

Analisis Kinerja Protokol Routing Terdistribusi Dalam Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Internet Of Things (IoT)

Don Steven Patricks Dennis Flassy¹, Indrastanti Ratna Widiarsari²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas

Kristen Satya Wacana, Indonesia

E-mail: 672024701@student.uksw.edu¹, indrastanti.widiarsari@uksw.edu²

Abstract

A Mobile Ad-hoc Network (MANET) is a collection of arbitrarily moving wireless mobile nodes that are self-configurable, self-organized, and infrastructure-less. They can function even in rapidly changing topologies. Due to this highly dynamic environment, routing in MANETs is a difficult, yet very important task. Over the last decade, various routing protocols have been proposed for mobile ad-hoc networks and some of the most important among them are DSDV, AODV, DSR, and OLSR. This research journal provides an overview of the routing protocols and their comparative analysis based on similar environmental conditions. Researchers evaluated their performance based on Packet Delivery Ratio, Throughput and Average End-to-end Delay. Simulation results show that DSDV and OLSR perform best in networks where nodes are less mobile and densely populated. AODV is suitable for networks with a larger number of nodes. DSR performs well in networks with low mobility and lower traffic density.

Keywords: Wireless sensor network, MANET, Internet of things, AODV.

Abstrak

Jaringan Ad-hoc Seluler (MANET) menjadi kumpulan node seluler nirkabel yang bergerak dengan sewenang-wenang yang tanpa infrastruktur, terorganisir sendiri, dan dapat dikonfigurasi sendiri. Mereka dapat berfungsi bahkan dalam topologi yang berubah dengan cepat. Karena hal ini lingkungan yang sangat dinamis, perutean di MANET adalah tugas yang sulit, namun tugas yang sangat penting. Selama dekade terakhir, berbagai protokol routing telah diusulkan untuk jaringan ad-hoc seluler dan beberapa yang paling penting di antaranya adalah AODV, DSR, DSDV dan OLSR. Jurnal penelitian ini memberikan gambaran umum tentang protokol routing dan analisis komparatif mereka berdasarkan kondisi lingkungan yang serupa. Peneliti mengevaluasi performa mereka berdasarkan Rasio Pengiriman Paket, Throughput dan Penundaan ujung ke ujung rata-rata. Hasil simulasi menunjukkan bahwa OLSR dan DSDV berkinerja terbaik di jaringan di mana node berada kurang bergerak dan padat penduduk. AODV cocok untuk jaringan dengan jumlah node yang lebih banyak. DSR berkinerja baik di jaringan dengan tingkat mobilitas yang rendah dan kepadatan lalu lintas yang lebih rendah.

Kata kunci: Jaringan sensor nirkabel, MANET, Internet of things, AODV,

1. Pendahuluan

Perkembangan Internet of Things (IoT) telah mendorong perubahan besar dalam jaringan sensor nirkabel (Wireless Sensor Networks/WSN), yang memungkinkan komunikasi antar perangkat secara dinamis tanpa infrastruktur tetap. Penggunaan Wireless Sensor Networks (WSN) dalam IoT dapat meningkatkan efisiensi energi dengan memperhatikan jarak komunikasi, jumlah hop, dan energi residual node. itagi Dalam hal ini, Mobile Ad Hoc Network (MANET) berperan penting karena memungkinkan node-node berkomunikasi secara otonom meskipun topologi jaringan terus berubah. Tantangan

utama dalam jaringan ini adalah efisiensi *routing*, karena perubahan posisi *node* dapat memengaruhi jalur komunikasi secara langsung.[1]

Protokol *routing* terdistribusi seperti AODV, DSR, DSDV, dan OLSR berperan penting dalam menjaga efisiensi dan keandalan komunikasi di jaringan IoT. Masing-masing protokol memiliki pendekatan berbeda, seperti reaktif, proaktif, atau hibrida, yang memengaruhi cara pencarian dan pemeliharaan rute data. Setiap protokol *routing* yang digunakan dalam jaringan sensor nirkabel berbasis *Internet of Things* memiliki fitur, keunggulan, dan kelemahan tertentu.[2] Dalam pengembangannya, dibutuhkan analisis yang komprehensif terhadap performa masing-masing protokol dalam berbagai kondisi, seperti jumlah *node*, waktu jeda, dan mobilitas jaringan.[3]

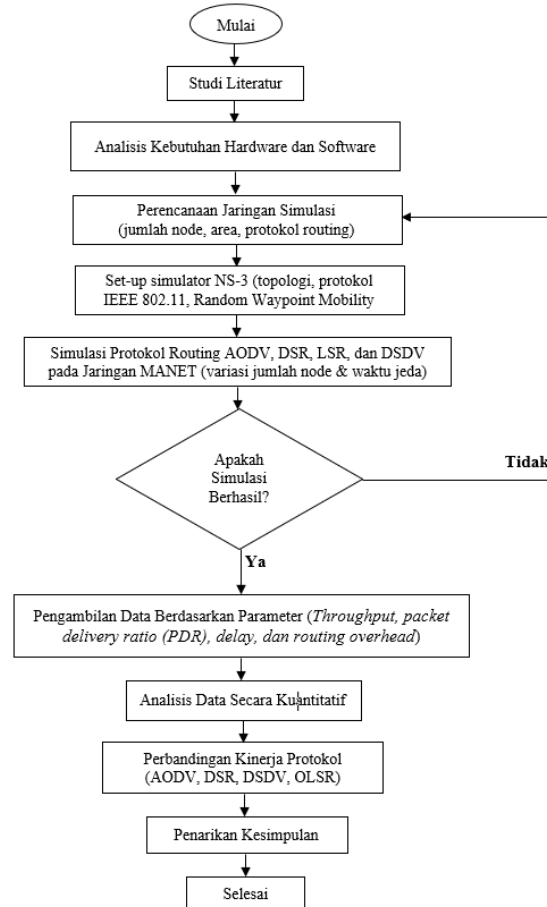
Analisis kinerja protokol *routing* terdistribusi sangat penting untuk jaringan sensor nirkabel berbasis *Internet of Things*. Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas performa protokol *routing* dalam jaringan MANET. Penelitian oleh Manda & Nalini (2018) meneliti performa AODV, DSR, dan OLSR namun fokus hanya pada skenario IoT tanpa memperhitungkan kondisi jaringan padat dan dinamis.[3] Sementara itu, Mohapatra dan Kanungo (2012) melakukan perbandingan kinerja AODV, DSR, OLSR, dan DSDV menggunakan simulator NS2, namun cakupan penelitiannya masih terbatas pada skenario MANET umum tanpa mengaitkannya secara spesifik dengan konteks jaringan IoT berbasis sensor.[4] Dengan demikian, masih terdapat keterbatasan pada penelitian terdahulu, seperti kurangnya analisis komprehensif yang melibatkan berbagai skenario variasi jumlah *node*, variasi mobilitas, serta analisis terhadap parameter kualitas layanan (QoS) utama: *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Throughput*, dan *End-to-End Delay* secara bersamaan dalam konteks IoT berbasis MANET. Penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan menganalisis performa AODV, DSR, DSDV, dan OLSR menggunakan simulator NS-3 dalam berbagai skenario, guna menentukan protokol *routing* yang paling optimal untuk jaringan IoT berbasis MANET. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan jaringan sensor nirkabel yang lebih efisien, stabil, dan adaptif terhadap perubahan lingkungan. Pemahaman mendalam terhadap cara kerja protokol *routing* juga akan membuka peluang baru dalam pengembangan teknologi IoT yang lebih handal untuk pemantauan dan pengendalian jarak jauh yang efisien.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Alur Penelitian

Penelitian dimulai dengan studi literatur untuk memahami konsep dasar MANET dan protokol *routing* seperti AODV, DSR, OLSR, dan DSDV. Informasi ini menjadi dasar untuk merancang simulasi. Selanjutnya, dilakukan analisis kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak untuk memastikan sistem dapat menjalankan simulasi dengan optimal, termasuk pemilihan perangkat komputer dan *software* simulator jaringan seperti NS3.

Setelah kebutuhan teknis terpenuhi, proses dilanjutkan dengan perancangan jaringan yang akan disimulasikan, mencakup jumlah *node*, pola pergerakan, dan parameter jaringan lainnya. Simulasi kemudian dijalankan menggunakan protokol AODV, DSR, OLSR, dan DSDV pada jaringan MANET yang telah dirancang. Jika simulasi mengalami kendala, dilakukan evaluasi dan revisi pada desain jaringan agar simulasi dapat berjalan dengan baik. Setelah simulasi berhasil, dilakukan pengambilan data berdasarkan parameter seperti *throughput*, *packet delivery ratio* (PDR), *delay*, dan *routing overhead*, yang kemudian dianalisis secara kuantitatif untuk membandingkan kinerja masing-masing protokol. Hasil analisis digunakan untuk menentukan protokol dengan performa paling optimal dalam kondisi jaringan tersebut. Seluruh rangkaian proses, hasil, dan temuan kemudian dirangkum dalam laporan akhir sebagai bentuk dokumentasi ilmiah dari penelitian ini.



Gambar 1. Alur Penelitian

2.2. Network Simulator-3 (NS-3) versi 3.25

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen berbasis simulasi untuk mengevaluasi performa protokol *routing* AODV, DSR, DSDV, dan OLSR dalam jaringan sensor nirkabel berbasis IoT menggunakan Simulator *Network Simulator* versi 3.25 (NS-3). *Network Simulator-3* (NS-3) digunakan karena mampu memodelkan perilaku protokol *routing* dan membandingkannya dengan protokol jaringan lain, karena kemampuannya dalam mensimulasikan berbagai skenario jaringan dengan akurasi tinggi.[5] Rancangan eksperimen melibatkan variasi jumlah *node* (20, 60, dan 100) serta waktu jeda (0 hingga 100 detik), dievaluasi berdasarkan *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Throughput*, dan *End-to-End Delay*.

Simulasi dilakukan pada area berukuran 1000x1000 meter persegi dengan model mobilitas *Random Waypoint*, dan menggunakan protokol komunikasi IEEE 802.11. Setiap skenario simulasi dijalankan selama 200 detik dengan tingkat transmisi 4 paket per detik dan ukuran paket sebesar 64 byte. Spesifikasi perangkat keras dan lunak yang digunakan adalah sebagai berikut:

Hardware yang dipergunakan dalam melaksanakan percobaan dalam studi ini ialah satu unit *laptop* yang berspesifikasi dibawah ini:

- Processor* : 4-core Intel Core i7 (7th Gen) 7700HQ@2.8GHz
- VGA* : NVIDIA GeForce GTX 1060
- RAM* : 16 GB RAM
- HDD Storage* : 1 TB

Software yang dipergunakan dalam melaksanakan uji coba dalam studi ini ialah:

- Sistem Operasi : Ubuntu-20.04.2.0-desktop-amd64

- b) *Simulation Tools* : Network Simulator 3.35, NetAnim
- c) *Virtual Machine* : Oracle VM VirtualBox 6.1.22
- d) *C/C++ compiler* : Gcc+4.8
- e) *Analysis Tool* : Microsoft Word

Seluruh data hasil simulasi dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif-komparatif untuk menginterpretasi perbedaan performa antar protokol dalam berbagai skenario jaringan. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan insight mendalam tentang keunggulan dan keterbatasan masing-masing protokol dalam implementasi nyata jaringan sensor nirkabel berbasis IoT.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Packet Delivery Ratio

PDR ialah keseluruhan paket yang sampai pada *node* sasaran berlainan pada jumlah keseluruhan paket yang ditransfer dari *node* sumber. PDR adalah bagian indikator pada QoS dengan tujuan mengukur ketercapaian sebuah protokol *routing*.

$$\text{Packet Delivery Ratio} = \frac{S_1}{S_2} \times 100\% \quad (1)$$

S1 ialah banyaknya data *packet* yang ditangkap oleh *destination node* dan S2 ialah banyaknya data *packet* yang dikirimkan oleh *source node*.

3.2. Throughput

Throughput merupakan rerata cepat yang didapatkan dari sebuah *node* untuk jangka masa observasi khusus. *Throughput* merepresentasikan situasi data *rate* pada sebuah jaringan. Makin meningkat angka *throughput* yang didapatkan, protokol *routing* juga akan beroperasi dengan lebih.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{jumlah paket yang dikirim}}{\text{jumlah paket yang diterima}} \times 100\% \quad (2)$$

3.3. Packet Loss

Pengukuran *Packet Loss* dilakukan dengan menentukan jumlah persen paket tidak ada dari total paket yang disalurkan diantara *node* sumber dan *node* tujuan. Paket hilang berlangsung pada saat satu maupun lebih dari satu paket data secara lewat begitu saja pada suatu jaringan sehingga mengalami kegagalan dalam mencapai tujuan.

$$\text{Packet Loss} = \frac{P_{loss}}{pt} \times 100\% \quad (3)$$

Di mana, P loss adalah total data *packet* yang hilang pada saat tahap mengirimkan data dari sumber ke tujuan. Pt adalah total data yang dikirimkan *source node*.

3.4. Delay

Delay adalah durasi yang digunakan untuk mengirimkan data. Faktor yang dapat memberikan pengaruh pada *delay* yakni waktu yang digunakan protokol untuk mencapai rute.

$$\text{Delay} = \frac{S}{N} \times 200 \text{ ms} \quad (4)$$

Di mana, S adalah jumlah waktu yang dipergunakan untuk pengiriman packet ke *destination*. Sedangkan N adalah angka dari *packet* yang diterima oleh semua *destination node*.

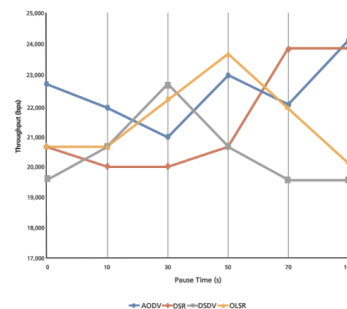
3.5. Quality Of Service (QoS)

QoS adalah cara atau prosedur layanan dapat mungkin berjalan berdasarkan ciri khusus pada setiap jaringan IP. Supaya dapat menciptakan jaringan yang berkualitas dan maksimal sehingga mencapai tujuan dengan benar dengan durasi yang dibutuhkan standar QoS. Parameter QoS yang dilakukan analisis merupakan PDR, *delay*, *throughput*, *packet loss*, RO (Route Overhead) serta TC (Topology Control) yang mana memakai NS-3.

Tabel 1. Parameter Simulasi

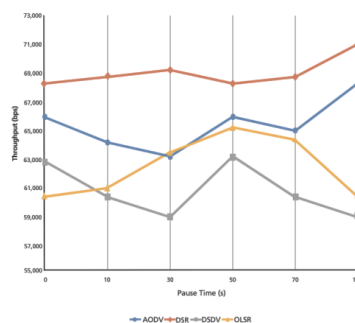
Parameter	Deskripsi
Program Simulasi	NS 3.25
Sistem Operasi	Ubuntu 4.04
Protokol Routing	AODV, DSR, OLSR, DSDV
Jumlah Node	20, 60, 100,
Tingkat Transmisi Paket	4 Paket per detik
Waktu Simulasi	200 detik
Ukuran Paket	64 byte
Area Simulasi	1000x1000
Model Mobilitas	Random Waypoint
Protokol MAC	IEEE 802.11
Waktu Jeda	0, 10, 30, 50, 70, 100 detik

Gambar 2 hingga 4 memberikan *throughput* dari protokol *routing* dengan jumlah sumber yang bervariasi. *Throughput* meningkat ketika ada konektivitas yang baik antar *node*. Penulis menemukan bahwa AODV memiliki kinerja keseluruhan yang terbaik. Hal ini selaras dengan temuan Mohapatra & Kanungo (2012), dalam simulasinya menunjukkan bahwa AODV unggul dalam skenario dengan jumlah *node* banyak dan mobilitas tinggi.[4] Performa dari DSR meningkat dengan bertambahnya waktu jeda, tetapi menurun ketika jumlah *node* lebih banyak. OLSR memiliki performa terbaik dengan adanya lalu lintas yang padat. *Throughput* dari DSDV menurun dengan bertambahnya jumlah *node*.



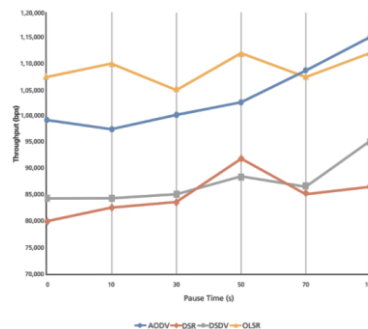
Gambar 2. Throughput (20 node)

Pada jumlah *node* rendah (20 node), AODV memiliki *throughput* tinggi karena jumlah jalur yang harus dibangun masih sedikit, sehingga *delay* rendah dan paket dapat dikirim dengan efisien. DSR juga menunjukkan *throughput* yang cukup tinggi karena *overhead routing* masih kecil dan jalur dapat ditemukan dengan mudah. Sementara itu, DSDV memiliki *throughput* yang cukup baik karena jumlah pembaruan tabel masih rendah dan *overhead routing* tidak terlalu besar. OLSR juga menunjukkan performa yang baik, meskipun *throughput*nya lebih rendah dibandingkan AODV akibat adanya *overhead routing* untuk memperbarui tabel secara berkala.



Gambar 3. Throughput (60 node)

Pada jumlah *node* menengah (60 *node*), AODV tetap menunjukkan *throughput* tinggi karena mampu beradaptasi dengan perubahan topologi, meskipun *overhead routing* meningkat. DSR mengalami penurunan *throughput* akibat tabel *cache* yang membesar dan jalur yang usang, menyebabkan retransmisi. DSDV juga menurun karena seringnya pembaruan tabel *routing* yang menambah beban kontrol jaringan. Sebaliknya, OLSR mencatat peningkatan *throughput* berkat mekanisme *Multi-Point Relay* (MPR) yang membuat propagasi rute lebih efisien. OLSR menjaga *throughput* stabil pada jaringan besar berkat mekanisme *Multi-point Relay* (MPR) yang mengurangi beban pembaruan rute.



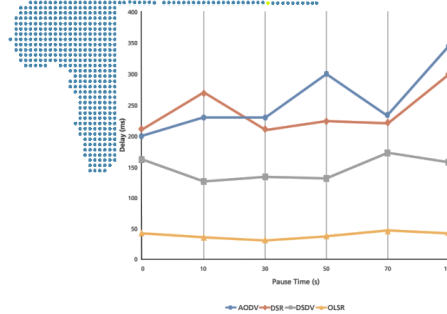
Gambar 4. Throughput (100 node)

Pada jumlah *node* tinggi (100 *node*), AODV mengalami penurunan *throughput* akibat banyaknya *route discovery*, namun masih lebih stabil dibanding protokol lain karena hanya membangun jalur saat diperlukan. DSR memiliki *throughput* lebih rendah karena *overhead* besar dari mekanisme *source routing* dan *cache* yang sering tidak valid akibat perubahan topologi. DSDV mencatat *throughput* terendah sebagaimana temuan Ramadhan dkk. (2018), DSDV menghadapi kendala *overhead routing* yang tinggi.[6] Sementara itu, OLSR tetap memiliki *throughput* yang tinggi dan lebih stabil dibandingkan DSDV karena penggunaan *Multi-Point Relay* (MPR) yang mengurangi *overhead routing*. Namun, OLSR tetap menurun dibanding AODV karena kontrol *overhead* yang cukup besar.

Tabel 2. Perbandingan Semua Protokol pada Throughput

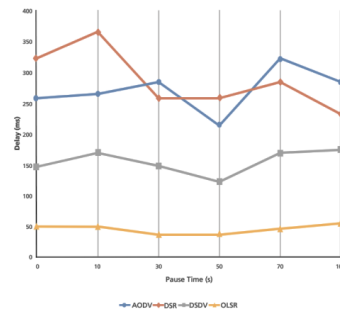
Protokol	Throughput pada node Tinggi	Throughput pada node Tinggi	Stabilitas pada Mobiltas Tinggi	Overhead Routing
AODV	Tinggi	Stabil tetapi menurun sedikit	Sangat baik	Sedang
DSR	Tinggi	Menurun drastis	Buruk	Rendah
DSDV	Sedang	Sangat rendah	Buruk	Tinggi
OLSR	Sedang	Stabil dan lebih tinggi dari DSDV	Baik	Sedang-Tinggi

Gambar 5 hingga 7 menunjukkan rata-rata penundaan ujung ke ujung. Penundaan yang lebih kecil menunjukkan kinerja yang lebih baik. Ditemukan bahwa lebih sedikit sehubungan dengan protokol *routing* proaktif, daripada reaktif karena akuisisi rute dilakukan sebelumnya. OLSR memiliki penundaan paling sedikit selama semua skenario, bahkan lebih sedikit dari dibandingkan dengan DSDV. AODV dan DSR memberikan penundaan yang sama dengan keseluruhan *node* yang lebih sedikit, tetapi ketika jumlah *node* meningkat AODV mengungguli DSR.



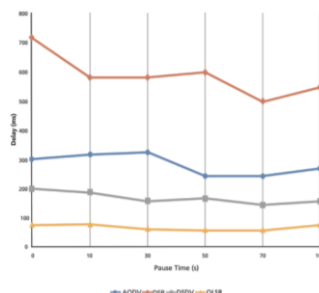
Gambar 5. Rata-rata End-to-end (20 node)

Pada jumlah *node* rendah (20 node), AODV memiliki *delay* yang relatif rendah karena jumlah permintaan pencarian jalur (*route discovery*) masih sedikit, sehingga paket dapat dikirim dengan efisien tanpa perlu sering mencari jalur baru. DSR juga menunjukkan *delay* yang rendah karena jalur dapat disimpan dalam *cache*, dan *overhead routing* masih kecil, memungkinkan paket dikirim dengan cepat tanpa banyak gangguan. Sementara itu, DSDV memiliki *delay* yang lebih tinggi dibandingkan AODV dan DSR karena merupakan protokol berbasis tabel (*table-driven*), di mana setiap *node* harus secara berkala memperbarui tabel routingsnya meskipun tidak ada perubahan topologi. OLSR menunjukkan *delay* paling rendah karena menggunakan mekanisme *proactive routing*, di mana informasi jalur sudah tersedia sebelum paket dikirim, sehingga waktu pencarian jalur dapat diminimalkan.



Gambar 6. Rata-rata End-to-end (60 node)

Pada jumlah *node* menengah (60 node), AODV mulai mengalami peningkatan *delay* karena lebih banyak pencarian jalur yang dilakukan, tetapi protokol ini tetap cukup adaptif terhadap perubahan topologi jaringan. DSR juga mengalami peningkatan *delay* akibat *cache* jalur yang tersimpan di setiap *node* bisa menjadi usang, sehingga menyebabkan retransmisi paket dan peningkatan waktu pencarian jalur baru. DSDV menunjukkan peningkatan *delay* yang lebih signifikan karena frekuensi pembaruan tabel *routing* semakin tinggi, mengakibatkan *overhead* yang besar dalam jaringan. Sementara itu, OLSR tetap memiliki *delay* yang rendah dan lebih stabil dibandingkan DSDV, karena penggunaan *Multi-Point Relay* (MPR) yang membantu mengurangi *overhead routing*.



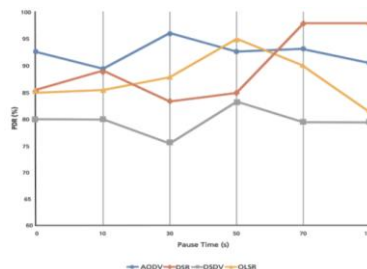
Gambar 7. Rata-rata End-to-end (100 node)

Pada jumlah *node* tinggi (100 *node*), AODV mengalami peningkatan *delay* akibat seringnya *route discovery*, namun tetap lebih stabil dibanding protokol reaktif lainnya. Hal ini sejalan dengan temuan Satiti dkk. (2015) yang menemukan bahwa AODV mampu mempertahankan *delay* yang lebih stabil dibandingkan DSDV bahkan saat trafik jaringan meningkat pada skenario *Wireless Sensor Network*. [7] DSR menunjukkan *delay* tinggi karena *overhead source routing* dan seringnya invalidasi jalur dalam *cache*. DSDV mencatat *delay* sangat tinggi karena pembaruan tabel *routing* untuk semua *node* menyebabkan konsumsi *bandwidth* besar dan latensi tinggi. OLSR tetap memiliki *delay* lebih rendah, meskipun *overhead routing* meningkat seiring bertambahnya informasi jalur yang diproses.

Tabel 3. Perbandingan Semua Protokol pada End-to-end Delay

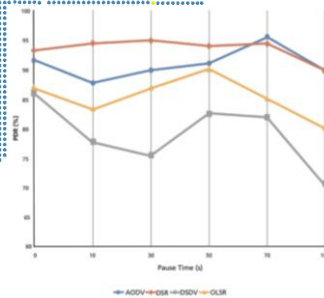
Protokol	End-to-End Delay pada Node Rendah	End-to-End Delay pada Node Tinggi	Stabilitas pada Mobiltas Tinggi	Overhead Routing
AODV	Rendah	Meningkat tetapi masih stabil	Sangat Baik	Sedang
DSR	Rendah	Meningkat drastis	Buruk	Rendah
DSDV	Sedang	Tinggi dan tidak stabil	Buruk	Tinggi
OLSR	Sedang	Stabil dan lebih rendah dari DSDV	Baik	Sedang-Tinggi

Gambar 8 hingga 10 memberikan PDR dari protokol *routing*. PDR secara langsung mengukur keandalan jaringan. PDR juga menyediakan kehilangan paket data dalam jaringan. DSR berkinerja baik ketika waktu jeda dan trafik tinggi. AODV dan OLSR memiliki PDR yang hampir sama selama percobaan. PDR dari DSDV ditemukan secara konsisten lebih rendah daripada protokol lainnya.



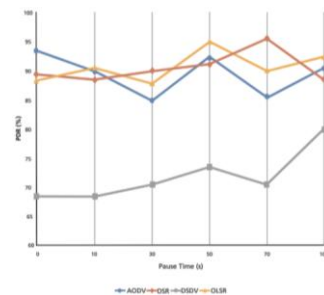
Gambar 8. Packet delivery ratio (20 node)

Pada jumlah *node* rendah (20 *node*), AODV memiliki PDR yang tinggi karena jumlah permintaan pencarian jalur masih sedikit, sehingga paket dapat dikirim dengan efisien tanpa banyak kehilangan. DSR juga menunjukkan PDR yang tinggi karena *overhead routing* yang rendah dan *cache* masih efisien dalam menyimpan jalur, memungkinkan paket dikirim tanpa banyak kehilangan. Sementara itu, DSDV memiliki PDR yang sedang, karena dalam jaringan kecil yang stabil, tabel *routing* masih dapat diperbarui dengan cukup baik. OLSR juga menunjukkan PDR yang sedang, karena protokol ini lebih optimal untuk jaringan dengan skala yang lebih besar dibandingkan jaringan kecil dengan sedikit *node*.



Gambar 9. Packet delivery ratio (60 node)

Pada jumlah *node* menengah (60 node), AODV mulai mengalami penurunan PDR karena lebih banyak pencarian jalur yang dilakukan, sehingga meningkatkan kemungkinan paket hilang. DSR juga mengalami penurunan PDR akibat *cache* jalur yang tersimpan di setiap *node* bisa menjadi usang, menyebabkan retransmisi paket dan meningkatnya kemungkinan kehilangan data. DSDV menunjukkan penurunan PDR yang lebih signifikan karena *overhead routing* yang meningkat dan sering terjadi keterlambatan dalam memperbarui tabel *routing*. Sementara itu, OLSR memiliki PDR yang lebih stabil dan lebih tinggi dibandingkan DSDV, karena mekanisme proaktifnya yang terus memperbarui jalur meskipun *overhead routing* mengalami peningkatan.



Gambar 10. Packet delivery ratio (100 node)

Pada jumlah *node* tinggi (100 node), AODV menunjukkan PDR stabil meskipun ada penurunan akibat seringnya *route discovery* dan peningkatan *delay*. Namun, dibandingkan dengan protokol lain, AODV masih menunjukkan performa yang lebih baik. DSR mengalami penurunan PDR yang drastis karena sering terjadi invalidasi jalur dalam *cache* akibat perubahan topologi yang cepat, sehingga banyak paket gagal dikirim dengan sukses. DSDV menunjukkan PDR yang sangat rendah karena tabel *routing* tidak dapat diperbarui dengan cepat, menyebabkan paket sering dikirim ke jalur yang sudah tidak valid. Sementara itu, OLSR tetap stabil dengan PDR lebih baik dibandingkan DSDV meskipun *overhead routing* tinggi, berkat mekanisme pemeliharaan jalur proaktif guna membantu menjaga ketersediaan jalur yang optimal untuk transmisi data.

Tabel 4 Perbandingan Semua Protokol pada PDR

Protokol	PDR pada Node Rendah	PDR pada Node Tinggi	Stabilitas pada Mobiltas Tinggi	Overhead Routing
AODV	Tinggi	Stabil tetapi menurun sedikit	Sangat baik	Sedang
DSR	Tinggi	Menurun drastis	Buruk	Rendah
DSDV	Sedang	Sangat rendah	Buruk	Tinggi
OLSR	Sedang	Stabil dan lebih tinggi dari DSDV	Baik	Sedang-Tinggi

4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa protokol *routing* terdistribusi (AODV, DSR, DSDV, dan OLSR) pada jaringan sensor nirkabel berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan simulator NS-3. Simulasi ini membuat penulis menyimpulkan bahwa OLSR dan DSDV paling cocok untuk jaringan dengan kepadatan tinggi dan latensi rendah, karena rata-rata penundaan ujung ke ujung secara signifikan lebih rendah daripada protokol lain dan *throughput* tidak menurun dengan bertambahnya jumlah *node*. AODV memiliki performa terbaik secara keseluruhan, dan cocok untuk jaringan dengan keseluruhan *node* yang lebih banyak. Sedangkan, DSR cocok untuk jaringan dengan tingkat mobilitas yang rendah dan kepadatan lalu lintas yang lebih rendah.

Daftar Pustaka

- [1] S. Kumar and S. Kumar, "Study of MANET: Characteristics, Challenges, Applications, Routing Protocol and Security Attacks (1).pdf," 2015.
- [2] N. Imran, S. Riaz, A. Shaheen, M. Sharif, and M. Raza, "Comparative Analysis of Link State and Distance Vector Routing Protocols for Mobile Adhoc Networks.," *Sci. Int.*, vol. 26, no. 2, pp. 669–674, 2014.
- [3] S. Manda and N. Nalini, "Performance analysis of routing protocols for IoT," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1952, no. March, 2018, doi: 10.1063/1.5032066.
- [4] S. Mohapatra and P. Kanungo, "Performance analysis of AODV, DSR, OLSR and DSDV routing protocols using NS2 simulator," *Procedia Eng.*, vol. 30, no. 2011, pp. 69–76, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.01.835.
- [5] M. Itagi, D. Gowda V, K. D. V. Prasad, P. S. V. V. S. R. Kumar, R. Shekhar, and B. Ashreetha, "Performance Analysis of Energy Efficiency and Security Solutions of Internet of Things Protocols," *Int. J. Electr. Electron. Res.*, vol. 11, no. 2, pp. 442–450, 2023, doi: 10.37391/IJEER.110226.
- [6] S. F. Ramadhan, M. S. Iqbal, and A. S. Rachman, "Performance of Routing Protocol DSDV, DSR and AODV on Mobile Ad hoc Network with NS-2," *Dielektrika*, vol. 5, no. 2, pp. 133–141, 2018.
- [7] J. Satiti, I. D. Irawati, and L. V. Yovita, "Analisis Perbandingan Performansi Protokol Routing Aodv Dan Dsdv Pada Wireless Sensor Network," *eProceedings Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 2321–2328, 2015, [Online]. Available: file:///C:/Users/BANU/Zotero/storage/KV9VJPQ2/585.html