

SIMULASI KINERJA WPAN 802.15.4 (ZIGBEE) DENGAN ALGORITMA *ROUTING* AODV dan DSR

Dwi Nofianti¹⁾, Sukiswo, S.T., M.T.²⁾, Adian Fatchur Rochim, S.T., M.T.²⁾
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia 50272

ABSTRACT

To establish wireless network for sending information can approximate from data rate, coverage area, network topology, network size, routing protocol and consumption power. Wireless technology divide into two groups to solve this problem, they are : WLAN (Wireless Local Area Network) and WPAN (Wireless Personal Area Network). WPAN is wireless network that have low data rate, low consumption power and in boundary coverage are. Zigbee is kind of WPAN groups that uses at sensor and control for home application. In this final project, modeling WPAN with zigbee using network simulator 2 in mesh topology. The values of performance QoS (Quality of Service) wireless network uses three parameters such as : throughput, delay and packet loss. With routing protocol uses to increases performance of WPAN network like increasing throughput, decreasing delay and also packet loss ratio.

Keywords: WPAN, QoS (Quality of Services), zigbee, NS-2

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi telekomunikasi berkembang sangat pesat, terutama dalam hal jaringan telekomunikasi. Perkembangan jaringan telekomunikasi diantaranya adalah LAN (*Local Area Network*), LAN menghubungkan sejumlah komputer dalam satu area yang tidak begitu luas, LAN kemudian berkembang menjadi MAN (*Metropolitan Area Network*) yang pada dasarnya merupakan LAN tetapi mempunyai wilayah jangkauan yang lebih luas, MAN kemudian berkembang menjadi WAN (*Wide Area Network*) yang mempunyai jangkauan yang sangat luas bahkan dapat mencakup antar negara maupun antar benua. Karena semakin meningkatnya kebutuhan telekomunikasi kemudian jaringan telekomunikasi berkembang lagi menjadi hal yang lebih pribadi yang disebut dengan PAN (*Personal Area Network*), PAN merupakan jaringan komunikasi antar perangkat pribadi yang berbasis komunikasi data dengan jarak yang dekat. Hal ini dilakukan agar informasi dapat dikirim dengan cepat dan efisien antara pengirim dan penerima. Pada proses pengiriman informasi atau data kemungkinan terdapat informasi yang hilang, sehingga membutuhkan pengiriman ulang. Paket data atau informasi yang hilang ini dapat disebabkan oleh adanya antrian yang padat, jarak transmisi atau adanya data yang bertabrakan.

perkembangan sangat pesat diantaranya adalah teknologi *wireless* (nirkabel). Teknologi nirkabel ini berkembang dikarenakan dengan nirkabel dapat mengurangi biaya pemasangan kabel, karena bersifat bergerak maka layanan dapat dilakukan dimana saja selama masih dalam *coverage area* yang diperbolehkan. Teknologi nirkabel yang mempunyai perkembangan sangat pesat akhir-akhir ini adalah *wireless personal network* (WPAN). WPAN adalah jaringan tanpa kabel yang dapat menghubungkan satu perangkat dengan perangkat lain yang berdekatan dengan menggunakan interface seperti *bluetooth*, UWB (*Ultra Wide Band*) dan zigbee. WPAN ini mempunyai jangkauan yang tidak begitu luas (*short range*) namun mempunyai kelebihan yaitu jaringan ini mempunyai konsumsi daya rendah (*low power*), biaya rendah (*low cost*), satu jaringan dapat *support* minimal 16 perangkat, dan tipe jaringan yang sederhana. Jaringan WPAN ini cocok diimplementasikan untuk gedung-gedung yang berdekatan, kampus dll. Teknologi yang biasa dipakai dalam *wireless personal area network* antara lain : *bluetooth*, UWB (*Ultra Wide Band*) dan zigbee. Teknologi-teknologi tersebut mempunyai jangkauan atau *coverage area*, *data rate*, dan frekuensi yang berbeda-beda tergantung kebutuhan.

WPAN dibedakan menurut laju data, konsumsi baterai dan kualitas layanan. Untuk laju data tinggi (IEEE 802.15.3) cocok bagi bagi aplikasi multimedia yang mensyaratkan QoS tinggi.

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/zigbee) ditujukan untuk melayani suatu kampus, industri, perumahan dan aplikasi medis dengan konsumsi daya rendah. Dengan melihat kelebihan dan untuk mengetahui proses pengiriman data pada WPAN, maka pada tugas akhir ini akan mensimulasikan jaringan WPAN dengan menggunakan permodelan jaringan atau teknologi zigbee (IEEE 802.15.4) dengan menggunakan topologi jaringan *mesh* serta menggunakan dua metode *routing* yaitu DSR dan AODV. Pemilihan dengan metode *routing* DSR karena protokol ini sangat cocok diimplementasikan karena mobilitasnya tinggi dan mempunyai performa yang baik pada perubahan kapasitas jaringan sedangkan pemilihan metode *routing* AODV karena mempunyai performa yang baik saat terjadi perubahan kapasitas jaringan tingkat mobilitas tinggi maupun tingkat volume trafik jaringan.

1.2 Tujuan

1. Mensimulasikan jaringan WPAN dengan menggunakan *software network simulator 2* (NS2).
2. Menganalisa 2 metode *routing* yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu DSR dan AODV.
3. Menganalisa QoS pada jaringan WPAN.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada pembuatan tugas akhir ini sebagai berikut :

1. *Network Simulator* yang digunakan adalah *network simulator 2* (NS 2) seri 2.29.
2. Node yang digunakan untuk simulasi tidak lebih dari 50 node.
3. Metode *routing* yang digunakan adalah DSR dan AODV.
4. Disiplin antrian yang digunakan adalah FIFO (*First In First Out*) / *Droptile*.
5. Jenis *transport agent* yang digunakan TCP (*Transport Control Protocol*).

II. LANDASAN TEORI

2.1 *Wireless Personal Area Network* (WPAN)

Jaringan WPAN adalah sistem komunikasi data tanpa kabel yang merupakan perluasan dari jaringan PAN dengan kabel. WPAN memiliki jangkauan yang lebih pendek (± 100 m). WPAN dapat diimplementasikan pada gedung-gedung yang

kawasan industri dan juga dapat digunakan untuk aplikasi medis. WPAN merupakan jaringan nirkabel tanpa infrastruktur yang memungkinkan beberapa data dan perangkat dapat berkomunikasi secara sendiri-sendiri.

WPAN memiliki kelebihan antara lain :

- a. Konsumsi daya rendah
- b. *Mobilitas* (pergerakan) yang tinggi. WPAN memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi dimanapun berada selama masih dalam jangkauan wilayah WPAN.
- c. Kemudahan dan kecepatan instalasi. Instalasi WPAN mudah karena dan cepat karena bisa dilakukan tanpa harus menarik dan memasang kabel.
- d. Fleksibel. Teknologi WPAN memungkinkan untuk membangun jaringan dimana kabel tidak dapat digunakan atau tidak memungkinkan untuk digunakan.
- e. Biaya lebih murah, meskipun biaya instalasi awalnya WPAN lebih mahal dari PAN konvensional tetapi biaya pemeliharannya lebih murah.
- f. *Scalabel*. WPAN dapat menggunakan berbagai topologi jaringan sesuai dengan kebutuhan.

Contoh konfigurasi jaringan WPAN adalah seperti gambar berikut ini :



Gambar 1. Jaringan WPAN

Kekurangan dari WPAN adalah sebagai berikut :

- Jarak jangkauannya pendek hanya sekitar ± 100 m.
- *Data rate* rendah

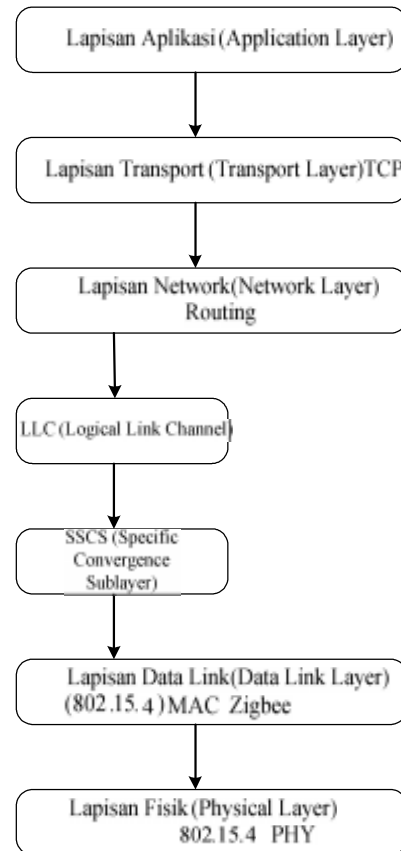
IEEE adalah organisasi yang mengatur tentang teknologi WPAN. Dibawah ini adalah tabel tentang karakteristik dari teknologi WPAN.

Tabel 1. Karakteristik Teknologi WPAN

Paramater	Bluetooth (IEEE 802.15.1)	UWB (IEEE 802.15.3)	ZigBee (IEEE 802.15.4)
Aplikasi	-Komputer dan aksesoris nya -komputer ke komputer -komputer dengan beberapa peralatan digital	Multimedia, Radar resolusi tinggi, sensor jaringan nirkabel, sistem lokasi radio	Komplek perumahan, kompleks industri, aplikasi medis, gedung-gedung yang berdekatan
Band frekuensi	2.4-2.48GHz	3.1-10.6GHz	868MHz 902-928MHz 2.4-2.48GHz
Jangkauan	~10 meter	~10 meter	~100 meter
Laju data maksimal	3 Mbps	1 Gbps	20 Kbps 40 Kbps 250 Kbps
Modulasi	GFSK, 2PSK, 8PSK	OPSK, BPSK	BPSK (868/928 MHz) OPSK (2.4GHz)

2.2 Arsitektur WPAN

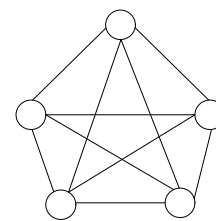
Gambar arsitektur perangkat WPAN terlihat pada gambar 2. Arsitektur WPAN terdiri dari penerima frekuensi radio yang merupakan pengontrol level bawah yang berada pada lapisan fisik, kemudian di atasnya ada lapisan *data link (data link layer)* yang di dalamnya terdapat sub lapisan MAC yang selain berfungsi untuk menghubungkan dengan lapisan fisik juga berfungsi untuk mengkonfigurasi jaringan. Lapisan di atas lapisan *data link* adalah lapisan *network* yang berfungsi mencari jalan untuk pengiriman data (*message routing*). Lapisan paling atas dalam arsitektur WPAN adalah lapisan aplikasi yang berfungsi untuk perangkat antar muka antara pemakai dan perangkat.



Gambar 2 Arsitektur WPAN

2.3 Topologi Jaringan WPAN

Topologi jaringan yang digunakan adalah topologi mesh yaitu topologi yang menerapkan hubungan anatar node secara penuh



Gambar 3 Topologi mesh

2.4 Zigbee

Zigbee termasuk standard keluarga 802.15. Zigbee mempunyai kode standard 802.15.4. Kecepatan maksimal dari zigbee adalah 250 Kbps dan jarak maksimal yang dapat dijangkau adalah ±100 meter. Kelebihan zigbee adalah sebagai berikut :

- Konsumsi daya rendah (*low power consumptions*).
- Bentuknya kecil.
- Mudah dalam pengoperasiannya.
- Desain sederhana.
- Biaya murah.

2.5 Parameter Kinerja Jaringan

2.5.1 Throughput

Throughput adalah laju rata-rata dari paket data yang berhasil dikirim melalui kanal komunikasi atau dengan kata lain *throughput* adalah jumlah paket data yang diterima setiap detik. *Throughput* dinyatakan dalam satuan bit per second (bps) dan juga dalam satuan data paket per second. Nilai dari *throughput* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Throughput} = \sum_{i=Tr}^{Tt+1} P_i \quad ; 0 \leq t \leq T$$

Dimana :

P = Besar paket yang diterima (bit)

T = Waktu simulasi (detik)

t = Waktu pengambilan sampel (detik)

2.5.2 Paket Hilang (Packet Loss)

Paket hilang adalah banyaknya jumlah paket yang hilang selama komunikasi berlangsung. Paket hilang terjadi ketika satu atau lebih paket data yang melewati suatu jaringan gagal mencapai tujuan.

$$\text{Paket hilang} = \frac{P_d}{P_s} \times 100 \quad ; 0 \leq t \leq T$$

Dimana :

P_d = Jumlah paket yang mengalami *drop* selama satu detik (paket)

P_s = Jumlah paket yang dikirim selama satu detik (paket)

T = Waktu simulasi (detik)

t = Waktu pengambilan sampel (detik)

2.5.3 Waktu Tunda (delay)

Waktu tunda (*delay*) merupakan selang waktu yang dibutuhkan oleh suatu paket data saat data mulai dikirim dan keluar dari proses antrian sampai mencapai titik tujuan. Waktu waktu tunda dinyatakan dalam satuan detik. Untuk menghitung waktu tunda digunakan persamaan berikut :

$$\text{Waktu tunda} = \frac{T_r - T_s}{P_r} \times 100 \quad ; \text{detik} \quad 0 \leq t \leq T$$

Dimana :

T_r = Jumlah waktu penerimaan paket selama satu detik (detik)

T_s = Jumlah waktu pengiriman paket selama satu detik (detik)

P_r = Jumlah paket yang diterima selama satu detik (paket)

T = Waktu simulasi (detik)

t = Waktu pengambilan sampel (detik)

2.6 Network Simulator 2

Network simulator (NS) merupakan media simulasi yang pada dasarnya bekerja pada sistem unix/linux. NS dapat dijalankan dengan menggunakan *operating system* (OS) linux atau

windows harus menambahkan cygwin sebagai linux environmennya. NS dapat mensimulasikan jaringan TCP/IP. NS juga mendukung bermacam-macam protokol jaringan seperti : TCP,UDP dan RTP dengan sumber trafik (FTP, Telnet dan CBR). Pengambilan data simulasi digunakan untuk kepentingan analisis. Pengambilan data mengacu pada *trace file* yang dihasilkan setelah menjalankan simulasi. *Trace file* berisi catatan seluruh kejadian pada simulasi yang dibangun. Keluaran trace file berupa file dengan ekstensi *.tr.Untuk menampilkan suatu model simulasi dilakukan dengan membuat suatu animator file yang biasanya berformat *.nam. Untuk memplot hasil simulasi dalam bentuk grafik digunakan perintah xgraph maupun gnuplot.

2.7 Routing Protocol

Routing (pencarian jalan) pada jaringan nirkabel menggunakan *ad hoc routing protocol*.

a. DSR (Dynamic Source Routing)

DSR di *design* untuk jaringan tanpa infrastruktur yang mempunyai banyak node. Protokol DSR terdiri dari dua fase yaitu fase pencarian rute (*route discovery*) dan fase pemeliharaan rute (*route maintenance*).

Jika suatu node ingin mengirimkan suatu paket ke node yang lain, node tersebut akan memeriksa apakah memiliki catatan mengenai rute menuju titik yang diinginkan. Apabila terdapat catatan mengenai rute yang dimaksud, paket akan dikirimkan melalui rute tersebut. Namun apabila tidak ditemukan rute yang diinginkan, proses pencarian rute akan dilakukan.

Pertama akan dikirimkan paket permintaan rute (RREQ) secara *broadcast*. Paket permintaan rute (RREQ) berisi alamat node sumber, alamat node tujuan dan bilangan unik untuk identifikasi. Node-node yang menerima RREQ kemudian memeriksa catatan rute yang dimilikinya, apakah rute yang diinginkan oleh pengirim paket permintaan rute ada atau tidak. Jika ternyata tidak ditemukan rute yang dimaksud, node yang menerima RREQ akan menambahkan alamat kedalam paket untuk kemudian membroadcast kembali paket tersebut ke node-node yang lain atau node tetangga sampai ditemukan rute menuju kearah node tujuan.

Ketika RREQ berhasil sampai ke node tujuan, node tersebut akan mengirimkan paket balasan (RREP) kepada node sumber yang meminta rute.

Paket balasan (RREP) akan berisi catatan node-node yang dilewati oleh paket permintaan rute (RREQ) mulai dari awal sampai node tujuan.

Untuk pemeliharaan rute, DSR memiliki dua macam paket yaitu paket *error* dan paket pemberitahuan. Disaat suatu node menemukan kesalahan transmisi pada lapisan *data link*, node tersebut akan mengirimkan paket *error* ke jaringan. Node yang menerima paket tersebut akan menghapus catatan rute yang berkaitan dengan node pengirim paket *error*, dan node sumber paket *error* akan membroadcast RREQ kembali sampai ditemukan rute yang benar menuju node tujuan. Sedangkan paket pemberitahuan digunakan untuk memeriksa kebenaran proses suatu rute.

b. AODV (*Ad hoc On-Demand Distance Vector*)

Protokol *Ad hoc On-Demand Distance Vector* (AODV) juga melakukan mekanisme layaknya DSR yaitu adanya rute pencarian (*Route Discovery*) dan rute pemeliharaan (*Route Maintenance*). Pesan-pesan yang digunakan dalam protokol AODV, yaitu *Route Request* (RREQ), *Route Reply* (RREP) dan *Route Error* (RERR). Ketiga pesan tersebut adalah inti dari protokol AODV. Fungsi dari pesan-pesan tersebut adalah untuk menemukan rute menuju node tertentu, pemberitahuan akan adanya perubahan topologi jaringan serta menjaga kesinambungan koneksi jaringan.

Protokol AODV hanya berperan aktif pada proses komunikasi dalam jaringan *ad hoc* jika tidak ditemukan rute untuk mengirimkan paket data dari node sumber ke node tujuan dalam jaringan. Apabila rute yang diinginkan tersedia dan valid maka proses penggunaan protokol AODV tidak dijalankan. Mekanisme yang demikian sangat menguntungkan untuk mengurangi penggunaan energi dan lalu lintas data dalam jaringan.

Pencarian rute dilakukan ketika sebuah node membutuhkan *next hop* yang menuju pada tujuan, yang dilakukan dengan mengirimkan pesan RREQ secara *broadcast* ke semua node yang mampu dijangkaunya. Node yang menerima RREQ akan memeriksa apakah memiliki informasi rute menuju tujuan yang dimaksud, jika node antara tidak mempunyai informasi rute menuju tujuan, maka node tersebut akan meneruskan RREQ tersebut hingga sampai ke node tujuan atau node yang mempunyai informasi rute menuju node tujuan. Ketika node antara meneruskan RREQ, node tersebut juga membuat *nex hop reverse* menuju node sumber, yang berguna ketika mengirimkan pesan balasan.

Kemudian node tujuan tersebut akan mengirimkan pesan balasan berupa RREP sebagai balasan dari RREQ. RREP berisi *sequence number* dan *hop count*. Pesan RREP akan dikirimkan secara *unicast* ke node sumber sepanjang *reverse hop*

pesan RREQ. Node antara yang menerima pesan RREP akan meneruskannya menuju node sumber dan akan menaikkan nilai *hop count*. Jika node sumber menerima banyak RREP maka akan dipilih salah satu dengan nilai *hop count* terkecil.

Pemeliharaan rute dilakukan dengan mengirimkan pesan “Hello” secara *broadcast* pada interval tertentu. Dengan adanya pesan Hello ini akan diketahui adanya link yang terputus, maka akan dikirimkan RERR ke node sebelumnya yang terkait dengan rute tersebut.

III PERANCANGAN SISTEM

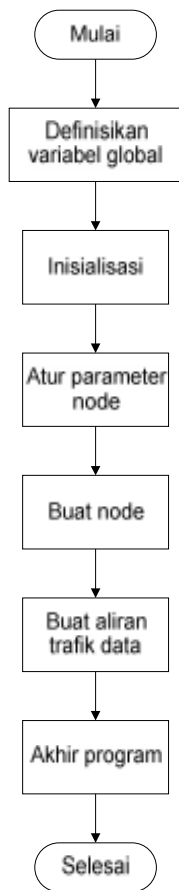
Pada program simulasi WPAN terdapat parameter-parameter yang dapat mempengaruhi hasil simulasi. Parameter yang digunakan dalam simulasi digolongkan menjadi 2 bagian yaitu parameter yang telah didefinisikan oleh NS2 dan parameter yang didefinisikan sendiri oleh perancang.

Tabel 2 Parameter simulasi jaringan WPAN yang didefinisikan oleh perancang

Parameter	Nilai
Model propagasi	<i>Free Space</i>
Tipe antarmuka antrian	<i>Drop tail</i>
Model antena	Omni antenna
Tipe protokol <i>routing</i>	DSR dan AODV
Dimensi topografi	100x100 m
Jumlah node maksimal	50 node
Waktu simulasi	200 detik

3.1 Program Simulasi Jaringan WPAN

Program simulasi jaringan WPAN terbagi menjadi beberapa tahapan utama yaitu pengaturan parameter untuk simulasi, inisialisasi, pembuatan node, dan pengaturan parameter node, pembuatan aliran trafik data dan akhir program. Secara keseluruhan tahapan perancangan program simulasi jaringan WPAN terlihat pada diagram alir gambar 4



Gambar 4 Diagram alir tahapan pembuatan simulasi jaringan WPAN

Program simulasi jaringan WPAN ini dibuat dalam 5 skenario seperti terlihat dalam tabel 3
Tabel 3 Skenario dalam simulasi

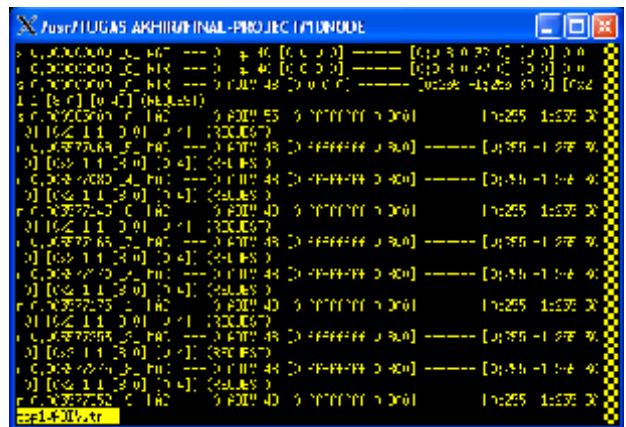
Skenario	Jumlah node
1	3
2	10
3	20
4	35
5	50

IV PENGUJIAN dan ANALISIS

Pengujian terhadap simulasi jaringan WPAN dilakukan dengan tujuan agar simulasi yang telah dibuat berjalan sesuai dengan yang diinginkan atau belum.

4.1 Pengujian Keluaran Hasil Simulasi

Data keluaran hasil simulasi yaitu data berbentuk *file trace*. *File trace* digunakan untuk proses analisis numerik. Tampilan cuplikan dari *trace file* seperti terlihat pada gambar 5



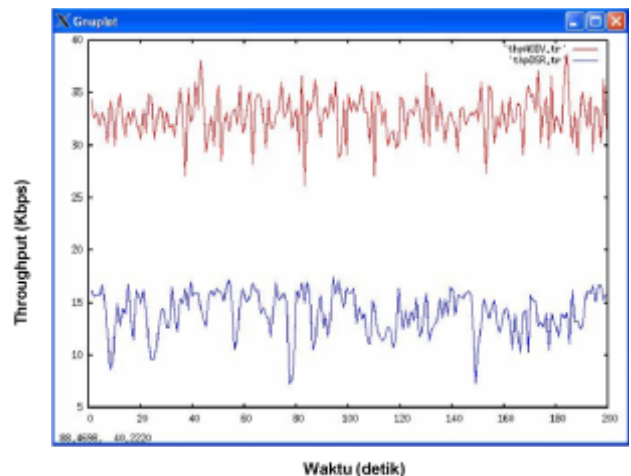
Gambar 5 Cuplikan tampilan data *trace file* simulasi jaringan WPAN

4.2 Perhitungan dan Analisa Performansi

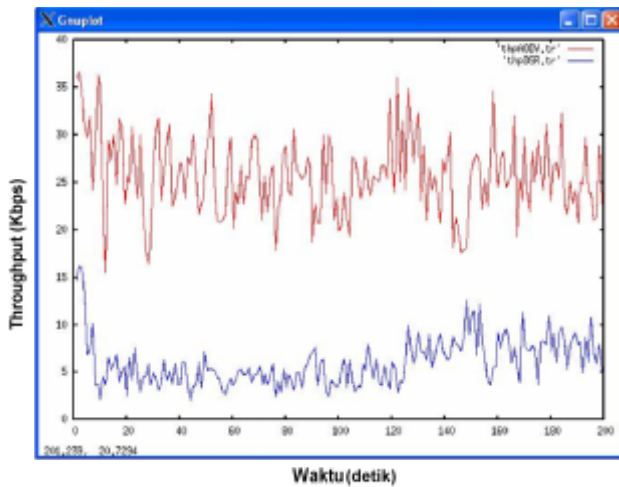
Dari data *trace file* dapat dihitung nilai dari parameter-parameter yang menunjukkan kinerja dari jaringan WPAN. Parameter tersebut adalah *throughput*, paket hilang dan waktu tunda.

4.2.1 Throughput

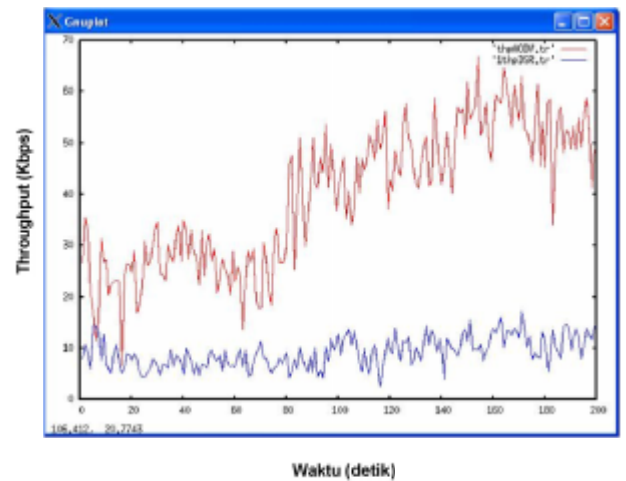
Throughput adalah laju rata-rata dari paket data yang berhasil dikirim melalui kanal komunikasi atau dengan kata lain *throughput* adalah jumlah paket data yang diterima setiap detik. Grafik hasil simulasi untuk seluruh skenario terlihat pada gambar 6



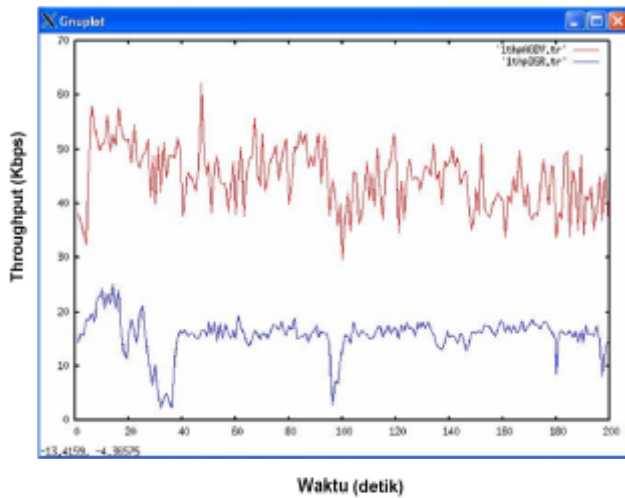
6.a Grafik *throughput* skenario pertama



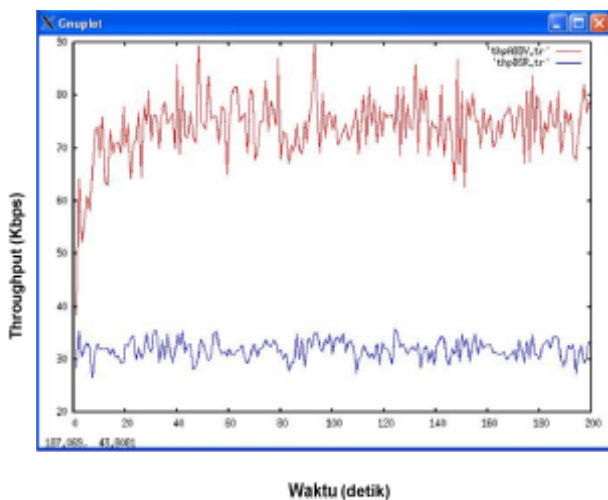
6.b Grafik *throughput* skenario kedua



6.e Grafik *throughput* skenario kelima



6.c Grafik *throughput* skenario ketiga



6.d Grafik *throughput* skenario keempat

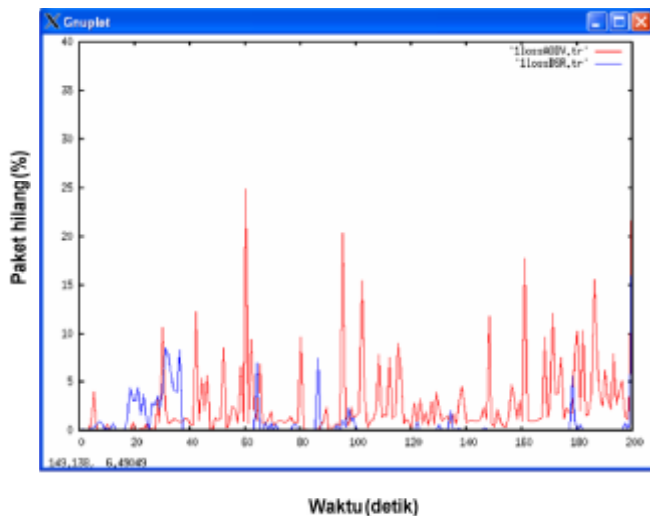
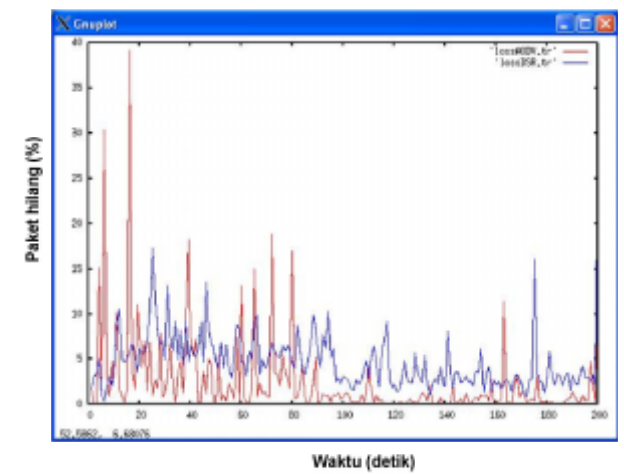
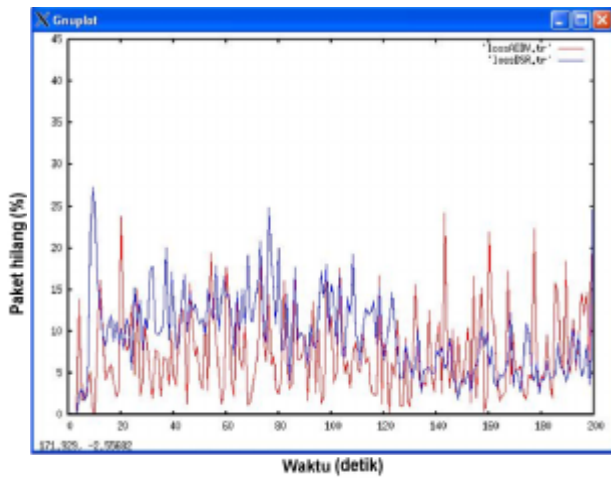
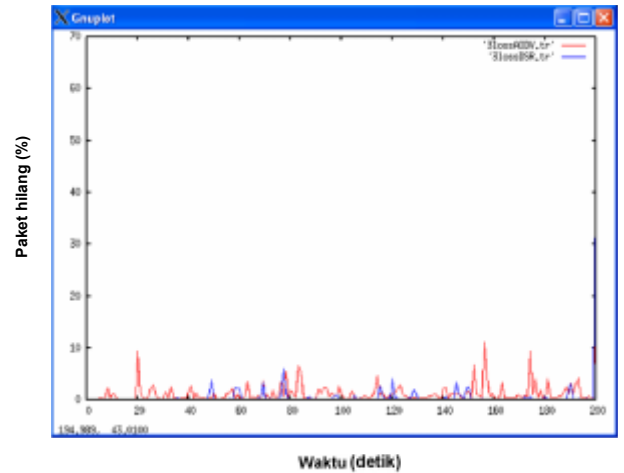
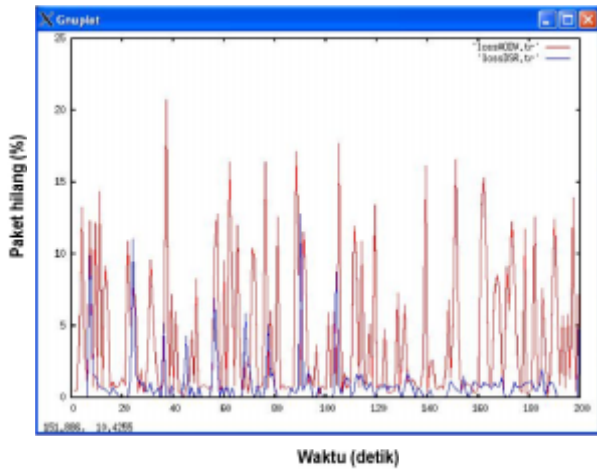
Dari grafik hasil simulasi diatas terlihat bahwa nilai *throughput* AODV selalu lebih besar dari DSR. Nilai *throughput* untuk seluruh skenario karena *routing* AODV mempunyai kemampuan lebih sering melewati paket serta keberhasilan dalam penerimaan paket lebih tinggi bila dibandingkan dengan DSR. Ukuran paket yang diterima AODV pun lebih besar dari DSR hal ini yang menyebabkan nilai *throughput* AODV lebih besar dari DSR.

Tabel 4 Nilai *throughput* seluruh skenario

Skenario	Routing	Throughput Minimum (Kbps)	Throughput Maksimum (Kbps)	Throughput rata-rata (Kbps)
1	AODV	26,208	38,592	32,7729
	DSR	7,296	17,536	14,06154
2	AODV	15,552	36,7576	25,7256
	DSR	2,048	16,128	6,04302
3	AODV	29,664	62,208	44,73744
	DSR	2,176	25,216	15,75056
4	AODV	38,4	89,568	74,0064
	DSR	26,624	35,84	31,92992
5	AODV	6,624	62,496	40,63248
	DSR	2,688	17,28	9,22076

4.2.2 Paket Hilang

Paket hilang adalah banyaknya jumlah paket yang hilang selama komunikasi berlangsung. Paket hilang terjadi ketika satu atau lebih paket data yang melewati suatu jaringan gagal mencapai tujuan. Grafik hasil simulasi paket hilang untuk semua skenario terlihat pada gambar 7



7.e Grafik Paket Hilang Skenario Kelima

Dari grafik hasil simulasi pada gambar 7 terlihat perbedaan nilai paket hilang yang terjadi pada masing-masing skenario. Paket hilang AODV lebih besar dari DSR untuk simulasi 3 node, 20 node dan 35 node disebabkan karena pengiriman paket pada AODV lebih sering sehingga kemungkinan gagal sampai tujuan lebih tinggi. Sedangkan untuk skenario 10 node dan 50 node paket hilang DSR lebih tinggi dari AODV. Besarnya nilai paket hilang juga dipengaruhi oleh jarak antara node sumber dan node penerima, semakin dekat sumber dengan penerima maka besarnya paket hilang juga akan semakin kecil.

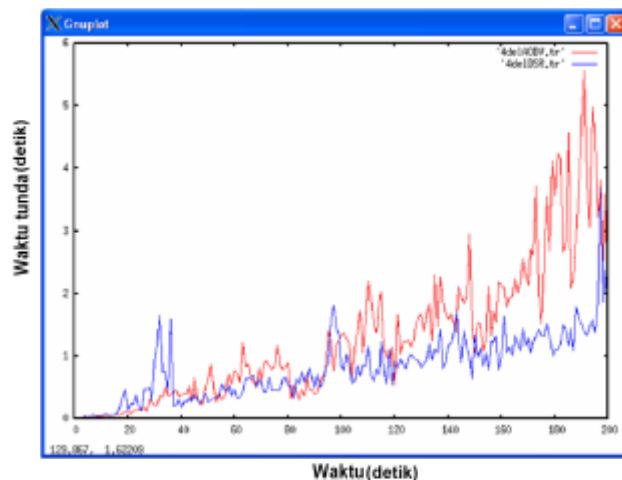
Tabel 5 paket hilang semua skenario

Skenario	Routing	Paket hilang Minimum (Kbps)	Paket hilang Maksimum (Kbps)	Paket hilang Rata-rata (Kbps)
1	AODV	0,031461	20,71962	4,049402
	DSR	0	12,76238	1,932857
2	AODV	0	24,2396	7,394292
	DSR	0	41,78255	9,741149
3	AODV	0	24,8332	6,2262
	DSR	0	8,5384	1,1659
4	AODV	0,059922	5,53665	1,435563
	DSR	0	3,118177	0,654082
5	AODV	0	39,103	2,499
	DSR	0,330226	29,75814	4,715471

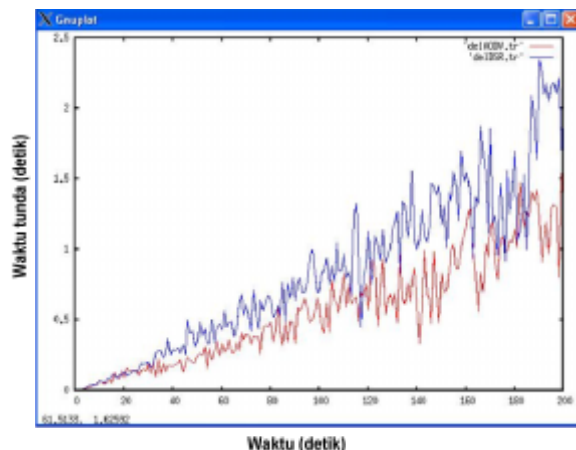
4.2.3 Waktu Tunda

Waktu tunda (*delay*) merupakan selang waktu yang dibutuhkan oleh suatu paket data saat data mulai dikirim dan keluar dari proses antrian sampai mencapai titik tujuan. Waktu waktu tunda dinyatakan dalam satuan detik. Grafik hasil simulasi untuk semua scenario terlihat pada gambar 8.

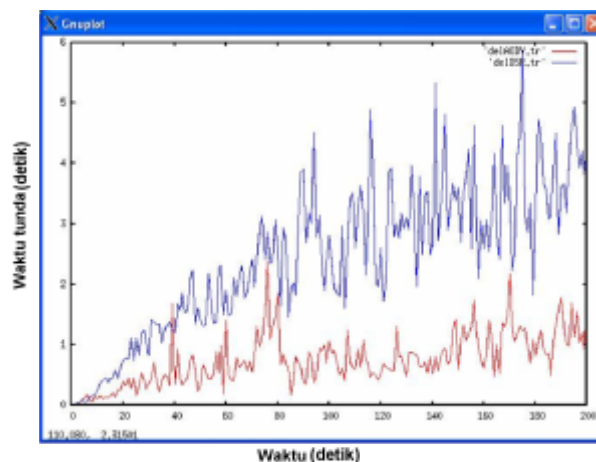
8.b Grafik waktu tunda skenario kedua



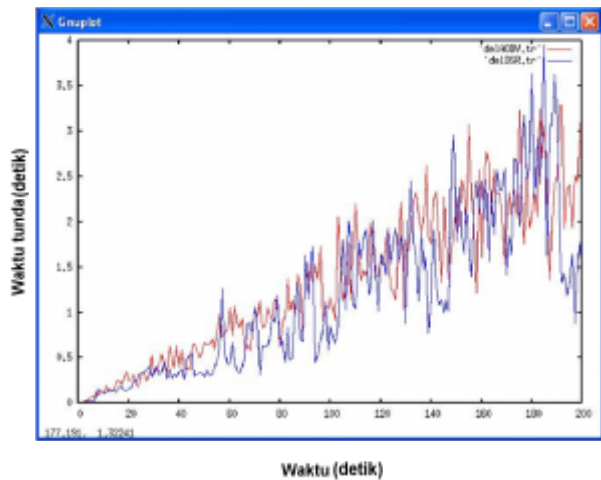
8.c Grafik Waktu Tunda Skenario Ketiga



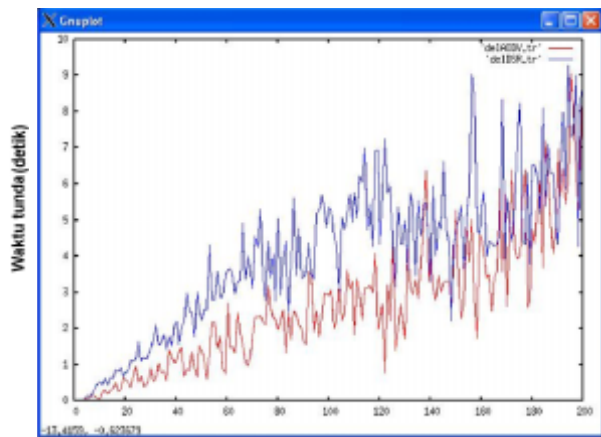
8.d Grafik Waktu Tunda Skenario Keempat



8.e Grafik Waktu Tunda Skenario Kelima



8.a Grafik Waktu Tunda Skenario Pertama



Gambar 8 menunjukkan hasil simulasi waktu tunda yang disajikan dalam bentuk grafik. Dari grafik diatas terlihat perbedaan nilai waktu tunda dari masing-masing skenario. Waktu tunda

yang menggunakan 3 node dan 20 node. Pada awal pengiriman paket, *routing* AODV mengalami proses pencarian rute yang lebih lama dan lebih panjang dibandingkan dengan DSR, namun selanjutnya lebih cepat dalam melewati paket. Rata-rata waktu tunda lebih lama karena banyaknya hop yang ditempuh oleh AODV dari node sumber menuju node tujuan yang berakibat pada waktu tunda propagasinya lebih lama. Sedangkan untuk skenario 10 node, 35 node dan 50 node waktu tunda DSR lebih tinggi dibandingkan dengan AODV, AODV menanggapi RREQ pengiriman pertama yang diterimanya dan mengabaikan RREQ selanjutnya dari sumber node yang berbeda, hal ini dapat mengurangi kemacetan dalam pencarian jalur menuju node tujuan sehingga dapat menekan waktu tunda, sedangkan DSR menanggapi semua RREQ yang datang sehingga kemacetan tidak dapat dihindari sehingga waktu tunda juga semakin besar.

Tabel 6 Waktu tunda semua skenario

Skenario	Routing	Waktu tunda Minimum (Kbps)	Waktu tunda Maksimum (Kbps)	Waktu tunda Rata-rata (Kbps)
1	AODV	0,008657	3,469473	1,342094
	DSR	0,003636	3,953352	1,180005
2	AODV	0,004001	9,497175	2,631062
	DSR	0,004361	9,263638	4,007649
3	AODV	0,003041	5,570139	1,3033
	DSR	0,00455	1,385872	0,817413
4	AODV	0,001566	1,215898	0,566445
	DSR	0,00268	2,342684	0,840315
5	AODV	0,002527	2,389261	0,01298
	DSR	0,01298	5,860637	2,460377

V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. *Throughput* AODV selalu lebih besar dibandingkan nilai *throughput* DSR, dengan selisih rata-rata 18,71136 Kbps untuk simulasi 3 node, 19,68258 Kbps untuk simulasi 10 node, 28,98688 Kbps untuk simulasi 20 node, 42,07648 Kbps untuk simulasi 35 node dan 1,41172 Kbps untuk simulasi node.

2. Paket hilang *routing* AODV lebih besar dari *routing* DSR dengan selisih rata-rata 2,116545% untuk simulasi 3 node, 5,0603% untuk simulasi 20 node dan 0,781481% untuk simulasi 35 node.

3. Paket hilang *routing* DSR lebih besar dari AODV dengan selisih rata-rata 2,346808% untuk simulasi 10 node dan 2,215636527% untuk simulasi 50 node.

4. Waktu tunda *routing* AODV lebih besar dari DSR dengan selisih rata-rata 0,162080 detik untuk

simulasi 3 node dan 0,485887 detik untuk simulasi 20 node.

5. Waktu tunda *routing* DSR lebih besar dari AODV dengan selisih rata-rata 1,376587 detik untuk simulasi 10 node, 0,273869 detik untuk simulasi 35 node dan 2,447487 detik untuk simulasi 50 node.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperbaiki kekurangan dan kelemahan yang terdapat pada penelitian tugas akhir ini. Beberapa saran yang diberikan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian dengan menggunakan metode *routing* yang lain.
2. Pengujian dilakukan dengan bentuk topologi jaringan yang lain, seperti *star* ataupun *point to point*.

VI DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ad Hoc Network ([http://en.wikipedia.org/wiki/Ad-hoc Network](http://en.wikipedia.org/wiki/Ad-hoc_Network)).
- [2] Altman, E., Tania Jiménez, "NS Simulator for begginers", Lecturer Note, Univ De Los Andes Merida, Venezuela and ESSI Sophia Antipolis, France 4 Desember 2003
- [3] C. Perkins, E. Belding-Royer, S. Das, Juli 2003, RFC 3561. Ad hoc on demand distance vector (AODV)
- [4] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [5] IEEE 802.15.4. <http://www.ieee.org>.
- [6] Imawan Didik, "Analisis Kinerja Pola-Pola Trafik Pada Beberapa Protokol Routing Dalam Jaringan Manet", Tugas Akhir ITS, Januari 2009
- [7] Sari, R.F., Abdusy Syarif., Bagio Budiardjo, *Analisis Kinerja Protokol Routing Ad Hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Pada Jaringan Ad Hoc Hybrid : Perbandingan Hasil Simulasi dengan NS-2 dan Implementasi Pada TESTBED dengan PDA*, Makara Teknologi, Volume 12, No.1 Hal 7-18, April 2008.
- [8] VINT Project, *The ns Manual (Formerly ns Notes and Documentation)*, 23 November 2008.
- [9] Wirawan, A.B., Eko Indarto, *Mudah Membangun Simulasi dengan Network Simulator-2 (NS-2)*, ANDI, Yogyakarta, 2004.
- [10] Zigbee Alliance, <http://www.caba.org/standard/zigbee.html>, [15] September 2008]

BIOGRAFI



Dwi Nofianti. Saat ini sedang menyelesaikan pendidikan S1 jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro konsentrasi Elektronika Telekomunikasi

Menyetujui dan mengesahkan,

Dosen Pembimbing I,

Sukiswo, S.T.,M.T.
NIP.196907141997021001

Dosen Pembimbing II

Adian FR, S.T.,M.T.
NIP. 197302261998021001