Dampak dari Parameter Variasi Koneksi, *Node* dan Kecepatan *Node* Terhadap Delay pada Routing Protocol AODV dan BATMAN Jaringan MANET

¹ Dodon T. Nugrahadi, ² M. Reza Faisal, ³ Liling Triyasmono, ⁴ Muhammad Janawi,

^{1,2,4} Prodi Ilmu Komputer, FMIPA, Universitas Lambung Mangkurat

³ Prodi Farmasi, FMIPA, Universitas Lambung Mangkurat

Jalan Jl. Brigjen H. Hasan Basri, Kayu Tangi, Banjarmasin

e-mail : ¹ dodonturianto@ulm.ac.id, ² reza.faisal@ulm.ac.id, ³ liling2382imeru@gmail.com

⁴ muhammad.janawi99@gmail.com

Abstract — Mobile ad-hoc Network (MANET) is a multihop wireless network that a many collection of mobile *nodes* that are dynamic. MANET each *node* on the network have the same position, so it needs the appropriate routing protocol, to support the exchange of data to be optimal. In this study, the routing protocol to be tested is AODV and BATMAN based scenario increasing the number of connections, *nodes* and speed. Simulation parameter scenarios is number connection 1 UDP, 2 UDP, 3 UDP, and number of *node* 25 *node*, 50 *node*, 100 *node*, and then number *node* speed 20 m/s, 50 m/s. in this AODV routing protocol will establish a rute from the source *node* to the destination only if there is a request from the source *node*. BATMAN routing protocols, all decisions and information disseminated throughout the *node* and will regularly update on each *node*. The performance parameters to be measured such as delay by using OMNET ++ 4.6. Output of simulation will analysis with two way anova and multivariate to know correlation between variation scenario impact to delay. The results obtained in this study AODV and BATMAN have their respective advantages, analisis with two-way anova show that both AODV and BATMAN get the impact of the scenario from incrising the number of connections, the number of *nodes* and the number of *nodes* speed with a p-value of 0.012212 (<0.05) with two-way anova. From all scenarios, the number of UDP connections has the greatest impact, from UDP 1, UDP 2 and UDP 3. Followed by the number of speed 50 and *node* 100. So it can be concluded that the connection has an effect on increasing delay. The increasing number of speed and *nodes* can contribute to an increase in delay if number of *nodes* above 100 and speed above 50. With multivariate analysis, the BATMAN protocol had the most impact on the delay under the scenario then AODV.

Keywords: MANET, AODV, BATMAN, *Throughput*, *Delay*, *Paket Loss*, *Overhead Ratio*, OMNET++

---

1. PENDAHULUAN

Penggunaan jaringan nirkabel (*wireless*) terus meningkat penggunaannya dibandingkan jaringan kabel. Salah satu teknologi jaringan nirkabel yaitu jaringan *ad-hoc*. Jaringan *ad-hoc* salah satu solusi bagi perangkat bergerak (*mobile*) seperti laptop, tablet, smartphome, dan sebagainya untuk berkomunikasi satu sama lain tanpa dukungan infrastruktur jaringan nirkabel yang umum digunakan sebagai pendukung transmisi data [1].

Jaringan *ad-hoc* dapat berjalan tanpa harus menggunakan insfrastruktur yang ada, seperti *base station* (*acces point*) atau sarana pendukung transmisi data lainnya. tiap-tiap peangkat yang berada pada jaringan ini disebut *node*. Setiap *node* akan berkomunikasi dengan *node* lainnya dalam satu jaringan tersebut. Jaringan *ad-hoc* juga mempunyai infrastruktur *node* jaringan yang tidak permanen. Jaringan ini terdiri atas *node* yang bersifat *mobile* dengan satu atau lebih antar muka pada setiap *node*. setiap *node* pada jaringan *ad-hoc* diharapkan mampu menjaga performa trafik paket data dalam jaringan yang disebabkan mobilitas *node* yaitu dengan cara rekonfigurasi jaringan [7].

Teknologi jaringan *ad-hoc* atau *Mobile ad-hoc Network* (MANET) merupakan sekumpulan titik *node* yang menggunakan antarmuka jaringan nirkabel untuk dapat melakukan pertukaran informasi antar *node*. Setiap *node* dapat dijadikan suatu *host* ataupun router yang mampu meneruskan paket data menuju *node* berikutnya. Pada kondisi ini protokol *routing* diperlukan dalam jaringan untuk menunjang proses kirim dan terima paket data antar *node*. Protokol *routing* memiliki kemampuan untuk melewati dan meneruskan ke banyak *node* (multihop), agar setiap *node* dapat berkomunikasi

dengan *node* yang berada diluar jangkauannya [5]. Masalah yang muncul adalah menentukan penggunaan jalur efisien dalam pengiriman paket data dari sumber ke tujuan. Oleh karena itu diperlukan protokol *routing* yang mampu memenuhi kebutuhan jaringan tersebut untuk dapat memberikan jalur *routing* terbaik dan secara optimal.

Beberapa penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan antara lain yaitu “*Performance of MANET Routing Protocols considering Impact of Node Density under Different Traffic Patterns*” [4]. Pada penelitian ini membandingkan kinerja protokol *routing* proaktif (DSDV) dan reaktif (AODV & DSR) dengan pola lalu lintas CBR dan TCP, parameter kinerja protokol *routing* yang diukur adalah *paket delivery ratio*, *average end-to-end delay*, *normalized routing load*, dan *average jitter* pada sejumlah sumber dan *node* yang bervariasi, pada penelitian ini dihasilkan *routing* AODV tampil lebih unggul saat beban lalu lintas dan kepadatan *node* tinggi. Adapun penelitian lainnya yaitu “*A Comparative Study of B.A.T.M.A.N. and OLSR Routing Protocols for MANETs*” [6]. Protokol ini dianalisis berupa pengaruh *node* (jaringan), panjang paket (lalu lintas) dan mobilitas untuk memeriksa kinerja kedua protokol, pada penelitian ini dihasilkan bahwa BATMAN lebih unggul dari pada OLSR dalam hal *throughput*, waktu *delay* dan beban CPU nya yang lebih rendah. Berdasarkan penelitian tersebut bahwa protokol BATMAN dan AODV merupakan protokol yang unggul baik reaktif dan proaktif. Penelitian yang lain yaitu “*Impact of Node Density on Node Connectivity in MANET Routing Protocols*” [2], dilakukan pengukuran parameter konektivitas *node* dan kepadatan *node* pada protokol reaktif dan proaktif menunjukkan peningkatan overhead. Jumlah paket *routing* menunjukkan menurun dengan peningkatan kepadatan *Node*.

Bertolak pada hasil dan penelitian sebelumnya penelitian ini akan membandingkan dua *routing* protocol yang memiliki keunggulan untuk digunakan di jaringan MANET yaitu *routing* protocol reaktif AODV dan proaktif BATMAN dengan skenario yang berbeda dari penelitian sebelumnya yaitu skenario variasi jumlah koneksi, kepadatan *node*, dan kecepatan *node*. variasi parameter yang di ambil adalah *delay*. Berdasarkan skenario tersebut untuk melihat keterikatannya dengan *delay*.

2. STUDI LITERATUR

2.1. AODV

AODV (*Ad-hoc On-demand Distance Vector*) adalah protokol *routing* yang bersifat reaktif yaitu protokol ini bekerja saat ada permintaan dari *source node* untuk mengumpulkan informasi jalur-jalur yang dapat digunakan untuk mengirimkan pesan ke *node* tujuan. AODV akan berusaha untuk menemukan jalur yang tidak ada *loop* dan menemukan jalur terpendek untuk menuju *node* tujuan sesuai tabel *routing* yang dibuat [1].

Pesan dalam protokol *routing* AODV terbagi menjadi 3 yaitu RREQ (*Route Request*), RREP (*Route Reply*) dan RRER (*Route Error*). RREQ dan RREP merupakan route pencarian jalur sedangkan RRER merupakan route maintenance.

1. Proses komunikasi pada protokol *routing* AODV dimulai pada saat ada permintaan dari *source node* atau *node* tujuan dengan cara pesan RREQ akan disebarkan atau di *broadcast* keseluruh *node* yang mampu dijangkaunya jika *node* antara tidak mengetahui informasi mengenai *node* tujuan, maka *node* antara akan meneruskan RREQ sampai *node* tujuan sambil membuat next hop reverse yang nantinya akan berguna sebagai jalur pesan balasan dari *node* tujuan.
2. Pada saat *node* tujuan menerima RREQ maka *node* tujuan akan mengirimkan RREP sebagai pesan balasan untuk pesan RREQ, RREP berisi *Sequence Number* dan *Hop Count*, *Sequence Number* (Nomor urut ketujuan) berguna sebagai penghindar terjadinya *routing loop*. *Routing loop* adalah suatu kondisi dimana pesan terus ditransmisikan tanpa mencapai *node* tujuan, sedangkan *hop count* gunanya untuk proses penyeleksian mengenai jalur terbaik pada protokol *routing* AODV.

3. Pada saat *node* antara menerima RREP *node* antara meneruskan RREP tersebut sampai ke *node* sumber sambil menaikkan nilai hop count per *node* yang dilewatinya. Jika *node* sumber banyak menerima RREP maka *node* sumber akan melakukan penyeleksian dengan cara menghitung jalur *node* mana yang memiliki nilai *hop count* terkecil, maka di indikasikan jalur tersebut merupakan jalur terbaik.
4. Pada saat proses pencarian jalur *node* tujuan tidak tercapai maka di indikasikan jalur tersebut terputus maka pesan RRER dikirimkan ke tetangganya. [5].

2.2. B.A.T.M.A.N

Routing protokol BATMAN (*Better Approach to Mobile Adhoc Network*) merupakan protokol *routing* yang bersifat proaktif yang mana cara kerjanya semua keputusan dan informasi disebarkan secara merata keseluruh *node*, jadi semua *node* yang tergabung pada protokol *routing* BATMAN memiliki pengetahuan mengenai informasi seluruh *node* yang tergabung di dalam satu jaringan protokol *routing* BATMAN. Jika terjadi *maintenance* atau gangguan pada jaringan protokol *routing* BATMAN akan cepat melakukan *update* informasi secara berkala.

Pesan yang digunakan pada protokol *routing* BATMAN disebut sebagai OGM (*Originator Message*), OGM digunakan untuk mengetahui eksistensi mengenai *node* tetangga.

- a. Proses pencarian jalur pada routing protokol BATMAN dengan cara mengirimkan pesan OGM secara broadcast ke *node* tetangganya, routing protokol BATMAN akan berusaha meminimalkan update *node* dengan hanya mengkalkulasikan next hop.
- b. Pada saat OGM diterima oleh *node* tetangga, maka *node* tetangga kembali mengirimkan OGM ketetangganya proses ini terus berulang sampai ke *node* tujuan.
- c. Penyeleksian jalur terbaik pada protokol *routing* BATMAN dengan cara melakukan perankingan, perankingan dilakukan dengan perhitungan sederhana yaitu total OGM yang telah diterima atau dikirimkan, *node* tetangga mana yang banyak menerima OGM atau menyebarkan OGM terbanyak, maka jalur yang melewati *node* ini merupakan jalur terbaik pada routing protokol BATMAN. [3].

2.3. Delay

Delay yang di maksud adalah *End-to-End Delay* (E2D), yang dihitung berdasarkan rata-rata *delay* antara waktu paket diterima dan saat paket dikirim. *Delay* sederhananya dapat di artikan sebagai waktu paket sampai ke *node* tujuan dari saat paket data dikirimkan, tingginya nilai *delay* dapat menghambat proses komunikasi antara *node* pengirim dan *node* tujuan. *End-to-End Delay* menggunakan persamaan berikut, yaitu $treceived[i]$ adalah waktu saat penerimaan paket dengan urutan / id ke- i , $tsent[i]$ adalah waktu saat pengiriman paket dengan urutan / id ke- i , dan $sent$ adalah banyaknya paket data yang dikirimkan.

$$\text{Average Delay: } \sum_{i=0}^{sent} \frac{treceived[i] - tsent[i]}{sent}$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi dan langkah-langkah (prosedur) yang dilakukan dalam proses penelitian berikut:

- a. Studi literatur yaitu mengumpulkan data dan bahan penulisan berdasarkan data teoritis. Data yang didapatkan dari buku-buku, jurnal atau pun bahan dari internet mengenai algoritma protokol *routing* AODV, B.A.T.M.A.N, dan Ad-hoc Network.
- b. Dalam perancangan menggunakan skenario sehingga akan didapatkan data yang sesuai dengan penelitian, skenario yang biasa digunakan untuk menguji *routing* di jaringan MANET adalah skenario kepadatan area atau *density*. Skenario itu dipilih mengingat kebutuhan pada jaringan MANET menggunakan kepadatan *node* pada area tertentu. Kemudian untuk pengujian lainnya mengingat jenis *routing* AODV dan B.A.T.M.A.N

memiliki cara kerja yang saling berbeda sehingga ditambahkan dengan skenario koneksi dan kecepatan *node*. Kondisi parameter skenario dalam simulasi sebagai berikut :

Tabel 1. Simulasi Parameter

<i>Routing Protocol</i>	AODV dan B.A.T.M.A.N
Jumlah Node	25, 50, dan 100
Jumlah Koneksi	1, 2, dan 3
Ukuran <i>Packet</i> Data	2 MB
Jenis Skenario	<i>Mobility Scenario</i>
Jenis Mobilitas	<i>Random Way Point</i>
Jenis Trafik Data	UDP
Luas Area Jaringan	500x500 m
Kecepatan Node	20 m/s dan 50 m/s
Waktu Simulasi	28800s

- c. Pembangunan simulasi kemudian dilakukan pengumpulan data simulasi jaringan ad-hoc MANET dengan menggunakan simulator OMNET++.
- d. Dalam tahap analisis data simulasi, hasil yang didapatkan berdasarkan proses simulasi akan di analisis dengan menggunakan analisis statistik anova dan manova. Analisis statistika dengan menggunakan perangkat lunak excel dengan Real Statistics Resource Pack, IBM SPSS 25 dan Unscrambler X.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Skenario Pengujian

Simulator yang digunakan pada penelitian ini yaitu OMNET++ sesuai modul patch protokolnya. Skenario yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan tingkat kepadatan, variasi jumlah koneksi dan kecepatan node seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2. Skenario dengan variasi jumlah koneksi, node dan kecepatan

Skenario	Koneksi	Node	Kecepatan (mps)
A1	1	25	20
A2	1	50	20
A3	1	100	20
B1	2	25	20
B2	2	50	20
B3	2	100	20
C1	3	25	20
C2	3	50	20
C3	3	100	20
D1	1	25	50
D2	1	50	50
D3	1	100	50
E1	2	25	50
E2	2	50	50
E3	2	100	50
F1	3	25	50
F2	3	50	50
F3	3	100	50

4.2. Hasil Simulasi

Bentuk topologi jaringan ad-hoc tidak dapat diprediksi karena itu parameter simulasi dibuat secara random yaitu *random way point*. hasil dari simulasi pada posisi *node*, pergerakan *node*

dan juga koneksi yang terjadi tidak akan sama dengan topologi yang sudah direncanakan. Berikut adalah bentuk *snapshoot* jaringan yang akan dibuat dengan node 25, 50 dan 100 *node*.

Gambar 1. *Snapshoot* tampilan visual jaringan dengan node 25

Gambar 2. *Snapshoot* tampilan visual jaringan dengan node 50

Gambar 3. *Snapshoot* tampilan visual jaringan dengan node 100

Protokol *routing* AODV akan menjaga komunikasinya dengan melakukan proses RREQ dan RREP secara berulang- berulang selama waktu yang telah ditentukan dan jika *routing protocol* AODV akan melakukan *update* koneksi (beda node pengirim/penerima) maka *routing protocol* AODV akan melakukan proses tersebut berulang di mulai dari awal.

Protokol *routing* BATMAN, proses pengiriman paket data tersebut akan terus dilakukan oleh seluruh *node* sampai protokol *routing* B.A.T.M.A.N menemukan jalur terbaik. hal ini terjadi karena protokol *routing* B.A.T.M.A.N memiliki sifat pemerataan keputusan pada seluruh *node*. Pada saat jalur terbaik telah ditemukan maka protokol *routing* B.A.T.M.A.N akan melakukan komunikasi 2 arah (undirectional) dengan di tandai adanya *packet* UDP (User Datagram Protocol), kemudian jika telah melakukan komunikasi antara *host* (pengirim) dan *fixhost* (penerima) maka akan di tandai dengan adanya pesan ack dari si penerima (*fixhost*).

Gambar 4. *Snapshot* tampilan visual jalannya data RREQ node 25 AODV

Gambar 5. *Snapshot* tampilan visual jalannya data RREP node 25 AODV

Gambar 6. *Snapshot* tampilan visual jalannya *packet* data node 25 B.A.T.M.A.N

Gambar 6. Snapshot tampilan visual jalannya packet data node 25 B.A.T.M.A.N

4.3. Hasil Analisis

Hasil *delay* protokol *routing* AODV dan B.A.T.M.A.N berdasarkan skenario yang menyeluruh maka akan dibandingkan nilai *delay* kedua *routing*. Adapun hasil rekap dari nilai *delay* dari skenario sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil *delay* dengan variasi jumlah koneksi, node dan kecepatan

SKENARIO	AODV	BATMAN
udp 1 node 25 speed 20	0,00041287457750968	0,00022710645856790
udp 1 node 50 speed 20	0,00029654428000000	0,00020607783652381
udp 1 node 100 speed 20	0,00025477651100000	0,00001060778365238
udp 1 node 25 speed 50	0,00088777596822000	0,00073668816592593
udp 1 node 50 speed 50	0,00068796811129860	0,00057173237990000
udp 1 node 100 speed 50	0,00048968677000000	0,00041732379900000
udp 2 node 25 speed 20	0,00895020993650000	0,00631821252884620
udp 2 node 50 speed 20	0,00732126010100000	0,00527821964931250
udp 2 node 100 speed 20	0,00590330646725500	0,00474722465430000
udp 2 node 25 speed 50	0,00961037487166650	0,00919775763640410
udp 2 node 50 speed 50	0,00881762065000000	0,00863082461375000
udp 2 node 100 speed 50	0,00816783171000000	0,00714399879315000
udp 3 node 25 speed 20	0,03146690366666670	0,09079906284000000
udp 3 node 50 speed 20	0,02940662886666670	0,08789744543000000
udp 3 node 100 speed 20	0,02458664000000000	0,08027442148333330
udp 3 node 25 speed 50	0,03514108533333330	0,10175456956666700
udp 3 node 50 speed 50	0,03336923100000000	0,09037754300000000
udp 3 node 100 speed 50	0,02388169616666670	0,07872110000000000

Gambar 7. grafik hasil *delay* pada protokol *routing* AODV dan BATMAN

Berdasarkan hasil *delay* terlihat variasi data yang didapat antara protokol AODV dan BATMAN meningkat, dan terlihat jelas pada grafik.

Memperkuat analisis dari data hasil simulasi maka dilakukan analisis statistik dari data tersebut yaitu dengan analisis multivariat, untuk mengetahui efek scenario terhadap hasil *delay* pada protokol AODV dan BATMAN. Multivariat dengan 2 faktor dan *Partial Least Square*, dengan variant Y adalah seluruh hasil *delay* yang dipetakan perfaktor parameter skenario, yaitu jumlah koneksi, jumlah *node* dan kecepatan *node*.

Tabel 4. Hasil *delay* dengan variasi jumlah koneksi sebagai parameter utama

Threatment		AODV	BATMAN
UDP 1	node 25 speed 20	0,00041287457750968	0,00022710645856790
	node 50 speed 20	0,00029654428000000	0,00020607783652381
	node 100 speed 20	0,00025477651100000	0,00001060778365238
	node 25 speed 50	0,00088777596822000	0,00073668816592593
	node 50 speed 50	0,00068796811129860	0,00057173237990000
	node 100 speed 50	0,00048968677000000	0,00041732379900000
UDP 2	node 25 speed 20	0,00895020993650000	0,00631821252884620
	node 50 speed 20	0,00732126010100000	0,00527821964931250
	node 100 speed 20	0,00590330646725500	0,00474722465430000
	node 25 speed 50	0,00961037487166650	0,00919775763640410
	node 50 speed 50	0,00881762065000000	0,00863082461375000
	node 100 speed 50	0,00816783171000000	0,00714399879315000
UDP 3	node 25 speed 20	0,03146690366666670	0,09079906284000000
	node 50 speed 20	0,02940662886666670	0,08789744543000000
	node 100 speed 20	0,02458664000000000	0,08027442148333330
	node 25 speed 50	0,03514108533333330	0,10175456956666700
	node 50 speed 50	0,03336923100000000	0,09037754300000000
	node 100 speed 50	0,02388169616666670	0,07872110000000000

Tabel 5. Hasil *delay* dengan variasi jumlah node sebagai parameter utama

Threatment		AODV	BATMAN
node 25	udp 1 speed 20	0,00041287457750968	0,00022710645856790
	udp 1 speed 50	0,00088777596822000	0,00073668816592593
	udp 2 speed 20	0,00895020993650000	0,00631821252884620
	udp 2 speed 50	0,00961037487166650	0,00919775763640410
	udp 3 speed 20	0,03146690366666670	0,09079906284000000
	udp 3 speed 50	0,03514108533333330	0,10175456956666700
node 50	udp 1 speed 20	0,00029654428000000	0,00020607783652381
	udp 1 speed 50	0,00068796811129860	0,00057173237990000
	udp 2 speed 20	0,00732126010100000	0,00527821964931250
	udp 2 speed 50	0,00881762065000000	0,00863082461375000
	udp 3 speed 20	0,02940662886666670	0,08789744543000000
	udp 3 speed 50	0,03336923100000000	0,09037754300000000
node 100	udp 1 speed 20	0,00025477651100000	0,00001060778365238
	udp 1 speed 50	0,00048968677000000	0,00041732379900000
	udp 2 speed 20	0,00590330646725500	0,00474722465430000
	udp 2 speed 50	0,00816783171000000	0,00714399879315000
	udp 3 speed 20	0,02458664000000000	0,08027442148333330
	udp 3 speed 50	0,02388169616666670	0,07872110000000000

Tabel 6. Hasil *delay* dengan variasi jumlah speed *node* sebagai parameter utama

Threatment		AODV	BATMAN
Speed 20	udp 1 node 25	0,00041287457750968	0,00022710645856790
	udp 1 node 50	0,00029654428000000	0,00020607783652381
	udp 1 node 100	0,00025477651100000	0,00001060778365238
	udp 2 node 25	0,00895020993650000	0,00631821252884620
	udp 2 node 50	0,00732126010100000	0,00527821964931250
	udp 2 node 100	0,00590330646725500	0,00474722465430000
	udp 3 node 25	0,03146690366666670	0,09079906284000000
	udp 3 node 50	0,02940662886666670	0,08789744543000000
	udp 3 node 100	0,02458664000000000	0,08027442148333330
Speed 50	udp 1 node 25	0,00088777596822000	0,00073668816592593
	udp 1 node 50	0,00068796811129860	0,00057173237990000
	udp 1 node 100	0,00048968677000000	0,00041732379900000
	udp 2 node 25	0,00961037487166650	0,00919775763640410
	udp 2 node 50	0,00881762065000000	0,00863082461375000
	udp 2 node 100	0,00816783171000000	0,00714399879315000
	udp 3 node 25	0,03514108533333330	0,10175456956666700
	udp 3 node 50	0,03336923100000000	0,09037754300000000
	udp 3 node 100	0,02388169616666670	0,07872110000000000

Gambar 8. Pesebaran kuadran multivariat *delay* pada protokol *routing* AODV dan BATMAN

Berdasarkan mutivariat, dampak skenario terhadap *delay* bahwa sangat berpengaruh pada protokol *routing* BATMAN, dibandingkan pada AODV. Berdasarkan pesebaran data pada kuadran, beberapa data BATMAN menjauh. Data AODV pun ada yg menjauh meskipun tidak signifikan.

Untuk lebih detail masing-masing faktor utamanya di jelaskan pada gambar berikut :

Gambar 9. Pesebaran *delay* faktor skenario jumlah koneksi

Berdasarkan perbandingan data, pada faktor skenario jumlah koneksi, hasil *delay* protokol *routing* BATMAN dan AODV secara signifikan terpengaruh. Berdasarkan pesebaran data BATMAN dan AODV signifikan menjauh.

Gambar 10. Pesebaran *delay* faktor skenario jumlah *node*

Berdasarkan perbandingan data, pada faktor skenario jumlah koneksi, hasil *delay* protokol *routing* BATMAN dan AODV secara terpengaruh tetapi tidak signifikan. Berdasarkan pesebaran data BATMAN dan AODV menjauh pada jumlah *node* banyak.

Gambar 11. Pesebaran *delay* faktor skenario kecepatan *node*

Berbanding lurus dengan analisis masing-masing faktor skenario terhadap perubahan *delay* dengan analisis statistika two-way anova w/o replicant pos hoc tukey, hal ini untuk mendapatkan perubahan delay yang terjadi dari variasi skenario yang diterapkan.

Tabel 7. Hasil analisis lanjutan faktor skenario jumlah koneksi

AODV							
Q TEST							
group 1	group 2	mean	q-stat	lower	upper	p-value	Cohen d
UDP 1	UDP 2	0,007623496	7,766847183	0,003818	0,011429	0,00070154	3,170802
UDP 1	UDP 3	0,029137093	29,68498209	0,025332	0,032943	3,8838E-09	12,11884
UDP 2	UDP 3	0,021513597	21,91813491	0,017708	0,025319	6,975E-08	8,948041

BATMAN

Q TEST						alpha	0,05
<i>group 1</i>	<i>group 2</i>	<i>mean</i>	<i>q-stat</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>p-value</i>	<i>Cohen d</i>
UDP 1	UDP 2	0,00652445	3,539908055	-0,00062	0,01367	0,07367014	1,445161
UDP 1	UDP 3	0,087942434	47,71407859	0,080797	0,095088	2,3505E-11	19,47919
UDP 2	UDP 3	0,081417984	44,17417054	0,074272	0,088564	4,6388E-11	18,03403

Tabel 8. Hasil analisis lanjutan faktor skenario jumlah *node***AODV**

Q TEST						alpha	0,05
<i>group 1</i>	<i>group 2</i>	<i>mean</i>	<i>q-stat</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>p-value</i>	<i>Cohen d</i>
node 25	node 50	0,001094995	1,129066016	-0,002665	0,004855	0,712394098	0,460939271
node 25	node 100	0,003864214	3,984449543	0,0001042	0,0076242	0,044138046	1,626644714
node 50	node 100	0,002769219	2,855383527	-0,000991	0,0065292	0,157933698	1,165705443

Tabel 9. Hasil analisis lanjutan faktor skenario kecepatan *node***AODV**

Q TEST						alpha	0,05
<i>group 1</i>	<i>group 2</i>	<i>mean</i>	<i>q-stat</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>p-value</i>	<i>Cohen d</i>
speed 20	speed 50	0,001383792	3,6496252	0,000147	0,00262	0,032582113	1,21654

Hasil analisis statistika two-way anova w/o replicant pos hoc tukey, dengan memperhatikan nilai p-value dari masing-masing perubahan skenario. Maka faktor utama yang berpengaruh terhadap *delay* sebagai berikut penggunaan jumlah koneksi yang meningkat yaitu UDP 1, UDP 2 dan UDP 3, kemudian peningkatan jumlah node yaitu jumlah node 100, serta peningkatan kecepatan node yaitu kecepatan node 50 pada protokol *routing* AODV.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka diperoleh kesimpulan dari hasil pembahasan sebagai berikut:

- Bahwa faktor yang sangat berpengaruh terhadap *delay* pada protokol *routing* AODV dan BATMAN adalah jumlah koneksi yang dilakukan. Semakin banyak koneksi maka akan meningkatkan *delay* dan akan berpengaruh pada performa jaringan komputer. Hal ini dapat di lihat dari pesebaran data hasil multivariat.
- Faktor jumlah koneksi sangat berpengaruh pada protokol *routing* AODV dan BATMAN diperkirakan karena proses update jalur yang dilakukan oleh protokol *routing* AODV dan BATMAN. Update jalur dilakukan terus menerus, tetapi lebih berdampak pada protokol *routing* BATMAN karena proses update selalu dilakukan untuk mendapatkan jalur terbaik sebelum proses komunikasi data terjadi.
- Bahwa faktor lain yang berpengaruh terhadap *delay* adalah penambahan jumlah *node* diatas 50 node dan penambahan jumlah kecepatan *node* diatas 100 m/s pada protokol *routing* AODV.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Devi, A. S., Nugroho, K & Cahyadi, E. F., 2017. *Analisis Perbandingan Performasi Protocol Routing AODV Dan DSR Pada Mobile Ad-hoc Network (MANET)*. ISSN: 2579-9045 Seminar Nasional IPTEK Terapan (SENIT).

- [2] Jisha, G., Samuel, P., 2011. *Impact of Node Density on Node Connectivity in MANET Routing Protocols*. International Conference on Advances in Computing and Communications. Springer:Verlag Berlin Heidelberg.
- [3] Kulla, Elis dkk. 2013. *Evaluation of a MANET Testbed for Central Bridge and V-shape Bridge Scenarios Using B.A.T.M.A.N Routing Protocol*. IEEE 978-0-7695-5093-0/13 computer society: Eighth International Conference on Broadband, Wireless Computing, Communication and Applications.
- [4] Mali, Baldev Ram & N.C. Barwar. 2012. *Performance of MANET Routing Protocols considering Impact of Node Density under Different Traffic Patterns*. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) on Wireless Communication and Mobile Networks. Department of Computer Science and Engineering.
- [5] Purba, D. Ulina, Rakhmadhany & Primananda. 2018. *Analisis Kinerja Protocol Ad-hoc On-Demand Distance Vector (AODV) dan Fisheye State Routing (FSR) pada Mobile Ad-hoc Network*. e-ISSN:2548-964X vol. 2, No.7 Universitas Brawijaya.
- [6] Sharma, Aastikta, & Gopalan, N. R., 2013. *A Comparative Study of B.A.T.M.A.N. and OLSR Routing Protocols for MANETs*. ISSN 2278-3091 Vol.2, No. 5 International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering (IJATCSE).
- [7] Sidharta, Yonas dan Widjaja, W. 2013. *Perbandingan Unjuk Kerja Protocol ROuting Ad-hoc On-Demand Distance Vector (AODV) dan Dynamic Source Routing (DSR) Pada Jaringan MANET*. Vol. 6, No. 1 Hal 83-89 Jurnal Teknologi Universitas Sanata Dharma.