

## DESAIN MOBILE AD-HOC NETWORK (MANET) UNTUK SISTEM KOMUNIKASI TAKTIS

Siti Agustini<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Sistem Komputer Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya  
Jl. Arief Rachman Hakim No.100, Surabaya  
e-mail: sitiagustini@itats.ac.id<sup>1)</sup>

### ABSTRAK

Komunikasi taktis membutuhkan jaringan dengan karakteristik self-forming dan self-healing. Karakter node dapat cepat terbentuk menjadi sebuah jaringan. Namun, lingkungan operasi militer memberikan tantangan yang cukup signifikan yaitu konektivitas yang tidak handal dan bandwidth yang terbatas. Dengan kondisi tersebut, maka pada penelitian ini dirancang sistem komunikasi taktis yang melibatkan aspek routing protocol (AODV), skema Medium Access Control (CSMA), formasi node dan jumlah node yang berbeda untuk setiap jaringan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan protocol routing AODV dan protocol MAC CSMA dengan 3 formasi berbeda dan jumlah node yang bertambah menghasilkan waktu pembentukan jaringan yang cukup cepat dan throughput yang masih memenuhi standar Link-16 Enhanced Throughput.

**Kata kunci :** *sistem Mobile Ad-hoc Network, CSMA, AODV, komunikasi taktis, pembentukan jaringan.*

### ABSTRACT

Tactical communication needs a network with characteristic self-forming and self-healing. Those characteristic have important role in tactical operating which is all of member or node can join and establish as a network rapidly. However, tactical operating environment of military operations provides challenges that are quite significant, namely connectivity that is not reliable and bandwidth is limited. With these conditions, in this research a tactical communication system is designed which involves routing protocol (AODV), Medium Access Control (CSMA) scheme, node formation and number of nodes that are different for each network. The results of this research show that the use of AODV routing protocol and CSMA MAC protocol with 3 different formations and number of nodes that increase produce network formation time that is quite fast and throughput that still meets the Link-16 Enhanced Throughput standard.

**Keywords:** *sistem Mobile Ad-hoc Network, CSMA, AODV, komunikasi taktis, pembentukan jaringan.*

## PENDAHULUAN

Komunikasi taktis menuntut keberlangsungan komunikasi pertukaran data dalam suatu operasi militer. Komunikasi taktis harus memiliki kemampuan *self-organizing* dan *self-forming* yaitu jaringan dapat melakukan proses *discovery* secara otomatis untuk menemukan sebuah unit baru yang ingin bergabung ke jaringan dan kemudian melakukan autentikasi sesuai dengan yang telah ditentukan serta kemampuan *self-healing* yaitu sebuah unit dapat bergabung, meninggalkan, dan bergabung kembali ke dalam jaringan. Permasalahan dalam sistem komunikasi taktis adalah wilayah operasi militer berada di tempat yang memiliki infrastruktur yang tidak tetap sehingga memerlukan koneksi sistem jaringan yang handal. Mobilitas yang tinggi dari unit menyebabkan topologi jaringan yang berubah-ubah.

*Mobile Ad-hoc Network* (MANET) dapat dijadikan sebagai solusi untuk mendukung komunikasi taktis. *Mobile Ad-hoc Network* (MANET) adalah sebuah jaringan yang terdiri dari node bergerak yang berkomunikasi melalui jaringan nirkabel, tanpa dukungan infrastruktur yang tetap. *Node* tersebut juga dapat berkomunikasi dengan *node* lain dengan infrastruktur tetap. MANET dapat diaplikasikan pada operasi militer, keamanan dan operasi penyelamatan, dan lain-lain. Karena *node* yang bergerak, topologi jaringan dapat berubah dengan cepat dan tak terduga dari waktu ke waktu. Sebuah *node* dapat secara bebas bergabung atau meninggalkan jaringan sehingga MANET harus memiliki kemampuan *self-organization*. Untuk memperluas area transmisi nirkabel yang terbatas maka tiap *node* menggunakan sistem multi-hop untuk mengirim paket. Setiap *node* dalam jaringan *ad hoc* meneruskan paket ke *node* tetangganya dari sumber sampai ke tujuan.

*Mobile Ad hoc Network* memiliki fitur yang berbeda dengan jaringan nirkabel lain dimana setiap *node* dalam

MANET dapat berperan sebagai *host* dan *router* [12] sehingga *node* dapat menerima dan meneruskan paket serta dapat merutekan sendiri dalam pengiriman paket. MANET memiliki beberapa karakteristik yaitu mobilitas yang merupakan sifat *node* yang bebas bergerak secara random sehingga topologi jaringan berubah-ubah, *bandwidth* yang terbatas berdasarkan mobilitas *node* sehingga *bandwidth* yang tersedia lebih sedikit dibandingkan jaringan tetap, dan keamanan yang lebih rentan karena media nirkabel.

Dengan karakteristik tersebut, MANET harus memiliki kemampuan auto-konfigurasi, dapat bertukar informasi tentang routing saat topologi jaringan berubah, autentikasi yang kuat (perlindungan informasi dan ketahanan terhadap musuh), *dynamic discover* (autentikasi dan terhubung dengan jaringan) [1].

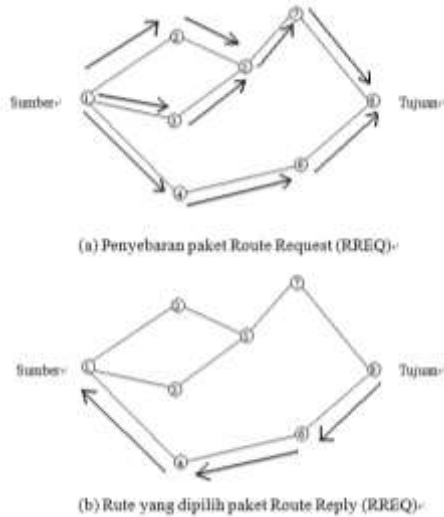
Jaringan komunikasi taktis dapat didesain agar menjadi jaringan dengan komunikasi dan pertukaran data yang efektif. Pada penelitian sebelumnya mengenai perancangan *Mobile Ad-hoc Network* mengusulkan protokol routing yang digunakan adalah *Ad-Hoc On Demand Distance Vector* (AODV) yang mampu memperluas cakupan layanan komunikasi [2]. Maka pada penelitian ini telah didesain *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET) dengan protokol routing AODV, jumlah dan topologi *node* yang bervariasi, serta menggunakan skema *Medium Access Control* (MAC) CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*).

## DASAR TEORI

### *Ad Hoc On-demand Distance Vector* (AODV)

AODV merupakan salah satu protokol ad-hoc yang bersifat reaktif yaitu mencari rute hanya pada saat dibutuhkan [3]. Protokol ini termasuk distance vector routing protocol yaitu mencari rute berdasarkan jarak atau bobot terkecil. Setiap anggota dalam jaringan memiliki sebuah tabel routing

yang berisi informasi mengenai node-node tetangga yang sesuai dengan area transmisi. Tabel routing tersebut berisi alamat IP tujuan, jumlah hop, hop selanjutnya, precursor list dan lifetime dimana tabel routing akan kadaluarsa jika jarang digunakan.



Gambar 1. Mekanisme Route Discovery pada AODV

AODV memiliki mekanisme route discovery dan route maintenance. Mekanisme route discovery digunakan untuk mencari rute dengan menyebarkan RREQ dari sumber ke node-node yang terhubung langsung (intermediate node), kemudian intermediate node meneruskan RREQ ke node-node lainnya. Ketika RREQ sampai di penerima, maka penerima akan mengirim RREP kesumber bermelalui intermediate node seperti gambar 1.

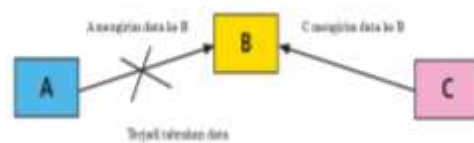
Jika sebuah link ke tujuan tidak dapat ditemukan dengan metode route discovery maka link tersebut akan diasumsikan putus dan kemudian Route Error akan disebarkan ke node-node tetangganya (intermediate node) sehingga node asal dapat menghentikan pengiriman data melalui rute ini atau melakukan penyebaran RREQ untuk mendapat rute baru.

### Carrier Sense Multiple Access (CSMA)

Protokol CSMA merupakan protokol yang dapat diterapkan pada jaringan ad-

hoc. Protokol ini merupakan pengembangan dari protokol Aloha untuk meningkatkan throughput sebuah jaringan dengan mengurangi kemungkinan data yang dikirim bertabrakan dengan sistem *carrier sense* [4]. Protokol CSMA merupakan protokol *random access* dimana protokol ini menggunakan *random carrier sense* sebelum node mengirimkan paket ke tujuan, node tersebut mencari informasi tentang kondisi kanal, jika kanal sibuk maka node harus menunggu sampai kanal kosong. Namun, ketika kanal kembali kosong, ada kemungkinan beberapa node mengirim paket secara bersama dan akan terjadi tabrakan. Untuk menghindari hal itu maka tiap node harus memilih *random backoff interval*. Pertukaran RTS/CTS dilakukan sebagai proses *handshaking* antara pengirim dan penerima sebelum melakukan pengiriman paket data [5]. Node pengirim dan penerima melakukan pertukaran control frame (request to send (RTS) and clear to send (CTS) frames) setelah memastikan bahwa kanal sedang kosong, setelah penundaan pengiriman atau backoff untuk pengiriman data.

Protokol CSMA ini dapat mengatasi masalah *hidden nodes* dalam jaringan. Gambar 2 merupakan ilustrasi mekanisme protokol yang tidak menggunakan *carrier sense*. Kanal komunikasi yang digunakan adalah *shared channel* sehingga ketika terdapat 2 node yang mengirim data bersamaan dengan tujuan yang sama maka akan terjadi tabrakan. Akibat terjadinya tabrakan data mengakibatkan data harus dikirim ulang dan menyebabkan proses pertukaran data tidak efektif. Seperti dicontohkan pada gambar 2, node A mengirim data ke node B pada saat node C sedang melakukan pengiriman data ke node B. Hal inilah yang menyebabkan tabrakan data.



Gambar 2. Skenario *hidden node*

Berbeda halnya jika menerapkan protokol CSMA, node A akan mengirim RTS (request to send) ke node B sebelum mengirim data, jika node B merespond dengan mengirim CTS (clear to send) maka pengiriman data dapat dilakukan. Namun, jika node B belum merespon dengan mengirim CTS (clear to send), maka node A tidak akan mengirim data. Tidak adanya respon CTS (clear to send) dari node tujuan menandakan bahwakanal jaringan sedang sibuk atau sedang berlangsung suatu pengiriman data..

## METODE PENELITIAN

### Topologi Node

Pada rancangan topologi ini ditetapkan luasan daerah dan posisi node yang akan disimulasikan. Luasan daerah yang digunakan adalah 500m × 500m, 1300m × 1300m, dan 2100m × 2100m. Sedangkan posisi node ditentukan sesuai formasi seperti pada Gbr. 4. Topologi jaringan ini akan digunakan pada setiap skema simulasi.



Gambar 3. Formasinode(a) random (b) burung (c) star

### Parameter Simulasi

Pada rancangan model skema Mobile Ad-hoc Network ini disimulasikan dengan jumlah node yang berbeda yaitu 5 node, 13 node, dan 21 node yang digunakan pada setiap simulasi dijalankan. Setiap node akan ditentukan posisi, kecepatan yang bervariasi, dan fungsinya sesuai kebutuhan dalam simulasi yang dilakukan. Formasi yang digunakan ada 3 macam yaitu random, burung, dan star. Tabel I dan II merupakan parameter yang digunakan di dalam setiap simulasi.

Tabel 1. Parameter Jaringan

Parameter	Nilai
Frekuensi	VHF
Antena	Omni directional
Routing Protokol	AODV
Model Propagasi	Two_Ray
MAC	CSMA
Sumber Trafik	CBR

Tabel 2. Parameter Simulasi

Parameter	Nilai
Kecepatan node	14.44 m/s
Jumlah Node	5, 13, 21 Node
Ukuran Area	
5 node :	500m × 500m
13 node :	1300m × 1300m
21 node :	2100m × 2100m
Formasi	Random, burung, dan star
Waktu Simulasi	150 tik

## UJI COBA

### Skenario Simulasi

Simulasi pertama adalah proses pembentukan Mobile Ad-hoc Network (MANET) dengan3 formasi berbeda. Pengukuran waktu pembentukan MANET dihitung mulai dari proses penyebaran *beacon frame*, autentikasi, sampai asosiasi yang dilakukan semua node. Dari simulasi ini akan diukur waktu yang dibutuhkan untuk membentuk suatu jaringan dimana setiap node dapat berhubungan dengan node yang lain. Simulasi tersebut hanya dilakukan 1 kali untuk setiap jumlah node yaitu 5 node, 13 node, dan 21 node. Untuk formasi random dilakukan simulasi sebanyak 5 kali dan ditampilkan hasil rata-ratanya pada grafik.

Simulasi ke-2 adalah pengukuran throughput dari 3 formasi berbeda, dimana setiap formasi dilakukan dengan berbagai macam jumlah node yaitu 5 node, 13 node, dan 21 node. Data yang dikirim antar node menggunakan bit rate yang konstan. Seperti simulasi pertama, untuk formasi random dilakukan sebanyak 5 kali dan kemudian didapatkan throughput rata-rata.

### Hasil Simulasi dan Pembahasan

Pada protokol MAC CSMA, frame yang bertabrakan saat pembentukan jaringan dapat

diminimalkan karena node melakukan pengecekan kondisi kanal terlebih dahulu sebelum mengirim data. Jika kanal kosong maka dilakukan pertukaran frame RTS/CTS antara pengirim dan penerima sehingga pengiriman data dapat dilakukan. Node sumber mentransmisikan RTS (Request to Send) ke node tujuan, jika node sumber menerima CTS (Clear to Send) maka data dapat ditransmisikan dan sebaliknya.

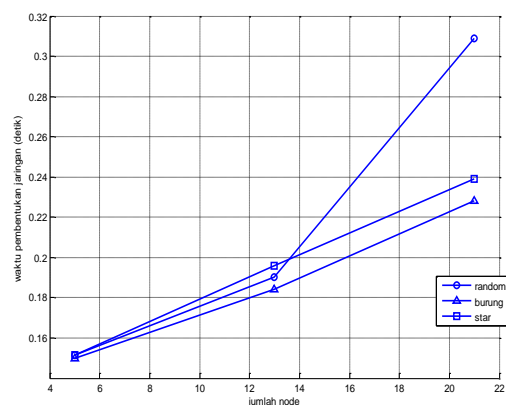
Namun jika kanal sibuk maka pengiriman ditunda sampai transmisi yang sedang berlangsung selesai. Node yang menunda pengiriman akan memilih sebuah Contention Window (CW) secara acak yang berisi backoff timer. Setelah proses backoff timer selesai, node asal dan tujuan melakukan pertukaran RTS/CTS untuk memastikan bahwa kanal benar-benar kosong sehingga pengiriman data dapat dilakukan.

Protokol CSMA memang dapat meminimalkan tabrakan data/frame tetapi tabrakan data juga tetap dapat terjadi karena terdapat lebih dari satu node yang memilih backoff yang sama dan ketika suatu node tidak bisa mendeteksi kanal karena area transmisinya yang terbatas (tidak menerima RTS/CTS dari node lain) sehingga node tersebut mengira bahwa kanal kosong, padahal node tujuan sedang melakukan proses pengiriman data dengan node lain.

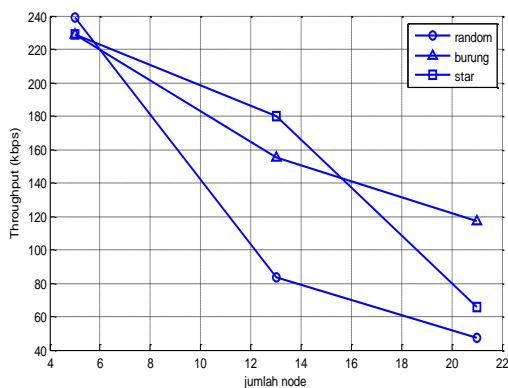
Gambar 4 merupakan hasil simulasi dari 3 formasi dan jumlah node yang berbeda. Dari grafik tersebut terlihat bahwa pada saat jumlah node hanya 5, waktu pembentukan semua formasi hampir sama. Perbedaan waktu pembentukan mulai berbeda saat jumlah node sebanyak 13 dan perbedaan paling signifikan adalah pada saat jumlah node 21. Waktu pembentukan jaringan bergantung pada jumlah node yang ada dalam jaringan. Selain itu juga dipengaruhi oleh jarak antar node dalam jaringan. Pada formasi random, jarak antar node bervariasi. Node yang paling jauh dengan cluster head harus menunggu *intermediate node* untuk bergabung ke jaringan terlebih dahulu

dan membutuhkan banyak *intermediate node* untuk melakukan proses asosiasi ke jaringan. Sedangkan pada formasi burung dan star, waktu pembentukan jaringan yang dihasilkan lebih stabil daripada formasi random.

Pada gambar 5, formasi random dengan jumlah node 5 memiliki throughput paling tinggi diantara formasi lain tetapi saat jumlah node meningkat menjadi 13 node dan 21 node, throughput-nya menurun dibanding formasi lainnya. Throughput bergantung data rate dari media komunikasi. Ketika jumlah node semakin banyak maka throughput semakin menurun. Throughput juga dipengaruhi oleh konektivitas dari mobile node (*intermediate node*) pada saat multi-hop routing untuk pengiriman data. Pada protokol MAC CSMA, penurunan throughput saat jumlah node sebanyak 21 lebih stabil yaitu formasi random memiliki throughput 47.406 kbps, formasi burung memiliki throughput sebesar 116.85 kbps, dan throughput formasi star adalah 65.49 kbps. Throughput rata-rata yang dicapai semua formasi pada saat jumlah node 5 adalah sebesar 239.068 kbps. Sedangkan throughput rata-rata saat jumlah node 15 adalah sekitar 140 kbps. Throughput rata-rata tersebut sudah melebihi throughput maksimum sebesar 115.2 kbps yang dibakukan dalam standar Link-16 Enhanced Throughput (LET) [6]. Perubahan throughput yang stabil berdasarkan jumlah node dalam jaringan ditunjukkan oleh formasi burung.



Gambar 4. Waktu Pembentukan MANET



Gambar 5. Hasil Pengukuran Throughput

### SIMPULAN

Untuk menciptakan jaringan dengan komunikasi dan pertukaran data yang efektif untuk komunikasi taktis, terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam merancang suatu konfigurasi jaringan yaitu bandwidth media komunikasi, jumlah node dalam setiap jaringan, ukuran data, skema MAC dan routing protocol untuk meminimalisir overhead transmisi. Dari simulasi yang telah dilakukan, penggunaan protokol routing AODV dan skema Medium Access Control CSMA menunjukkan komunikasi data yang efektif dengan penambahan jumlah node yang diberikan yaitu throughput yang dihasilkan masih memenuhi standar Link-16 Enhanced Throughput (LET) dan begitu juga dengan waktu pembentukan jaringan

Rekomendasi produk ditampilkan ketika konsumen melihat detail barang. Barang yang muncul sebagai rekomendasi sistem berasal dari basis data aturan yang dibentuk menggunakan Algoritma Apriori. Untuk dapat menghasilkan jumlah kombinasi barang yang layak, digunakan nilai *support* 20%. Nilai *confidence* dari tiap aturan yang dihasilkan digunakan untuk menentukan N-teratas barang yang ditampilkan sebagai barang rekomendasi.

### SARAN

Konsep dan rancangan dalam penelitian ini diharapkan menjadi usulan

rancangan untuk jaringan dalam komunikasi taktis.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. L. Burbank, P. F. Chimento, B.K Haberman dan W. T. Kasch, "Key Challenges of Military Tactical Networking and the Elusive Promise of MANET Technology", IEEE Communication Magazine, November, 2006.
- [2] W. Cahyadi, "Rancangan Mobile Ad-hoc Networks untuk Solusi Jaringan Komunikasi Antar Armada Bergerak menggunakan Simulasi NS", elektronik Jurnal Arus Elektro Indonesia (eJAEI), vol. 1, no. 1, Mei, 2015
- [3] S.R. Das, C.E. Perkins, E.M. Royer, Infocom 2000, Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings IEEE, Tel Aviv, 1, 2000.
- [4] IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirement. Part 11 : Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, IEEE Std. 802.11-1999, IEEE, New York, 1999.
- [5] T. Ho dan K. Chen, "Performance Analysis of IEEE 802.11 CSMA/CA Medium Access Control Protocol", Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications, PIMRC'96, Seventh IEEE International Symposium, Vol.2, pp.407,411, 1996.
- [6] J. Asenstorfer, T. Cox, dan D. Wilksch, "Tactical Data Link Systems and the Australian Defence Force (ADF) – Technology Development and Interoperability Issues", DSTO Information Science Laboratory, 2003

