

ANALISIS SIMULASI TOPOLOGI HYBRID PADA WIRELESS SENSOR NETWORK MENGGUNAKAN PROTOKOL ROUTING OPTIMIZED LINK STATE ROUTING DAN DYNAMIC SOURCE ROUTING

ANALYSIS SIMULATION HYBRID TOPOLOGY FOR WIRELESS SENSOR NETWORK USING ROUTING PROTOCOL ROUTING OPTIMIZED LINK STATE ROUTING AND DYNAMIC SOURCE ROUTING

Zhafari Luthfan Oswar¹, Dr. Ir. Rendi Munadi, M.T.², Ir. Tjahjo Adiprabowo, M.ENG³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
¹ivanzhafari@gmail.com, ²rendy_munadi@yahoo.co.id, ³tjahjo.a@gmail.com

Abstrak

Salah satu teknologi *wireless* yang sangat berkembang saat ini adalah *Wireless Sensor Network* (WSN). *Wireless sensor network* terdiri atas sejumlah besar *node*. Setiap *node* memiliki kemampuan untuk mengirim, menerima, dan mendeteksi. Zigbee telah menyediakan *layer network* untuk aplikasi *Wireless Sensor Network*

(WSN), sehingga mampu melakukan pengiriman data secara *multihop* menggunakan metode routing yang ada menuju ke *coordinator*. Hal ini diperlukan karena dalam aplikasi *real* di WSN terdapat masalah yaitu jarak jangkauan antar *node* yang terbatas serta suplai energi yang terbatas. Oleh karena itu, diperlukan sebuah metode routing agar dapat mengatasi masalah tersebut dan mencari rute alternatif ke *coordinator*. DSR dan OLSR adalah salah satu metode routing pada *wireless ad-hoc routing* yang dinilai cocok pada WSN karena topologinya yang dinamis dengan energi yang terbatas.

Tugas akhir ini menganalisis perbandingan kinerja dua protokol *wireless ad-hoc routing* DSR dan OLSR. Analisis perbandingan dilakukan melalui simulasi dengan bantuan *software Network Simulator 2.35* dan *VirtualBox*. Simulasi jaringan menggunakan *standard Zigbee/IEEE 802.15.4* dengan penggunaan *topologi hybrid*. Analisis dan simulasi yang dilakukan akan menghasilkan nilai parameter *performance metrics* berupa *delay*, *throughput*, *packet loss* dan *energy consumption*.

Skenario yang digunakan dalam simulasi adalah perubahan ukuran paket data yang dikirim dan penambahan durasi simulasi. Berdasarkan hasil simulasi pada skenario yang sudah ditentukan, *protocol routing* DSR secara keseluruhan mempunyai nilai *performance metrics* yang lebih baik dibandingkan dengan *routing protocol* OLSR. Dimana dengan melihat hasil nilai *throughput* yang lebih tinggi, *packet loss* yang lebih rendah serta *energy consumption* yang lebih sedikit dibandingkan *routing protocol* OLSR, meskipun nilai *delay* pada OLSR lebih baik. Maka *protocol routing* yang lebih baik untuk diterapkan pada WSN adalah DSR.

Kata kunci : WSN, OLSR, DSR, delay, throughput, packet loss, energy consumption, Zigbee, IEEE 802.15.4

Abstract

One of a wireless technology that very thriving now is *Wireless Sensor Network* (WSN). *Wireless Sensor Network* consists of large number of nodes. Every nodes have the ability to send, received, and to detect. Nodes will move free as long as in network. Zigbee provides layer network for application in *Wireless Sensor Network* (WSN), so it is able to send the data with *multihop* using routing method (*Route Discovery*) to the coordinator. It is necessary because in implementation of WSN, some problem will occur such as the limited distance among the nodes and the limited energy supply. Therefore, it is necessary to find the right routing method to solve the problem and find alternative route to coordinator. DSR and OLSR is one of the routing method in *wireless ad-hoc routing* that considered suitable for WSN due to the topology dynamic and operate with limited energy.

This final project analyzes the comparative performance of two protocol *wireless ad-hoc routing* DSR and OLSR. Comparative analysis is done through simulation using *Network Simulator 2.35* and *VirtualBox*. The network simulation using *standard Zigbee/IEEE 802.15.4* with *hybrid topology*. Analyzes and simulation which is done will be provide *performance metrics* such as *delay*, *throughput*, *packet loss*, and *energy consumption*.

Scenario used is measurement change of packet size on transmitted data and addition of duration simulation. Based on the results of simulations with scenario used, *protocol routing* DSR overall which are shown by the *performance metrics* is better than *protocol routing* OLSR. Which have better *throughput*, better *packet loss*, and fewer *energy consumption* that needed, eventhough OLSR have better result in *delay*. That means that *protocol routing* DSR more efficient than OLSR to use in application on WSN.

Keywords: WSN, OLSR, DSR, delay, throughput, packet loss, energy consumption, Zigbee, IEEE 802.15.4.

1. Pendahuluan

Teknologi saat ini berkembang dengan sangat pesat, terutama dalam hal bidang telekomunikasi. Pada telekomunikasi perkembangan teknologi berkembang dengan cepat seperti semakin banyaknya teknologi-teknologi dalam telekomunikasi yang sekarang menggunakan teknologi *wireless*. WSN atau *Wireless Sensor Network* merupakan sebuah jaringan *node* yang kecil, murah, dan ringan yang dapat terdistribusi dengan *node* lainnya yang tersebar secara luas tetapi dengan pengolahan data yang terbatas. Dalam kinerja-nya *Wireless Sensor Network* membutuhkan sebuah *routing* protokol yang berguna untuk memaksimalkan kinerja *Wireless Sensor Network* tersebut. *Routing* protokol itu sendiri merupakan sebuah komunikasi antar *node* dan router yang berguna untuk *sharing* informasi suatu jaringan.

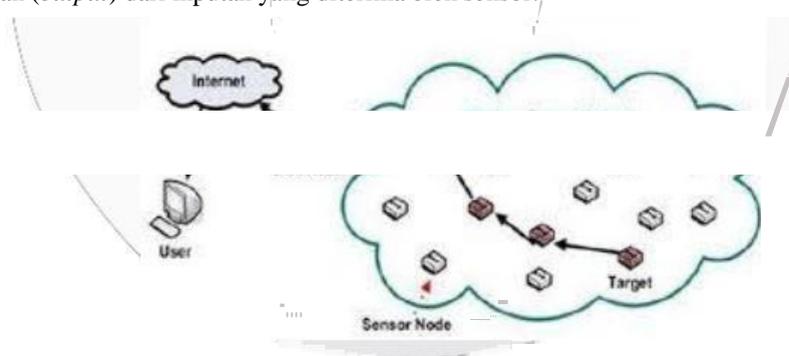
Dalam *wireless routing* ada dua jenis *routing* protokol yaitu *routing* protokol reaktif dan proaktif. Pada setiap jenis reaktif maupun proaktif mempunyai banyak beberapa metode yang dikembangkan. Pada penelitian ini *routing protocol* akan menggunakan salah satu dari setiap jenis *routing* protokol yang ada yaitu *Optimized Link State Routing* (OLSR), yang termasuk dalam *routing* protokol proaktif dan *Dynamic State Routing* (DSR), yang termasuk dalam *routing* protokol reaktif. OLSR yang mempunyai sifat perutean proaktif akan membuat jalur dari *routing* tabel-nya sendiri untuk membuat sebuah rute jika dibutuhkan atau tersedianya rute tiap waktu untuk komunikasi. Sedangkan pada DSR sesuai dengan sifat perutean reaktif dimana tiap *node* sumber yang ada akan menentukan rute paket mana yang akan dikirim ke *node* tujuan dan memilih rute yang terbaik dengan *node* yang ikut berpengaruh dalam pengiriman data.

Zigbee adalah salah satu standar yang menyediakan infrastruktur jaringan yang diperlukan untuk aplikasi WSN. Untuk dua *layer* terbawah, Zigbee mengadaptasi dari standar IEEE 802.15.4/LR-WPAN yang mendefinisikan *physical layer* dan *MAC layer* sedangkan Zigbee menambahkan *network layer* dan *application layer*[4]. Tiap *node* harus mengirimkan informasi kepada *zigbee coordinator* (ZC) yang berperan sebagai pusat pengendalian dan informasi dalam jaringan WSN. Standar Zigbee telah menyediakan *layer network*, sehingga mampu melakukan pengiriman data secara *multihop* dari *zigbee end device* (ZED) melalui *zigbee router* (ZR) menggunakan metode perutean (*route discovery*) menuju ke *zigbee coordinator* (ZC). Hal ini diperlukan karena dalam aplikasi WSN terdapat masalah yang antara lain jarak jangkauan antar *node* (radius) yang terbatas dan juga suplai energi yang terbatas[6]. Namun, metode ruting tersebut kurang efisien karena rute pengiriman data menuju *zigbee coordinator* relatif sedikit, selain itu memungkinkan terdapat *node* yang akan terisolasi / tidak dapat mengirimkan data menuju *zigbee coordinator* ketika terdapat *zigbee router* yang *break down* (mati)[6].

Berdasarkan hal tersebut maka diperlukan sebuah metode *routing* agar dapat mengatasi masalah yang ada serta mencari alternatif rute ke *coordinator*. DSR dan OLSR adalah salah satu metode *routing protocol* pada *wireless routing* dan dapat digunakan pada WSN. Pada tugas akhir ini akan dilakukan simulasi dan analisa nilai *performance metrics* (*delay*, *throughput*, *packet loss*, dan *energy consumption*), untuk mencari metode *routing protocol* mana yang paling efisien.

2. Landasan Teori

Wireless sensor network mempunyai tiga komponen utama yaitu sensor, *actuator*, dan *transducer*. Sensor ini sendiri merupakan sebuah perangkat keras *computer* (*hardware*) maupun perangkat (*device*) yang bertugas untuk melakukan respon terhadap hasil pemindaian yang mereka lakukan kepada lingkungan sekitar, dalam bentuk stimulus panas, cahaya, tekanan, dan lain sebagainya. *Actuator* merupakan sebuah perangkat yang bertugas untuk menampilkan keluaran (*output*) dari inputan yang diterima oleh sensor.



Gambar. 1 Arsitektur Sederhana WSN

Pada arsitektur terdapat setiap *node* pada WSN, umumnya memiliki beberapa *system* yaitu *sensing*, *processing*, komunikasi, dan *power*. Dengan adanya dari tiap *system* tersebut maka hal yang sangat perlu diperhatikan adalah bagaimana caranya agar *system* tersebut dapat menghasilkan jaringan WSN dengan baik. Pada *system* terdapat bagian yang sangat penting yaitu *system processor* karena berfungsi sebagai performansi jaringan ataupun konsumsi energinya. *Processor* yang dapat digunakan pada WSN adalah diantaranya *microcontroller*, *digital signal processor*, *application specific IC*, dan lainnya.

Pada WSN, *node sensor* disebar dengan tujuan untuk menangkap adanya gejala atau fenomena yang hendak diteliti. Jumlah *node* yang disebar dapat ditentukan sesuai kebutuhan dan tergantung beberapa faktor misalnya luas area, kemampuan *sensing node*, kemampuan jangkauan (radius) *node* dan sebagainya. Tiap *node* memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan merutinkannya menuju ke *Base Stasion* atau *sink node* serta berkomunikasi dengan *node* lainnya yang diperbolehkan. *Node sensor* dapat mengumpulkan data dalam jumlah yang besar dari gejala yang timbul dari lingkungan sekitar. [9]

2.2 Routing Protocol

Routing protocol pada WSN sendiri ada dua jenis yaitu *routing* protokol reaktif dan *routing* protokol proaktif. *Routing* protokol itu sendiri merupakan sebuah aturan untuk menentukan bagaimana sebuah *router* dapat berkomunikasi antar satu dengan yang lainnya dan membuat rute mana yang akan dipilih oleh paket saat pengiriman data. Dari tiap jenis protokol sendiri dapat dibagi lagi menjadi tiap jenis dimana tiap jenisnya memiliki kemampuan yang berbeda-beda

2.2.1 Reactive (On-Demand Routing Protocol)

Pada *reactive routing protocol* bekerja ketika dibutuhkan. Ketika *node* ingin mengirimkan paket data ke *node* lain, *reactive routing protocol* akan bekerja mencari dan menetapkan jalur yang tepat dengan koneksi stabil dengan cara awalnya *node* asal melakukan *broadcast request* sampai *request* tersebut ke *node* tujuan, kemudian *node* tujuan membalas dengan mengirimkan *reply*. Dari proses inilah ditentukan mana jalur yang akan digunakan untuk mengirimkan data.

2.2.2 Proactive (Table Driven Routing Protocol)

Pada proaktif *routing protocol*, masing-masing *node* memiliki *routing table* yang lengkap. Artinya sebuah *node* akan mengetahui semua *route* ke *node* lain yang berada dalam jaringan tersebut. Setiap *node* akan melakukan update *routing table* yang dimiliki secara periodik sehingga perubahan topologi jaringan dapat diketahui setiap interval waktu tersebut. Contoh proaktif *routing protocol* adalah DSDV (*Destination Sequenced Distance Vector*), CSGR (*Clusterhead Gateway Switch Routing*), dan WRP (*Wireless Routing Protocol*).

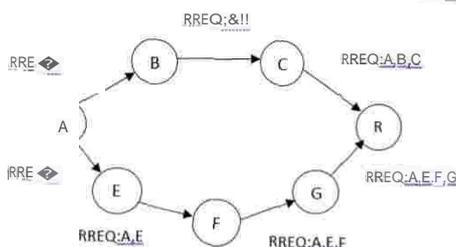
2.3 Dynamic Source Routing (DSR)

DSR adalah sebuah *routing* protokol reaktif yang menjangkau dan merawat tiap rute antar *node*. Dalam rute yang terjangkau, DSR dapat merute-kan paket dalam jaringan dengan banyak. Setiap *node* yang menerima paket ini, pertama akan menambahkan alamat dan mem-forward paket ke *node* tujuan. Ketika *node* tujuan atau sebuah *node* sudah mempunyai rute tujuan yang sesuai dengan rute diminta, maka akan dibalas dan sebuah rute akan dimuat. Setiap paket yang melalui rute yang dimuatkan tersebut, tiap *node* akan meyakinkan bahwa link tersedia antara *node* itu sendiri dan *node* tujuan.

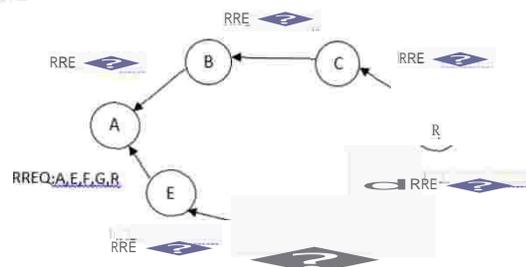
Dalam *protocol* DSR (*Dynamic Source Routing*) terdapat dua mekanisme yang bekerja yaitu *route discovery* dan *route maintenance*. *Routing discovery* merupakan keadaan dimana sebuah *node* sumber akan mengirimkan paket ke *node* tujuan, dengan keadaan tanpa mengetahui *route* *node* sebelumnya. Sedangkan *route maintenance* adalah suatu keadaan dimana *node* sumber sudah mengetahui *route* mana yang akan dilalui untuk mengirimkan paket ke *node* tujuan dan menentukan apakah *route* tersebut masih dapat dilalui atau tidak. Jika suatu jalur yang akan dilalui untuk mengirimkan paket ke *node* tujuan diketahui tidak layak atau rusak, maka *node* sumber dapat menggunakan *route* yang lain yang sudah diketahui oleh *node* sumber sebelumnya atau melakukan *route discovery* lagi.

Dalam algoritma DSR cara kerjanya adalah pada awalnya *node* sumber akan melakukan *route discovery* dengan mengirimkan paket yaitu paket *Route Request* (RREQ) ke *node* tetangga yang ada. Saat *node* tetangga tersebut menerima RREQ dari *node* sumber, maka *node* tetangga akan mengirimkan paket tersebut ke *node* tetangganya yang belum menerima RREQ dari *node* sumber. Apabila dari *node* tetangga tersebut menerima dua paket RREQ, maka salah satu dari paket RREQ tersebut akan dibuang. Selanjutnya akan terus seperti itu, dengan paket yang selalu bergerak dan diteruskan melalui *node* perantara sampai ke *node* tujuan. Saat paket RREQ sudah sampai ke *node* tujuan, maka *node* tujuan akan mengirimkan kembali paket tersebut yang disebut paket *Route Reply* (RREP) melalui rute yang memungkinkan yang sudah dilalui saat proses *route discovery* oleh *node* sumber.

Dalam proses pengiriman balik paket RREP, *node* sumber akan menerima beberapa paket RREP dari beberapa *route* yang didapat saat proses *route discovery* untuk ke *node* tujuan. Setelah menerima *route* yang didapat dari paket RREP, maka akan dipilih *route* mana yang paling optimal dan efisien. Untuk *route* paket yang lain akan tetap disimpan. Jika suatu *node* mengalami masalah, maka *node* tersebut akan mengirim paket error ke *node* sumber awalnya. Setelah mengetahui adanya *node* yang mengalami masalah *node* sumber akan mencari *route* yang lain yang sebelumnya sudah didapatkan saat *route discovery* untuk digunakan pengiriman paket ke *node* tujuan.



Gambar 2. RREQ Broadcast

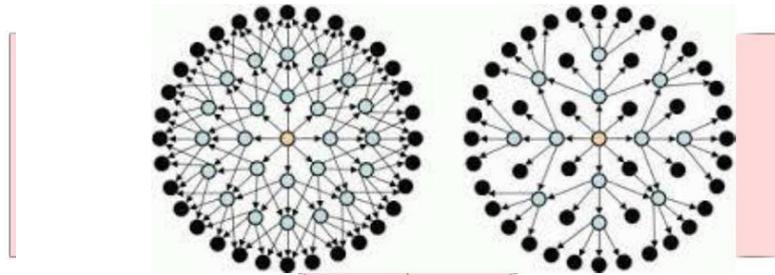


Gambar 3. RREP Broadcast

2.4 Optimized Link State Routing (OLSR)

Optimized Link State Routing (OLSR) protokol termasuk dalam routing protokol proaktif. Salah satu kunci adalah dengan mengurangi kontrol yang *overhead* dengan mengurangi jumlah broadcast dibandingkan dengan mekanisme aslinya. Konsep dasar pertama dalam mendukung ide ini dalam OLSR adalah *Multi Point Relays* (MPRs). MPRs mengacu untuk memilih *router* yang bisa mem-*forward* pesan dalam proses yang berlebih. Untuk mengurangi ukuran dari pesan *broadcast*, setiap *router* akan memilih perangkat yang kecil dari sekitarnya [5]. MPR merupakan suatu *node* yang dipilih untuk melakukan *forwarding* yaitu berupa *broadcast message* selama proses pambanjiran (*flooding*). Teknik ini mengurangi akan ada bebannya *overhead* tidak seperti saat *flooding* awal biasa, dimana setiap *node* yang sudah menerima pesan dari awal akan melakukan pengiriman ulang terus-menerus.

Konsep dasar yang kedua adalah meminimalisir jumlah *control message* yang ada di jaringan. Lalu yang ketiga, MPR akan memberitahu *route* jalur mana saja yang sudah atau hanya terhubung dengan MPR lainnya. Sehingga saat melakukan pengiriman paket jalur-jalur tersebut yang akan digunakan untuk pengiriman.



Gambar 4. Link State Classic and OLSR

MPR atau *Multi Point Relay* untuk mengurangi terjadinya *flooding* saat pengiriman paket pada jaringan dengan meminimalisir akan adanya pengulangan pada *node* yang sama. *Node* sumber akan memilih beberapa *node* tetangga yang ada yang akan dijadikan sebagai MPR. Untuk dapat melakukan pengiriman ke *node* tujuan, maka tiap *node* akan memiliki sejumlah *node* MPR yang disebut dengan *MPR selector*. *MPR selector* ini yang nantinya akan digunakan untuk meneruskan pesan ke *node* lainnya. Untuk *node* yang tidak dipilih sebagai *MPR selector* akan tetap menerima pesan paket yang dibroadcastkan tetapi *node* tersebut tidak akan meneruskan dan mengirim ulang paket tersebut. Setiap *node* akan memilih salah satu MPR-nya diantara sekian banyak 1-hop yang berada

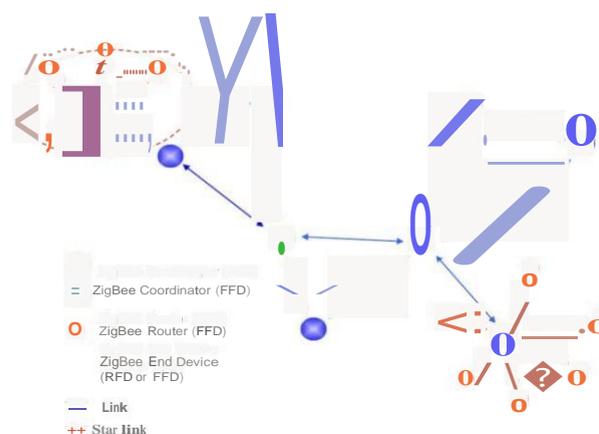
pada jangkauan *wireless*-nya. Hal ini dilakukan akan dapat terhubung dengan satu sama lain antar tetangga 2-hopnya. OLSR menggunakan pesan HELLO-nya sebagai tanda oleh *MPR selector*.

2.5 NS-2 (Network Simulator)

Network simulator merupakan alat simulasi jaringan yang bersifat *open source* yang banyak digunakan untuk mempelajari struktur dinamik dari jaringan komunikasi. NS2 pertama kali dibangun sebagai varian dan *real network* simulator pada tahun 1989 di California. Sejak tahun 1995 DARPA mendukung pembangunan NS untuk proyek *Virtual Inter Network Testbed* (VINT) dan sekarang *National Science Foundation* (NSF) bergabung untuk pengembangannya.

3. Desain Topologi Jaringan

Desain yang akan digunakan pada tugas akhir ini adalah perpaduan antara star dan mesh yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Topologi Jaringan WSN

dalam topologi jaringan tersebut terdapat tiga peran *node* yaitu *zigbee coordinator* (ZC), *zigbee router* (ZR) dan *zigbee end device* (ZED) yang fungsi masing – masing *node* tersebut telah dijelaskan pada bab sebelumnya. ZED

dapat berkomunikasi dan mengirimkan data langsung ke ZC atau menuju ZED melalui ZR, tetapi tidak bisa berkomunikasi pada sesama ZED. Sedangkan ZR dapat menerima data dari ZED dan sesama ZR untuk disampaikan

kepada ZC. Antara ZED dengan ZR dan ZC dengan ZR topologinya adalah *star*, sedangkan hubungan antara sesama ZR topologinya adalah *mesh*.

3.1 Simulasi Jaringan

Modul/Library IEEE 802.15.4/Zigbee dalam NS-2 merupakan hasil pengembangan bersama antara *Samsung Laboratory and The City University of New York* yang telah disertakan mulai NS-*allinone-2.27*, apabila menggunakan NS-*allinone* versi sebelum 2.27, maka harus *mempatch* modul tersebut supaya NS-2 tersebut mendukung IEEE 802.15.4. pada tugas akhir ini telah menggunakan *Ns-allinone-2.31* maka hal itu tak perlu dilakukan.

Tabel 2. Parameter Simulasi

Parameter	Value
Tipe kanal	<i>WirelessChannel</i>
Model Propagasi Radio	<i>TwoRayGround</i>
Tipe interface Jaringan	802.15.4
Interface queue	PriQueue
Link Layer	LL
Model Antena	OmniAntena
Maks paket pada ifq	150
Mobilitas Node	Static
Dimensi ruang simulasi	300 x 300
Protocol routing	DSR, OLSR
Initial energy	13770
Tipe trafik	CBR
Packet transmitting protocol	UDP
Idle power	0.00000552 watt
Transmit power	0.0744 watt
Receive power	0.0648 watt
Data Rate	250 Kbps
Number Of Node	49 node
Phy/WirelessPhy set CSThres	100 meter
Phy/WirelessPhy set RXThres	100 meter

3.2 Perhitungan Besar Energy yang Digunakan

Perhitungan energi awal atau initial energy didapatkan dari asumsi bahwa batere yang digunakan oleh node adalah Alkalin AA dengan besar tegangan adalah 1.5v dan arus yang diset konstan sebesar 15mA. Batere tersebut memiliki waktu hidup sekitar 170 jam

Energi(dalam Joule) = Power(dalam Watt) x (dalam detik)

Energi(dalam Joule) = Power($1.5 \times 1.5 \times 10^{-3}$) Watt x (170 x 60 x 60)detik

Energi = 13770 Joule

Perhitungan besar energi saat mengirimkan paket digunakan arus sebesar 31mA dan tegangan sebesar 2.4 V sehingga besar daya yang dipakai dapat dihitung sebagai berikut:

$txPower = 31 \text{ mA} \times 2.4V$

txPower = 0.0744 Watt

perhitungan besar energi saat menerima paket dengan ukuran yang sama. Arus yang digunakan sebesar 27mA dan tegangan sebesar 2.4V sehingga besar daya yang dipakai adalah:

rxPower = 27mA x 2.4V

rxPower = 0.0648 Watt

perhitungan besar energi saat kondisi node setiap sleep atau iddle digunakan arus sebesar 2.3uA dan tegangan sebesar 2.4V sehingga daya yang dipakai adalah:

idlePower = 2.3uA x 2.4V

idlePower = 0.00000552 watt

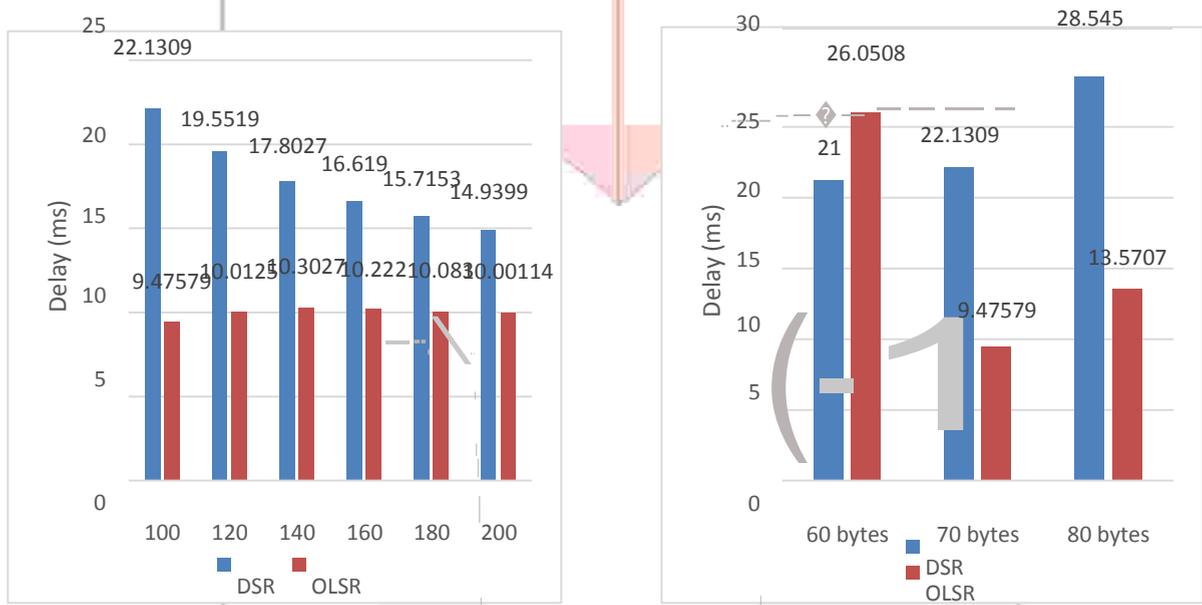
4. Simulasi dan Analisis

Pada bab ini akan dibahas analisis dari hasil simulasi yang telah dilakukan dengan simulator NS2.35. Analisis yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui performansi metrics dari setiap tipe persebaran node.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan beberapa skenario yaitu :

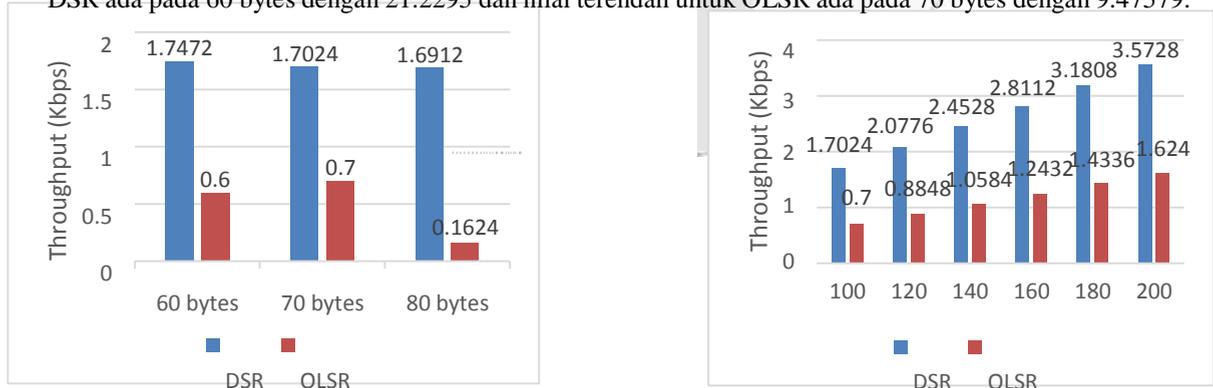
1. Penambahan ukuran paket dari 60 bytes, 70 bytes dan 80 bytes
2. Penambahan durasi simulasi secara bertahap sebanyak 20s dari 100s hingga 200s.

4.1 Performance Metrics



Gambar 6. Grafik Delay

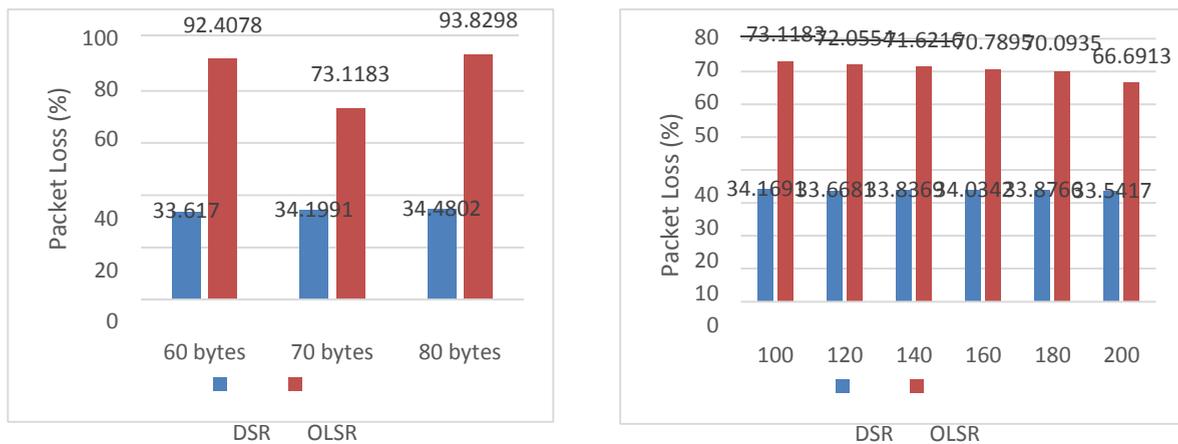
Dari Gambar 4, dapat dilihat grafik hasil simulasi rata – rata tiap node skenario untuk parameter delay. Berdasarkan grafik tersebut untuk scenario dengan bertambahnya ukuran paket yang dikirim dari 60 bytes, 70 bytes dan 80 bytes, semakin bertambahnya ukuran paket maka delay yang ada akan semakin bertambah dengan semakin besarnya ukuran paket yang dikirim. Nilai delay tertinggi pada DSR ada pada 80 bytes dengan 28.545ms sedangkan pada OLSR nilai tertinggi 60 bytes dengan 26.0508. Untuk nilai delay terendah pada DSR ada pada 60 bytes dengan 21.2295 dan nilai terendah untuk OLSR ada pada 70 bytes dengan 9.47579.



Gambar 7. Grafik Throughput

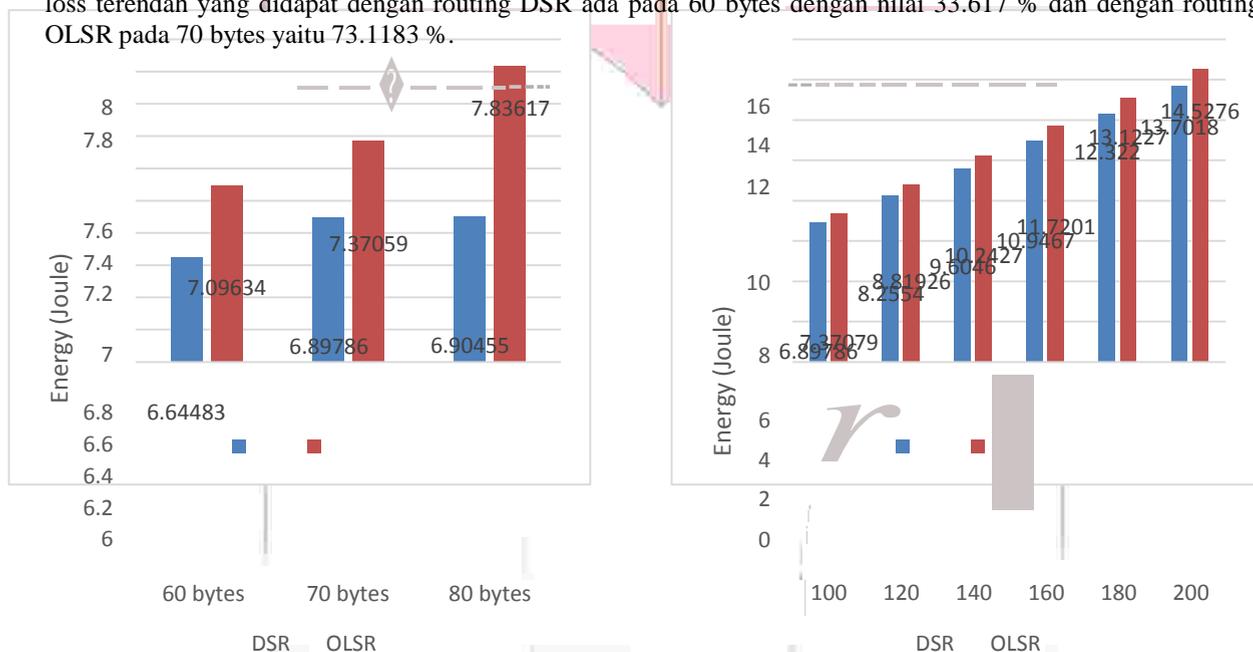
Dalam grafik yang ditunjukkan pada Gambar 7, untuk skenario II dengan perubahan durasi simulasi akan terlihat bahwa semakin lama durasi yang dilakukan maka nilai throughput yang diterima juga akan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh semakin lama waktu yang disimulasikan maka paket data yang dikirim

dari node sumber ke node tujuan akan semakin banyak sehingga nilai throughput yang dihasilkan akan semakin bertambah.



Gambar 8. Grafik Packet Loss

Pada Gambar 4.3 menunjukkan perbandingan rata - rata *packet loss* tiap perubahan ukuran paket dengan besarnya *throughput* dalam persen (%) yang terjadi pada skenario I . Besarnya nilai *packet loss* ini tergantung dari nilai *throughput* yang telah dibahas pada sub bab sebelumnya. Nilai *packet loss* terbesar pada routing DSR pada 80 bytes dengan nilai 34.4802 % dan pada routing OLSR pada 80 bytes dengan nilai 93.8298 % . Untuk *packet loss* terendah yang didapat dengan routing DSR ada pada 60 bytes dengan nilai 33.617 % dan dengan routing OLSR pada 70 bytes yaitu 73.1183 % .



Gambar 9. Grafik Energy

Dari Gambar 4.4 dan Tabel 4.4, dapat dilihat grafik hasil simulasi rata – rata tiap *node* skenario 1 untuk parameter *energy consumption*. Berdasarkan grafik tersebut untuk skenario dengan perubahan ukuran paket pada pengiriman paket tersebut. Nilai terbedar ada pada 80 bytes dengan nilai 6.90455 J dan routing protocol DSR dan OLSR semakin besar nilai ukuran paket yang dikirim maka akan semakin besar energi 7.83617J. Dari tabel 4.8 diatas dapat dilihat bahwa semakin lama durasi simulasi yang dilakukan maka nilai energy yang dibutuhkan dalam setiap pengiriman paket akan semakin besar hal ini disebabkan karena paket data yang dikirim dari node sumber ke node tujuan semakin banyak oleh karena itu energy yang dibutuhkan tiap node akan semakin besar.

5. Kesimpulan

Setelah melakukan simulasi (percobaan) penggunaan *routing protocol* OLSR dan DSR pada WSN dengan *Network Simulator 2* (NS-2) untuk beberapa skenario yang telah dijelaskan sebelumnya pada bab III, maka dapatdiambil kesimpulan dari hasil simulasi tersebut.

1. Proses pemetaan dan peletakkan *node* (ZED, ZR dan ZC) di dalam WSN akan sangat menentukan

performansi jaringan tersebut. Beberapa hal yang mempengaruhi dalam peletakkan *node* tersebut adalah luas *coverage area sensor*, jumlah *node* yang dimiliki untuk digunakan dalam jaringan, dan seberapa luas radius tiap *node* untuk menjangkau *node* yang lain agar dapat berkomunikasi.

2. Berdasarkan skenario ukuran paket data yang dikirim dan skenario penambahan durasi simulasi, secara keseluruhan *routing protocol DSR* lebih baik diterapkan pada *Wireless Sensor Network*. Dilihat dari nilai *throughput* yang lebih baik, *packet loss* yang lebih sedikit dan membutuhkan *energy consumption* yang lebih sedikit. Sedangkan untuk *delay*, OLSR mempunyai *delay* yang lebih baik dibandingkan DSR. Hal ini disebabkan kemungkinan adanya *broken link* saat pengiriman data atau adanya *buffer* sehingga paket harus dikirim ulang. Kapasitas *buffer* pada masing-masing *node* ditunjukkan oleh kode IFQ.

3. Dengan analisis dan simulasi yang sudah dilakukan pada tugas akhir ini, dengan analisis WSN topologi *hybrid* pada *routing protocol* DSR dan OLSR menggunakan *standard* IEEE 802.15.4, bahwa *routing protocol* DSR lebih baik dalam hal pengaplikasiannya. Hal ini dapat dilihat dalam *performance metrics* (*delay, throughput, packet loss, dan energy consumption*)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al-Obaisat, Yazeed, Braun, & Robin. (2014). On Wireless Sensor Networks: Architectures, Protocols, Application, and Management.
- [2] Ananto, R., Jusak, & Sukmaaji, A. (2013). Analisis Perbandingan Kinerja Protokol On-Demand Routing Pada Jaringan Sensor Nirkabel Ad Hoc. *Journal of Control and Network Systems*.
- [3] Andreas. (2014, July). *Proactive and Reactive Protocols*. Retrieved from [www.olsr.org](http://www.olsr.org/docs/report_html/node17.html): http://www.olsr.org/docs/report_html/node17.html
- [4] Azinar, A. W., & Sari, D. N. (2015). Analisis Perbandingan Routing Protokol OLSR dan GRP Pada Wireless Sensor Network. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*.
- [5] Borean, C. (15 Desember 2008). Zigbee Wireless Sensor Networks. *Makalah disajikan pada ETSI Wireless Factory Workshop*.
- [6] Dewi, K. S. (2011). Analisis Penggunaan Protokol Routing AODV pada Wireless Sensor Network.
- [7] Enggar, S. P. (2008). Analisa Algoritma Leach Pada Jaringan Sensor Nirkabel.
- [8] Huhtonen, A. (2004). AODV and OLSR Routing Protocols. *Telecommunication Software and Multimedia Laboratory*.
- [9] Kaponias Alexandros, V. K. (2014). Simulation and Performance Comparison Among Different Routing Protocols for Wireless Sensor Networks. *Internal Journal of Scientific & Engineering Research*.
- [10] Kim, S.-y., Guizide, O., & Cook, S. (2009). Towards an Optimal Network Topology in Wireless Sensor Networks.
- [11] Mrs. A. Narmada, D. P. (2011). Performance Comparison of Routing Protocols For Zigbee WPAN. *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*.
- [12] Purwoko, S. (2011). Optimasi Kinerja Protokol Routing Ad Hoc On Demand Distance.
- [13] Ramesh, Y. P. d. (July, 2015). Performance Analysis of Routing Algorithms: AODV, DSDV, OLSR, DSR in WPAN. *International Journal & Magazine of Engineer Technology, Management and Research*.
- [14] Satrio, A. (2016). ANALISIS PENGARUH POLA PENYEBARAN NODE PADA JARINGAN SENSOR.
- [15] Shivilav Mewada, P. S. (2016). Simulation Based Performance Analysis of DSDV, OLSR, and DSR Routing Algorithm in Wireless Personal Area Network Using NS-2. *Research Journal of Computer and Information Technology Sciences*.
- [16] Swati Dahwan, V. S. (2013). Optimize The Routing Protocol (GRP, OLSR, DSR) Using Opnet & Its Performance Evaluation. July.
- [17] Tanvir, S., Khan, M. I., & Ponsrad, B. (2013). Proactive vs Reactive Protocols for Wireless Sensor Network.
- [18] Vera Suryani, Y. S. (2015). Analisis Performansi Protokol Zigbee Pada Jaringan Wireless Personal Area Network (WPAN).
- [19] Vlajic, D. S. (2008). Performance Of IEEE 802.15.4 in Wireless Sensor Nirkabel With A Mobile Sink Implementing Various Mobility Strategies.