

ANALISIS KINERJA JARINGAN WPAN ZegBee DENGAN TOPOLOGI CLUSTER TREE

Oleh:
Thamrin

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang Indonesia
Email : tluddin@yahoo.co.id.

Abstrak

WPAN Zegbee adalah salah satu jaringan personal area pada data rate rendah maksimal 250 Kbps. Pada implementasinya dapat digunakan topologi mesh, star dan cluster tree. Topologi cluster tree memiliki kelebihan karena dapat menambah covered area jaringan, akan tetapi pada sisi lain menambah latency waktu pengiriman data. Penelitian ini dibuat dengan simulasi software Network Simulator 2 (NS2) untuk menganalisis kinerja jaringan WPAN zegbee dengan topologi cluster tree. Indikator kinerja yang diuji adalah throughput, delay dan packet delivery ratio (PDR). Kinerja jaringan dimati melalui lima scenario dengan memvariasikan jumlah node. Skenario node yaitu 4 , 13, 28, 49 dan 76. Masing-masing scenario dikirimkan paket data 50. Jarak masing-masing node adalah 10 meter. Routing protocol yang digunakan AODV, model antenna omni, tipe antrian first in first out (FIFO), model propagasi two way ground dan tipe trafi FTP. Analisis kinerja jaringan WPAN skenario pertama didapatkan nilai *throughput* 8,037 Kbps, *delay* 0,007342 detik dan PDR 97,37 %. Skenario kedua didapatkan hasil *throughput* 6,562 Kbps, *delay* 0,007774 detik dan PDR 90,37 %.. Skenario ketiga didapatkan hasil *throughput* 7,663 Kbps, *delay* 0,009809 detik dan PDR 77,15 %. Skenario keempat didapatkan hasil *throughput* 7,954 Kbps, *delay* 0,015264 detik dan PDR 74,93 %. Skenario kelima didapatkan hasil *throughput* 2,899 Kbps, *delay* 0,020772detik dan PDR 63,11 %.

Kata Kunci: WPAN, topologi, cluster tree, PDR

Abstract

WPAN Zegbee is a personal area network with maximal of data rate 250 Kbps. Implementation can be used topology of mesh, star and cluster tree. The advantage of cluster tree topology can add network area covered, however on the other hand add time latency delivery of data. This research is made with simulation of software Network Simulator 2 (NS2) to analyse network performance of WPAN zegbee with topology of cluster tree. Indicator of performance examine throughput, delay and packet ratio delivery (PDR). dead Performance Network [pass/through] five scenario of [is amount of data package variation [of] and node. scenario of Node that is 4 , 13, 28, 49 and 76. Each scenario delivered [by] 50. Distance of node is 10 metre. Protocol Routing AODV, omni antenna model, queue type of first out first in (FIFO), two way ground propagation model and FTP traffic.

Analysis Performance network of WPAN in first scenario obtain values throughput 8,037 Kbps, delay 0,007342 seconds and PDR 97,37 %. The second scenario obtain throughput 6,562 Kbps, delay 0,007774 second and PDR 90,37 %.. Third scenario obtain values throughput 7,663 Kbps, delay 0,009809 second and PDR 77,15 %. The Fourth scenario obtain values throughput 7,954 Kbps, delay 0,015264 and second of PDR 74,93 %. The Fifth scenario obtain values 2,899 Kbps throughput, delay 0,020772 seconds and PDR 63,11 %.

Keyword : WPAN, topologi, cluster tree, PDR

1. Pendahuluan

Pemanfaatan jaringan WPAN (*wireless personal area network*), mengalami perkembangan dan peningkatan yang semakin

tinggi karena sistim ini memiliki berbagai keuntungan dibandingkan dengan jalur kabel. Keuntungan yang dimaksud antara lain yaitu penggunaan media nirkabel untuk

Analisis Kinerja Jaringan WPAN Zegbee dengan Topologi Cluster Tree

mengirimkan isyarat informasi mampu mengatasi keterbatasan jarak jangkauan / pancaran isyarat untuk wilayah yang memiliki keadaan geografis yang sulit (perbukitan, berdanau dan lain-lain). Pada kondisi keadaan geografis tersebut, penggunaan media komunikasi kabel untuk pengiriman isyarat informasi di samping kurang fleksibel juga membutuhkan biaya yang besar (*high cost*). Oleh karena itulah pada kondisi lingkungan dan medan yang ekstrem dan memiliki kesulitan yang tinggi, pemanfaatan media komunikasi nirkabel dapat lebih cepat direalisasikan dan lebih murah serta mampu menekan biaya komunikasi.

Standar *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) yang mengatur / merekomendasikan komunikasi nirkabel dikelompokkan dalam satu kelompok tersendiri, yaitu kelompok standar IEEE 802.xx.x. Khusus untuk standar komunikasi nirkabel yang bersifat pribadi/personal/*ad hoc* maupun yang bersifat khusus (*ad hoc*) dikelompokkan lagi dalam kelompok standar yang lebih khusus, yaitu kelompok standar *wireless personal area network* (WPAN) atau sering dituliskan juga dengan nama kelompok standar IEEE 802.15.x.

Standar ZigBee yang dikembangkan oleh *ZigBee Alliance* merupakan standar yang dibangun berdasarkan standar IEEE 802.15.4. Implementasi ZigBee pada WPAN dapat diaplikasikan pada jaringan *sensor* nirkabel (*wireless sensor network*, WSN). Aplikasi WSN dengan standar ZigBee pada WPAN tersebut terutama diperuntukkan pada layanan laju data rendah (*low-rate*). Dengan demikian standar ZigBee yang juga merupakan bagian dari kelompok standar IEEE 802.xx, dirancang khusus untuk menyediakan layanan komunikasi nirkabel dengan laju data rendah (*low rate*) dengan *data rate* maksimal 250 kbps baik untuk komunikasi yang bersifat statis ataupun komunikasi yang bersifat dinamis.

Topologi jaringan yang digunakan pada implementasi standar ZigBee dapat berupa topologi *star*, *mesh* dan *cluster tree*. *Cluster tree* merupakan sebuah model khusus dari jaringan *peer to peer* dimana sebagian besar

perangkatnya adalah FFD dan sebuah RFD yang terhubung ke jaringan *cluster tree* sebagai node tersendiri di akhir percabangan. Salah satu dari FFD dapat berlaku sebagai koordinator (router) dan memberikan layanan sinkronisasi ke perangkat lain dan koordinator lain. Hanya satu dari koordinator ini adalah koordinator PAN yang mengontrol seluruh node.

Koordinator PAN membentuk cluster pertama dengan membentuk *Cluster head* (CLH) dengan sebuah *cluster identifier* (CID) nol, memilih sebuah pengenalan PAN yang tidak terpakai dan memancarkan frame-frame *beacon* ke perangkat sekitarnya. Sebuah perangkat menerima frame beacon mungkin meminta untuk bergabung ke network CLH. Jika koordinator PAN mengizinkan untuk bergabung, maka akan menambahkan perangkat baru ini sebagai perangkat turunannya dalam daftar perangkat disekitarnya. Proses ini berlanjut dilakukan oleh perangkat yang baru itu ke perangkat sekitarnya. Keuntungan dari struktur cluster adalah peningkatan daerah jangkauan akan tetapi diiringi dengan peningkatan *latency* pesan.

Parameter yang penting untuk diamati dalam hal pengaruh jumlah perangkat WSN dalam suatu jaringan WPAN yaitu waktu tunda (*delay time*), hilangnya informasi (*data drop*), lewatan informasi (*throughput data*), jumlah loncatan (*hop number*). Meskipun standar ZigBee dinyatakan mampu mendukung hingga sejumlah 65.000 perangkat WSN dalam satu jaringan, namun kinerja parameter di atas dalam implementasi standar ZigBee pada perangkat WSN dengan topologi *cluster tree* perlu dibuktikan. Pembuktian tersebut dapat dilakukan dengan menguji parameter tersebut terhadap perubahan jumlah perangkat WSN dalam WPAN

Berdasarkan hal diatas, maka perlu dilakukan sebuah penelitian untuk menentukan kinerja jaringan WPAN zegbee topologi cluster berdasarkan parameter diatas sehingga bisa didapatkan jumlah WSN (*node*) ideal dan jangkauan covered area dari jaringan tersebut.

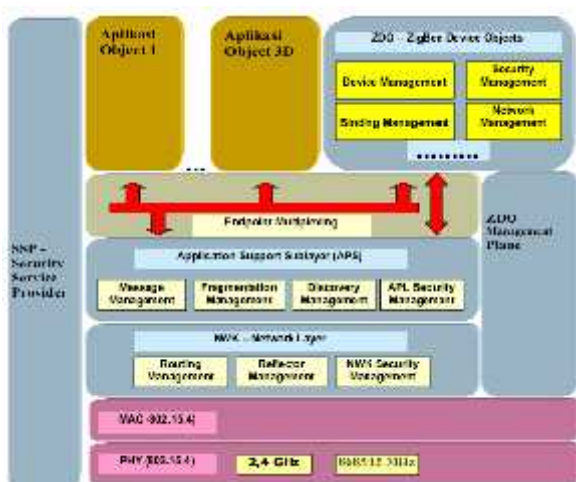
2. Dasar Teori

2.1. ZigBee dan IEEE 802.15.4

WPAN dibedakan menurut data rate, konsumsi baterai (*Battery Drain*) dan kualitas layanan (QoS). Untuk data rate tinggi (IEEE 802.15.3) cocok bagi aplikasi multimedia yang mensyaratkan QoS tinggi. Data rate menengah (IEEE 802.15.1/Bluetooth) akan menangani beberapa proses mulai dari *cellphone* sampai komunikasi PDA serta memiliki QoS yang cocok untuk komunikasi suara. Sedangkan low rate WPAN (IEEE 802.15.4/LR-WPAN) ditujukan untuk melayani suatu industri, perumahan dan aplikasi medis dengan konsumsi daya rendah dan biaya yang sangat murah dibanding WPAN yang lain serta memerlukan data rate dan QoS yang tidak terlalu tinggi.

2.2. Arsitektur Jaringan Zigbee

ZigBee dibagi dalam beberapa layer, seperti terlihat pada Gambar 1 di bawah ini [].



Gambar 1. Arsitektur protokol Zigbee/ IEEE 802.15.4

Fungsi masing-masing bagian dari layer protokol ZigBee :

a. Layer PHY (Physical layer)

Layer protokol paling rendah pada jaringan wireless Zigbee adalah layer PHY IEEE 802.15.4 atau PHY. Layer ini adalah layer paling dekat kepada hardware dan secara langsung mengendalikan dan berkomunikasi dengan radio transceiver. Layer PHY bertanggung jawab untuk mengaktifkan radio yang mengirimkan dan menerima paket-paket.

PHY juga memilih frekuensi siaran dan memastikan channel yang tidak digunakan secara langsung oleh device lain pada jaringan network lain.

b. Layer MAC (MAC layer)

Layer MAC menyediakan interface antara layer PHY dan layer NWK. MAC bertanggung jawab untuk membangkitkan beacon dan menyamakan device ke beacon (dalam jaringan beacon-enabled). Layer MAC juga menyediakan layanan-layanan gabungan dan terpisah[].

Layer MAC menerapkan pengalamatan berdasarkan 64-bit IEEE dan pengalamatan pendek 16-bit. MAC mengkoordinasi *transceiver* untuk mengakses jalur radio bersama (*shared radio link*).

c. Layer NWK (Network layer)

Layer NWK menghubungkan antara MAC dan APL dan bertanggung jawab untuk mengatur formasi dan ruting jaringan. Ruting adalah proses pemilihan jalur melalui pesan yang mana yang akan dikirimkan kepada device tujuan. Koordinator Zigbee dan router bertanggung jawab untuk menemukan dan mempertahankan rute dalam jaringan. End device Zigbee tidak dapat menampilkan penemuan rute. Koordinator Zigbee atau router akan menampilkan penemuan rute pada sisi end device. Layer NWK dari koordinator Zigbee bertanggung jawab untuk membangun jaringan baru dan memilih topologi jaringan (tree, star atau mesh).

d. Layer aplikasi (Application layer)

Layer aplikasi merupakan bagian yang mengkoordinasikan antara kode khusus aplikasi antara driver perangkat keras dengan segala sesuatu yang diperlukan pada suatu proyek pembuatan aplikasi. Dibagian ini mencakup ZDO (*ZigBee Device Object*) berperan untuk :

- Menentukan peranan dari perangkat ke jaringan (misal sebagai koordinator ZigBee ataukah hanya perangkat akhir).
- Melakukan inisiatif atau merespon permintaan binding.
- Memastikan koneksi yang aman diantara salah satu perangkat keamanan ZigBee

Analisis Kinerja Jaringan WPAN Zigbee dengan Topologi Cluster Tree

seperti public key, symmetric key, dan lain sebagainya.

Layer Aplikasi adalah layer protokol paling tinggi dalam jaringan wireless Zigbee dan host objek aplikasi. Pabrikan mengembangkan objek aplikasi untuk menyesuaikan device untuk berbagai aplikasi. Objek aplikasi mengendalikan dan mengatur layer-layer protokol dalam device Zigbee. Ini dapat menjadi diatas 240 objek aplikasi dalam sebuah device tunggal. Standar Zigbee menawarkan pilihan untuk menggunakan profil aplikasi dalam pengembangan aplikasi. Profil aplikasi adalah sebuah susunan persetujuan pada format pesan aplikasi-spesifik dan pemrosesan akasi. Penggunaan profil aplikasi memperbolehkan kemampuan operasi sendiri lebih lanjut antara produk yang dikembangkan oleh vendor yang berbeda untuk aplikasi spesifik. [].

Bagian terendah dari layer aplikasi adalah layer pendukung aplikasi (*Application Support layer*) yang memberikan layanan :

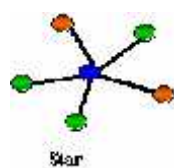
- Pencarian (*Discovery*) : berkemampuan mencari perangkat lain yang bekerja didalam wilayah operasi sebuah perangkat
- *Binding*: menyatukan 2 atau lebih perangkat berdasarkan layanan masing-masing dan kebutuhannya dan juga melanjutkan pesan diantara perangkat perangkat pembatas.

e. Layer keamanan (*security layer*)

Layer keamanan berfungsi sebagai layer untuk keamanan dalam jaringan wireless. Aspek keamanan tersebut adalah *confidentiality* dan *authentication* data. Standar IEEE mendukung penggunaan Advanced Encryption Standard (AES) untuk mengenkripsi pesan yang keluar.

2.3. Topologi Jaringan Zigbee

2.3.1. Topologi Star

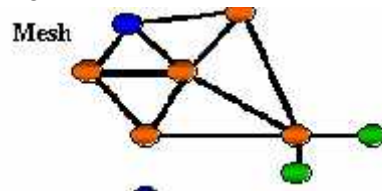


Gambar 2. Topologi star

Pada topologi star komunikasi dilakukan antara perangkat dengan sebuah pusat pengontrol tunggal, disebut sebagai koordinator PAN (*Personal Area Network*). Aplikasi dari topologi ini bisa untuk otomasi rumah, perangkat personal computer (PC), serta mainan anak-anak. Setelah sebuah FFD diaktifkan untuk pertamakali maka ia akan membuat jaringannya sendiri dan menjadi koordinator PAN. Setiap jaringan star akan memilih sebuah pengenal PAN yang tidak sedang digunakan oleh jaringan lain didalam jangkauan radionya. Ini akan mengijinkan setiap jaringan star untuk bekerja secara tersendiri.

2.3.2. Topologi Mesh (*Peer to peer*)

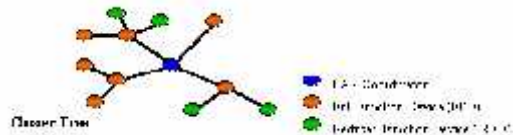
Dalam topologi *peer to peer* juga hanya ada satu koordinator PAN. Berbeda dengan topologi *star*, setiap perangkat dapat berkomunikasi satu sama lain sepanjang ada dalam jarak jangkauannya. *Peer to peer* dapat berupa *ad hoc*, *Self-organizing* dan *self healing*. Penerapannya seperti pengaturan di industri dan pemantauan, jaringan sensor tanpa kabel, pencarian aset dan inventory yang akan mendapat keuntungan dengan memakai topologi ini.



Gambar 3. Topologi mesh (peer to peer)

2.3.3. Topologi Cluster Tree

Cluster tree seperti terlihat pada gambar 4. merupakan sebuah model khusus dari jaringan *peer to peer* dimana sebagian besar perangkatnya adalah FFD dan sebuah RFD yang terhubung ke jaringan *cluster tree* sebagai *node* tersendiri di akhir percabangan. Salah satu dari FFD dapat berlaku sebagai koordinator (router) dan memberikan layanan sinkronisasi ke perangkat lain dan koordinator lain. Hanya satu dari koordinator ini adalah koordinator PAN yang mengontrol seluruh *node*.



Gambar 4. Topologi cluster tree

Koordinator PAN membentuk cluster pertama dengan membentuk *Cluster head* (CLH) dengan sebuah *cluster identifier* (CID) nol, memilih sebuah pengenal PAN yang tidak terpakai dan memancarkan frame-frame *beacon* ke perangkat sekitarnya. Sebuah perangkat menerima frame beacon mungkin meminta untuk bergabung ke network CLH. Jika koordinator PAN mengizinkan untuk bergabung, maka akan menambahkan perangkat baru ini sebagai perangkat turunannya dalam daftar perangkat disekitarnya. Proses ini berlanjut dilakukan oleh perangkat yang baru itu ke perangkat sekitarnya. Keuntungan dari struktur cluster adalah peningkatan daerah jangkauan seiring dengan peningkatan *latency* pesan

2.4. Jaringan Cluster Tunggal (*Single Cluster Network*)

Jaringan cluster tunggal terdiri dari satu node induk atau kluster kepala yang berfungsi sebagai PAN coordinator dan *node member*. Kluster kepala dan *node member* berkolaborasi membentuk jaringan. Berikut adalah urutan proses pembentukan jaringan dan komunikasi di dalam cluster tunggal.

- Proses penetapan cluster induk (*Cluster Head Selection Process*)
- Proses *Single Hop Cluster*
- Multi Hop Cluster
- Connection Reject
- Pemeliharaan jaringan (*Network Maintenance*)

2.5. Network Simulator - 2

Network Simulator 2 (NS-2) adalah sebuah perangkat lunak yang bisa digunakan untuk mensimulasikan jaringan berbasis TCP/IP dengan berbagai macam medianya. *Network Simulator 2* juga dapat disebut sebagai simulator open-source yang didesain secara khusus untuk penelitian dalam jaringan komunikasi computer. NS-2 menyediakan simulasi dan penelitian yang mendukung

jaringan kabel, jaringan nirkabel dengan menggunakan susunan TCP, UDP, IP dan CBR komunikasi. *Network Simulator 2* dibangun dengan menggunakan 2 bahasa pemrograman, yaitu C++ dan Tcl/Otcl. C++ digunakan untuk *library* yang berisi event *scheduler*, *protocol* dan simulasi oleh *user*. Tcl/Otcl digunakan pada *script* simulasi *object*. Otcl nantinya juga berperan sebagai interpreter. Bahasa Otcl cocok untuk program dan konfigurasi yang diperlukan untuk kecepatan dan perubahan jaringan berkali-kali. Selanjutnya file tcl yang berisi parameter dan variabel yang membantu perubahan scenario jaringan dan setting dan mengendalikan proses simulasi. Setting seperti tipe chanel, model propagasi, panjang queue, waktu mulai node, waktu mulai dan berhenti simulasi, file yang berisi nilai arus, tinggi antenna dan beberapa parameter spesifik ke simulasi WPAN yang ditujukan sebagai perintah-perintah TCL.

Network Simulator 2 pada dasarnya bekerja pada sistem *unix/linux* dan dijalankan dengan sistem operasi *Linux* atau *Windows*. Pada sistem *Windows* harus menambahkan *Cygwin* sebagai *Linux enviroment* agar NS2 dapat dijalankan.

Selain itu juga dapat digunakan untuk mensimulasikan protokol jaringan (TCPs/UDP/RTP), *Traffic behavior* (FTP, Telnet, CBR, dan lain-lain), *Queue management* (RED, FIFO, CBQ), algoritma *routing unicast* (*Distance Vector*, *Link State*) dan *multicast* (*PIM SM*, *PIM DM*, *DVRMP*, *Shared Tree* dan *Bidirectional Shared Tree*), aplikasi multimedia yang berupa *layered video*, *Quality of Service video-audio* dan *transcoding*.

3. Perancangan Sistem dan Simulasi

3.1. Perancangan Sistem

Sistem simulasi jaringan memerlukan perencanaan yang tepat agar uji coba yang dibuat pada NS-2 dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan dan mewakili keadaan sebenarnya. Urutan parameter yang ditentukan pada penelitian dalam membangun sistem simulasi jaringan pada NS-2 yaitu sebagai berikut :

Analisis Kinerja Jaringan WPAN Zegbee dengan Topologi Cluster Tree

3.1.1. Penetapan Parameter Simulasi

Pada software NS-2, ada beberapa parameter penting yang harus ditetapkan agar simulasi dapat berjalan dengan baik. Untuk mempermudah dan memperjelas pengaturan parameter simulasi maka akan disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 1. Parameter simulasi jaringan WPAN ZegBee Cluster Tree

Parameter	Spesifikasi
Model propagasi	Two way ground
Tipe antrian	FIFO
Model antena	Omni directional
Protokol routing	AODV
Waktu simulasi	100 detik
Jumlah node	4, 13, 28, 49 dan 76 buah
Jumlah hop	1, 2, 3, 4 dan 5
Area simulasi	100 m x 100 m
Topologi	Cluster tree tunggal
Ukuran Paket	50
Tipe trafik	FTP
Network Simulator	NS-2.35

3.1.2. Penetapan Skenario Simulasi

Skenario simulasi yang direncanakan dalam uji coba sistem jaringan WPAN cluster tree ini adalah lima model. Masing-masing skenario berhubungan dengan jumlah hop dan node pada jaringan seperti terlihat pada tabel 3.2. Sedangkan penempatan posisi node terlihat pada gambar 3.1.

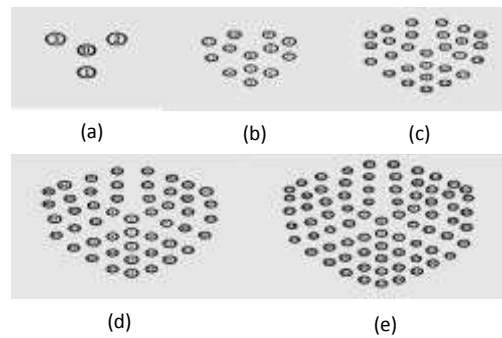
Tabel 2. Skenario simulasi jaringan WPAN ZegBee cluster tree

skenario	Jumlah hop	Jumlah node
1	1	4
2	2	13
3	3	28
4	4	49
5	5	76

- a. Skenario pertama dilakukan dengan menggunakan 4 node seperti terlihat pada gambar 5.(a). Node 0 adalah PAN
- b. coordinator dan 3 node lainnya sebagai device yang diberi jarak antar node sebesar ± 10 meter sesuai dengan coverage node 0. Pada percobaan pertama ini node 1, 2 dan 3

disimulasikan mengirim paket data ke node 0 pada detik 8,2, 8,4 dan 8,6. Jumlah hop dari node sumber ke tujuan adalah satu.

- c. Skenario kedua dilakukan dengan menggunakan 13 node seperti terlihat pada gambar 3.1.(b). Node 0 adalah PAN coordinator, node 1,2 dan 3 berfungsi sebagai router. Node 4 s/d 12 sebagai device yang diberi jarak antar node sebesar ± 10 meter dari node router. Pada percobaan kedua node 1, 2 dan 3 disimulasikan mengirim paket data ke node 0 pada detik 8,2, 8,4 dan 8,6 sedangkan node 4 s/d 12 mengirim paket data data pada detik ke-20. Jumlah hop dari node sumber ke tujuan adalah dua.



Gambar 5. Posisi node topologi tree

- (a). 4 node 1 hop. (b). 13 node 2 hop. (c). 28 node 3 hop (d). 49 node 4 hop. (e). 76 node 5 hop

- d. Skenario ketiga dilakukan dengan menggunakan 28 node seperti terlihat pada gambar 5.(c). Node 0 adalah PAN coordinator, node 1,2 dan 3 berfungsi sebagai router kedua. Node 4 s/d 12 berfungsi sebagai router pertama. Node 13 s/d 27 sebagai node device yang diberi jarak antar node sebesar ± 10 meter dari node router pertama. Pada percobaan ketiga ini node 1, 2 dan 3 disimulasikan mengirim paket data ke node 0 pada detik 8,2, 8,4 dan 8,6 sedangkan node 4 s/d 12 mengirim paket data pada detik ke-20. Node 13 s/d 27 mengirim paket data pada detik ke-25. Jumlah hop dari node sumber ke tujuan adalah tiga.

- e. Skenario keempat dilakukan dengan menggunakan 49 node seperti terlihat pada

Analisis Kinerja Jaringan WPAN Zegbee dengan Topologi Cluster Tree

gambar 5.(d). *Node 0* adalah PAN coordinator, *node 1, 2 dan 3* berfungsi sebagai *router* ketiga. *Node 4 s/d 12* berfungsi sebagai *router* kedua. *Node 13 s/d 27* berfungsi sebagai *router* pertama. *Node 28 s/d 49* sebagai *node device* yang diberi jarak antar *node* sebesar ± 10 meter dari *node router* pertama. Pada percobaan keempat ini *node 1, 2 dan 3* disimulasikan mengirim paket data ke *node 0* pada detik 8,2 , 8,4 dan 8,6 sedangkan *node 4 s/d 12* mengirim paket data pada detik ke-20. *Node 13 s/d 27* mengirim paket data pada detik ke-25. *Node sumber 28 s/d 49* mengirim paket data pada detik ke-30. Jumlah *hop* dari *node sumber* ke tujuan adalah empat.

f. Skenario kelima dilakukan dengan menggunakan 76 *node* seperti terlihat pada gambar 5.(e). *Node 0* adalah PAN coordinator, *node 1,2 dan 3* berfungsi sebagai *router* keempat. *Node 4 s/d 12* berfungsi sebagai *router* ketiga. *Node 13 s/d 27* berfungsi sebagai *router* kedua. *Node 28 s/d 49* berfungsi sebagai *router* pertama. *Node 50 s/d 76* sebagai *node device* yang diberi jarak antar *node* sebesar ± 10 meter dari *node router* pertama. Pada percobaan keempat ini *node 1, 2 dan 3* disimulasikan mengirim paket data ke *node 0* pada detik 8,2 , 8,4 dan 8,6 sedangkan *node 4 s/d 12* mengirim paket data pada detik *Node 4 s/d 27* mengirim paket data pada detik *Node 28 s/d 49* mengirim paket data pada detik..... *Node sumber 50 s/d 76* mengirim paket data pada detik..... Jumlah *hop* dari *node sumber* ke tujuan adalah lima.

3.1.3. Penetapan Parameter Kinerja Jaringan

a. *Throughput*

Throughput merupakan suatu istilah yang mendefinisikan banyaknya bit yang diterima dalam selang waktu tertentu dengan satuan bit per *second* yang merupakan kondisi data *rate* sebenarnya dalam suatu jaringan. Secara umum *Throughput* dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$Thr = \frac{\text{total paket yg berhasil dikirim} \times \text{ukuran paket}}{\text{total waktu pengamatan}}$$

b. *Delay* (waktu tunda)

Waktu tunda adalah jumlah total waktu pengiriman paket dalam satu kali pengamatan. Dalam hal ini satu kali simulasi dibagi dengan jumlah usaha pengiriman yang berhasil dalam satu kali pengamatan tersebut. Secara umum *delay* rata-rata dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$T = \frac{\sum \text{waktu pengiriman paket dalam satu kali pengamatan}}{\text{Usaha pengiriman paket berhasil}}$$

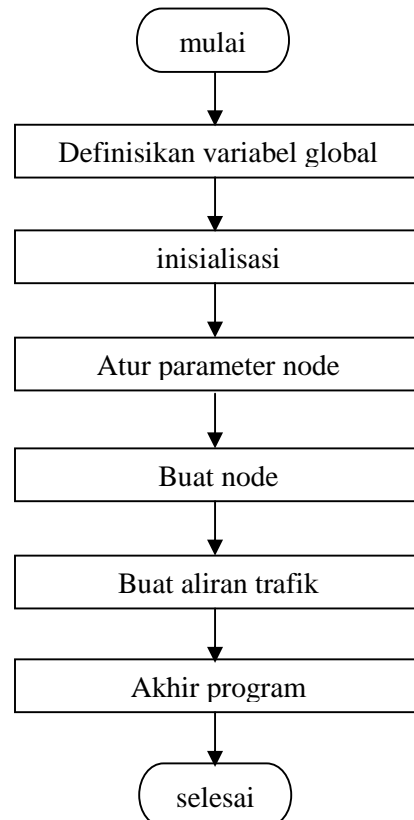
c. *Packet Delivery Ratio* (PDR)

Packet Delivery Ratio merupakan perbandingan banyaknya jumlah paket yang diterima oleh *node* penerima dengan total paket yang dikirimkan dalam suatu periode waktu tertentu. Atau bisa juga dihitung dengan cara mengurangi jumlah paket keseluruhan yang dikirim dengan paket yang *loss* atau hilang. Secara matematis *Packet Delivery Ratio* dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$PDR (\%) = \left(\frac{\sum \text{Paket diterima}}{\sum \text{Paket dikirim}} \right) \times 100 \% ..$$

3.2. Perancangan Program Simulasi

Flowchart proses simulasi jaringan WPAN dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Diagram alir proses pembuatan simulasi jaringan WPAN cluster tree

3.3. Pengambilan Data Hasil Simulasi

Hasil simulasi jaringan berisi seluruh informasi tentang proses yang terjadi selama simulasi. Hasil tersebut dihasilkan dalam bentuk *file trace*. Selanjutnya hasil file tersebut dianalisa dengan *software* NS2 Visual Analyzer.

4. Analisis Data Kinerja Jaringan WPAN Zegbee

4.1. Throughput

Nilai *throughput* pada kelima skenario bervariasi karena dipengaruhi jumlah *node*, antrian, jumlah *hop* dan perbedaan waktu pengiriman data seperti terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan nilai throughput hasil simulasi

skenario	1	2	3	4	5	
Jumlah node	4	13	28	49	76	
Jumlah hop	1	2	3	4	5	
Throughput (KB/s)	Min	0,388	1,064	0	0,097	0
	Max	9,700	9,118	4,140	3,871	7,372
	Rata2	8,037	6,562	7,663	7,954	2,899

Nilai *throughput* maksimal didapatkan pada skenario pertama yaitu 9,700 Kbps dan rata-rata 8,037. Hal ini karena hanya terdapat tiga *node device* dan satu *hop* sehingga data dari *node* sumber ke tujuan belum melewati router.

Simulasi pada skenario kedua terjadi penurunan *throughput* rata-rata menjadi 6,562 Kbps. Akan tetapi pada skenario ketiga dan keempat terjadi peningkatan. Penurunan *throughput* diakibatkan adanya penundaan dan antrian data pada router karena pada periode waktu pengiriman data bersamaan dengan proses pengembangan jaringan oleh router ke *node* di bawahnya. Hal ini mengakibatkan peningkatan paket data *loss* sehingga mengurangi *throughput* rata-rata rangkaian.

4.2. Delay

Hasil *delay* pada kelima skenario simulasi jaringan terlihat pada tabel 4. *Delay* terbaik secara rata-rata didapatkan pada skenario pertama yaitu sebesar 0,007342 detik dan *delay* tertinggi didapatkan pada skenario kelima yaitu 0,020772 detik. Secara umum besarnya *delay* minimum yang didapatkan untuk kelima skenario hampir sama. Akan tetapi *delay* maksimal yang membedakan kelima skenario tersebut dimana skenario kelima tercatat angka *delay* tertinggi sebesar 4,325279 detik.

Tabel 4. Perbandingan nilai *delay* hasil simulasi

Skenario	1	2	3	4	5	
Jml node	4	13	28	49	76	
Jml hop	1	2	3	4	5	
Delay (s)	Min	0,002912	0,002912	0,002912	0,004512	0,002912
	Max	0,073952	0,099423	1,084256	3,446816	4,325279
	Rata-rata	0,007342	0,007774	0,009809	0,015264	0,020772

Data pada tabel juga menunjukkan pertambahan nilai *delay* berbanding lurus dengan pertambahan jumlah *node* dan *hop*. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah *node* maka terjadi antrian paket data terutama pada *node* router. Selain itu pertambahan jumlah *hop* yang harus dilewati oleh paket data untuk sampai di *node* tujuan juga menaikkan *delay*.

4.3. Packets Delivery Ratio (PDR)

Hasil PDR pada kelima skenario simulasi jaringan terlihat pada tabel 5. PDR terbaik secara rata-rata didapatkan pada skenario pertama yaitu sebesar 97,37 % dan PDR tertinggi didapatkan pada skenario kelima yaitu 63,11 %.

Tabel 5. Perbandingan nilai PDR hasil simulasi

Skenario	1	2	3	4	5
Jumlah node	4	13	28	49	76
Jumlah hop	1	2	3	4	5
Packet loss ratio	2,63	9,63	22,86	25,07	36,89
Packet delivery ratio	97,37	90,37	77,15	74,93	63,11

Data pada tabel juga menunjukkan penurunan nilai PDR berbanding terbalik dengan penambahan jumlah *node* dan *hop*. Hal ini dikarenakan semakin banyak jumlah *node* maka terjadi antrian paket data terutama pada *node* router sehingga terjadi *loss* pada *node* tersebut.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi Analisis Kinerja Jaringan WPAN Zegbee Dengan Topologi Cluster Tree yang telah dilakukan, maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

- a. Nilai *Throughput* tertinggi didapatkan pada skenario pertama yaitu sebesar 9,700 Kbps.
- b. Pertambahan jumlah *node* dan *hop* mengakibatkan kenaikan *delay* jaringan. Dimana *delay* terkecil didapatkan sebesar 0,007342 detik pada skenario pertama dan tertinggi 0,020772 detik pada skenario kelima.
- c. Pertambahan jumlah *node* dan *hop* mengakibatkan penurunan PDR jaringan. Dimana PDR terbesar didapatkan sebesar 97,37 % pada skenario pertama dan terkecil 63,11 % pada skenario kelima.

5.2. Saran

Saran yang bisa dianjurkan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

- a. Mengukur kinerja jaringan dengan menambahkan paket pengiriman data antar *node* dalam jaringan.
- b. Menggunakan algoritma routing yang lain seperti DSR dan TORA.
- c. Menambahkan parameter kondisi lingkungan dan *propagation model indor* dan *outdor*.
- d. Menambah jumlah cluster dan komunikasi *node* antar cluster.

Daftar Pustaka

- [1] Novianti, Dwi. *Simulasi Kinerja WPAN 802.15.4 (Zegbee) dengan algoritma AODV dan DSR*. Universitas Diponegoro. Semarang. 2011.
- [2] Uikey, Rajeshwari., Sanjeev Sharma, *Zegbee Cluster Tree Performance*

Improvement technique. International Journal of Applications (0975-8887) volume 62-n0.19 january 2013.

- [3] Gislason, Drew. *Zegbee Wireless Networking*. www.newnespress.com.
- [4] Farahani, Shahin. *ZigBee Wireless Networks and Transceivers*. 2008
- [5] Alimi, Sabri. Sukiswo. Santoso Imam. *Kinerja Routing Fishery State Routing (FSR)*. Universitas Diponegoro. Semarang. 2009.
- [6] Jusak, *Teknologi Komunikasi Data Modern*, Andi Offset, Yogyakarta, 2013.
- [8] Wirawan, AB., E Indarto, *Mudah Membangun Simulasi dengan Network Simulator-2 (NS-2)*, Andi, Yogyakarta, 2004.