

Efisiensi Energi Pada Kinerja Protocol Routing DSDV Berbasis Collision di Wireless Sensor Network

R.A. Fattah Adriansyah ^{*1}, Ade Sarah Huzaifah ², Ainul Hizriadi ³, Fanindia Purnamasari⁴

¹ Universitas Mikroskil; fattah.adriansyah@mikroskil.ac.id

² Universitas Sumatera Utara; adesarah@usu.ac.id

³ Universitas Sumatera Utara; ainul.hizriadi@usu.ac.id

⁴ Universitas Sumatera Utara; fanindia@usu.ac.id

Abstrak: Wireless Sensor Network (WSN) memiliki kekurangan disamping kelebihan yang dapat digunakan di lingkungan *extreme*. Salah satu kekurangan yang menjadi faktor penting pada WSN adalah energi yang terbatas, karena kehabisan daya pada node-node di WSN sebelum menyelesaikan tugasnya akan menjadi masalah. Pada penelitian ini kami mencoba untuk memperpanjang masa pakai WSN yang menggunakan *protocol* routing DSDV dengan memanfaatkan kejadian yang sangat sulit dihindari pada sistem WSN dengan jumlah node yang banyak, yaitu tabrakan data (*collision*). Pada kondisi WSN yang menggunakan topologi grid dengan jumlah node 12, 30, dan 70 akan diterapkan *protocol* routing DSDV yang akan dibandingkan dengan *protocol* routing DSDV berbasis *collision* pada kondisi WSN yang sama. Dari beberapa percobaan dengan variasi jumlah node didapatkan hasil jaringan WSN yang menggunakan *protocol* routing DSDV berbasis *collision* lebih baik dalam hal pengiriman *packet* mencapai 92 *packet* dan efisiensi energi mencapai 10 millijoule.

Keywords: DSDV; energi; node; routing; topologi; WSN

DOI: <https://doi.org/10.47134/jacis.v5i2.144>

*Correspondensi: R.A. Fattah Adriansyah

Email: fattah.adriansyah@mikroskil.ac.id

Receive: 22 November 2025

Accepted: 26 November 2025

Published: 28 November 2025



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstrak: Wireless Sensor Networks (WSNs) have disadvantages as well as advantages that can be used in extreme environments. One of the disadvantages that is an important factor in WSNs is limited energy, because running out of power in WSN nodes before completing their tasks will become a problem. In this study, we attempted to extend the lifetime of WSNs using the DSDV routing protocol by utilizing an event that is very difficult to avoid in WSN systems with a large number of nodes, namely data *collisions*. In WSNs using a grid topology with 12, 30, and 70 nodes, the DSDV routing protocol will be applied and compared with the *collision*-based DSDV routing protocol in the same WSN conditions. From several experiments with varying numbers of nodes, it was found that WSN networks using *collision*-based DSDV routing protocols performed better in terms of packet delivery, reaching 92 packets, and energy efficiency, reaching 10 millijoules.

Keywords: WSN, Nodes, Energy, Routing, Topology

PENDAHULUAN

Wireless Sensor Network (WSN) merupakan jaringan terdistribusi yang terdiri dari node sensor kecil dengan kemampuan *sensing*, komputasi, dan komunikasi nirkabel. Node pada

WSN berfungsi merasakan adanya perubahan pada lingkungan dan mengkomunikasikannya ke node lain untuk diteruskan ke node tujuan. Node pada WSN sangat *portable* dan dapat di gunakan pada lingkungan ekstrim, Namun, keterbatasan sumber daya energi pada node menjadi tantangan utama dalam desain dan implementasi WSN. Beberapa fungsi komponen-komponen pada node sensor adalah sebagai *Sensing Module*, *Radio Transceiver* (Pengirim/Penerima data), *Storage Capacity*, *Processor* dan *Power Supply* (Sumber energi) [1].

WSN adalah jaringan sensor yang saling terhubung dan mengirim data satu sama lain melalui sinyal radio [2]. Perancangan WSN menghadapi berbagai tantangan yang menuntut perhatian terhadap sejumlah aspek penting, seperti: penempatan node dalam jaringan, efisiensi konsumsi daya karena keterbatasan baterai, keberagaman fungsi antar node (*heterogenitas*), pengaruh topologi terhadap penggunaan energi, kemampuan jaringan untuk berkembang dan menyelaraskan node baru (*skalabilitas*), jenis media transmisi yang digunakan, toleransi terhadap kerusakan node akibat kondisi ekstrem, serta efisiensi biaya yang lebih rendah dibandingkan jaringan kabel [3]. WSN memiliki fleksibilitas yang lebih tinggi dibandingkan jaringan kabel, namun keterbatasan energi pada node dapat menyebabkan perubahan jalur komunikasi [4]. Sampai saat ini keterbatasan sumber daya energi pada node di WSN masih menjadi masalah penting sehingga sangat dibutuhkan cara untuk mengurangi penggunaan energi di WSN. Dalam proses komunikasinya, WSN membutuhkan energi untuk meneruskan beberapa *packet* data. Efisiensi energi merupakan hal yang menarik untuk dianalisa lebih lanjut pada WSN. Tentunya, dengan mengurangi *cost proses routing* dapat menghemat energi pada WSN [5].

Proses yang paling banyak mengkonsumsi energi adalah *wireless communication* [6] sehingga dibutuhkan cara untuk memaksimalkan routing (*fungsi perutean*) dan meminimalkan terjadinya komunikasi yang tidak penting pada node di WSN. Adapun *protocol routing* yang sering digunakan, yaitu AODV dan DSDV. Dalam hal konsumsi energi dan masa pakai *protocol* DSDV lebih baik daripada *protocol* AODV [7] dan beberapa *protocol routing* lain dapat digunakan pada WSN, yaitu LAR, FSR, ZRP, dan DSR. Di skenario tcp dan udp *protocol routing* DSDV dan LAR lebih unggul dalam hal *throughput*, pengiriman *packet*, *routing overhead*, *end-to-end delay* [8]. Selanjutnya pada penelitian [9] mengevaluasi kinerja *protocol routing reactive* seperti AODV dan DSR serta *protocol routing proactive* seperti DSDV dengan menggunakan simulator NS-2 didapatkan hasil *protocol routing proactive* lebih baik dari pada *reactive*. *Destination Sequenced Distance Vector* (DSDV) merupakan *protocol routing proaktif* yang menggunakan tabel *routing* seperti *distance vector* tetapi setiap entri di tabel *routing* ditandai dengan *sequencial number*, dan setiap node menginformasikan tabel *routing*nya ke tetangganya masing- masing yang terkoneksi secara langsung. Informasi dikirimkan secara berkala.

Pada *wireless communication* ada beberapa transmisi data yang banyak mengkonsumsi energi yaitu: (1) *Idle listening*: Node beroperasi ketika tidak terpakai. Hal ini dapat menyebabkan *overhearing*, dimana node mengolah / menerima data yang bukan untuknya; (2) *Collision* (tabrakan data): Dimana dua node atau lebih yang berdekatan mengirim data ke node penerima yang sama disaat yang hampir bersamaan; (3) *Protocol overhead*: Lapisan Media Access Control (MAC) membutuhkan transmisi *packet* kontrol untuk mengontrol komunikasi nirkabel. *Packet* ini juga perlu diminimalisasikan ukurannya untuk menghemat energi. Saat merancang WSN dapat memanfaatkan penjadwalan aktif-*sleep* pada node sensor untuk

menghindari terjadinya hal diatas dan komunikasi yang tidak dibutuhkan. Dari sisi konsumsi energi penjadwalan pada WSN dengan *protocol* SMAC lebih baik daripada CSMA/CA [10] dan TMAC [11]. Penelitian [12] memperkenalkan mekanisme *handshake* baru dengan nama *Compressed Handshake Media Access Control* (CH-MAC) untuk mengurangi delay dan konsumsi energi pada WSN, dimana node sensor bergantian aktif dan *sleep* guna untuk menghemat energi. Pada simulasi yang dilakukan didapatkan *latency* yang lebih rendah dan efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan SMAC. Pada penelitian [13] *Protocol* lapisan MAC merupakan bagian terpenting dalam desain hemat energi pada jaringan sensor bawah air, terutama di lingkungan yang rentan terjadi *collision*. Oleh karena itu, dibutuhkan strategi untuk memaksimalkan efisiensi *routing* dan meminimalkan komunikasi yang tidak penting antar node. Ada juga beberapa penelitian tentang mekanisme penjadwalan yang bertujuan mengurangi konsumsi energi pada WSN seperti dalam tulisan [14] dengan judul *Analysis and Improvement of DSDV Protocol* mengusulkan perbaikan pada *protocol* routing DSDV untuk memungkinkan mode *sleep* mengambil bagian dalam komunikasi jaringan *ad-hoc* untuk mengurangi konsumsi energi dan *packet storming* yang tidak perlu ketika tidak ada komunikasi data yang terjadi, sehingga menghemat energi pada node. Hal ini disimulasikan menggunakan simulator ns-2.

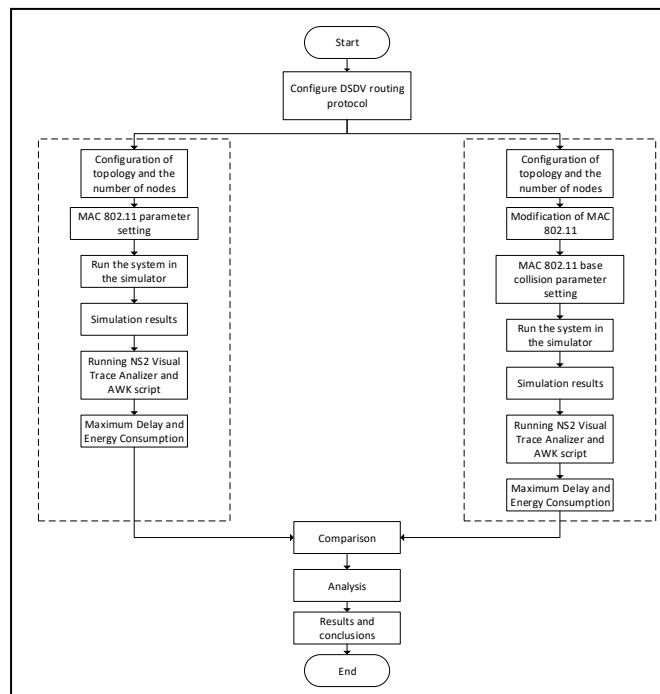
Pada penelitian [15] mengusulkan konsep *smart awake*, penjadwalan yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan AS-MAC dalam hal *delay*, rasio *packet delivery*, dan efisiensi energi. Dari simulasi yang dikerjakan menunjukkan hasil konsep *smart awake* (AS2-MAC) dapat mengurangi konsumsi energi pada jaringan WSN. Dengan menggunakan *protocol routing* yang baik serta mengkombinasikannya dengan penjadwalan node yang membentuk WSN dapat menghemat energi. Jaringan WSN yang menggunakan *protocol routing* ACO dengan MAC 802.11 berbasis *collision* memiliki efisiensi energi yang lebih baik dikarenakan pada saat terjadinya *collision*, node menjadi *off* untuk menghemat energi [16]. Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk mengatasi permasalahan ini, salah satunya adalah dengan memanfaatkan kejadian *collision* sebagai pemicu *trigger* untuk mengaktifkan mode *sleep* pada node. Penelitian [17] mengusulkan *protocol* MDA-SMAC yang mengintegrasikan penjadwalan mikro untuk mengurangi *probabilitas collision* dan konsumsi energi melalui kanal kontensi yang tersebar.

Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya berfokus pada penghindaran *collision* atau penjadwalan tidur berbasis waktu, tanpa mengeksplorasi potensi *collision* sebagai sinyal adaptif untuk penghematan energi dalam konteks *protocol* DSDV. Belum banyak studi yang secara eksplisit mengintegrasikan mekanisme *collision-triggered sleep* ke dalam *protocol routing* DSDV dan mengevaluasi dampaknya terhadap efisiensi energi dan *packet delivery ratio* dalam topologi grid dengan variasi jumlah node.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi pendekatan *routing* DSDV berbasis *collision* sebagai pemicu mode *sleep* pada node WSN. Dengan memanfaatkan kejadian *collision* sebagai sinyal untuk mengaktifkan mode hemat energi dan merutekan ulang *packet* melalui jalur alternatif, diharapkan dapat dicapai peningkatan efisiensi energi dan kinerja pengiriman *packet* pada jaringan WSN.

METODE

Pada penelitian ini menggunakan *network* simulator NS2.35, dimana alur kerjanya dapat dilihat pada gambar 1. Pertama *protocol* routing DSDV diseting dengan menggunakan tiga kondisi, yaitu 12, 30, 70 node pada topologi grid.



Gambar 1. Alur kerja penelitian

Disini *protocol* MAC 802.11 digunakan dan dibandingkan dengan *protocol* MAC 802.11 berbasis *collision* pada tiga kondisi diatas dan *file trace* hasil simulasi akan difilter menggunakan *awk script* serta NS2 visual trace analyzer untuk mendapatkan hasil efisiensi energi dan *Packet Delivery*. Hasil yang didapat ini akan di analisa untuk mendapatkan kesimpulan.

Routing di WSN (Wireless Sensor Network)

Routing berfungsi untuk merutekan pengiriman dari node pengirim menuju ke node penerima, pada *dynamic route* dapat beradaptasi bila ada perubahan topologi baik yang disebabkan node aktif-*sleep* ataupun node mati karena kehabisan energi pada kondisi ada node lain sebagai rute untuk menuju node tujuan. Cara *protocol routing* dalam membuat dan memelihara rute dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu *protocol* proaktif yang menetapkan rute berdasarkan pertukaran informasi tabel routing secara periodik dan *protocol* reaktif yang mencari rute berdasarkan permintaan, biasanya saat terjadi perubahan dalam jaringan.

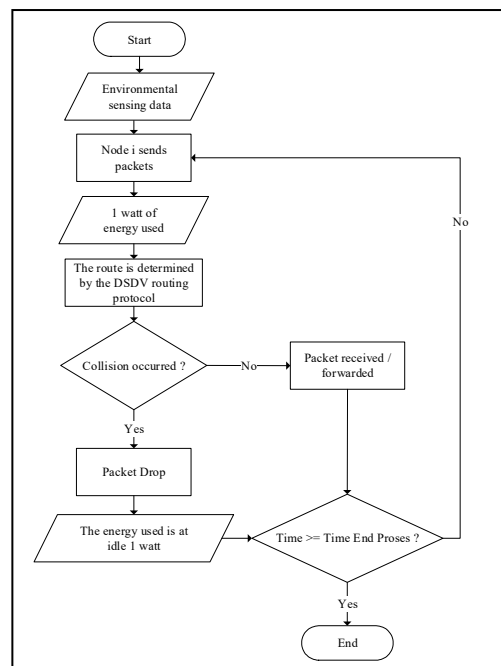
Protocol Routing DSDV (Destination Sequenced Distance Vector)

DSDV adalah *protocol routing* yang didasari oleh algoritma *Bellman-Ford* untuk menjaga tabel routing tetap *update*, informasi tentang *routing* dikirimkan berkala ke tetangga yang terkoneksi langsung secara *broadcast* ataupun *multicast*. *Entri tabel routing* di DSDV ditandai dengan *sequence number* untuk membedakan antara rute baru dan rute lama, jika sebuah node kehilangan rute ke hop node berikutnya maka node akan menambah *sequence number* dan membroadcast untuk rute ke *hop node* yang baru dengan *sequence number* baru. Dalam

DSDV ada dua metode untuk mengupdate informasi tabel *routing*, yaitu *full dump* dimana berisi semua informasi *routing* yang tersedia, dan *Incremental carry* hanya berisi informasi *routing* yang berubah setelah update informasi *routing* full dump terakhir.

Protocol MAC (*Media Access Control*) di WSN

Fungsi *protocol* MAC di WSN adalah untuk membawa informasi dari sensor node seefisien mungkin dengan sumber daya yang tersedia. Karena salah satu kekurangan WSN adalah sumber daya energi yang dimiliki nodenya terbatas, sehingga sangat dibutuhkan mode sleep pada node di saat tertentu untuk menghemat konsumsi energi. Karena radio digunakan untuk komunikasi dan lalu lintas jaringan yang membuat setiap kali radio beroperasi baik mengirim ataupun menerima maka energi akan dikonsumsi, *protocol* yang bertanggung jawab pada penggunaan radio adalah *protocol* MAC. Hal ini perlu diperhitungkan/diperhatikan dalam merancang *protocol* MAC yang efisien untuk WSN. Dasar metode akses pada *protocol* MAC 802.11 adalah DCF (*Distributed Coordination Function*). Algoritma CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) digunakan pada DCF [18]. Dalam proses transmisi pada WSN, pertama-tama proses *back-off* dikerjakan dan saluran akan dilihat dulu apakah ada yang melakukan pengiriman *packet*, bila ada yang melakukan pengiriman *packet* atau jalur sedang sibuk maka transmisi ditunda sampai jalur tidak sibuk sambil mengulangi proses *back-off* sampai interval waktu selesai dan jalur tidak sibuk maka pengiriman *packet* akan dilakukan. Dalam proses transmisi ada beberapa hal yang menyebabkan kegagalan proses transmisi, salah satunya yang sangat sering terjadi adalah *collision* dimana ada dua atau lebih transmisi terjadi di waktu yang sama sehingga terjadi tabrakan data [19]. Pada penelitian ini akan dibandingkan WSN yang menggunakan *protocol routing* DSDV dengan MAC 802.11 dengan WSN yang menggunakan *protocol routing* DSDV dengan MAC 802.11 berbasis *collision* untuk melihat perbedaan konsumsi energinya, Cara kerja WSN yang menggunakan *protocol routing* DSDV dengan MAC 802.11 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. WSN yang menggunakan *protocol routing* DSDV dengan MAC 802.11

Pada *protocol* 802.11 berbasis *collision* memanfaatkan kejadian *collision* untuk menghemat energi dan memanfaatkan jalur lain yang jarang terpakai sehingga penggunaan energi pada node – node yang membentuk WSN lebih merata dan efisiensi energi pada jaringan WSN lebih baik. Beberapa penelitian di WSN untuk mengurangi konsumsi energi yang disebabkan oleh *collision* dengan cara menghindari *collison*. Pada penelitian ini dengan menggunakan *protocol routing* DSDV di WSN dimana tiap node terus menerus melakukan transmisi sehingga akan banyak terjadi *collision*, *protocol* MAC 802.11 berbasis *collision* akan digunakan untuk memanfaatkan *collision* yang terjadi sebagai trigger untuk membuat kondisi *node sleep* dan jalur lain akan digunakan dengan memanfaatkan kemampuan *protocol routing* DSDV untuk merutekan jalur mana yang akan digunakan selanjutnya, dengan tujuan untuk mengurangi konsumsi energi di WSN. Diamana, *packet drop* pada penelitian ini sebagian besar terjadi karena *collision*, semakin banyak jumlah *packet drop* menandakan semakin buruk kinerja jaringan, selain itu kinerja jaringan juga ditentukan dari *packet received* atau *packet delivery*, semakin banyak jumlah *packet delivery* menandakan kinerja jaringan semakin baik. Pada bagian energi, nilai konsumsi energi di dapatkan dari pengurangan antara energi awal dan energi akhir. Semakin rendah konsumsi energi menandakan efisiensi energi yang semakin tinggi atau semakin baik. konsumsi energi juga digunakan untuk mendapatkan total energi yang digunakan di WSN dan total energi dibagikan dengan jumlah node(N) digunakan untuk mendapatkan nilai *average* energi.

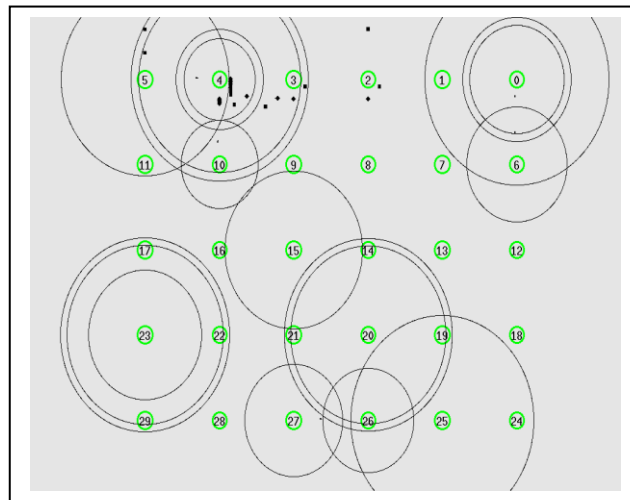
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini simulasi yang digunakan adalah Network Simulator 2 (NS2). Dimana model simulasi digunakan untuk mendapatkan hasil konsumsi energi pada tiap node, rata-rata dan total konsumsi energi pada WSN serta *Packet Delivery* nya. Lingkungan WSN disimulasikan menggunakan topologi *grid* dengan beberapa jumlah node dari sedikit, sedang, sampai banyak dan Waktu simulasi dalam 40 detik guna menjaga efisiensi komputasi dimana pada tiap percobaan setiap node yang ada di WSN mengirimkan *packet* secara terus menerus ke tujuannya (*sink node*). Parameter yang digunakan pada simulasi ini terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter Simulasi

Parameter	Nilai
Versi simulator	NS 2.35
<i>Protocol Routing</i>	DSDV
Tipe <i>Packet</i>	Udp
Tipe Trafik	Cbr
Area	200m x 200m
Waktu Simulasi	40 (Seconds)
Tipe Antena	Antena Omni
Model Energi	Energi
Energi Awal	70 joules
Tipe Interface	Wireless
Ukuran <i>Packet</i>	512 byte

Topologi grid yang digunakan pada simulasi memiliki kondisi dimana node tetangga yang terkoneksi secara langsung paling sedikit dengan 2 node tetangga dan paling banyak dengan 4 node. Seperti terlihat pada gambar 3.

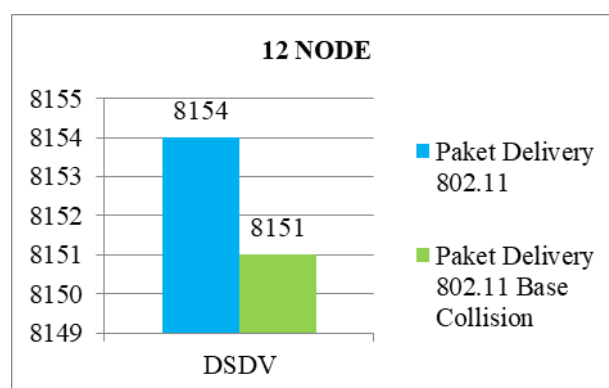


Gambar 3. Topologi grid

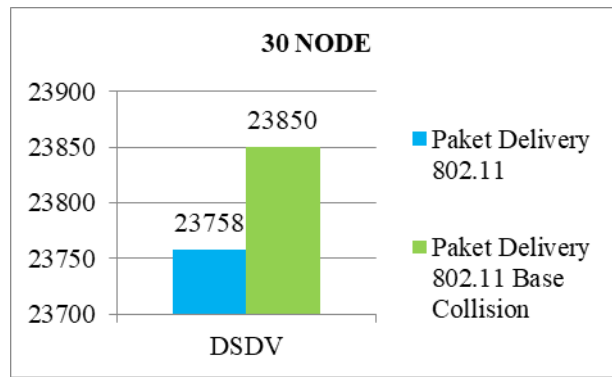
Terlihat pada gambar 3 semakin jauh node pengirim dari sink node, maka akan semakin banyak node perantara atau node yang bertindak sebagai *router* berperan untuk meneruskan data yang dikirim ke tujuan (*sink node*) dan semakin banyak pilihan rute menuju *sink node*. Hal ini akan berpengaruh pada penggunaan energi di jaringan WSN.

Packet Delivery

Packet Delivery menunjukkan bahwa suatu jaringan akan semakin baik dengan semakin besar nilai *packet delivery* nya. Pada WSN yang jumlah nodenya 12 (Gambar 4), 30 (Gambar 5), dan 70 (Gambar 6) menggunakan *protocol routing* DSDV dengan MAC 802.11 dan MAC 802.11 berbasis *collision* hasil simulasi untuk *packet delivery* nya ditunjukkan pada Gambar 4-6.

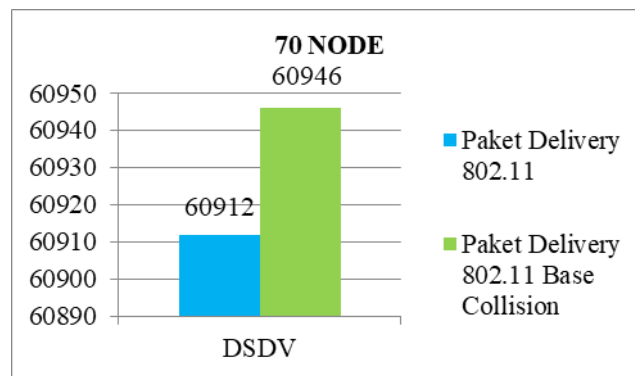


Gambar 4. Packet Delivery 12 node



Gambar 5. Packet Delivery 30 node

Pada gambar 4, gambar 5, dan gambar 6 terlihat di hampir semua percobaan nilai Packet Delivery pada jaringan WSN menggunakan *protocol* routing DSDV dengan MAC 802.11 berbasis *collision* lebih baik dari pada dengan MAC 802.11.



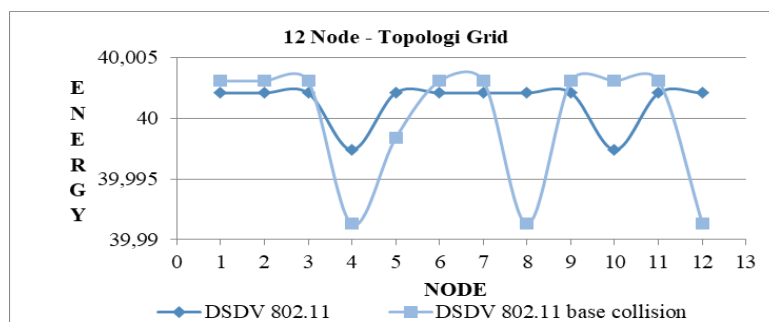
Gambar 6. Packet Delivery 70 node

Energi

Keterbatasan sumber daya pada WSN, khususnya energi masih menjadi salah satu hal yang sangat penting untuk teliti guna menekan nilai konsumsi energi semakin rendah dan dapat memperpanjang masa pakai WSN. Dari hasil simulasi akan dilihat energi tiap node, rata-rata, dan total penggunaan energi di jaringan WSN dengan jumlah node 12, 30, dan 70 pada topologi grid.

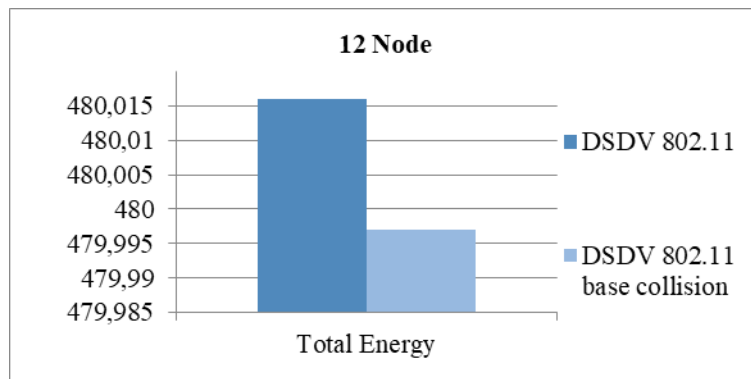
Konsumsi energi WSN dengan 12 node

Konsumsi energi jaringan WSN 12 node grid menggunakan *protocol* routing DSDV dengan MAC 802.11 dan MAC 802.11 berbasis *collision*. Hasil simulasi untuk konsumsi energi setiap node terlihat di gambar 7.



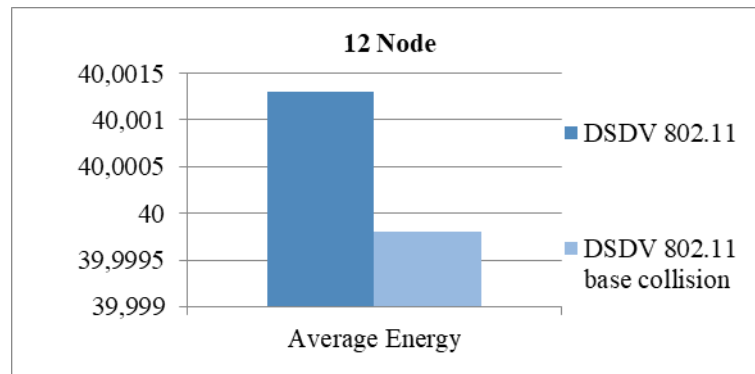
Gambar 7. Konsumsi energi tiap node di WSN dengan 12 node

Beberapa node di WSN dengan *protocol* routing DSDV yang menggunakan MAC 802.11 *base collision* sangat rendah dalam konsumsi energinya, hal ini terjadi karena *collision* terjadi pada node tersebut sehingga node tersebut *sleep* sementara waktu dan menghemet energinya.



Gambar 8. Total energi di WSN dengan 12 node

Selanjutnya pada gambar 8 dan 9 adalah total dan *Average* konsumsi energi pada WSN dengan 12 node.

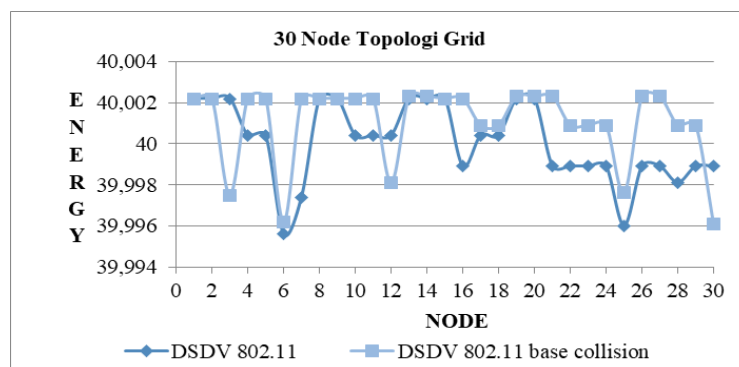


Gambar 9. Average energi di WSN dengan 12 node

Dari sisi total energi dan *Average* energi di WSN dapat dilihat konsumsi energi di WSN dengan *protocol* routing DSDV yang menggunakan MAC 802.11 berbasis *collision* lebih baik.

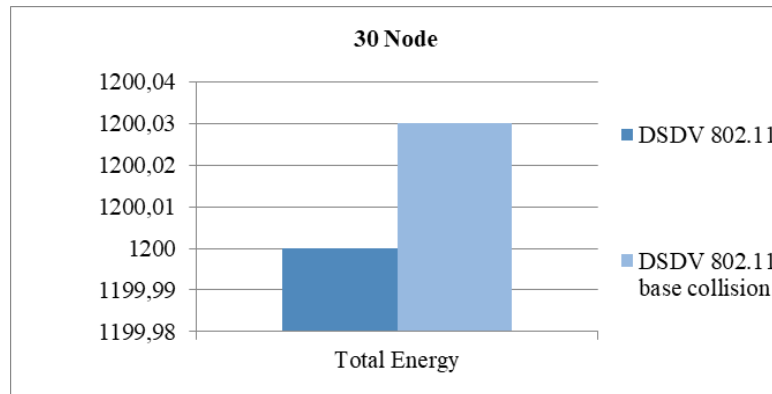
Konsumsi energi WSN dengan 30 node

Pada penelitian ini konsumsi energi jaringan WSN 30 node grid menggunakan *protocol* routing DSDV dengan MAC 802.11 dan MAC 802.11 berbasis *collision*. Hasil simulasi untuk konsumsi energi setiap node terlihat di gambar 10 berikut ini.



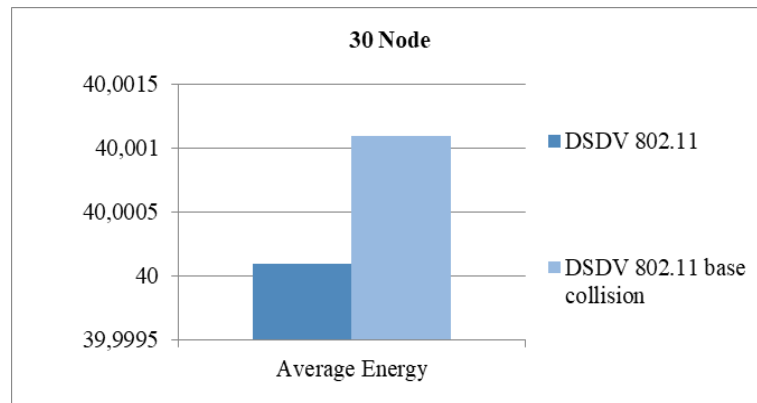
Gambar 10. Konsumsi energi tiap node di WSN dengan 30 node

Selanjutnya pada gambar 11 dan 12 adalah lihat total dan Average konsumsi energi pada WSN dengan 30 node.



Gambar 11. Total energi di WSN dengan 30 node

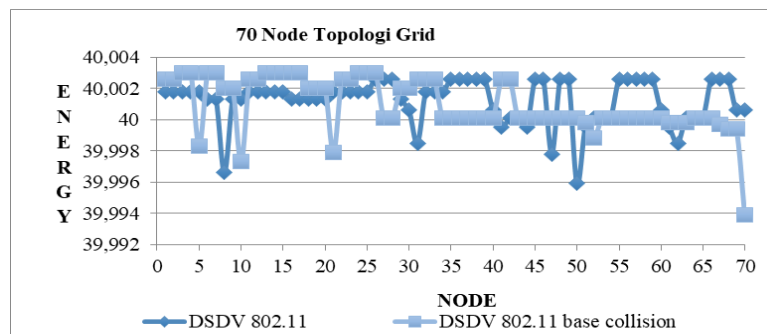
Pada kondisi WSN dengan 30 node menggunakan *protocol* routing DSDV dengan MAC 802.11 lebih baik dari sisi konsumsinya.



Gambar 12. Average energi di WSN dengan 30 node

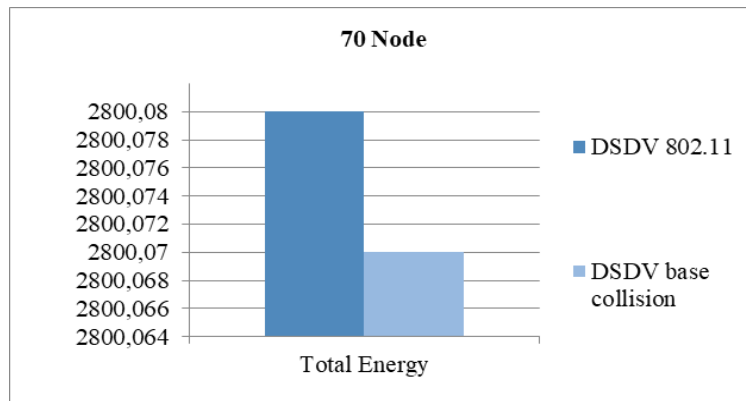
Konsumsi energi WSN dengan 70 node

Hasil simulasi konsumsi energi setiap node jaringan WSN 70 node grid menggunakan *protocol* routing DSDV dengan MAC 802.11 dan MAC 802.11 berbasis *collision* dapat dilihat pada gambar 13 dibawah ini.



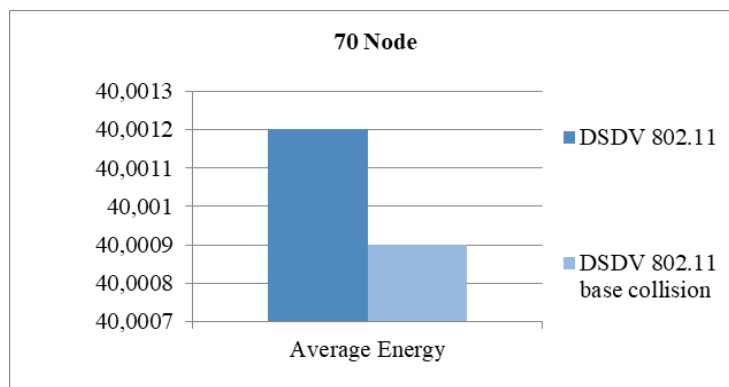
Gambar 13. Konsumsi energi tiap node di WSN dengan 70 node

Selanjutnya pada gambar 14 dan 15 berikut ini akan kita lihat total dan Average konsumsi energi pada WSN dengan 70 node.



Gambar 14. Total energi di WSN dengan 70 node

Pada percobaan dengan jumlah node yang banyak, yaitu 70 node dapat dilihat pada gambar 13, 14, dan 15 konsumsi energi di WSN dengan *protocol* routing DSDV yang menggunakan MAC 802.11 berbasis *collision* lebih baik.



Gambar 15. Average energi di WSN dengan 70 node

Pembahasan Hasil

Pada hasil simulasi diatas WSN menggunakan *protocol* routing DSDV dengan MAC 802.11 berbasis *collision* lebih baik hampir di semua percobaan yang dilakukan. Untuk Packet Delivery dengan node yang banyak WSN menggunakan *protocol* routing DSDV dengan MAC 802.11 berbasis *collision* memiliki hasil yang lebih baik, hal ini dapat dilihat dari hasil percobaan dengan jumlah node 30 dan 70 yang menunjukkan nilai Packet Delivery yang lebih baik. Karena ketika terjadi *collision* protocol DSDV akan merubah jalur untuk *packet* sehingga tidak terjadi *collision* yang berulang dijalur tersebut. Untuk efisiensi energi, dari beberapa percobaan dengan variasi jumlah node di WSN menunjukkan hampir pada semua hasil percobaan WSN menggunakan *protocol* routing DSDV dengan MAC 802.11 berbasis *collision* juga lebih baik. Hal ini disebabkan karena pada saat terjadi *collision* node tempat terjadi *collision* tersebut akan off sementara waktu sehingga dapat mengurangi konsumsi energi untuk meningkatkan efisiensi energi.

SIMPULAN

Dari hasil simulasi pada WSN yang menggunakan *protocol* routing DSDV dengan MAC 802.11 berbasis *collision* dari *packet delivery* di lingkungan 12 node (jumlah node sedikit) memiliki selisih kurang 3 *packet*, di lingkungan 30 node (jumlah node sedang) memiliki selisih sampai dengan 92 *packet* lebih banyak, dan di lingkungan 70 node (jumlah node banyak) memiliki selisih 34 *packet* lebih banyak dibandingkan MAC 802.11. Sedangkan dari sisi efisiensi energi di lingkungan 12 node 19 *milijoule* lebih rendah, 30 node 30 *milijoule* lebih tinggi, dan pada lingkungan 70 node 10 *milijoule* lebih rendah dari MAC 802.11.

MAC 802.11 berbasis *collision* sangat baik digunakan di jaringan WSN karena hampir pada semua lingkungan percobaan lebih baik dari sisi *packet delivery* dan efisiensi energi bila dibandingkan dengan MAC 802.11, hal ini disebabkan pada MAC 802.11 berbasis *collision* node yang bertindak sebagai *router* dimana terjadi *collision* akan menonaktifkan dirinya untuk tujuan efisiensi energi dan rute lain diarahkan oleh *protocol* DSDV untuk tujuan pemerataan penggunaan energi pada tiap node dan juga sebelum terjadi *collision* berulang pada rute yang lama yang membuat rendahnya nilai *packet delivery*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. C. Gungor and G. P. Hancke, "Industrial Wireless Sensor Networks : Challenges , Design Principles , and Technical Approaches," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 56, no. 10, pp. 4258–4265, 2009, doi: 10.1109/TIE.2009.2015754.
- [2] S. A. Malik and M. A. Shah, "Analysis of contention based medium access control protocols for wireless sensor networks," *Aust. J. Basic Appl. Sci.*, vol. 4, no. 10, pp. 5473–5482, 2010.
- [3] R. Jangra and R. Kait, "Principles and Concepts of Wireless Sensor Network and Ant Colony Optimization: A Review," *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci.*, vol. 8, no. 5, pp. 1180–1191, 2017, doi: <https://doi.org/10.26483/ijarcs.v8i5.3673>.
- [4] I. P. A. E. Pratama and S. Suakanto, *Wireless Sensor Network*. Bandung: Informatika, 2015.
- [5] M. Ahyar, M. Yani, and R. F. Sari, "Comparison of Energy Efficiency and Routing Packet Overhead in Single and Multi Path Routing Protocols over S-MAC for Wireless Sensor Network," in *2012 Sixth UKSim/AMSS European Symposium on Computer Modeling and Simulation*, 2012, pp. 406–411. doi: 10.1109/EMS.2012.66.
- [6] K. S. A. Fathima, "Ant Colony Optimization Based Routing in Wireless Sensor Networks," *Int. J. Adv. Netw. Appl.*, vol. 4, no. 4, pp. 1686–1689, 2013.
- [7] H. Oudani, S.-D. Krit, L. Elmaimouni, and J. Laassiri, "Energy consumption in Wireless Sensor Network : simulation and comparative study of flat and hierarchical routing," *IADIS Int. J. Comput. Sci. Inf. Syst.*, vol. 12, no. 1, pp. 109–125, 2017, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/316897260>
- [8] K. Natarajan and G. Mahadevan, "A succinct comparative analysis and performance evaluation of MANET routing protocols," in *2013 International Conference on Computer Communication and Informatics*, 2013, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICCCI.2013.6466159.
- [9] A. A. Al-khatib and R. Hassan, "Performance Evaluation of AODV, DSDV, and DSR Routing Protocols in MANET Using NS-2 Simulator BT - Recent Trends in Information and Communication Technology," in *Recent Trends in Information and*

- Communication Technology. IRICT 2017. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, F. Saeed, N. Gazem, S. Patnaik, A. S. Saed Balaid, and F. Mohammed, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 276–284.
- [10] S. Khatarkar and R. Kamble, "Wireless Sensor Network MAC Protocol : SMAC & TMAC," *Indian J. Comput. Sci. Eng.*, vol. 4, no. 4, pp. 304–310, 2013.
- [11] V. Accha and S. H. Gupta, "Performance analysis of Wireless Sensor Network MAC protocols using NS-2," in *2018 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON)*, IEEE, 2018, pp. 859–862. doi: 10.1109/GUCON.2018.8674996.
- [12] Z. Li, Q. Chen, G. Zhu, Y. Choi, and H. Sekiya, "A Low Latency , Energy Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks," *Int. J. Distrib. Sens. Networks*, vol. 11, no. 8, 2015, doi: 10.1155/2015/946587.
- [13] F. A. Alfouzan, "Energy-Efficient Collision Avoidance MAC Protocols for Underwater Sensor Networks : Survey and Challenges," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 9, no. 7, p. 741, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/jmse9070741>.
- [14] N. R. Paul, L. Tripathy, and P. K. Mishra, "Analysis and Improvement of DSDV Protocol," *Int. J. Comput. Sci. Issues*, vol. 8, no. September, pp. 408–410, 2011.
- [15] L. Anchora, A. Capone, V. Mighali, L. Patrono, and F. Simone, "A novel MAC scheduler to minimize the energy consumption in a Wireless Sensor Network," *Ad Hoc Networks*, vol. 16, pp. 88–104, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2013.12.002>.
- [16] R. A. F. Adriansyah and R. F. Malik, "Penjadwalan Berbasis MAC 802.11 dan Routing ACO pada Wireless Sensor Network," *J. RESTI (Rekayasa Sist. Dan Teknol. Informasi)*, vol. 3, no. 3, pp. 479–487, 2019, doi: <https://doi.org/10.29207/resti.v3i3.1435>.
- [17] K. Wang, X. Zhao, Y. Shi, D. Xu, and R. Li, "The energy-efficient MDA-SMAC protocol for wireless sensor networks," *EURASIP J. Wirel. Commun. Netw.*, vol. 32, 2020, doi: <https://doi.org/10.1186/s13638-020-1642-7>.
- [18] X. Chu and Y. Yan, "Performance Evaluation of IEEE 802 . 11 Infrastructure Mode with Intra-Cell UDP Traffic," in *2007 Second International Conference on Communications and Networking in China*, 2007, pp. 893–898. doi: 10.1109/CHINACOM.2007.4469528.
- [19] M. Younus, A. K. M. F. Haque, and M. Z. Islam, "Performance Analysis of CSMA / CA in Wireless Local Area Network," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 120, no. 10, pp. 43–48, 2015, doi: 10.5120/21266-3870.