, ruang, dan waktu, secara konseptual sejalan dengan tantangan *routing* pada *MANET* di ruang ujian, di mana terdapat banyak perangkat siswa yang harus berbagi jalur komunikasi dalam kapasitas terbatas. Keduanya sama-sama menuntut pencarian solusi optimal dalam kondisi keterbatasan sumber daya dan potensi konflik kepentingan.

Dengan demikian, penerapan *ACO* dalam pengelolaan jaringan sekolah dapat dipandang sebagai kelanjutan logis dari penerapannya di dunia pendidikan tinggi, hanya berbeda pada domain penerapannya. Relevansi lintas konteks ini memperkuat dasar teoritis bahwa *ACO* tidak sekadar algoritma untuk penjadwalan akademik, melainkan pendekatan universal dalam mengelola kompleksitas sistem pendidikan.

Oleh sebab itu, adopsi *ACO* untuk mendukung stabilitas dan efisiensi *routing* pada *MANET* di ujian sekolah bukanlah sekadar eksperimen teknologi, melainkan strategi ilmiah yang berakar pada bukti penerapan nyata di dunia pendidikan. Secara teknis, mekanisme kerja *ACO* yang berbasis pada pencarian jalur terpendek melalui pembaruan *feromon* memiliki kesesuaian langsung dengan permasalahan *routing* pada *MANET*. Dalam konteks jaringan sekolah, setiap perangkat siswa dapat dipandang sebagai simpul dalam graf, sementara jalur komunikasi antar simpul menyerupai lintasan yang harus dipilih secara efisien.

Melalui prinsip *pheromone updating*, *ACO* memungkinkan jaringan untuk beradaptasi secara dinamis terhadap perubahan topologi, misalnya ketika sebagian

perangkat berpindah lokasi atau terjadi lonjakan jumlah pengguna dalam ruang ujian. Hal ini menjadikan *ACO* tidak hanya berperan sebagai metode optimasi matematis, tetapi juga sebagai mekanisme cerdas yang mampu menjaga kestabilan komunikasi di *MANET*. Dengan demikian, integrasi *MANET* dengan algoritma *ACO* diharapkan dapat meningkatkan efisiensi routing, menstabilkan throughput, dan mengurangi delay selama pelaksanaan ujian daring berbasis *CBT*. Pendekatan ini bukan hanya solusi teknis, tetapi juga strategi ilmiah yang berakar pada kebutuhan nyata sekolah menengah untuk memiliki sistem evaluasi digital yang otonom, aman, dan adaptif terhadap keterbatasan infrastruktur.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengembangkan sistem ujian daring berbasis *MANET* dengan penerapan algoritma *ACO* untuk meningkatkan efisiensi rute data, kestabilan, dan keandalan jaringan sesuai kondisi infrastruktur sekolah?
2. Bagaimana perbandingan kinerja antara sistem ujian daring berbasis sistem *MANET* tanpa penerapan algoritma *ACO* dan sistem *MANET* dengan *ACO* dalam hal *delay*, *throughput* di SMKN 1 Sidayu Gresik?

1.3 Tujuan Penelitian Pengembangan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengembangkan sistem ujian daring berbasis *Mobile Ad Hoc Network (MANET)* yang dioptimasi menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)* guna mendukung pelaksanaan ujian daring yang mandiri, efisien, dan andal di SMKN 1 Sidayu Gresik.
2. Untuk membandingkan kinerja sistem ujian daring berbasis *MANET* tanpa *ACO* dan dengan *ACO* berdasarkan parameter *delay*, *throughput*, dan efisiensi rute data untuk menilai efektivitas optimasi jaringan ujian daring.

1.4 Spesifikasi Produk yang diharapkan

Spesifikasi produk yang peneliti harapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Spesifikasi Perangkat *Hardware*

Perangkat yang digunakan oleh siswa dan guru minimal mendukung:

- a. Sistem operasi *Android* versi 9 (*Pie*/API 28) hingga versi 15 (*Vanilla Ice Cream*/API 35).
- b. Memiliki kapasitas memori (*RAM*) yang memadai untuk menjalankan aplikasi *CBT* serta mendukung komunikasi antar perangkat pada jaringan *MANET* secara stabil.
- c. Dukungan koneksi *Wi-Fi Direct* atau *Bluetooth* sebagai sarana komunikasi antar perangkat.
- d. Memiliki kapasitas daya yang memadai agar perangkat tetap dapat digunakan selama pelaksanaan *CBT* berlangsung.

2. Spesifikasi *Software*

Produk yang dikembangkan adalah sebuah aplikasi ujian lokal berbasis *Android* yang dapat berjalan pada jaringan *Mobile Ad Hoc Network (MANET)* tanpa memerlukan koneksi internet eksternal. Aplikasi ini akan dibangun menggunakan:

- a. Target OS: *Android* versi 9 (*Pie*) hingga *Android* versi 14 (*Upside-down Cake*).
- b. Ukuran Aplikasi: Maksimal 100 MB agar tetap ringan dan hemat penggunaan memori serta baterai.
- c. Algoritma *Routing*: Mengimplementasikan algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)* sebagai metode optimasi pemilihan jalur komunikasi pada jaringan *MANET*.
- d. Protokol Komunikasi: *Peer-to-peer over Wi-Fi Direct* atau *Bluetooth* (tanpa koneksi ke router pusat).
- e. Keamanan: Soal dikodekan (*encrypted*), serta penguncian akses aplikasi saat ujian berjalan.

1.5 Batasan Penelitian Pengembangan

Penelitian ini memiliki beberapa batasan untuk menjaga ruang lingkup penelitian tetap fokus dan terarah. Adapun batasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya mengembangkan sistem ujian daring berbasis *MANET* dengan optimasi *ACO* yang ditujukan untuk lingkungan SMK dengan keterbatasan jaringan internet.

2. Materi ujian yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada soal pilihan ganda dan esai singkat sehingga tidak mencakup pengelolaan konten multimedia.
3. Implementasi sistem dibatasi pada jaringan lokal di SMKN 1 Sidayu yang menggunakan koneksi *MANET* berbasis *Wi-Fi IEEE 802.11s* tanpa ketergantungan pada internet publik.
4. Penelitian ini tidak mencakup fitur *AI proctoring*, pengawasan berbasis kamera, maupun integrasi multimedia berukuran besar.
5. Pengujian sistem difokuskan pada parameter *throughput*, *end-to-end delay*, dan *Packet Delivery Ratio (PDR)*, serta dilakukan validasi ahli dan uji coba terbatas di SMKN 1 Sidayu.

1.6 Pentingnya Penelitian Pengembangan

Penelitian ini memiliki urgensi yang tinggi karena keterbatasan infrastruktur jaringan internet di sekolah menengah kejuruan, khususnya di wilayah seperti SMKN 1 Sidayu, Gresik. Kondisi tersebut sering menghambat pelaksanaan ujian daring yang seharusnya menjadi bagian dari transformasi digital pendidikan. Kebutuhan akan solusi jaringan lokal yang mampu menjamin pelaksanaan *Computer Based Test (CBT)* tanpa bergantung pada internet publik menjadi semakin mendesak.

Pendekatan berbasis *Mobile Ad-hoc Network (MANET)* yang dioptimalkan dengan algoritma *Ant Colony Optimization (ACO)* ditawarkan sebagai inovasi untuk menyediakan sistem ujian daring yang stabil, adaptif, dan aman dalam konteks sekolah dengan keterbatasan jaringan. Hingga saat ini, belum banyak penelitian yang secara khusus menguji integrasi *MANET* dan *ACO* untuk

mendukung pelaksanaan ujian daring di tingkat sekolah menengah, terutama di daerah dengan keterbatasan infrastruktur. Dengan demikian, penelitian ini memiliki nilai kebaruan dalam memberikan model implementasi jaringan lokal otonom untuk sistem evaluasi pendidikan berbasis komputer.

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi pada dua aspek utama, yaitu:

1. Aspek Akademik:

- a. Menjadi referensi empiris bagi pengembangan teori penerapan *MANET* yang dioptimalkan dengan *ACO* dalam konteks pendidikan menengah kejuruan.
- b. Memberikan model konseptual tentang hubungan antara arsitektur jaringan, efisiensi rute data, dan kestabilan throughput dalam pelaksanaan *CBT*.
- c. Memperluas literatur tentang pemanfaatan algoritma *metaheuristik* untuk optimasi komunikasi jaringan di sektor pendidikan.

2. Aspek Praktis

- a. Bagi peserta didik: menyediakan pengalaman ujian daring yang konsisten dan andal melalui jaringan lokal yang stabil dan bebas dari gangguan koneksi eksternal.
- b. Bagi tenaga pendidik dan staf sekolah: memberikan model implementasi *MANET* terstandar yang memudahkan pengelolaan ujian digital sekaligus memperkuat keamanan dan validitas data hasil ujian.
- c. Bagi peneliti dan pengembang: menghadirkan studi kasus yang dapat dijadikan acuan untuk riset lanjutan dalam optimasi algoritma routing *MANET* di lingkungan pendidikan dengan keterbatasan infrastruktur.

1.7 Definisi Istilah

1. Ujian Berbasis Komputer (*Computer Based Test/CBT*) : *CBT* adalah metode evaluasi pembelajaran yang memanfaatkan perangkat komputer sebagai media utama untuk pelaksanaan ujian. Dalam sistem ini, proses distribusi soal, pengerjaan, hingga pengumpulan jawaban dilakukan secara digital melalui jaringan komputer.
2. *Delay* jaringan : *Delay* jaringan adalah waktu tunda yang terjadi ketika sebuah data dikirim dari sumber (*sender*) menuju tujuan (*receiver*) melalui jaringan komputer.
3. *Mobile Ad Hoc Network (MANET)* : Jenis jaringan nirkabel yang bersifat dinamis, tidak bergantung pada infrastruktur tetap (seperti *router* atau *access point*), dan dibentuk secara spontan oleh sekelompok perangkat mobile.
4. Optimasi jaringan : Upaya sistematis untuk meningkatkan kinerja suatu jaringan komputer agar lebih efisien, andal, dan mampu memberikan kualitas layanan (*Quality of Service/QoS*) yang lebih baik.
5. *Ant Colony Optimization (ACO)* : Algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku koloni semut dalam mencari jalur terpendek menuju sumber makanan.
6. *Throughput* : Ukuran jumlah data yang berhasil dikirimkan melalui jaringan dalam satu satuan waktu, biasanya dinyatakan dalam bit per detik (bps).