

Pengaruh Model Pergerakan *Node* terhadap Konsumsi Energi Protokol Routing Location Aided Routing (LAR) pada Mobile Ad Hoc Network (MANET)

Tommy Bona Hamonangan Sitorus¹, Primantara Hari Trisnawan², Reza Andria Siregar³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹tommybonaa@gmail.com, ²prima@ub.ac.id, ³reza.jalin@ub.ac.id

Abstrak

Node – node yang memiliki sifat mobile atau bergerak membentuk sebuah jaringan yang disebut dengan MANET. Penelitian ini menggunakan sebuah protokol *routing* yang bersifat *reaktif* yaitu *Location Aided Routing (LAR)* dimana protokol *routing* ini menggunakan informasi posisi setiap *node* yang berasal dari *Global Positioning System (GPS)*. Dari penggunaan teknik dan informasi posisi tersebut, area untuk melakukan pencarian rute berkurang dan dibatasi. Seiring dengan hal ini, energi yang dikonsumsi oleh setiap *node* perlu ditinjau. Kinerja protokol *routing Location Aided Routing (LAR)* dapat dipengaruhi oleh pergerakan *node*. Pergerakan *node* ini dapat menimbulkan sebuah resiko terputusnya hubungan antar *node* dan *routing* yang tidak berhasil. Kinerja dari protokol *routing* berbanding lurus dengan konsumsi energi. Penelitian ini menggunakan jumlah *node* dan pergerakan *node* yang berbeda – beda untuk melakukan skenario pengujian. Pada skenario 30 *node*, total konsumsi energi terbesar terjadi pada model pergerakan *node random waypoint* dan memiliki selisih dengan total konsumsi energi model pergerakan *node random direction* sebesar 351,491386 Joule. Sebaliknya, pada skenario 45 dan 60 *node* total konsumsi energi terbesar dominan dengan menggunakan model pergerakan *node random direction*. Pada skenario rata – rata konsumsi energi, model pergerakan *node random waypoint* terjadi penurunan dan kenaikan di tiap penambahan *node*. Sedangkan pada *random direction*, rata – rata konsumsi energi terus meningkat. Peningkatan dan penurunan jumlah konsumsi energi dipengaruhi oleh jumlah *node* dan model pergerakan *node* yang berbeda – beda.

Kata kunci: *MANET, LAR, konsumsi energi, pergerakan node, random waypoint, random direction*

Abstract

Nodes that have mobile properties form a network called MANET. This study uses protocol routing that is reactive, namely Location Aided Routing (LAR) where the protocol routing uses the position information of each node that comes from the Global Positioning System (GPS). From the use of these techniques and position information, the area to search for routes is reduced and restricted. Along with this, the energy consumed by each node needs to be reviewed. The performance of the Location Aided Routing (LAR) routing protocol can be affected by node movement. This movement node can pose a risk of disconnection between nodes and routing unsuccessful. The performance of the protocol is routing directly proportional to energy consumption. This study uses the number of different nodes and node movements to conduct test scenarios. In the 30 node scenario, the largest total energy consumption occurs in the movement model the Random Waypoint node and has a difference with the total energy consumption of the Random Direction node movement model of 351.491386 Joules. Conversely, in the scenario 45 and 60 nodes the largest total dominant energy consumption is when employing the Random Direction node movement model. In the Random Waypoint node movement model, the average energy consumption scenario decreases and increases regarding node addition. Whereas in Random Direction, the average energy consumption continues to increase. The amount of energy consumption is affected by the number of nodes and the different node movement models.

Keywords: *MANET, LAR, energy consumption, movement node, random waypoint, random direction*

1. PENDAHULUAN

Teknologi masa kini mengalami perkembangan dan pembaharuan secara cepat. Perkembangan ini merupakan sebuah pembaharuan dan inovasi teknologi yang sudah ada. Jaringan nirkabel merupakan salah satu teknologi yang mampu memberi kemudahan ke para pengguna untuk dapat bergerak dari satu titik ke titik lain tanpa memiliki gangguan pada infrastruktur jaringan dan pengguna dapat berkomunikasi antar sesama dengan menggunakan *Ad Hoc Network*. MANET adalah salah satu *Ad Hoc Network* yang terbentuk dari node – node yang memiliki sifat mobile atau bergerak. *Node – node* tersebut memiliki fungsi sebagai *host* dan *router* yang dapat menyalurkan pesan atau paket menuju ke *node* tujuan (Nugroho, 2015). Pada MANET, topologi yang terbentuk dinamis dan selalu berubah cepat karena pergerakan *node*.

Routing adalah sebuah hal yang diperlukan bahkan terpenting untuk melakukan pencarian rute atau jalur terbaik yang dapat menyambungkan *node* pengirim dan *node* penerima di dalam satu bentuk jaringan sehingga para *node* dapat berkomunikasi. Sedangkan protokol adalah sebuah aturan untuk melakukan komunikasi antar *node* melalui media jaringan (Rachman, 2019). Oleh karena itu, protokol *routing* membutuhkan *router* yang berfungsi sebagai media yang menyambungkan antar *node* untuk dapat berkomunikasi. Protokol *routing* yang ada pada MANET terbagi menjadi 3 jenis yaitu *reaktif*, *proaktif* dan *hybrid* (Alubaddy, 2015). Setiap protokol *routing* memiliki karakteristik yang berbeda – beda sehingga memiliki kelebihan dan kekurangan di setiap jenisnya. Pada penelitian ini, digunakan protokol *routing Location Aided Routing (LAR)* dimana protokol *routing* ini berjenis *reaktif* yang berarti pembentukan rute hanya dilakukan apabila diperlukan. Protokol *routing LAR* memiliki keunggulan dalam mengurangi *routing overhead* pada jaringan MANET dengan memanfaatkan informasi lokasi. Informasi lokasi diperoleh dari penggunaan *Global Positioning System (GPS)*. Protokol *routing LAR* menggunakan informasi lokasi untuk mengurangi ruang pencarian rute yang diinginkan (Pucanganom, 2019). Penggunaan protokol *routing LAR* dan MANET sangat berguna ketika terjadi sebuah bencana alam di sebuah daerah. Dimana teknologi ini mendukung sebuah jaringan berbentuk *nirkabel*

dan penggunaan protokol *routing LAR* dapat memberikan kecepatan yang lebih dalam bertukar informasi. Kecepatan yang lebih ini dikarenakan mekanisme yang dilakukan adalah membuat sebuah area yang mencakup daerah *node* pengirim dan *node* penerima. Sehingga, dalam bertukar informasi akan dilakukan di area yang sudah ditentukan.

MANET memiliki beberapa masalah, salah satunya adalah energi (Widyaningrum, 2014). Pada MANET, ketersediaan energi yang dimiliki setiap *node* terbatas tetapi konsumsi energi yang dibutuhkan cukup banyak. MANET yang memiliki sifat *nirkabel* dan bergerak secara bebas harus menggunakan sumber energi yang terbatas seperti dari baterai, *powerbank*, dsb. Dengan sumber energi tersebut setiap *node* akan melakukan proses transmisi, penerimaan dan mendengar antar *node* (Rachman, 2019).

Selain keterbatasan energi, pergerakan *node* dapat menimbulkan resiko hubungan antar *node* terputus dan *routing* yang tidak berhasil. Pergerakan *node* yang terjadi akan menyebabkan bentuk topologi yang berubah cepat seiring dengan waktu dan penurunan kinerja. Oleh sebab itu, pemilihan model mobilitas termasuk penting dalam melakukan simulasi. Model mobilitas memberikan gambaran tentang posisi *node*, arah pergerakan *node* dan akselerasi yang berubah seiring berjalannya waktu (Mentari, 2019). Penurunan kinerja yang terjadi pada jaringan MANET berbanding lurus dengan konsumsi energi. Semakin tinggi kinerja dari protokol *routing* maka semakin tinggi juga konsumsi energinya. Sebaliknya, semakin rendah kinerja dari protokol *routing* maka semakin rendah juga konsumsi energinya. Pada MANET, terdapat beberapa model mobilitas yang dapat digunakan. *Random waypoint* dan *random direction* adalah model pergerakan *node* yang digunakan dalam penelitian ini. Kedua model memiliki perbedaan dari sisi arah pergerakan dan kecepatan *node* selama simulasi dilakukan. *Random waypoint* adalah model pergerakan *node* yang memiliki pola pergerakan yang cenderung berkumpul di satu area simulasi sehingga dapat menyebabkan *density wave*. Sebaliknya, *random direction* adalah model pergerakan *node* yang memiliki arah pergerakan mendekati tepi area simulasi untuk menghindari permasalahan *density wave*.

2. DASAR TEORI

2.1 MANET

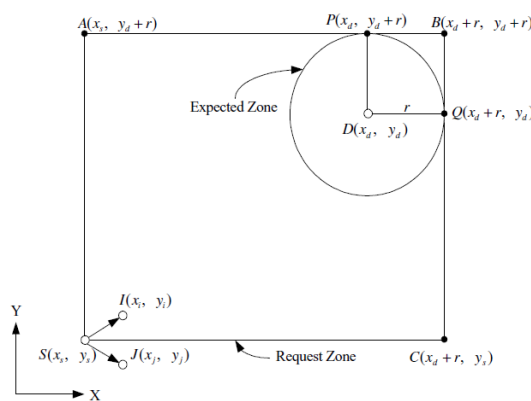
Mobile Ad Hoc Network (MANET) merupakan salah satu jenis *Ad Hoc Network* yang terdiri dari *node – node* yang bersifat *mobile* dan memiliki fungsi sebagai *host* dan *router* yang dapat menyalurkan pesan yang dikirimkan ke *node* tujuan (Nugroho, 2015). Pada MANET, topologi yang terbentuk dinamis dan selalu berubah cepat karena pergerakan *node*. Tujuan MANET melakukan fungsi *router* tiap *node*, sehingga MANET dapat diterapkan pada daerah yang sedang terjadi perang ataupun bencana alam. Dalam MANET ada beberapa jenis protokol, yaitu:

- *Proaktif* : Memelihara dan menyimpan informasi *routing* di setiap *node* yang ada pada jaringan agar tetap terjaga informasi perutean. Sehingga setiap *node* yang berada di jaringan harus menyimpan dan memperbarui informasi *routing* apabila terjadinya perubahan.
- *Reaktif* : Membuat rute hanya jika diperlukan. Mekanisme dalam pembuatan rute bertujuan mencari rute dari *node* sumber menuju *node* tujuan. Rute ini akan tetap dipertahankan apabila *node* tujuan masih dapat tercapai.
- *Hybrid* : Merupakan gabungan *proaktif* dan *reaktif* yang memiliki mekanisme menetapkan rute awal untuk memberikan informasi *routing* setiap *node* dan apabila ada perubahan atau penambahan rute maka dilakukakn *reaktif flooding* agar memperoleh rute tambahan.

2.2 Location Aided Routing (LAR)

Location Aided Routing adalah protokol *routing* berjenis *reaktif*. Protokol *routing* ini mirip dengan protokol *routing* AODV dan DSR. Karakteristik dari protokol *routing Location Aided Routing* (LAR) menggunakan informasi lokasi dan algoritma *flooding*. Cara kerja yang dilakukan oleh protokol *routing* LAR adalah bahwa *node* mengetahui informasi lokasi terakhir dari *node* tujuan. Berdasarkan informasi tersebut, protokol *routing* LAR akan membuat area yang berbentuk persegi panjang yang berfungsi untuk membatasi area pencarian ke *node* tujuan yang akan ditempatkan. Mekanisme pencarian rute pada protokol *routing* LAR tidak melakukan *broadcast* paket RREQ ke seluruh

area tetapi hanya melakukan *broadcast* paket RREQ di area yang sudah dibatasi. Secara khusus, pada saat sebuah paket RREQ sampai di *node* perantara, *node* pertama yang menentukan apakah *node* tersebut berlokasi di area pencarian yang ditentukan dari paket RREQ yang masuk. Apabila *node* adalah bagian dari area pencarian maka *node* akan *mroadcast* ulang ke tetangganya dan jika tidak maka paket RREQ akan dibuang. Pada LAR terdapat dua zona yaitu *Expected zone* dan *Request Zone*. *Expected zone* adalah zona dimana posisi dari *node* tujuan serta mobilitas pada waktu sebelumnya. *Request zone* adalah zona yang diperbolehkan untuk melakukan pencarian rute (Pucanganom, 2019).



Gambar 1. Skema LAR
Sumber: (Ko & Vaidya, 2000)

Gambar 1 menjelaskan ukuran dari *expect zone* dan *request zone* yang akan terbentuk.

2.3 Model Energi

Energi merupakan salah satu hal penting pada sebuah teknologi dimana setiap teknologi yang dijalankan atau diimplementasikan akan membutuhkan energi itu sendiri. Pada jaringan *nirkabel*, penggunaan energi memiliki beberapa keadaan yaitu:

- *Transmit* : daya yang diperlukan untuk melakukan transmisi atau mengirimkan pesan dengan simbol P_{tx} .
- *Receive* : daya yang diperlukan untuk melakukan penerimaan pesan dengan simbol P_{rx} .
- *Idle* (mendengarkan): daya yang diperlukan untuk keadaan *node* diam dan tetap mendengar pesan dengan simbol P_{idle} .
- *Sleep* : radio dalam keadaan mati dan *node* tidak mampu mendeteksi sinyal atau

node tidak berkomunikasi. *Node* menggunakan P_{sleep} dimana nilai energinya lebih kecil dari energi yang lainnya.

Energi yang dikonsumsi pada saat menerima (E_{rx}) atau transmit (E_{tx}) satu paket dapat dihitung dengan cara:

$$\begin{aligned} E_{rx} &= P_{rx} \times Duration \\ E_{tx} &= P_{tx} \times Duration \end{aligned} \quad (1)$$

dimana *duration* (durasi) menunjukkan waktu dalam proses transmisi paket (Rachman, 2019).

2.4 Random Waypoint

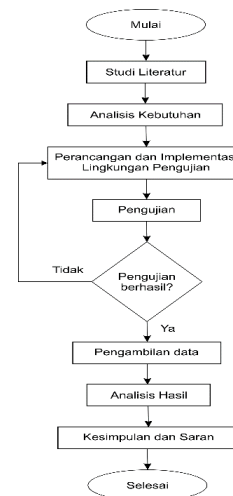
Random waypoint adalah sebuah pergerakan *node* yang bergerak secara acak pada sebuah jaringan. *Node* akan bergerak secara acak dan mempunyai kecepatan (m/s) yang acak, sehingga tidak adanya batasan bagi *node* dalam penyebarannya dan menyertakan *pause time*.

2.5 Random Direction

Random direction adalah model pergerakan *node* yang dikembangkan dan bertujuan untuk menghindari *density wave* yang disebabkan oleh model mobilitas *random waypoint*. *Density wave* adalah terjadinya penumpukan *node* di satu sisi ruang simulasi. Pada mobilitas ini, *node* akan memilih secara acak arah pergerakannya dan bergerak secara terpisah sampai dengan batas ruang simulasinya. Ketika *node* telah sampai di batas ruang simulasi dan berhenti saat *pause time*, selanjutnya *node* tersebut akan memilih pergerakan ke arah yang lain sehingga *node* tersebar secara merata (Mentari, 2019).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Gambar 2. Flowhart metode penelitian

Gambar 2 menjelaskan tentang flowchart atau alur penelitian yang digunakan. Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur yang berhubungan dengan tema penelitian. Bentuk studi literatur dapat berbentuk jurnal, buku dan referensi yang dapat menjadi rujukan. Selanjutnya melakukan analisis kebutuhan untuk setiap kebutuhan utama dan pendukung yang diperlukan dalam penelitian ini. Setelah mengetahui seluruh kebutuhannya, maka selanjutnya merancang dan mengimplementasi lingkungan pengujian yang sesuai dengan rancangan yang telah dilakukan. Kemudian melakukan pengujian, apabila pengujian berhasil maka akan dilakukan pengambilan data dan apabila pengujian tidak berhasil maka akan kembali ke proses perancangan dan implementasi lingkungan pengujian. Jika data sudah didapatkan maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis data tersebut dan membahas setiap hasil analisis yang telah dilakukan. Akhir dari penelitian ini adalah memberikan kesimpulan dan saran terhadap penelitian yang telah selesai dilaksanakan.

3.2 Studi Literatur

Penelitian ini dilakukan proses studi literatur menjadi dasar maupun landasan terhadap penelitian ini. Literatur yang digunakan yaitu:

1. *Mobile Ad Hoc Network* (MANET)
2. *Location Aided Routing* (LAR)
3. *Network Simulator* (NS-2.35)
4. Model Energi

3.3 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan bertujuan untuk menganalisis kebutuhan – kebutuhan yang diperlukan oleh sistem dalam proses implementasi, simulasi dan analisis konsumsi energi dengan protokol *routing Location Aided Routing* pada MANET.

3.4 Perancangan dan Implementasi Lingkungan Pengujian

Tahap ini berisikan tentang penjabaran langkah-langkah untuk menentukan parameter simulasi, perancangan skenario pengujian dan implementasi skenario pengujian yang telah selesai dirancang.

3.5 Hasil dan Pembahasan

Melakukan proses analisis terkait pengaruh model pergerakan *random waypoint* dan *random direction* terhadap kinerja protokol *routing LAR* dengan menggunakan parameter konsumsi energi dan skenario yang sudah ditentukan.

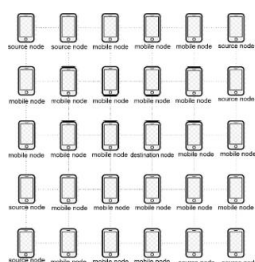
3.6 Kesimpulan

Melakukan penjabaran hasil penelitian yang telah dilaksanakan dan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

4. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI LINGKUNGAN PENGUJIAN

4.1 Perancangan Topologi

Subbab ini berisikan perancangan bentuk topologi yang digunakan. Penelitian ini berfokus pada konsumsi energi yang dihasilkan dari kinerja protokol *routing* pada MANET. Jumlah *source node* yang digunakan sebanyak 8 *node* dan *destination node* sebanyak 1 *node*. *Node* yang digunakan bersifat *mobile* dan memiliki kecepatan yang beragam dengan kisaran kecepatan sebesar 1 – 5 m/s. Posisi *node* awal dapat dilihat seperti di Gambar 3.



Gambar 3. Posisi awal *node*

4.2 Perancangan Konfigurasi Parameter Pengujian

Setiap parameter yang digunakan dalam proses simulasi akan dirancang pada tahap ini. Tabel 1 adalah hasil dari perancangan konfigurasi parameter pengujian yang akan dilaksanakan pada proses simulasi.

Tabel 1. Konfigurasi Parameter Pengujian

No	Parameter	Spesifikasi
1	Simulator	Network Simulator (NS-2.35)
2	Protokol <i>Routing</i>	LAR
3	Wi-fi <i>type</i>	802.11
4	Area Simulasi	1000 x 1000 m ²
5	Jumlah <i>Node</i>	30,45, dan 60 <i>node</i>
6	Kecepatan dari tiap <i>node</i>	1-5 m/s
7	Energi Awal	1000 Joule
8	Waktu Simulasi	1000 s
9	Jenis Mobilitas	<i>Random Way Point</i> dan <i>Random Direction</i>
10	Tipe Koneksi	<i>CBR (Constant Bit Rate)</i>
11	<i>CBR Send Rate</i>	0,01 Mb
12	Besar Paket Data	512 bytes

4.3 Implementasi Parameter dan Skenario Pengujian

- Melakukan inialisasi
Setiap variabel yang berhubungan dengan konfigurasi *node* dilakukan inialisasi.
- Implementasi protokol *routing*
Protokol *routing LAR* adalah basis dari protokol *routing AODV*. Tabel 2 ini mengimplementasikan protokol *routing LAR* dengan menetapkan bahwa setiap *node* menggunakan algoritma protokol *routing LAR*.

Tabel 2. *Setting* protokol *routing*

No	Parameter
1	for {set I 0} {\$i < \$val(nn)} {incr i} {
2	set g(\$i) [new Agent/LAR]
3	\$node_(\$i) attach \$g(\$i) 254

- Melakukan *setting trace file* dan NAM
Melakukan pengaturan pada *file trace* dan NAM. *Setting trace file* digunakan untuk mengatur nama file yang akan menampung hasil dari proses simulasi yang telah dilakukan dan NAM digunakan untuk memberikan output dengan tampilan *grafis animasi*. *Trace file* dan NAM mempunyai keluaran yaitu *file* berupa *file.tr* dan *file.nam*.

4. Memasukan model energi pada konfigurasi *node*

Model energi diinisialisasi untuk setiap *node* yang disimulasikan, ini berguna untuk mengakses informasi dari konsumsi energi.

Tabel 3. Parameter Model Energi

No	Parameter
1	-energyModel EnergyModel \
2	-idlePower 0.74 \
3	-rxPower 0.9 \
4	-txPower 1.3 \
5	-sleepPower 0.0047 \
6	-transitionPower 0.2 \
7	-transitionTime 0.005 \
8	-initialEnergy 1000

Tabel 4. Pengertian Parameter Model Energi

Parameter	Pengertian
energyModel	Tipe model energi
idlePower	Daya untuk keadaan <i>idle</i>
rxPower	Daya untuk menerima <i>frame</i>
txPower	Daya untuk mengirim atau transmit <i>frame</i>
sleepPower	Daya dalam keadaan <i>sleep</i>
transitionPower	Daya untuk melakukan transisi
transitionTime	Waktu yang diperlukan untuk transisi
initialEnergy	Jumlah energi awal yang disediakan

5. Membuat *node* dan menset posisi awal *node*
 Banyak jumlah *node* yang disimulasikan akan dibuat dan diset posisi awal *node*. Variabel *node* yang akan terbentuk seperti *node_(0)*.

6. Pergerakan *node*
 Pergerakan *node* berfungsi untuk memberikan perintah ke *node-node* pada simulasi untuk berpindah tempat dengan kecepatan tertentu.

7. Pembuatan aliran trafik data dan pembentukan konektivitas
 Tipe koneksi dan besarnya diinisialisasi yang berguna untuk mengatur konektivitas dan aliran trafik data.

8. Mengakhiri simulasi
 Memberikan perintah di akhir simulasi dengan mengatur jadwal waktu henti dan apabila simulasi telah selesai dilaksanakan maka secara otomatis melakukan reset.

4.4 Skenario Pengujian

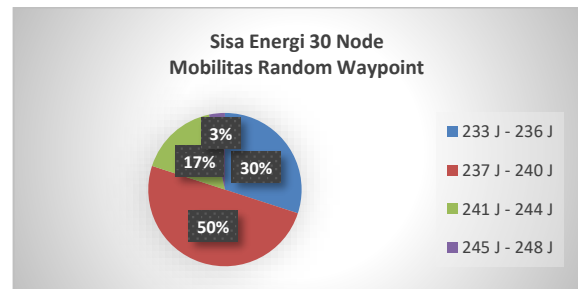
Data yang diukur dalam penelitian ini adalah konsumsi energi. Protokol *routing* LAR diuji pada lingkungan yang memiliki luas sebesar 1000 m x 1000 m. Variasi jumlah kepadatan *node* yang digunakan sebanyak 30, 45 dan 60. Simulasi berjalan selama 1000 detik dengan ukuran paket berbentuk CBR dan ukuran paket sebesar 512 bytes. 2 jenis model pergerakan *node* yang digunakan yaitu *random waypoint* dan *random direction*. Pengujian dilakukan dengan skenario variasi kepadatan *node* dan jenis mobilitas yang digunakan. Jumlah *source node* dan *destination node* tetap sama di setiap simulasi karena memiliki tujuan untuk mengamati pengaruh pergerakan *node* dan kepadatan *node*.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

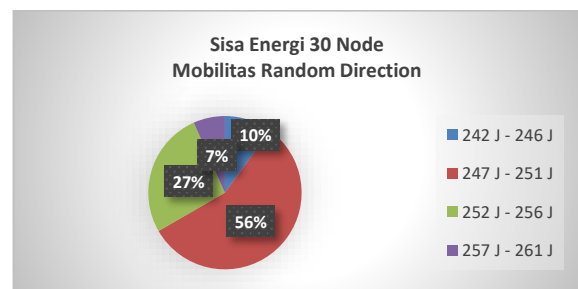
5.1 Analisis Sisa Energi

Melakukan analisis sisa energi yang dimiliki pada tiap *node* dengan menggunakan model pergerakan *node* yang berbeda – beda. Energi awal yang diberikan pada setiap *node* awal sebesar 1000 Joule.

1. Sisa Energi 30 *Node* pada Mobilitas *Random Waypoint* dan *Random Direction*



Gambar 4. Sisa Energi 30 *Node* Mobilitas *Random Waypoint*

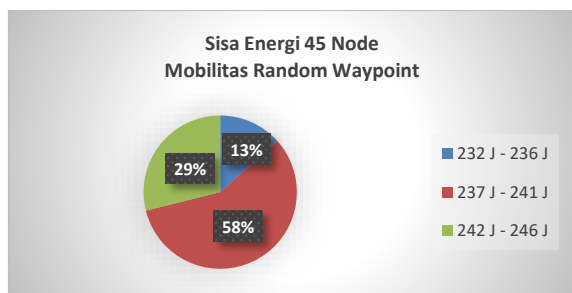


Gambar 5. Sisa Energi 30 *Node* Mobilitas *Random Direction*

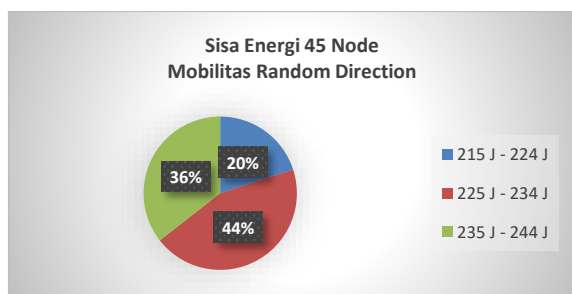
Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa presentasi nilai sisa energi

beragam di setiap masing – masing pergerakan *node*. Gambar 4 menunjukkan bahwa sisa energi tertinggi berada pada posisi 50 % dengan rentang angka 237 Joule – 240 Joule. Sedangkan presentase sisa energi terkecil berada pada posisi 3 % dengan rentang angka 245 Joule – 248 Joule. Gambar 5 menunjukkan bahwa sisa energi tertinggi berada pada posisi 56 % dengan rentang angka 247 Joule – 251 Joule. Sedangkan presentase sisa energi terkecil berada pada posisi 7 % dengan rentang angka 257 Joule – 261 Joule. Dari kedua model pergerakan *node*, sisa energi tertinggi didapatkan pada *node* yang menggunakan *random direction* dengan sisa energi sebanyak 257,362856 Joule. Sedangkan sisa energi terendah didapatkan pada *node* yang menggunakan *random waypoint* dengan sisa energi sebanyak 233,831298 Joule.

2. Sisa Energi 45 Node pada Mobilitas *Random Waypoint* dan *Random Direction*



Gambar 6. Sisa Energi 45 Node Mobilitas *Random Waypoint*

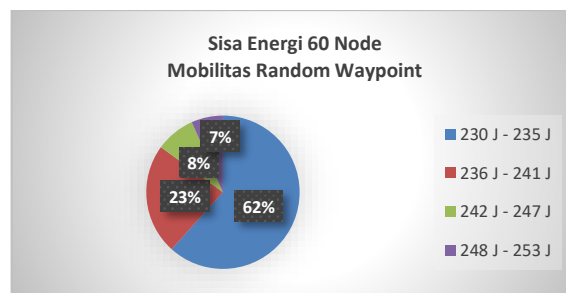


Gambar 7. Sisa Energi 45 Node Mobilitas *Random Direction*

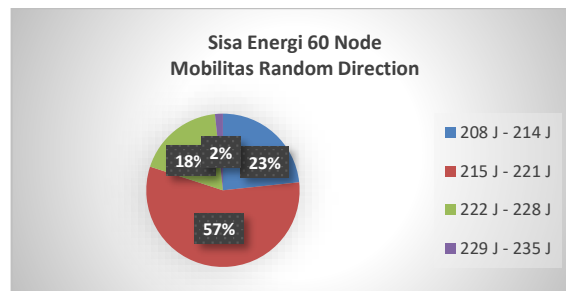
Berdasarkan Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa presentasi nilai sisa energi beragam di setiap masing – masing pergerakan *node*. Gambar 6 menunjukkan bahwa sisa energi tertinggi berada pada posisi 58 % dengan rentang angka 237 Joule – 241 Joule. Sedangkan presentase sisa energi terkecil berada pada posisi 13 % dengan rentang angka 232 Joule – 236 Joule. Gambar 7 menunjukkan bahwa sisa energi tertinggi berada pada posisi 44 % dengan rentang

angka 225 Joule – 234 Joule. Sedangkan presentase sisa energi terkecil berada pada posisi 20 % dengan rentang angka 215 Joule – 224 Joule. Dari kedua model pergerakan *node*, sisa energi tertinggi didapatkan pada *node* yang menggunakan *random waypoint* dengan sisa energi sebanyak 245,254374 Joule. Sedangkan sisa energi terendah didapatkan pada *node* yang menggunakan *random direction* dengan sisa energi sebanyak 215,382475 Joule.

3. Sisa Energi 60 Node pada Mobilitas *Random Waypoint* dan *Random Direction*



Gambar 8. Sisa Energi 60 Node Mobilitas *Random Waypoint*



Gambar 9. Sisa Energi 60 Node Mobilitas *Random Direction*

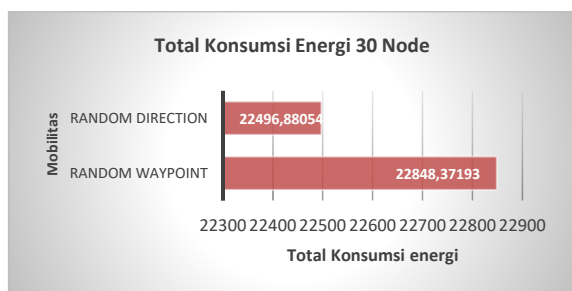
Berdasarkan Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan bahwa presentasi nilai sisa energi beragam di setiap masing – masing pergerakan *node*. Gambar 8 menunjukkan bahwa sisa energi tertinggi berada pada posisi 62 % dengan rentang angka 230 Joule – 235 Joule. Sedangkan presentase sisa energi terkecil berada pada posisi 7 % dengan rentang angka 248 Joule – 253 Joule. Gambar 9 menunjukkan bahwa sisa energi tertinggi berada pada posisi 57 % dengan rentang angka 215 Joule – 221 Joule. Sedangkan presentase sisa energi terkecil berada pada posisi 2 % dengan rentang angka 229 Joule – 235 Joule. Dari kedua model pergerakan *node*, sisa energi tertinggi didapatkan pada *node* yang menggunakan *random waypoint* dengan sisa energi sebanyak 251,785237 Joule. Sedangkan sisa energi terendah didapatkan pada *node* yang

menggunakan *random direction* dengan sisa energi sebanyak 208,664479 Joule.

5.2 Analisis Total Energi

Melakukan analisis total energi yang dimiliki pada tiap *node* dengan menggunakan model pergerakan *node* yang berbeda – beda. Energi awal yang diberikan pada setiap *node* awal sebesar 1000 Joule.

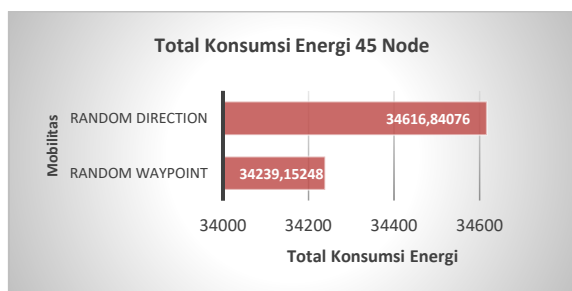
1. Total Konsumsi Energi 30 *Node* pada Mobilitas *Random Waypoint* dan *Random Direction*



Gambar 10. Total Konsumsi Energi 30 *Node*

Gambar 10 menunjukkan total konsumsi energi dengan menggunakan jumlah *node* sebanyak 30 pada kedua model pergerakan *node*. Dari kedua model pergerakan *node*, total konsumsi energi tertinggi didapatkan pada *node* yang menggunakan *random waypoint* dengan total konsumsi energi sebanyak 22848,37193 Joule. Sedangkan total konsumsi energi terendah didapatkan pada *node* yang menggunakan *random direction* dengan total konsumsi energi sebanyak 22496,88054 Joule. Selisih total konsumsi energi sebesar 351,491386 Joule.

2. Total Konsumsi Energi 45 *Node* pada Mobilitas *Random Waypoint* dan *Random Direction*

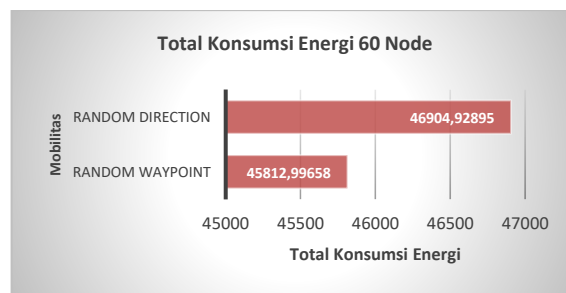


Gambar 11. Total Konsumsi Energi 45 *Node*

Gambar 11 menunjukkan total konsumsi energi dengan menggunakan jumlah *node* sebanyak 45 pada kedua model pergerakan *node*.

Dari kedua model pergerakan *node*, total konsumsi energi tertinggi didapatkan pada *node* yang menggunakan *random direction* dengan total konsumsi energi sebanyak 34616,84076 Joule. Sedangkan total konsumsi energi terendah didapatkan pada *node* yang menggunakan *random waypoint* dengan total konsumsi energi sebanyak 34239,15248 Joule. Selisih total konsumsi energi sebesar 377,688283 Joule.

3. Total Konsumsi Energi 60 *Node* pada Mobilitas *Random Waypoint* dan *Random Direction*



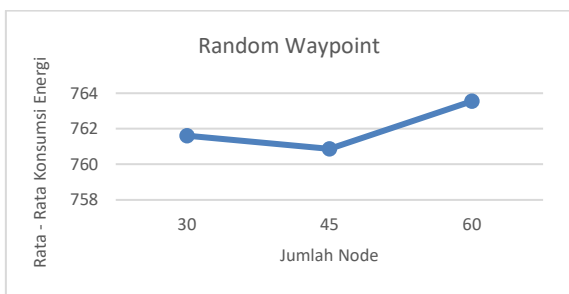
Gambar 12. Total Konsumsi Energi 60 *Node*

Gambar 12 menunjukkan total konsumsi energi dengan menggunakan jumlah *node* sebanyak 60 pada kedua model pergerakan *node*. Dari kedua model pergerakan *node*, total konsumsi energi tertinggi didapatkan pada *node* yang menggunakan *random direction* dengan total konsumsi energi sebanyak 46904,92895 Joule. Sedangkan total konsumsi energi terendah didapatkan pada *node* yang menggunakan *random waypoint* dengan total konsumsi energi sebanyak 45812,99658 Joule. Selisih total konsumsi energi sebesar 1091,932362 Joule.

5.3 Analisis Rata – Rata Konsumsi Energi tiap Mobilitas

1. Mobilitas *Random Waypoint*

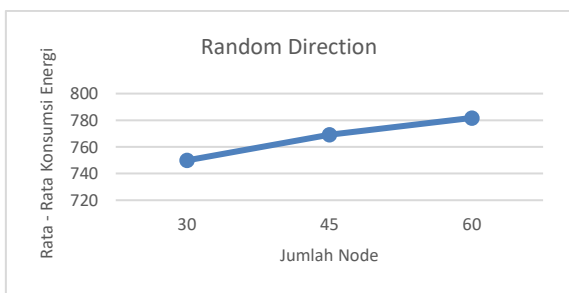
Dari hasil analisis rata - rata konsumsi energi pada mobilitas *random waypoint* mengalami penurunan dan kembali mengalami kenaikan pada setiap penambahan *nodenya* dari mulai *node* berjumlah 30 yaitu pada posisi 761,6123976 Joule, mengalami penurunan pada *node* berjumlah 45 yaitu 760,8700551 Joule dan mengalami kenaikan kembali pada *node* berjumlah 60 yaitu 763,097024 Joule. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 13. Penurunan dan naiknya rata-rata konsumsi energi diakibatkan oleh sifat dari protokol *routing* LAR yang melakukan zonasi dalam bertukar informasi antar *node*.



Gambar 13. Rata-rata Mobilitas Random Waypoint

2. Mobilitas Random Direction

Dari hasil analisis rata - rata konsumsi energi pada mobilitas random direction mengalami kenaikan pada setiap penambahan nodenya dari mulai node berjumlah 30 yaitu pada posisi 749,8960181 Joule, mengalami kenaikan pada node berjumlah 45 yaitu 769,2631281 Joule dan mengalami kenaikan kembali pada node berjumlah 60 yaitu 781,7488158 Joule. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Rata-rata Mobilitas Random Direction

6. KESIMPULAN

1. Dari hasil simulasi, menghasilkan tingkat konsumsi yang berbeda-beda di setiap penambahan node dan mobilitas yang digunakan. Konsumsi energi terbesar pada jumlah node sebanyak 30 node dimiliki oleh node yang menggunakan mobilitas random waypoint dengan total konsumsi sebesar 766,168702 Joule dengan sisa energi sebesar 233,831298 Joule dan konsumsi energi terendah dimiliki oleh node yang menggunakan mobilitas random direction dengan total konsumsi energi sebesar 742,637144 Joule dengan sisa energi sebesar 257,362856 Joule. Pada node berjumlah 45, konsumsi terbesar dimiliki oleh node yang menggunakan mobilitas random direction dengan total konsumsi sebesar 784,617525 Joule dengan sisa energi sebesar 215,382475 Joule dan konsumsi energi terendah dimiliki oleh node yang menggunakan mobilitas

random waypoint dengan total konsumsi energi sebesar 754,745626 Joule dengan sisa energi sebesar 245,254374 Joule. Pada node berjumlah 60, konsumsi terbesar dimiliki oleh node yang menggunakan mobilitas random direction dengan total konsumsi sebesar 791,335521 Joule dengan sisa energi sebesar 208,664479 Joule dan konsumsi energi terendah dimiliki oleh node yang menggunakan mobilitas random waypoint dengan total konsumsi energi sebesar 748,214763 Joule dengan sisa energi sebesar 251,785237 Joule.

2. Rata – rata konsumsi energi dengan jumlah node 30, 45 dan 60 pada masing – masing mobilitas terlihat bahwa mobilitas random waypoint mengalami penurunan dan kenaikan rata – rata konsumsi energi pada saat penambahan jumlah node. Penurunan rata – rata konsumsi energi terjadi pada jumlah node sebanyak 30 dan 45 yaitu 761,6123976 Joule dan 760,8700551 Joule, kemudian rata – rata konsumsi energi kembali naik saat jumlah node sebanyak 60 yaitu 763,097024 Joule. Sedangkan pada mobilitas random direction, rata – rata konsumsi energi akan terus bertambah atau naik pada saat penambahan node. Peningkatan atau penurunan konsumsi energi di setiap skenario dapat dipengaruhi dari perubahan jumlah node dan perubahan mobilitas tiap node.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Dhief, F. T., Muniyandi, R. C. dan Sabri, N., 2016. *Performance Evaluation of LAR and OLSR Routing Protocols in Forest Fire Detection using Mobile Ad-Hoc Network*. Indian Journal of Science and Technology, Vol 9(48), DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i48/99556. ISSN (online): 0974-5645.

Alubaddy, R. et al., 2015. *Performance Analysis of Reactive and Proactive Routing Protocols in Manet*. ARPN Journal of Engineering and Applied Science, 10(3), pp. 1468-1478.

Fall, K. dan Varadhan, K., 2011. The ns manual. The VINT Project. Tersedia di: <https://www.isi.edu/nsnam/ns/doc>

Fotino, M. & De Rangi, F., 2011. Energy Issues and Energy Aware Routing in Wireless Ad Hoc Network, Mobile Ad-Hoc

Networks: Protocol Design, Prof. Xin Wang (Ed.), In Tech

Ko, Y.-B. & Vaidya, N. H., 2000. Location-Aided Routing (LAR) in Mobile Ad Hoc Networks. *Wireless Network*.

Mentari, L. R. P., Primananda, R. dan Basuki, A., 2019. Pengaruh Model Mobilitas Node Pada Protokol *Routing* AODV dalam MANET. S1. Universitas Brawijaya.

Nugroho, B., Setiawan, N. A. dan Fauziati, S., 2015. Analisis Kinerja Protokol *Reaktif* Pada Jaringan *Manet* Dalam Simulasi Jaringan Menggunakan *Network Simulator* Dan *Tracegraph*. S1. Universitas Gadjah Mada.

Pucanganom, I. D. G. A., Trisnawan, P. H. dan Siregar, R. A., 2019. Analisis Perbandingan Dampak Serangan *Black Hole* Pada Kinerja *Routing Protocol* LAR (*Location-Aided Routing*) dan DYMO (*Dynamic Manet On-Demand*) di *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET). S1. Universitas Brawijaya.

Rachman, W. A., Trisnawan, P. H. dan Fauzi, M. A., 2019. Analisis Konsumsi Energi Protokol *Routing Fisheye State Routing* (FSR) pada *Mobile Ad Hoc Network* (MANET). S1. Universitas Brawijaya.

Widyaningrum, S. dan Salman, M., 2014. Analisis Kinerja *Routing Protocol* AODV OLSR dan TORA Terhadap Stabilitas Jaringan Pada *Mobile Ad hoc Network* (MANET) Berbasis IPv6. S1. Universitas Indonesia.