

IMPLEMENTASI ANT-BASED ROUTING ALGORITHM PADA MOBILE AD HOC NETWORK (MANET)

Rahmadani ¹⁾, Safriadi ²⁾ Aulia Essra ³⁾

Universitas Panca Budi ¹⁾, Magister Teknik Informatika, USU ^{2,3)}

E-mail : rahm4dani@gmail.com

ABSTRACT

MANET is a network model cordless (wireless) from mobile devices that can be setup dynamically from anywhere and at anytime without using a fixed network infrastructure. Ease of use and it is without a fixed infrastructure (less infrastructure) makes this model very suitable for use in critical situations, such as in the aftermath of disaster, isolated areas and areas with minimal communications network resources. To maximize the utilization and use of MANET network system, especially on the determination and selection of the best route to a node can connect and transmit the packet from the source node to the destination node to be optimized. This study was done to improve the performance of packet delivery by creating a node that functioned as a gateway and client using routing protocols Ant-Based Routing Algorithm (ABRA) so as to reduce the processing time (overhead) that often occurs in MANET network. Testing is done with a number of different nodes of 10, 20, and 30 nodes, with a bandwidth of 5 Mbps, 5 Mbps and the packet area of 10x10 m. The test results demonstrate the value of performance metrics on throughput and delay have optimal performance and low overhead so that the process of communication in the area of MANET network can take place with the stable.

Keywords: Manet, ant-based routing algorithm, networking

ABSTRAK

MANET merupakan sebuah model jaringan tanpa kabel (wireless) dari perangkat-perangkat mobile yang dapat di-setup secara dinamis dari mana saja dan kapan saja tanpa menggunakan infrastruktur jaringan yang tetap. Kemudahan dalam pemakaian dan sifatnya yang tanpa infrastruktur tetap (less infrastructure) membuat model ini sangat cocok digunakan pada keadaan kritis, seperti pada keadaan pasca bencana, daerah yang terisolir dan daerah yang minim dengan sumber daya jaringan komunikasi. Untuk memaksimalkan dalam pemanfaatan dan penggunaan sistem jaringan MANET terutama pada bagian penentuan dan pemilihan rute terbaik untuk node dapat terhubung dan mengirimkan packet dari node sumber ke node tujuan agar lebih optimal. Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan performa pengiriman packet dengan membuat node yang difungsikan sebagai gateway dan client menggunakan protocol routing Ant-Based Routing Algorithm (ABRA) sehingga dapat mengurangi waktu pemrosesan (overhead) yang sering terjadi pada jaringan MANET. Pengujian dilakukan dengan jumlah node yang berbeda dari 10, 20, dan 30 node, dengan bandwidth 5 Mbps, packet 5 Mbps dan luas area 10x10 m. Hasil pengujian menunjukkan nilai performance metric pada throughput dan delay memiliki performa yang optimal dan overhead yang rendah sehingga proses komunikasi pada area jaringan MANET dapat berlangsung dengan stabil.

Kata kunci: manet, ant-based routing algorithm, networking

PENDAHULUAN

Paradigma *mobile multihop ad hoc networking* lahir dengan ide awal untuk memperluas layanan internet pada pengguna ponsel, model jaringan ini sering disebut sebagai *Mobile Ad Hoc Network* (MANET)^[1]. MANET merupakan sebuah model jaringan tanpa kabel (*wireless*) dari perangkat-perangkat *mobile* yang dapat di-*setup* secara dinamis dari mana saja dan kapan saja tanpa menggunakan infrastruktur jaringan yang tetap^[2]. MANET dapat dibentuk oleh beberapa *mobile node* tanpa adanya pusat administrasi dan infrastruktur khusus sehingga *mobile host* yang terhubung dengan *wireless* dapat bergerak bebas (*dynamic*) dan atau juga berperan sebagai *router*^[3]. Kemudahan dalam pemakaian dan sifatnya yang tanpa *infrastructure* tetap (*less infrastructure*) membuat model ini sangat cocok digunakan pada keadaan kritis, seperti pada keadaan pasca bencana, daerah yang terisolir dan daerah yang minim dengan sumber daya jaringan komunikasi.

Kemudahan dan kepraktisan dalam penggunaannya membuat sistem jaringan MANET terus dikembangkan oleh para peneliti, terutama bidang jaringan komputer. Untuk memaksimalkan dalam pemanfaatan dan penggunaan sistem jaringan MANET maka perlu untuk dikembangkan kembali model sistem jaringan ini, terutama pada bagian penentuan dan pemilihan rute terbaik untuk *node* dapat terhubung dan mengirimkan *packet* dari *node* sumber ke *node* tujuan pada area jaringan MANET agar lebih optimal. Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan performa proses pengiriman *packet* dengan membuat *node* yang difungsikan sebagai *gateway* dan *client* menggunakan *protocol routing Ant-Based Routing Algorithm*(ABRA).

Ant-Based Routing Algorithm (ABRA) merupakan perkembangan teknologi *routing* berbasis *Ant Colony Optimization* (ACO), bagian dari *reactive routing* serta mendukung *multipath routing*^[4]. *Ant-Based Routing Algorithm* (ABRA) mampu mengurangi waktu pemrosesan (*overhead*) yang sering terjadi pada jaringan MANET, karena tabel *routing* tidak dipertukarkan (*interchanged*) antara *node* yang satu dengan *node* lainnya selama proses *mode ad hoc* sedang berlangsung pada jaringan MANET sehingga akan mempercepat dan meningkatkan performansi proses komunikasi antar *node* pada pengiriman *packet*^[5]. Sehingga dengan hasil penelitian ini, dapat meningkatkan performansi proses pengiriman *packet* dari *node* sumber ke *node* tujuan.

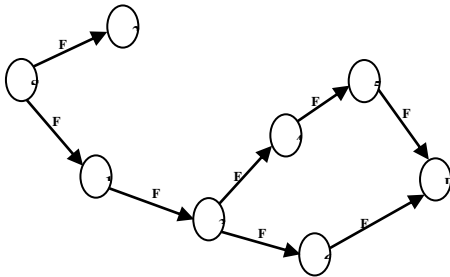
METODE PENELITIAN

Model simulasi merupakan cara praktis untuk dapat melakukan analisis dan pengujian dalam sebuah penelitian. Tujuan utama simulasi dilakukan untuk menentukan jalur (rute) terbaik yang akan dilalui *node* pada proses pengiriman *packet* dari *node* sumber ke *node* tujuan pada jaringan MANET yang sedang berlangsung.

Ant-Based Routing Algorithm (ABRA) *Ant-based routing algorithm* merupakan protokol *routing* reaktif yang didasarkan pada sifat sekumpulan semut (*ant*) tiruan dalam mencari jalur terpendek dan terbaik dari sumber ke tujuan^[6]. Proses adaptasi dan optimasi *meta-heuristic* pada *Mobile Ad Hoc Network* (MANET) dengan *Ant-Based Routing Algorithm* (ABRA) dilakukan dengan tiga fase proses *routing* yaitu *Route Discovery Phase* (fase pencarian), *Route Maintenance* (fase *routing*) dan *Route Failure Handling* (fase penanganan kesalahan)^[5].

Route Discovery Phase

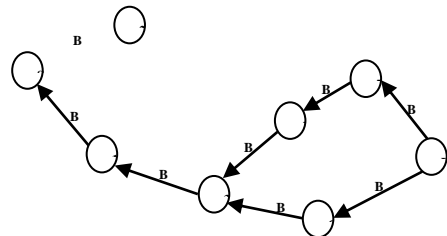
Pada fase awal pola jaringan MANET akan dibentuk dengan agen semut yaitu, *Forward Ant* (FA) dan *Backward Ant* (BA). *Forward ant* akan bertugas sebagai *agent* yang membentuk jalur *pheromon* ke *node* sumber, sedangkan *backward ant* akan membentuk jalur *pheromone* menuju *node* tujuan. *Forward ant* dan *backward ant* merupakan representasi *packet* kecil dengan urutan nomor kode (*code number*) yang unik. Dengan *code number* yang unik setiap *node* pada jaringan MANET dapat membedakan *packet* berdasarkan nomor urutan dan alamat sumber dari *forward ant* dan *backward ant*.



Gambar 1. Fase Route Discovery Untuk Forward Ant

Sebuah *forward ant* akan melakukan *broadcast* dan akan disebar ke *node* tetangga (*next hop*). *Node* yang baru pertama kali menerima informasi dari *forward ant* akan membuat catatan (*note*) pada *routing table* mengenai alamat tujuan, *hop* selanjutnya (*next hop*) dan nilai (*value*) *pheromon*. Kemudian pada langkah berikutnya *node* akan menterjemahkan alamat sumber *forward ant* sebagai alamat tujuan. Alamat dari *node* sebelumnya atau *forward ant* sebagai alamat tujuan. *Node* tersebut sebagai *next hop* akan menghitung nilai *pheromon* berdasarkan jumlah *hop* yang dibutuhkan *forward ant* untuk mencapai *node*. Lalu *node* akan menyebarkan *forward ant* ke *node* tetangga. *Forward ant* melewati *node* yang sama akan dideteksi melalui

nomor urutannya dan langsung di hancurkan, ketika *forward ant* sampai pada *node* tujuan. Kemudian informasi dari *forward ant* akan diekstrak dan langsung dihancurkan, seperti yang dijelaskan pada Gambar 1. Pada tahapan selanjutnya *agent* akan membuat *backward ant* untuk dikirim ke *node* pengirim. *Backward ant* mempunyai tugas yang hampir sama dengan *forward ant*, yaitu membuat jalur menuju *node* sumber. Ketika *node* pengirim menerima *backward ant* dari *node* tujuan, maka jalur akan dibentuk dan *packet* data dapat dikirim. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Fase Route Discovery Untuk Backward Ant

Route Maintenance

Fase yang kedua pada proses *routing* dengan *ant-based routing algorithm* adalah fase *route maintenance* yang akan bertugas menjaga perkembangan dan stabilitas *routing* selama proses *route* sedang berlangsung atau antar *node* sedang berkomunikasi pada jaringan MANET selama berkomunikasi. *Ant-Based Routing Algorithm* (ABRA) tidak membutuhkan *packet* yang khusus untuk proses *maintenance route*. Karena sekali saja *forward ant* dan *backward ant* membangun jalur *pheromone* antara *node* sumber dan tujuan, *packet* data akan langsung digunakan untuk mempertahankan jalurnya. Sama seperti kejadian yang mungkin sering terjadi dalam atau lingkungan sebenarnya (*nature proses*), jalur yang telah terbangun tidak akan membiarkan nilai *pheromon* awal tetap untuk selamanya. Nilai dari *pheromone* akan bertambah

bila jalur tersebut selalu dilewati *packet*, sementara nilainya akan berkurang. Untuk mencegah perulangan (*loop*) yang tidak diinginkan oleh setiap *packet* yang melewati *node* yang sama 2 (dua) kali, dapat dideteksi berdasarkan alamat sumber dan nomor urutan pada *node* tersebut. Lalu *node* akan memberikan *flag DUPLICATE_error* dan mengirimkan *packet* ke *node* sebelumnya. Kemudian *node* sebelumnya akan mematikan (menonaktifkan) *link* menuju ke *node* ini. Sehingga *packet* tidak akan melewati jalur tersebut yang telah dinonaktifkan.

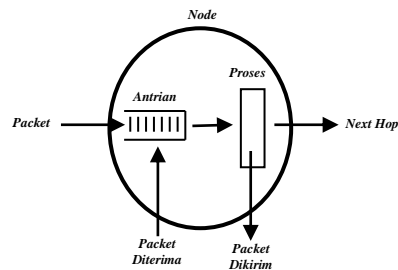
Route Failure Handling

Fase terakhir pada optimasi *Ant-Based Routing Algorithm* (ABRA) adalah menangani proses gagal *routing* pada *agent*. Hal ini akan disebabkan *mobilitas node* yang sangat tinggi. *Agent* akan mengetahui *route* yang gagal berdasarkan hilangnya *acknowledgement*. Jika sebuah *node* mendapatkan pesan *ROUTE_error* pada *link* tertentu, hal pertama yang akan dilakukan adalah menonaktifkan *link* tersebut, yaitu dengan mengatur nilai *pheromone* menjadi sama dengan 0 (nol). Kemudian *node* akan mencari *link* alternatif pada *table routing*. Jika terdapat kegagalan *link* pada sistem jaringan *ad hoc* maka *packet* akan dikirimkan kembali melalui *link alternative*. Jika *packet* kembali ke *node* sumber dan tidak mencapai tujuan maka sumber akan memulai fase *route discovery* lagi dari awal.

Konfigurasi Jaringan MANET

Konfigurasi jaringan MANET merupakan representasi *graph* dengan N sebagai *nodes* dan M sebagai penghubung (*links*)^[7]. Semua *links* yang ditampilkan adalah besaran jalur konektifitas yang merupakan *bandwidth* (*bits/sec*) dan waktu transmisi (*sec*). Hal ini ditujukan agar setiap *node* dapat menyimpan dan meneruskan *packet*

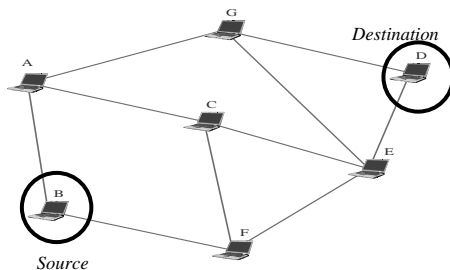
pada antrian pada sistem jaringan MANET dimana *packet* keluar dan masuk kemudian disimpan. Hal ini dapat dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Model *Node* Pada MANET

Simpanan sementara (*buffer*) pada *node* akan dibagi (*share*) diantara semua antrian pada saat *node* masuk untuk terhubung atau keluar pada jaringan MANET yang sedang berjalan. Proses transfer *packet* dapat merupakan data *packet* atau *routing packet*. *Packet* akan melakukan antrian dan akan dilayani dengan model aturan *First In First Out* (FIFO). Sebuah *packet* akan dibaca dari proses informasi *routing table* mengenai *link* mana yang akan digunakan untuk diikuti dan dikirimkan ke *node* tujuan. Ketika *link* tersedia, proses pengiriman *packet* akan dipersiapkan. Pada saat *packet* diambil untuk dipindahkan dari *node* satu ke *node* tetangga akan bergantung pada ukuran *packet*, *bandwidth* dan karakteristik transmisi data yang digunakan. Ketika *packet* sampai ketujuan maka *packet* akan disimpan pada *memory buffer*. Apabila ruang penyimpanan (*buffer*) tidak mencukupi maka *packet* akan dibuang atau diabaikan. Untuk membangun konfigurasi jaringan MANET serta proses *routing* dari *node* sumber ke *node* tujuan digunakan *ant-based routing algorithm* untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal dalam proses pengiriman *packet*. Konsep model jaringan yang diasumsikan sebagai topologi jaringan MANET terdiri dari *node* A, B, C, D, E, F dan G yang

merupakan tujuh *wireless nodes* pada lingkungan jaringan MANET (Gambar 4). Diasumsikan *node B* sebagai sumber akan berkomunikasi dengan *node D* sebagai tujuan. Dari konsep *node* tersebut terdapat beberapa jalur *routing* yang berbeda yang dapat dilalui dalam pengiriman *packet* ke tujuan. *Routing* dilakukan dengan mengirimkan *packet* dari sumber menuju tujuan. *Routing protocol* dengan *ant-based routing algorithm* dapat menemukan rute atau *signal* terbaik untuk dapat dilalui *node* dalam proses pengiriman *packet* berdasarkan nilai *signal* tertinggi dan terbaik serta dapat mengukur variabel pada *performance metric*, seperti *throughput* dan *delay*.



Gambar 4. Skema Rancangan Jaringan MANET

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil rancangan yang telah dijelaskan pada metode penelitian, untuk menampilkan dan membahas hasil rancangan, maka dilakukan pengujian menggunakan simulator yang telah dibangun dengan bahasa pemrograman *Java Script*. Simulator menguji nilai yang diproses berdasarkan parameter yang telah ditentukan.

Persiapan Simulasi

Skenario simulasi terdiri dari beberapa jumlah *node* yang awalnya ditempatkan secara acak dan terus bergerak dalam simulasi area persegi $100 \times 100 \text{ m}^2$ berdasarkan model *Random Waypoint Mobile (RWM)*. Setiap *node* melakukan perjalanan antar *hop* atau ke tujuan secara acak pada area simulasi jaringan

MANET, kemudian melakukan *pause* atau waktu jeda untuk sesi kedua. Setelah masa jeda, *node* menuju tempat lain atau *node-node* tetangga yang dipilih secara acak. Proses ini akan terus diulang pada saat simulasi, hal ini akan menyebabkan perubahan terus menerus (*mobility node*) pada topologi jaringan MANET. Pada proses ini akan diadopsi perilaku *agent* semut yang terdiri dari *forward ant* dan *backward ant* yang menghasilkan perbaikan dari tabel *routing* sehingga dihasilkan *throughput* yang lebih optimal dan *delay* yang lebih rendah. Model simulasi menggunakan simulator yang dibangun berdasarkan pendekatan dan parameter yang dibutuhkan. Parameter model simulasi yang digunakan dalam percobaan dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Pengujian Skenario Simulasi

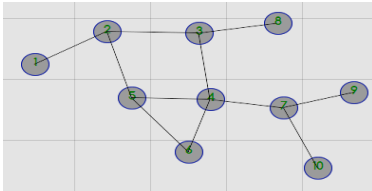
Parameter Uji Pada Simulasi	Nilai Satuan
Luas <i>Grid Area</i>	100 x100 m ²
Jumlah <i>Node</i>	10, 20, dan 30 <i>node</i>
<i>Bandwidth</i>	5 Mbps
Model Jaringan	<i>Mobile</i>
<i>Mobility Model</i>	<i>Random Waypoint Mobility (RWM)</i>
Ukuran <i>Packet</i>	5 Mbps
Jarak Transmisi	1-100 m
<i>Routing Protocol</i>	<i>Ant-Based Routing Algorithm</i>

Pada saat simulasi dilakukan, untuk mendapatkan hasil yang optimal pada proses pengujian digunakan sebuah asumsi bahwa tidak ada hambatan (*obstacles*) pada rute yang akan dilalui *agent* semut pada proses komunikasi sedang berlangsung

Hasil Pengujian Dengan 10 Node

Pada simulasi pertama pengujian dilakukan menggunakan sebanyak 10 *node*. *Node* diuji dengan jenis parameter

yang sama, seperti yang dijelaskan pada Tabel 1.



Gambar 5. Pengujian Dengan 10 Node

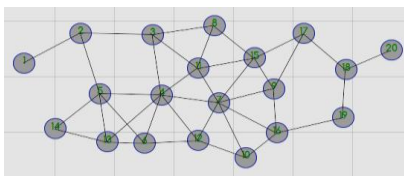
Hasil pengujian (*result*) menggunakan 10 *node*, dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian 10 Node

Node Sumber	Node 1
Node Tujuan	Node 10
Jumlah Node Yang Dilalui	6 Node
Node Tetangga Yang Dilalui (Rute Terbaik)	Node 1 → Node 2 → Node 5 → Node 4 → Node 7 → Node 10
Jarak Yang Ditempuh	327.57 m
ANT Time	10.64s
Throughput	0.47 Mbps
Delay	8.14 s
Total Jarak Yang Dilalui	425.74 m

Hasil Pengujian Dengan 20 Node

Pengujian selanjutnya dengan menambahkan 10 *node* yang baru, sehingga pada *grid area* jumlah *node* bertambah menjadi 20 *node*, seperti yang ditampilkan dan dijelaskan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian Dengan 20 Node

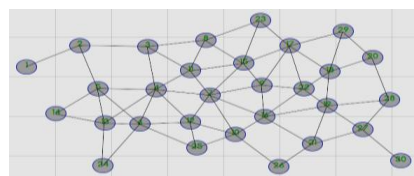
Setelah proses simulasi dijalankan dengan parameter yang sama, dan hanya *node* tujuan saja yang dirubah menjadi *node* paling akhir yang masuk atau ditempatkan ke *grid area* yaitu pada *node* 20. Hasil pengujian dengan 20 *node* pada proses penentuan rute terbaik dan pengiriman *packet* dijelaskan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian 20 Node

Node Sumber	Node 1
Node Tujuan	Node 20
Jumlah Node Yang Dilalui	8 Node
Node Tetangga Yang Dilalui (Rute Terbaik)	Node 1 → Node 2 → Node 3 → Node 8 → Node 15 → Node 17 → Node 18 → Node 20
Jarak Yang Ditempuh	494.35 m
ANT Time	13.96 s
Throughput	0.36 Mbps
Delay	11.46 s
Total Jarak Yang Dilalui	558.60 m

Hasil Pengujian Dengan 30 Node

Setelah melakukan pengujian dengan 20 *node* dengan model jaringan *mobile*, pada pengujian berikutnya jumlah *node* ditambah sebanyak 10 *node* pada *grid area*, sehingga menjadi berjumlah 30 *node*. Langkah ini dilakukan untuk mengukur performansi *routing protocol* yang digunakan jika *node* terus ditambah. Jumlah *node* yang diuji dalam proses simulasi, dijelaskan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian Dengan 30Node

Setelah proses simulasi dijalankan kembali dengan parameter yang sama, hanya *node* tujuan saja yang dirubah menjadi *node* 30. Hasil pegujian dengan 30 *node* pada proses pengiriman *packet* dari *node* sumber ke *node* tujuan dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian 30 *Node*

Node Sumber	Node 1
Node Tujuan	Node 30
Jumlah Node Yang Dilalui	10 Node
Node Tetangga Yang Dilalui (Rute Terbaik)	Node 1→ Node 2→ Node 3→Node 8→Node 15→ Node 9 → Node 22→ Node 19→Node 27 →Node 30
Jarak Yang Ditempuh	566.63 m
ANT Time	16.30 s
Throughput	0.31 Mbps
Delay	13.80 s
Total Jarak Yang Dilalui	652.02 m

Penentuan Rute (Signal) Terbaik

Pada proses penentuan rute atau *signal* terbaik dengan *ant-based routing protocol*, setiap *node* yang akan dilalui oleh *agent* akan membandingkan nilai *strength* jarak atau jangkauan *signal* yang akan dilalui, sinyal mana yang terbesar diantara beberapa *node* tetangga, *node* tersebut yang akan dipilih *agent* untuk dilalui. Pada tahapan selanjutnya *agent* akan menjumlahkan nilai jarak berdasarkan pemilihan *signal* pada *node-node* untuk dilalui oleh *agent* berikutnya. Hasil penentuan rute yang dilalui *agent* yang merupakan rute terbaik dari hasil pengujian berdasarkan waktu tempuh dan hasil rekapitulasi pengujian dijelaskan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Rute (*Signal*) Terbaik

Jumlah Node	Node Dilalui	Jarak Ditempuh	ANT Time
10	Node 1→ Node 2→ Node 5→Node 4→Node 7→ Node 10	327.57 m	10.64 s
20	Node 1→ Node 2→ Node 3→Node 8→Node 15→ Node 17 → Node 18→ Node 20	494.35 m	13.96 s
30	Node 1→ Node 2→ Node 3→Node 8→Node 15→ Node 9 → Node 22→ Node 19→Node 27 →Node 30	566.63 m	16.30 s

Berdasarkan Tabel 5 dapat dibuktikan bahwa, *ant-based routing algorithm* dapat dengan stabil menentukan atau memilih jalur (*signal*) terbaik dan

terdekat pada *node-node* tetangga pada jaringan MANET yang sedang berjalan walaupun jumlah *node* yang terhubung terus bertambah untuk dilalui dalam proses pengiriman *packet* dari *node* sumber ke *node* tujuan berdasarkan waktu tempuh.

Throughput

Nilai *throughput* yang dihasilkan dari serangkaian uji coba yang telah dilakukan dengan *ant-based routing protocol* seperti yang ditampilkan pada Tabel 6, menunjukkan bahwa nilai *throughput* yang dihasilkan sedikit mengalami penurunan ketika *node* ditambah secara signifikan pada *grid area*, tetapi proses komunikasi dan pengiriman *packet* masih dapat berjalan dengan stabil dan lancar dari *node* sumber ke *node* tujuan pada jaringan MANET yang sedang berlangsung.

Tabel 6. Tabel *Throughput*

Jumlah Node	Node Dilalui	Jarak Ditempuh	Throughput
10	Node 1→ Node 2→ Node 5→Node 4→Node 7→ Node 10	327.57 m	0.47 Mbps
20	Node 1→ Node 2→ Node 3→Node 8→Node 15→ Node 17→ Node 18→ Node 20	494.35 m	0.36 Mbps
30	Node 1→	566.63 m	0.31 Mbps

	Node 2→ Node 3→Node 8→Node 15→ Node 9→ Node 22→ Node 19→Node 27→ Node 30		
--	---	--	--

Delay

Nilai *delay* yang dihasilkan dari serangkaian uji coba yang telah dilakukan menggunakan *ant-based routing algorithm* menunjukkan bahwa *delay* yang dihasilkan sangat kecil terhadap penambahan jumlah *node* yang cukup signifikan, sehingga dapat menurunkan nilai *overhead* pada sistem jaringan MANET yang sedang berjalan. Nilai *delay* yang dihasilkan berdasarkan pengujian dengan jumlah *node* yang berbeda-beda dijelaskan pada Tabel 7.

Tabel 7. Tabel *Delay*

Jumlah Node	Node Yang Dilalui	Jarak Yang Ditempuh	Delay
10	Node 1→ Node 2→ Node 5→Node 4→Node 7→ Node 10	327.57 m	8.14 s
20	Node 1→ Node 2→ Node 3→Node	494.35 m	11.46 s

	8→Node 15→ Node 17 → Node 18→ Node 20		
30	Node 1→ Node 2→ Node 3→Node 8→Node 15→ Node 9 → Node 22→ Node 19→No de 27 →Node 30	566.63 m	13.8 0 s

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan simulator dan pembahasan yang telah dilakukan, ketika proses komunikasi dan pengiriman *packet* dari *node* sumber ke *node* tujuan pada jaringan MANET adalah sebagai berikut;

1. *Ant-based routing algorithm* dapat meningkatkan performansi penentuan rute dan mempercepat waktu pengiriman *packet* dari *node* sumber ke *node* tujuan dengan besar *bandwidth* terbatas dan jumlah *node* yang dinamis pada jaringan MANET, berdasarkan hasil pengujian terhadap nilai *throughput* dan *delay*.
2. *Ant-based routing algorithm* lebih baik digunakan pada jalur komunikasi (*traffic*) yang padat atau pada sarana komunikasi yang

minim, karna kestabilannya dalam meminimalisir *overhead*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Basagni, S., Conti, M., Giordano, S.,& Stojmenovic, I., 2013. Mobile Ad Hoc Networking: Cutting Edge Directions, IEEE Press, Willey: USA
- [2]Tavli, B & Heinzellman, W., 2006. Mobile Ad Hoc Networks Energy-Efficient Real-Time Data Communications, Springer: USA
- [3]Frikha, M, 2010. Ad Hoc Networks:Routing, QoS and Optimization, WILEY
- [4]Taraka,.N, & Emani,.A, 2014. Routing in Ad Hoc Networks Using Ant Colony Optimization, Fifth International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation
- [5]Mesut Gunes, Udo Sorges,.& Imed Bouazizi, 2002. ARA – The Ant-Colony Based Routing Algorithm for MANETs, International Workshop on Ad Hoc Networking (IWAHN 2002), Vancouver,British Columbia, Canada, August pp. 18-21
- [6]Talwar, B & Gupta, A, 2012. Ant Colony based and Mobile Ad Hoc Networks Routing Protocols, International Journal of Computer Applications (0975-8887), Volume 49,No.21
- [7]Dorigo, M.,& Stutzle,. T., 2004. Ant Colony Optimization, MIT Press: London