

ANALISIS KINERJA ZIGBEE (802.15.4) WSN PADA TOPOLOGI TREE DAN STAR MODE NON BEACON MENGGUNAKAN NETWORK SIMULATOR 2

Yuni Intanmia Suryanto^{*)}, Sukiswo, and Ajub Ajulian Zahra

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} Email: intanmiaa@gmail.com

Abstrak

WSN (Wireless Sensor Network) adalah infrastruktur jaringan sensor yang terhubung secara nirkabel. Pemanfaatan WSN dapat mempergunakan standar ZigBee. ZigBee adalah spesifikasi untuk jaringan protokol komunikasi tingkat tinggi, menggunakan radio digital berukuran kecil dengan daya rendah, dan berbasis standart IEEE 802.15.4. ZigBee mendukung beberapa topologi jaringan, yaitu star (single-hop), mesh, dan tree dengan mode pengiriman data beacon enabled dan non beacon enabled. Pada penelitian ini akan mensimulasikan pengiriman data yang memanfaatkan jaringan ZigBee sebagai komunikasi datanya menggunakan Network Simulator 2. Topologi menggunakan topologi tree dan star mode non beacon dengan variasi idle time 10ms, 30ms, 50ms, 70ms dan 90ms. Penilaian kinerja jaringan menggunakan parameter Quality of Service (QoS), seperti waktu tunda (delay), paket hilang (packet loss), throughput dan packet delivery ratio (PDR). Hasil simulasi menunjukkan berdasarkan kinerja dari topologi tree throughput tertinggi sebesar 15,25kbps sedangkan topologi star 72,51kbps. PDR pada topologi tree cenderung meningkat sebanding dengan penambahan waktu idle time, tetapi terjadi penurunan pada topologi star. Semakin rendah idle time, delay yang diperoleh semakin tinggi. Dalam proses pengiriman non beacon tidak adanya beacon sehingga node-node tidak mengetahui kondisi jaringan yang menyebabkan packet loss cenderung lebih besar.

Kata kunci : WSN, ZigBee, Topologi, Network Simulator 2

Abstract

WSN (Wireless Sensor Network) is a network infrastructure sensor which is connected wirelessly. ZigBee standard can be used for WSN utilization. ZigBee is a specification for high level communication protocol network, using small-sized low power digital radio, and based on IEEE 802.15.4. ZigBee supports several topology networks, namely star (single-hop), mesh, and tree with beacon enabled and non beacon enabled data transmission. This research will stimulate data transmission which uses ZigBee networks as data communication using Network Simulator 2. Topology uses tree and star non-beacon mode with idle time variations 10 ms, 30 ms, 50 ms, 70 ms, and 90 ms. Network performance measurement using parameters Quality of Service (QoS), such as delay, packet loss, throughput, and packet delivery ratio (PDR). Result of the simulations showed that based on the performance of tree topology, the highest throughput 15,25 kbps, while star topology 72,51 kbps. PRD in tree topology tend to increase the same as the adding of idle time. However, there was a decrease in star topology. The lower the idle time, the higher the delay. In the non-beacon transmission process, the absence of beacon caused nodes not knowing the networks condition which made the packet loss tend to be larger.

Key words: WSN, ZigBee, Topology, Network Simulator 2

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang semakin pesat mendorong berkembangnya perangkat telekomunikasi berbasis nirkabel. Teknologi nirkabel ialah teknologi yang tidak menggunakan kabel dalam proses pengiriman datanya, atau biasa disebut dengan *wireless*. WSN (*Wireless*

Sensor Network) adalah infrastruktur jaringan sensor yang terhubung secara nirkabel. Sensor tersebut berfungsi untuk merasakan atau menangkap adanya perubahan di sekitar yang hasilnya dilaporkan menuju ke *base station*.

Pada implementasinya WSN dapat digunakan untuk pemantauan lingkungan, pemantauan jembatan,

pemantauan aktivitas gunung api, komponen pendukung dalam rangka menuju *smart city*, pemantauan dan kontrol aktivitas di bidang pertanian, dan sebagainya. Dengan adanya teknologi WSN, memungkinkan untuk mendapat informasi yang maksimal secara praktis, efektif, murah, dan lain-lain. Hal ini ditunjukkan dengan tidak diperlukannya instalasi kabel yang rumit, membuat WSN lebih praktis dan hemat dibanding teknologi kabel. Selain itu kemudahan dalam memperoleh informasi karena tidak harus berada didaerah pemantauan.

Pemanfaatan WSN dengan mempergunakan standar *ZigBee*. *ZigBee* adalah spesifikasi untuk jaringan protokol komunikasi tingkat tinggi, menggunakan radio digital berukuran kecil dengan daya rendah, dan berbasis pada standart IEEE 802.15.4. Kelebihan dari *ZigBee* adalah membutuhkan daya rendah, sehingga bisa digunakan sebagai alat pengatur secara wireless yang pengoperasiannya mudah, dan hanya dengan satu baterai dapat membuat *ZigBee* bertahan lama. Kelebihan inilah yang mendukung digunakannya *ZigBee* pada aplikasi yang membutuhkan pengoperasian mudah dan waktu hidup lama, salah satunya ialah monitoring pada lalu lintas.

Pada tugas akhir ini, akan mensimulasikan pemodelan pengiriman data menggunakan teknologi WSN yang memanfaatkan jaringan ZigBee sebagai komunikasi datanya seperti yang telah dilakukan oleh Dwima Angraini [15]. Pada penelitian ini hanya sebatas membandingkan topologi, tanpa memperhatikan mode ZigBee yang digunakan. Perbedaan dari penelitian ini adalah mensimulasikan skenario tersebut dengan NS-2.35 (Network Simulator-2.35), dan skema menggunakan jalan perlimaan. Selain itu, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Alfian Fahmi [1] yaitu membandingkan kinerja beacon enable pada cluster tree dan star belum membahas mengenai kinerja ZigBee dengan mode non beacon enabled. Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan membahas mengenai perbandingan kinerja protokol ZigBee pada mode non beacon-enabled pada topologi star dan cluster tree karena berdasarkan hasil penelitian Arizal Lebda Septyantono dan Wirawan [12] kinerja ZigBee pada mode non beacon memiliki performansi yang baik dengan memiliki delay yang rendah. Pada penelitian ini skema mengacu pada WSN monitoring lalu lintas.

Penilaian kinerja jaringan menggunakan parameter – parameter Quality of Service (QoS), seperti waktu tunda (delay), paket hilang (packet loss), throughput dan packet delivery ratio (PDR). Pada proses pencarian rute menggunakan routing AODV (Adhoc On Demand Distace Vector) karena AODV merupakan pendekatan routing protokol pada ZigBee.

2. Metode

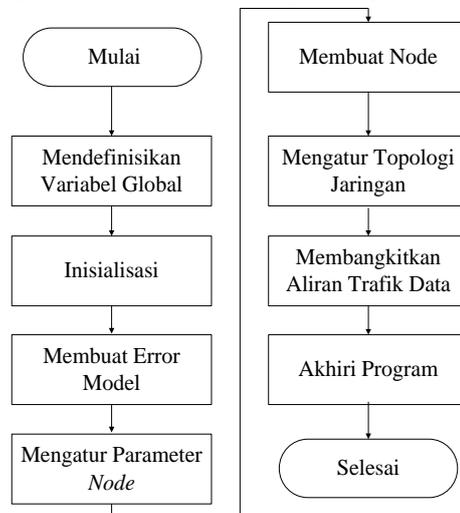
2.1. Simulasi Jaringan Zigbee

Pembuatan skenario dalam simulasi ini dibagi menjadi 2 skenario. Skenario pertama menggunakan topologi *tree* dimana *node* yang digunakan berjumlah 26 yang terdiri dari 20 *end device*, 5 *router* dan 1 PAN *Coordinator*. Skenario kedua adalah dengan menggunakan topologi *star* dengan *node* yang digunakan berjumlah 21 yang terdiri dari 20 *end device*, dan 1 PAN *Coordinator*.

Variasi yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah variasi *idle time*, yaitu lama waktu *off* yang berarti *node* tidak mengirim paket. *Idle time* yang akan diterapkan untuk mengetahui kondisi jaringan ini adalah 10ms, 30ms, 50ms, 70ms, dan 90ms.

2.2. Perancangan Sistem

Pada tugas akhir ini dibuat suatu jaringan *Zigbee* dengan menggunakan *Network Simulator 2*. Secara keseluruhan, tahapan pembuatan simulasi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Simulasi

Pada simulasi ini, terdapat parameter yang digunakan untuk menjalankan simulasi. Parameter tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Simulasi

Parameter	Spesifikasi
Tipe MAC	802.15.4
Model Propagasi	TwoRayGround
Tipe antarmuka antrian	DropTail
Model antenna	OmniAntenna
Maksimal paket dalam antrian	500
Jumlah node	21 dan 26
Tipe protokol routing	AODV
Dimensi topologi	1900 x 1900 m
Transport agent	TCP
Trafik generator	Poisson Exponential
Waktu simulasi	900 detik

2.3. Metode Pengambilan Data

Data hasil simulasi tersedia dalam bentuk *trace file*. *Trace file* berisi semua kejadian yang terjadi pada saat simulasi berlangsung. Dari *trace file* dapat diambil data yang diinginkan. Data dapat diambil dengan menggunakan *file awk*. *File awk* digunakan untuk menghitung parameter kinerja jaringan, yaitu waktu tunda, *packet loss*, *throughput* dan PDR.

1. PDR

Packet Delivery Ratio (PDR) merupakan perbandingan banyaknya jumlah paket yang diterima oleh node penerima dengan total paket yang dikirimkan dalam suatu periode waktu tertentu.

$$PDR = \left(\frac{\sum_{i=T_t}^{i=T_t+1} R_i}{\sum_{i=T_t}^{i=T_t+1} S_i} \right) \times 100 ; 0 \leq t \leq T \quad (5)$$

Keterangan :

R_i = Jumlah paket yang diterima (paket)
 T_t = Waktu pengambilan *sample* (detik)
 T = Waktu pengamatan (detik)

2. Throughput

Throughput adalah jumlah paket data yang diterima per detik. *Throughput* bisa disebut sebagai *bandwidth* dalam kondisi yang sebenarnya. *bandwidth* lebih bersifat tetap, sementara *throughput* sifatnya dinamis, tergantung trafik yang sedang terjadi. *Throughput* mempunyai satuan bps (*bit per second*).

$$Throughput = \sum_{i=T_t}^{i=T_t+1} P_i ; 0 \leq t \leq T \quad (4)$$

Keterangan :

P_i = Ukuran paket yang diterima (bit)
 T_t = Waktu pengambilan *sample* (detik)
 T = Waktu pengamatan (detik)

3. Waktu Tunda (Delay)

Delay merupakan waktu tunda, yaitu waktu yang dibutuhkan sebuah paket data dari paket dikirim sampai paket diterima

$$Delay = \left[\frac{\sum_{i=T_t}^{i=T_t+1} RT_i - \sum_{i=T_t}^{i=T_t+1} ST_i}{\sum_{i=T_t}^{i=T_t+1} RP_i} \right] \quad (1)$$

Keterangan :

RT_i = Waktu paket diterima (detik)
 ST_i = Waktu paket dikirim (detik)
 RP_i = Banyak paket diterima (paket)

ITU-T G.114 merekomendasikan waktu tunda tidak lebih besar dari 150 ms untuk berbagai

aplikasi, dengan batas 400 ms yang masih dapat diterima untuk komunikasi suara.^[20] Nilai delay dapat divalidasi dengan menggunakan *teorema littley* yang ditunjukkan pada persamaan 2.

$$N = \lambda T \quad (2)$$

Keterangan :

N = Jumlah paket rata-rata dalam sistem
 λ = laju kedatangan
 T = waktu rata-rata dalam sistem

4. Packet Loss

Packet loss adalah banyaknya paket yang hilang selama proses transmisi dari *transmitter* ke *receiver*. Paket hilang terjadi ketika satu atau lebih paket data yang melewati suatu jaringan gagal mencapai tujuannya.

$$Packet\ loss = \left(\frac{\sum_{i=T_t}^{i=T_t+1} D_i}{\sum_{i=T_t}^{i=T_t+1} S_i} \right) \times 100 ; 0 \leq t \leq T \quad (3)$$

Keterangan :

D_i = Jumlah paket yang mengalami *drop* (paket)
 S_i = Jumlah paket yang dikirim (paket)
 T_t = Waktu pengambilan *sample* (detik)
 T = Waktu pengamatan (detik)

3. Hasil dan Analisa

3.1. Topologi Tree

Tabel 2. Statistik simulasi topologi tree

Variasi Idle time	Paket informasi yang dikirim	Paket informasi yang diterima	Paket yang diteruskan	Paket yang hilang
10ms	52411	44571	48086	7840
30ms	49697	41701	44994	7996
50ms	50904	43131	47177	7773
70ms	48898	41927	45163	6971
90ms	28356	25981	28320	2377

Kondisi ini merupakan kondisi jaringan dengan menggunakan topologi tree protokol ZigBee (802.15.4) pada masing-masing variasi. Statistik ini ditunjukkan pada tabel 2.

Pada kondisi *tree* dapat dilihat statistika jaringan terhadap variasi lamanya waktu *idle time*. Waktu *idle time* mempengaruhi banyaknya paket yang dikirim. Dapat dilihat saat waktu idle rendah yaitu ketika 10ms trafik generator menghasilkan trafik yang lebih banyak dibanding saat idle tinggi. Waktu *idle* ialah waktu off yang berarti tidak ada paket yang dikirim. Paket yang dikirim dari *end device* menuju *PAN coordinator* pada topologi *tree* harus melewati *node* yang berfungsi sebagai *router*. Ketika waktu *idle* rendah, trafik yang dibangkitkan tinggi, *node-node* pengirim harus

melewati router sehingga menyebabkan banyak drop paket. Sedangkan pada kondisi dengan waktu idle time tinggi, hanya sedikit trafik yang dibangkitkan sehingga paket yang mengalami drop lebih sedikit.

3.1.2 Topologi Star

Kondisi ini merupakan kondisi jaringan dengan menggunakan topologi *star* protokol ZigBee (802.15.4) pada masing-masing variasi. Statistik ini ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Statistik simulasi topologi *star*

Variasi Idle time	Paket informasi yang dikirim	Paket informasi yang diterima	Paket yang diteruskan	Paket yang hilang
10ms	213209	211128	25	2081
30ms	175060	172594	55	2466
50ms	92366	90355	36	2011
70ms	86381	82163	11	4218
90ms	88747	83997	74	4750

Pada kondisi jaringan topologi *star* dapat dilihat statistika jaringan dari hasil simulasi dengan menggunakan variasi *idle time*. Waktu *idle time* mempengaruhi banyaknya paket yang dikirimkan. Sama halnya dengan topologi *tree*, ketika *idle time* rendah yang artinya waktu off hanya sebentar sehingga trafik generator akan membangkitkan jumlah trafik yang lebih banyak dibanding saat waktu *idle time* lama.

Pada penelitian ini topologi *star* hanya terdiri dari *end device* sebagai *node* sumber dan *PAN coordinator* sebagai *node* tujuan. Pada mode *non beacon*, *node* akan selalu pada kondisi *idle* jika *node* tidak mengirim paket. Sehingga saat trafik rendah pada *non beacon*, *node* mengalami keterlambatan saat bangun dan menyebabkan trafik *drop* lebih banyak dibandingkan saat trafik tinggi. Besar paket yang diteruskan pada topologi *star* memiliki nilai yang rendah jika dibandingkan dengan topologi *tree*, hal tersebut dikarenakan pengiriman *star* langsung menuju *PAN coordinator*. Pada pengiriman *star* tidak adanya lompatan hop menyebabkan jumlah paket yang diteruskan lebih sedikit dibanding *tree* yang harus melewati *router* sebagai lompatannya

3.2 Analisis Packet Delivery Ratio

Pada simulasi didapatkan nilai *packet delivery ratio* untuk masing-masing skenario. Nilai *packet delivery ratio* ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai *Packet Delivery Ratio*

Skenario	Idle time	PDR (%)
Tree	10ms	85,0413
	30ms	83,9105
	50ms	84,7301
	70ms	85,7438
	90ms	91,6243
Star	10ms	99,024
	30ms	98,5913
	50ms	97,8228
	70ms	95,117
	90ms	94,647

Nilai PDR tertinggi untuk kondisi *tree* sebesar 91,62434% pada saat *idle* 90ms dan *star* sebesar 99,024 % pada saat *idle* 10ms. Pada topologi *tree*, nilai PDR tertinggi saat *idle time* sebesar 90ms yang menunjukkan trafik paling rendah. Ketika trafik rendah, *tree* lebih mampu menerima paket dalam jumlah banyak dibandingkan saat trafik padat. Hal itu menunjukan bahwa ketika trafik tinggi, akan terjadi banyak *drop* yang disebabkan adanya tabrakan antar paket karena *node* tujuan pada skenario ini hanya memiliki satu *node* sebagai pusat informasi dan monitoring. Beda halnya dengan topologi *star*, nilai PDR tertinggi justru didapatkan saat trafik tinggi dengan *idle* sebesar 10ms. Topologi *star* tidak membutuhkan mekanisme *routing*, sehingga saat trafik tinggi paket-paket yang dikirim dari *end device* tidak mengalami tabrakan, tetapi dapat langsung menuju *PAN coordinator*. Pada topologi *star* terjadi penurunan PDR saat *idle* bertambah. Hal ini disebabkan adanya penurunan kualitas link, serta saat trafik rendah *end device* lebih sering dalam kondisi *idle*. Jika *end device* lebih sering dalam kondisi *idle*, saat akan mengirim paket *end device* terlambat bangun karena mode *non beacon* tidak mengirim *beacon* terlebih dahulu saat mengirim paket sehingga menyebabkan banyak drop saat trafik tidak begitu padat.

3.3 Analisis Throughput

Pada simulasi didapatkan nilai *throughput* untuk masing-masing skenario. Nilai *throughput* ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai *Throughput*

Skenario	Idle time	Throughput(kbps)
Tree	10ms	15,25
	30ms	14,25
	50ms	14,76
	70ms	14,35
	90ms	8,91
Star	10ms	72,51
	30ms	59,28
	50ms	31,04
	70ms	28,22
	90ms	28,86

Dari tabel dapat dilihat besar *throughput* pada topologi *tree* tertinggi sebesar 15,25 kbps yaitu terjadi pada saat

nilai idle time 10ms. Dan hasil terendah pada topologi *tree* ialah 8,91 kbps pada idle time 90ms. Sedangkan pada topologi *star* didapatkan *throughput* maksimal sebesar 72,51 kbps pada kondisi idle 10ms dan *throughput* terendah pada saat kondisi idle 70ms yaitu 28,22 kbps.

Tingkat kepadatan trafik sangat mempengaruhi besar paket yang diterima pada kedua topologi. Pada kedua topologi, semakin sering trafik dibangkitkan dengan ditunjukkannya nilai *idle* rendah, semakin besar pula besar *throughput* yang dihasilkan. Untuk kedua topologi ini, nilai *throughput* yang dihasilkan oleh *star* lebih tinggi daripada *tree*, karena pengiriman *star* dapat langsung mengirim paket menuju *node* tujuan.

3.4 Analisis Delay

Pada simulasi didapatkan nilai *delay* untuk masing-masing skenario. Nilai *delay* ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai Delay

Skenario	Idle time	Delay Total (ms)
Tree	10ms	25,367
	30ms	26,496
	50ms	25,566
	70ms	24,830
	90ms	16,169
Star	10ms	62,817
	30ms	58,505
	50ms	20,340
	70ms	15,783
	90ms	18,050

Dari tabel diatas didapatkan besar nilai *delay* pada masing-masing topologi dengan variasi *idle time*. Nilai *delay* pada topologi *tree* terendah ialah pada saat kondisi idle 90ms yaitu 16,169 ms dan tertinggi saat kondisi 30ms yaitu 26,367 ms. Sedangkan pada topologi *star*, *delay* terendah pada saat *idle* 70ms dengan 15,783 ms dan *delay* tertinggi pada saat idle 10ms yaitu 62,817 ms. Ketika *idle* 10ms, trafik generator membangkitkan trafik yang lebih sering dibanding saat *idle* 90ms. Semakin padatnya jaringan, maka akan menyebabkan kemacetan jaringan dan waktu antrian yang semakin lama karena paket harus menunggu lebih lama untuk dilayani. Sedangkan ketika trafik rendah kondisi jaringan lebih kosong sehingga paket lain dapat lebih cepat dikirimkan menyebabkan *delay* yang relatif lebih kecil.

Nilai *delay* kedua topologi ini cukup baik dalam standar ITU T^[19], hal ini disebabkan karena pada jaringan menggunakan mode *non beacon*. Pada mode *non beacon*, ketika sebuah *node* ingin mengirimkan paket, *node* tersebut dapat langsung mengirim paket menuju tujuan tanpa perlu adanya pesan *beacon* terlebih dahulu. *Delay* yang dihasilkan berupa *delay* jaringan secara keseluruhan (*delay total*) yang terdiri dari *delay* transmisi, *delay* propagasi, dan *delay* proses (*delay* antrian dan *delay* layanan). *Delay* transmisi didapatkan dari perbandingan

ukuran file dengan kapasitas transmisi. Sedangkan *delay* propagasi ditentukan oleh jarak dan kecepatan propagasi.

Tabel 7. Perbandingan Nilai Delay

Skenario	Idle time (ms)	Delay Total (ms)	Delay Transmisi (ms)	Delay Propagasi (ms)	Delay Proses (ms)
Tree	10	25,367	1,92	0,0032	23,44
	30	26,496	1,92	0,0032	24,57
	50	25,566	1,92	0,0032	23,64
	70	24,830	1,92	0,0032	22,90
	90	16,169	1,92	0,0032	16,12
Star	10	62,817	1,92	0,0032	60,89
	30	58,505	1,92	0,0032	56,58
	50	20,340	1,92	0,0032	18,41
	70	15,783	1,92	0,0032	13,86
	90	18,050	1,92	0,0032	14,25

Nilai *delay* dapat divalidasi menggunakan teorema little pada persamaan 2. Persamaan 2 digunakan untuk menghitung jumlah rata-rata total paket yang berada dalam sistem pada waktu pengamatan. Nilai tersebut kemudian akan dibandingkan dengan nilai yang ada pada *trace file*. Waktu pengamatan yang dimaksud adalah nilai *delay* rata-rata pengiriman paket. Contoh perhitungan menggunakan persamaan 2 ialah sebagai berikut.

$$N = \lambda T$$

$$N = 484,65 \times 0.062817$$

$$N = 31 \text{ paket}$$

Jumlah paket rata-rata dalam waktu pengamatan pada *trace file* adalah 31 paket. Terdapat kesamaan antara perhitungan dengan teorema little dan hasil pada *trace file*. Hal ini membuktikan bahwa simulasi yang dilakukan telah sesuai dengan teori. Dengan menggunakan persamaan 4 seperti contoh perhitungan, didapatkan nilai untuk variasi lain yang ditunjukkan pada tabel 8.

Tabel 8. Nilai rata-rata paket dalam sistem berdasarkan simulasi dan perhitungan

Skenario	Idle time	λ (paket /s)	Delay total (ms)	Tracefile N (paket)	Perhitungan N (paket)
Tree	10ms	294,75	25,367	8	8
	30ms	279,78	26,496	8	8
	50ms	300,07	25,566	8	8
	70ms	278,60	24,830	7	7
	90ms	279,60	16,169	3	3
Star	10ms	484,65	62,817	31	31
	30ms	398,78	58,505	24	24
	50ms	210,81	20,340	5	5
	70ms	193,39	15,783	4	4
	90ms	194,39	18,050	4	4

Nilai rata-rata paket dalam sistem yang didapatkan saat perhitungan bernilai sama dengan jumlah rata-rata paket dalam sistem yang didapatkan dari *trace file*. Hal ini membuktikan bahwa hasil simulasi yang dilakukan telah sesuai dengan teorema little. Nilai paket rata-rata dalam

sistem menunjukkan penurunan setiap penambahan waktu idle time. Hal ini terjadi karena saat idle time rendah trafik lebih padat sehingga rata-rata paket dalam sistem lebih besar saat idle rendah.

3.5 Analisis Packet Loss

Pada simulasi didapatkan nilai *packet loss* untuk masing-masing skenario. Nilai *packet loss* ditunjukkan pada tabel 9.

Tabel 9. Nilai Packet Loss

Skenario	Idle time	Packet Loss (%)
Tree	10ms	14,96%
	30ms	16,09%
	50ms	15,27%
	70ms	14,26%
	90ms	8,38%
Star	10ms	0,98%
	30ms	1,41%
	50ms	2,18%
	70ms	4,88%
	90ms	5,35%

Dari tabel 9 Dapat dilihat hasil bahwa *packet loss* tertinggi pada jaringan *tree* ialah sebanyak 16,09% dan nilai terendah yaitu 8,38%. Sedangkan pada topologi *star* nilai *packet loss* terendah ialah 0,98 % dan tertinggi ialah 4,88 %. Mode *non beacon* menyebabkan *packet loss* menjadi lebih tinggi. Hal itu disebabkan karena pada saat *node* akan mengirim paket menuju *PAN coordinator*, tidak adanya waktu koordinasi antara *router* dan *PAN coordinator* sehingga menyebabkan banyak paket yang jatuh.

Adapun penyebab *packet loss* pada jaringan *ZigBee* ialah menurunnya kualitas sinyal yang diindikasikan dengan kode LQI (*Link Quality Indicator*). LQI sendiri disebabkan karena masalah *hidden node* yaitu adanya dua atau lebih *node* yang terlibat dalam transmisi tidak dapat mendeteksi keberadaan *node* lain dan tetap mengirimkan paket karena tidak menyadari transmisi dari *node* lain. Selain itu juga adanya kegagalan akses kanal yang disebabkan karena jaringan sibuk yang ditunjukkan dengan kode BSY (*Bussy*), serta adanya paket duplikat yang ditandai dengan kode DUP.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data simulasi jaringan *Zigbee* dapat disimpulkan bahwa performansi dari topologi *tree* dan *star* lebih unggul menggunakan topologi *star* dari segi *throughput*, *packet delivery ratio* dan *packet loss*. Sedangkan untuk performansi *delay*, lebih unggul saat menggunakan topologi *tree*. Perubahan *idle time* mempengaruhi kinerja dari masing-masing topologi. *Packet delivery ratio* pada topologi *tree* cenderung meningkat sebanding dengan penambahan waktu *idle*

time, yaitu dari 83,9105 % menjadi 91,624% , tetapi terjadi penurunan pada topologi *star* dari 99,024% menjadi 94,648% saat penambahan *idle time*. Saat kondisi *idle* rendah yang berarti trafik padat, nilai *throughput* lebih besar daripada saat trafik rendah yaitu saat nilai *idle* bertambah besar. *Throughput* tertinggi diperoleh saat menggunakan idle 10ms sebesar 72,51 kbps untuk topologi *star* dan topologi *tree* sebesar 15,25 kbps..

Referensi

- [1]. Fahmi, Alfian. *Performansi Beacon-Enabled IEEE 802.15.4 Wireless Sensor Networks: Topologi Star Vs Cluster*. Proyek Akhir. Surabaya. 2013.
- [2]. A, Ridla Rizalani. *Desain Dan Implementasi Jejaring Sensor Nirkabel Infra Merah Untuk Sistem Informasi Parkir Gedung Bertingkat*. PENS.
- [3]. Nofianti, Dwi. *Simulasi Kinerja WPAN 802.15.4 (ZIGBEE) Dengan Algoritma Routing AODV dan DSR*. Laporan Tugas Akhir S1 Teknik Elektro Universitas Diponegoro. Semarang. 2011.
- [4]. Firdaus. 2014. *Wireless Sensor Network Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Graha Ilmu.
- [5]. Putri, Rizky A., Jusak, Sukmaji, Anjik. *Analisis Perbandingan Kinerja On-Demand Routing Pada Jaringan Sensor Nirkabel Ad Hoc*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Sistem Komputer STMIK STIKOM. Surabaya. 2013.
- [6]. Sugiarto, Bambang. *Perancangan Sistem Pengendalian Suhu pada Gedung Bertingkat dengan Teknologi Wireless Sensor Network*. LIPI. 2010.
- [7]. Putra, Hanitya Triantoro W. *Kinerja Routing AODV dan AOMDV pada Jaringan WPAN 802.15.4 ZigBee dengan Topologi Mesh*. Laporan Tugas Akhir S1 Teknik Elektro Universitas Diponegoro. Semarang. 2013.
- [8]. Andika, Ahmad Deny. *Perancangan Sistem Pengukur Jarak Antara 2 Titik Wireless Xbee Pro Berdasarkan Nilai RSSI*. Jurnal USU. 2013.
- [9]. Asriyadi, Kurnia, Rahmadi. *Unjuk Kerja Protokol ZigBee Pada Jaringan WSN*. Jurnal Teknik Elektro ITP. 2014.
- [10]. Winardi. *Mengenal Teknologi ZigBee Sebagai standart Pengiriman Data Secara Wireless*. Universitas Bina Nusantara. Jakarta.
- [11]. Anonim. *Wireless Sensor Network dan Teknologi Zigbee*. 2012.
- [12]. Septyantono, Arizal Lebda dan Wirawan. *Simulasi dan Analisa Kinerja Protokol 802.15.4 (Zigbee) pada Jaringan Sensor Nirkabel*. Jurnal Teknik POMITS Vol 2.
- [13]. Zhang, Yuhe., Huang, Xi, dkk. *Design and Evaluation of a Wireless Sensor Network for Monitoring Traffic*. China.
- [14]. Haryatmi, Emy.,dkk. *Pengaruh Propagasi Terhadap Komunikasi Data pada Jaringan Nirkabel*. Jurnal Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi. 2005
- [15]. Anggraini, Dwima. *Analisis dan Simulasi Wireless Sensor Network (WSN) Untuk Komunikasi Data Menggunakan Protokol Zigbee*. 2013
- [16]. Dinata, Alfri Chandra. *Analisis Performansi Trafik Wireless Sensor Network Sesuai Standar IEEE 802.15.4*. Laporan Tugas Akhir. Institut Teknologi Telkom.

- [17]. Muslim, Hafidz. *Perancangan Perangkat Keras Pengukur Ketinggian Muka Air Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan Protokol Komunikasi Zigbee dan GPRS (Gereneral Packet Radio Service) dengan Topologi Star*. Laporan Tugas akhir. 2015
- [18]. G. K. Permatasari, and I. Santoso, "Analisis Kinerja TCP Westwood Untuk Pencegahan Kongesti Pada Jaringan LTE Dengan Menggunakan Network Simulator 2.33 (NS2.33)," 2014.
- [19]. ITU, "G.114 (05/2003)," *Networks*, 2003.