

MONITORING ENERGI PROTOKOL ROUTING WSN PADA PENEBAANGAN LIAR

MONITORING PROTOCOL ROUTING ENERGY WSN IN ILLEGAL LOGGING

Mikhaelita Debora Panjaitan¹, Giva Andriana Mutiara², Gita Indah Hapsari³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

mikhaelitadp@student.telkomuniversity.ac.id¹, givamz@tass.telkomuniversity.ac.id²

gitaindahhapsari@tass.telkomuniversity.ac.id³

Abstrak – Salah satu masalah yang dialami daerah dengan banyak pohon adalah penebangan liar atau yang sering disebut dengan *illegal logging*. Para pemilik lahan sering mengalami pencurian kayu yang dilakukan oleh para pelaku kejahatan. Berdasarkan permasalahan yang dialami maka dibuatlah monitoring energi WSN pada penebangan liar dalam bentuk simulasi yang dikembangkan dan mengambil model energi dari penelitian sebelumnya. Monitoring energi akan diterapkan 2 protokol energi *routing*. Protokol *routing* pertama yang digunakan adalah protokol LEACH. Sedangkan protokol *routing* kedua adalah protokol EAMMH. Dalam penelitian ini penulis akan mencoba mensimulasikan jaringan dengan menerapkan kedua protokol dan menganalisis hasil simulasi tersebut. Simulasi akan dilakukan menggunakan aplikasi Matlab. Hasil simulasi menunjukkan hasil simulasi menggunakan protokol *routing* EAMMH bekerja lebih baik dalam mempertahankan node hidup dalam putaran *routing* dan penggunaan energi yang sedikit lebih baik dibandingkan protokol LEACH.

Kata Kunci – *Penebangan liar, protokol routing, LEACH, EAMMH*

Abstract – One of the problems experienced by areas with lots of trees is illegal logging. Land owners often experience timber theft by criminals. Based on the problems experienced, WSN energy monitoring was made in illegal logging in the form of a simulation that was developed and took the energy model from previous research. Energy monitoring will be implemented 2 energy routing protocols. The first routing protocol used is the LEACH protocol. Meanwhile, the second routing protocol is the EAMMH protocol. In this research, the writer tries to simulate the network by applying both protocols and analyzing the simulation results. The simulation will be carried out using the Matlab application. The simulation results show that the simulation results using the EAMMH routing protocol work better in maintaining live nodes in the routing loop and use slightly better energy than the LEACH protocol.

Keyword: *Illegal logging, routing protocol, LEACH, EAMMH*

1. PENDAHULUAN

Kesadaran masyarakat Indonesia akan fungsi hutan masih rendah, dimana banyak hutan mengalami degradasi. Seperti yang dinyatakan dalam penelitian Dirga Chandra et al. (2018) diungkap bahwa sebagian besar degradasi yang terjadi di Indonesia disebabkan oleh pembalakan liar [1].

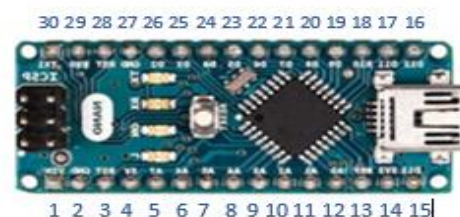
Pada penelitian yang ditulis Pada penelitian sebelumnya yang ditulis oleh Giva Andriana et al. (2018), telah dibuat suatu sistem illegal logging dengan teknologi WSN yang mendapatkan sumber energi dari *powerbank*. WSN merupakan sebuah jaringan yang terdiri dari node-node yang didistribusikan baik secara strategis maupun secara random yang bertujuan untuk mengamati suatu kejadian tertentu. Pada sistem yang telah dibuat ini semua node akan langsung mengirimkan data pada server sehingga penggunaan energi menjadi lebih boros [2].

Berdasarkan permasalahan tersebut dibutuhkan sistem yang bukan hanya dapat *memonitoring* penebangan liar tetapi dapat juga *memonitoring* penggunaan energi daya, maka dibuatlah sistem *monitoring* energi dan WSN pada penebangan liar melalui simulasi. Model energi sistem ini diambil dan diolah menggunakan matlab dan di tampilkan melalui tampilan grafik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arduino Nano

Arduino merupakan papan pengembangan mikrokontroler kecil yang bersifat *open-source* atau dapat diartikan pengguna dapat dengan bebas membuat suatu alat elektronik menggunakan Arduino. Arduino Nano tidak disertai dengan colokan DC berjenis Barrel Jack, dan untuk menggunakannya dihubungkan ke komputer menggunakan port USB Mini-B, bukan port serial.



Gambar 1. Arduino Nano

2.2 Xbee Pro 2SC

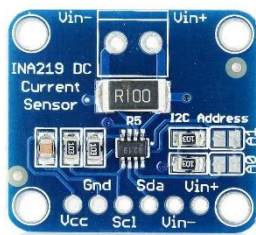
XBee Pro S2C merupakan modul radio frekuensi yang berfungsi sebagai alat komunikasi. Modul yang beroperasi pada frekuensi band ISM (Industrial, Scientific & Medical) 2,4 GHz ini menyajikan kemampuan untuk pengiriman data antar perangkat dengan kemampuan kisaran jarak yang bervariasi tergantung pada kondisi dan tempat (indoor & outdoor).



Gambar 2. Xbee Pro 2SC

2.3 Sensor Ina219

Sensor ina219 merupakan modul sensor yang dapat digunakan untuk mengukur arus dan juga tegangan. Modul sensor ini dapat mengukur sumber beban sampai 26 VDC dan arus sampai 3,2A.



Gambar 3. Sensor Ina219

2.4 Powerbank

Powerbank merupakan suatu perangkat elektronik yang digunakan untuk menyimpan daya sementara yang dapat memberikan daya kepada perangkat lain tanpa harus terhubung ke sumber listrik.

2.5 Matlab

Matlab (*matrix laboratory*) merupakan *software* yang dikembangkan oleh Mathworks.Inc. Matlab merupakan sebuah bahasa pemrograman tingkat tinggi, yang sering digunakan untuk teknik menganalisis dan mengkomputasi numerik dalam penyelesaian masalah-masalah yang melibatkan operasi matematika seperti elemen, matrik, optimasi, aproksimasi dan lain-lain [3]

2.6 Protocol Routing LEACH

LEACH merupakan *per-routingan* berbasis pengelompokan energi secara merata kesemua sensor dan meningkatkan masa hidup jaringan [4]. LEACH merupakan protokol *routing* jenis hirarki yang pertama di temukan. Algoritma dimulai dengan

pemilihan *Cluster Head* (CH) dari node, selanjutnya melakukan pemilihan anggota cluster menggunakan *algoritma clustering* dari node non-CH.

Operasi LEACH terbagi ke dalam beberapa sesi, tergantung jumlah CH yang diinginkan. Node akan menjadi CH untuk satu sesi sehingga kedudukan CH menjadi tidak tetap. Algoritma LEACH terdiri dari dua fase, yaitu fase *Set-up* dan fase *Steady*. Proses algoritma LEACH dijelaskan sebagai berikut [4] :

1) Fase Setup

Terjadi pembentukan cluster dan pemilihan CH. Proses yang terjadi :

a. Penentuan CH

Algoritma dimulai dengan memutuskan terlebih dahulu *cluster* beserta persentase CH yang diinginkan dan masa aktif *node* tersebut selama menjadi CH. Setelah itu, tiap *node* memutuskan apakah menjadi CH atau tidak selama sesi tersebut berdasarkan level energi yg tersisa. Pengambilan keputusan dilakukan oleh *node n* yang memilih angka acak di antara 0 dan 1. Jika angka tersebut kurang dari batas *threshold*, maka node tersebut menjadi CH untuk sesi tersebut. Batas *threshold* dirumuskan sebagai [12]:

$$T(n) = \frac{P}{1 - P * \left(r * \text{mod} \frac{1}{P}\right)} \quad \text{jika } n \in G$$

Dimana:

T = Batas *threshold*

P = persentase CH yang diinginkan

r = sesi saat ini

G = jumlah node yang belum pernah menjadi CH s selama 1/P sesi terakhir.

Dengan menggunakan batas *threshold* ini, maka tiap *node* sensor akan menjadi CH dari sekumpulan *node* dalam 1/P sesi.

b. Pembentukan cluster

Setelah *node* terpilih menjadi CH, *node* tersebut akan mengumumkan pesan kepada *node* non-CH yg tersisa. *Node* non-CH menerima pesan dan akan memberitahu kepada CH untuk menggabungkan diri sebagai anggota cluster. Setelah menerima informasi penggabungan diri, maka CH membentuk TDMA *schedule* dan menyebarkan ke seluruh *node*.

2) Fase Steady State

Pada fase ini terjadi proses transfer data antar node. Proses steady state memakan waktu yang lebih lama dibandingkan proses setup, karena transfer data terjadi melalui transmisi radio secara intensif.

2.7 Protocol Routing EAMMH

EAMMH merupakan protokol jalur hierarki *intra-cluster* sadar energi dan multi-hop di mana

tingkat hierarki bergantung pada ukuran jaringan [5]. Pengoperasian protokol EAMMH dipecah menjadi putaran diantaranya :

1) Fase Pengaturan

Terjadi penentuan CH dan pembentukan cluster. Proses yang terjadi mirip dengan metode yang digunakan dalam LEACH. Proses yang terjadi:

a. Pemilihan CH

Setiap putaran dimulai dengan pemilihan CH, setiap node dalam jaringan memutuskan apakah akan menjadi CH untuk putaran saat ini atau tidak. Bergantung pada persentase kepala cluster yang diperlukan untuk jaringan. Penentuan CH di tentukan oleh [12] :

$$T(n) = \frac{P}{1 - P * \left(r * \text{mod} \frac{1}{P}\right)} \quad \text{jika } n \in G$$

Dimana:

T = Batas *threshold*

P = persentase CH yang diinginkan

r = sesi saat ini

G = jumlah node yang belum pernah menjadi CH s selama $1/P$ sesi terakhir

b. Formasi Cluster

Setiap node yang telah memilih dirinya sebagai CH untuk putaran saat ini menyiarkan pesan ke tetangganya dengan informasi :

- Anggaran dialokasikan ke tetangga (B)
- Jumlah hop minimum (h_{mnt})
- Energi rata-rata jalur saat ini (E_{rata})
- Lalu lintas rute saat ini (t)

2) Fase Transmisi Data

Slot waktu ditetapkan untuk setiap node sensor dan data di transfer. Node mengikuti metode heuristik untuk transmisi data yang efisien dengan persamaan:

$$H = K (E_{avg} / h_{min} \times t)$$

Dimana:

E_{avg} = rerata dari jalur saat ini

K = nilai tetap

t = lalu lintas rute saat ini

H_{min} = jumlah hop minimum

$$E_{min} = E_{avg} / K$$

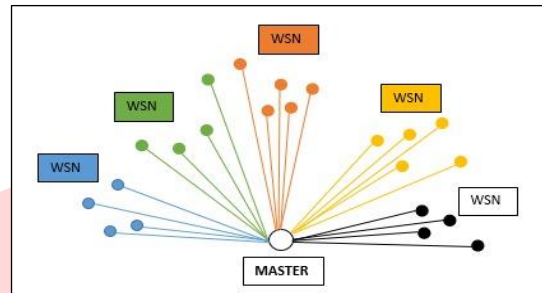
Setelah cluster dibuat dan node sensor diberikan slot waktu untuk transmisi data dimulai. Dengan asumsi node selalu memiliki data untuk dikirim, mereka mengirimnya selama waktu transmisi yang dialokasikan ke CH. Ketika sebuah node menerima data dari tetangganya, ia mengumpulkannya dengan datanya sendiri. Jika tidak ada node dalam

tabel *routing* yang memiliki E_{min} lebih besar dari energi ambang, itu mengambil node dengan energi minimum tertinggi.

3. ANALISIS DAN PERANCANGAN

3.1 Gambaran Sistem Saat Ini

Sistem monitoring energi saat ini bersifat *realtime* dan data daya energi dikirimkan setiap node secara bersamaan pada clusterhead (master).



Gambar 4. Gambaran Sistem Saat Ini

Pada Gambar 3.1 diilustrasikan setiap node yang aktif memiliki daya energi yang mana setiap node akan mengirimkan data pada tiap clusterhead, dan setiap clusterhead akan mengirimkan data pada master untuk ditampilkan. Berdasarkan penelitian sebelumnya, telah dibuat suatu sistem dengan fungsionalitas seperti berikut :

- 1) Monitoring illegal logging berbasis mikrokontroler.
- 2) Sistem dapat memonitoring keadaan pohon dalam keadaan aman atau tidak.
- 3) Sistem memberikan peringatan dalam bentuk led dan buzzer [2].

3.2 Analisis dan Kebutuhan Sistem

a. Kebutuhan Fungsional

- 1) Mengimplementasikan prinsip *Wireless Sensor Network* (WSN) pada sistem pendeteksi penebangan liar
- 2) Menggunakan model energi dari sistem monitoring sebelumnya
- 3) Menggunakan data acak
- 4) Menggunakan algoritma dalam pengiriman data dari setiap node
- 5) Menampilkan rata-rata daya node

b. Kebutuhan Non Fungsional

- 1) Dibutuhkan jumlah node yang akan di *routing*
- 2) Dibutuhkan jumlah *routing* untuk node
- 3) Dibutuhkan Matlab sebagai media simulasi dan menampilkan data monitoring daya

3.3 Model Komunikasi Nirkabel

Model komunikasi nirkabel [6] digunakan untuk mengevaluasi konsumsi energi node. Dalam model ini, konsumsi energi dihitung dengan Persamaan berikut :

$$E_{Tx}(k, d) = \begin{cases} k \cdot E_{elec} + k \cdot \epsilon_{fs} \cdot d^2 & \text{if } d \leq d_0 \\ k \cdot E_{elec} + k \cdot \epsilon_{mp} \cdot d^4 & \text{if } d > d_0 \end{cases}$$

Dimana :

k = jumlah bit yang ditransmisikan oleh setiap node

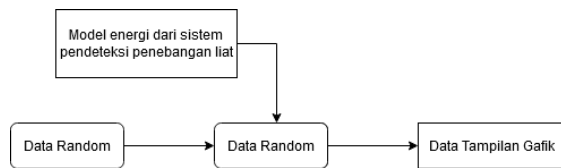
d = dan mewakili jarak pengirim dan penerima

E_{elec} = jumlah konsumsi energi selama mengirim dan menerima data.

E_{fs} dan E_{amp} = parameter energi penguat daya dalam model dua saluran

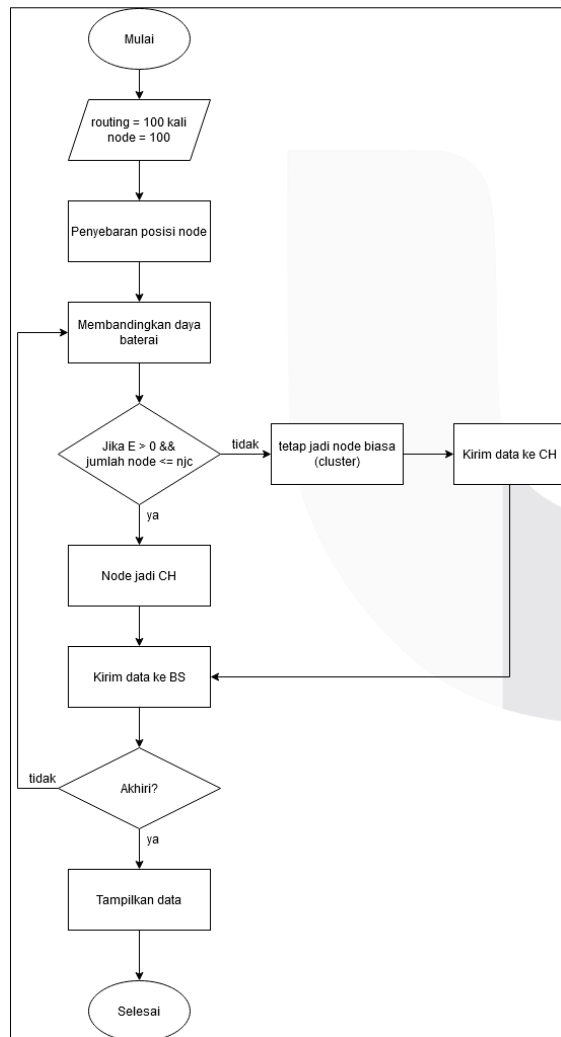
3.4 Blok Diagram

Dibawah ini merupakan blok diagram yang menunjukkan rancangan proses pengolahan data.



Gambar 5. Blok Diagram

3.5 Flow Chart



Gambar 6. Flow Chart

4. PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Parameter Pengujian Alat

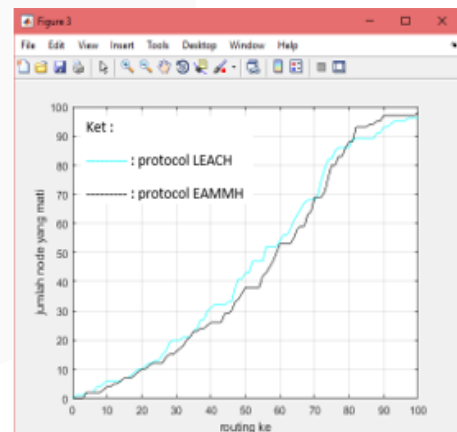
Pengujian dilakukan menggunakan parameter seperti dibawah ini :

Tabel 1. Parameter Pengujian

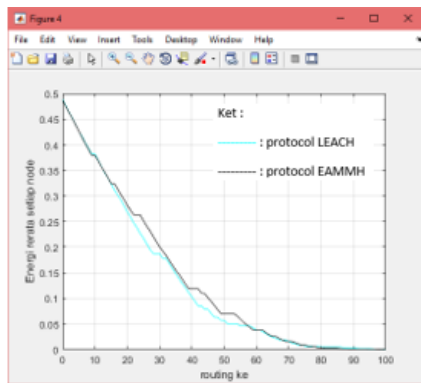
No	Parameter	Nilai
1.	Energi Awal (E_0)	0.5 J
2.	Electronic Energy (ETX)	$1.59 * 10^{-6}$ J/bit
3.	Electronic Energy (ERX)	$0.41 * 10^{-6}$ J/bit
4.	E_{fs}	$10 * 10^{-13}$ J/bit/m ²
5.	E_{mp}	$13 * 10^{-16}$ J/bit/m ⁴
6.	EDA	$5 * 10^{-9}$
7.	Jumlah rotting	100 routing
8.	Jumlah node	100 node
9.	Besar probabilitas (P)	disesuaikan

4.2 Pengujian Program dengan 100 Node dan Probabilitas Pemilihan CH 0.02 dengan BS di ujung

Pengujian dilakukan antara protokol *routing* EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.02, dilakukan *routing* sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di ujung.



Gambar 7. Grafik jumlah node mati selama 100 routing dengan $p=0.02$ BS di ujung



Gambar 8. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran routing dengan $p=0.02$ BS di ujung

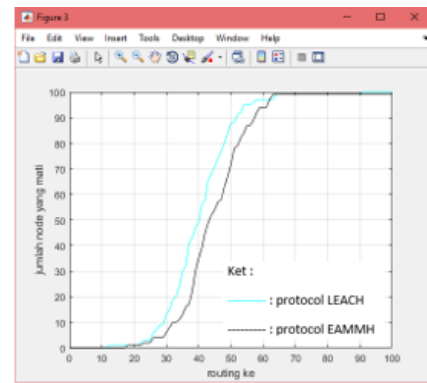
Tabel 2. Perbandingan Protokol Routing LEACH dan EAMMH dengan $p=0.02$ BS di ujung

No	Pembandingan	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	Routing ke 1	Routing ke 4
2.	Jumlah node yang mati pada routing ke 50	43 node	38 node
3.	Jumlah node yang mati pada routing ke 100	96 node	98 node
4.	Jumlah node yang masih hidup pada routing ke-100	4 node	2 node
5.	Energi Rata-Rata Awal	0.48869	0.48732

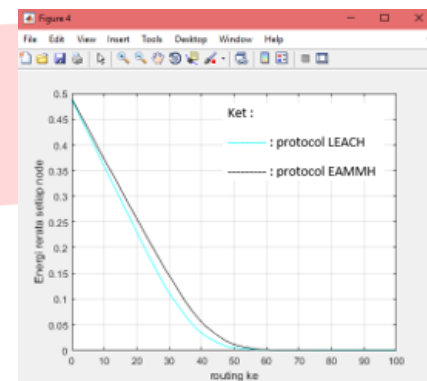
Pada pengujian 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.02 dan 100 kali putaran routing dengan BS di ujung, protokol LEACH bekerja sedikit lebih baik, meskipun tidak terlalu jauh berbeda dengan hasil kerja protokol EAMMH yang dapat dilihat perbandingannya pada Tabel 2. Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat grafik perubahan node mati dalam 100 putaran routing. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol LEACH sedikit lebih tahan dibandingkan dengan protokol EAMMH yang energi rata-ratanya lebih cepat mencapai 0, hal ini dapat dilihat pada Gambar 8. Perbandingan energi rata-rata antara ke 2 protokol berbeda sekitar 0.3, dimana protokol LEACH lebih baik sekitar 0.3 dalam mempertahankan energinya dibandingkan protokol EAMMH.

4.3 Pengujian Program dengan 100 Node dan Probabilitas Pemilihan CH 0.1 dengan BS di ujung

Pengujian dilakukan antara prokotoel routing EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.1, dilakukan routing sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di ujung.



Gambar 9. Grafik jumlah node mati selama 100 routing dengan $p=0.1$ BS di ujung



Gambar 10. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran routing dengan $p=0.1$ BS di ujung

Tabel 3. Perbandingan Protokol Routing LEACH dan EAMMH dengan $p=0.1$ BS di ujung

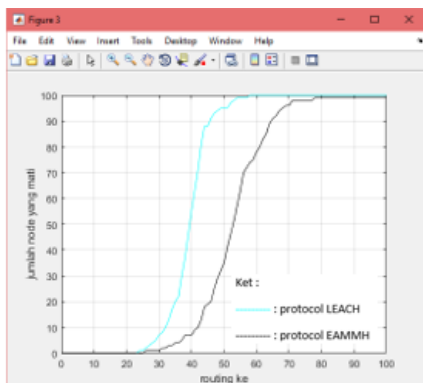
No	Pembandingan	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	Routing ke 12	Routing ke 18
2.	Jumlah node yang mati pada routing ke 50	88 node	72 node
3.	Jumlah node yang mati pada routing ke 100	100 node	99 node
4.	Jumlah node yang masih hidup pada routing ke-100	0 node	1 node
5.	Energi Rata-Rata Awal	0.48707	0.48926

Pada pengujian 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.1 dan 100 kali putaran routing dengan BS di ujung, protokol EAMMH bekerja sedikit lebih baik, meskipun tidak terlalu jauh berbeda dengan hasil kerja protokol LEACH yang dapat dilihat perbandingannya pada Tabel 3. Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat grafik perubahan node mati dalam 100 putaran routing. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol EAMMH dapat sedikit lebih tahan dibandingkan protokol LEACH, hal ini dapat dilihat pada Gambar 10. Protokol EAMMH dapat mempertahankan energi rata-ratanya sampai routing ke 100, sedangkan protokol LEACH kehilangan seluruh energi rata-rata pada routing ke 89. Sehingga kinerja

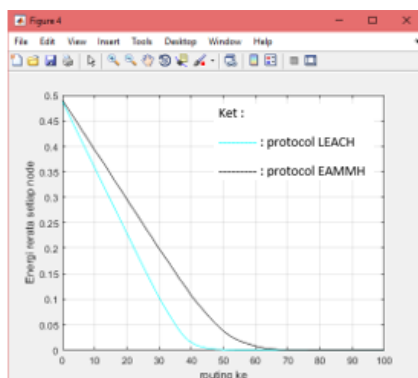
protokol LEACH jika dibandingkan dengan protokol EAMMH menjadi 89% : 100%.

4.4 Pengujian Program dengan 100 Node dan Probabilitas Pemilihan CH 0.25 dengan BS di ujung

Pengujian dilakukan antara protokol *routing* EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.25, dilakukan *routing* sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di ujung.



Gambar 11. Grafik jumlah node mati selama 100 routing dengan $p=0.25$ BS di ujung



Gambar 12. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran *routing* dengan $p=0.25$ BS di ujung

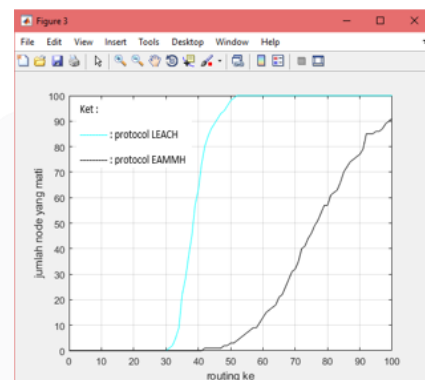
Tabel 4. Perbandingan Protokol *Routing* LEACH dan EAMMH dengan $p=0.25$ BS di ujung

No	Pembandingan	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	<i>Routing</i> ke 24	<i>Routing</i> ke 26
2.	Jumlah node yang mati pada <i>routing</i> ke 50	95 node	35 node
3.	Jumlah node yang mati pada <i>routing</i> ke 100	100 node	99 node
4.	Jumlah node yang masih hidup pada <i>routing</i> ke-100	0 node	1 node
5.	Energi Rata-Rata Awal	0.48710	0.49042

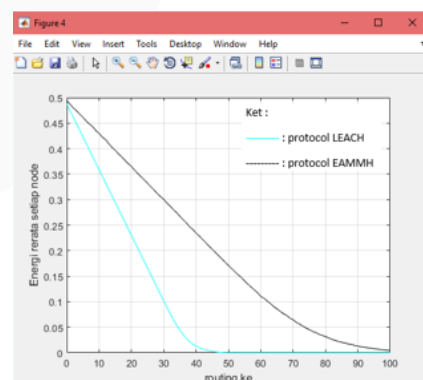
Pada pengujian 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.25 dan 100 kali putaran *routing* dengan BS di ujung, protokol EAMMH bekerja lebih baik, dibandingkan protokol LEACH yang dapat dilihat pada Tabel 4. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol EAMMH sedikit lebih tahan dibandingkan protokol LEACH, grafik perubahan energi rata-rata dapat dilihat pada Gambar 12. Protokol EAMMH dapat mempertahankan energi rata-ratanya sampai *routing* ke 100, berbeda dengan protokol LEACH yang kehilangan seluruh energi rata-rata pada *routing* ke 57. Sehingga kinerja protokol LEACH jika dibandingkan dengan protokol EAMMH menjadi 56% : 100%.

4.5 Pengujian Program dengan 100 Node dan Probabilitas Pemilihan CH 0.5 dengan BS di Ujung

Pengujian dilakukan antara protokol *routing* EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.5, dilakukan *routing* sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di ujung.



Gambar 13. Grafik jumlah node mati selama 100 routing dengan $p=0.5$ BS di ujung



Gambar 14. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran *routing* dengan $p=0.5$ BS di ujung

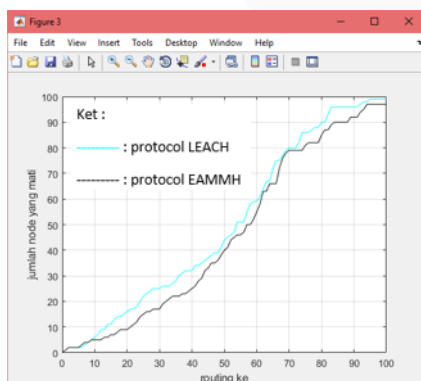
Tabel 5. Perbandingan Protokol Routing LEACH dan EAMMH dengan $p=0.5$ BS di Ujung

No	Pembandingan	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	Routing ke 31	Routing ke 42
2.	Jumlah node yang mati pada routing ke 50	98	3
3.	Jumlah node yang mati pada routing ke 100	100	91
4.	Jumlah node yang masih hidup pada routing ke-100	0	9
5.	Energi Rata-Rata Awal	0.48714	0.49392

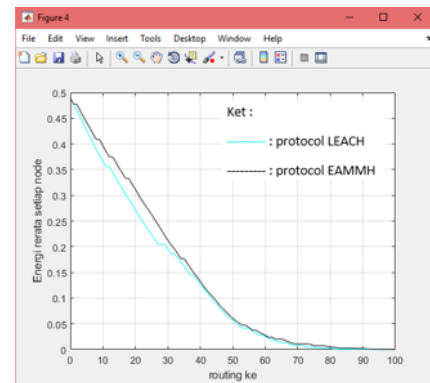
Pada pengujian 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.5 dan 100 kali putaran routing dengan BS di ujung, protokol EAMMH bekerja lebih baik dibandingkan protokol LEACH yang dapat dilihat perbandingannya pada Tabel 5. Berdasarkan Gambar 13 dapat dilihat grafik perubahan node mati dalam 100 putaran routing. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol EAMMH jauh lebih tahan dibandingkan protokol LEACH, grafik perubahan energi rata-rata dapat dilihat pada Gambar 14. Protokol EAMMH dapat mempertahankan energi rata-ratanya sampai routing ke 100, berbeda dengan protokol LEACH yang kehilangan seluruh energi rata-rata pada routing ke 51. Sehingga kinerja protokol LEACH jika dibandingkan dengan protokol EAMMH menjadi 50% : 100%.

4.6 Pengujian Program dengan 100 Node dan Probabilitas Pemilihan CH 0.02 dengan BS di tengah

Pengujian dilakukan antara protokol routing EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.02, dilakukan routing sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di tengah.



Gambar 15. Grafik jumlah node mati selama 100 routing dengan $p=0.02$ BS di tengah



Gambar 16. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran routing dengan $p=0.02$ BS di tengah

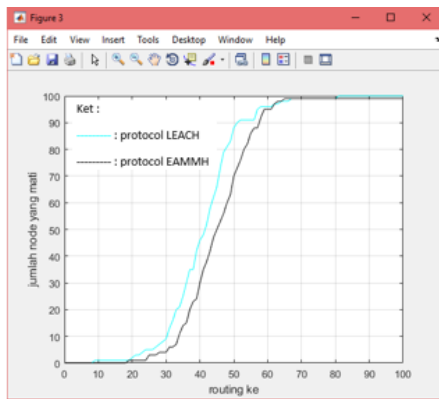
Tabel 6. Tabel Perbandingan Protokol Routing LEACH dan EAMMH dengan $p=0.02$ BS di tengah

No	Pembandingan	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	Routing ke 2	Routing ke 1
2.	Jumlah node yang mati pada routing ke 50	44 node	40 node
3.	Jumlah node yang mati pada routing ke 100	99 node	97 node
4.	Jumlah node yang masih hidup pada routing ke-100	1 node	3 node
5.	Energi Rata-Rata Awal	0,4887013	0,4887014

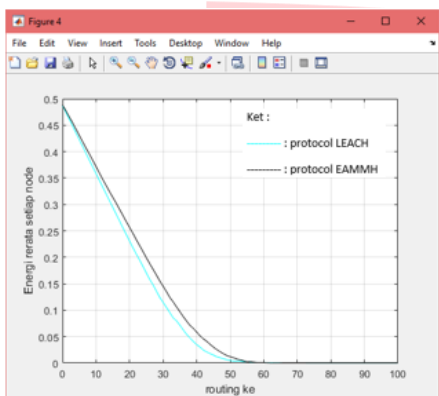
Pada pengujian 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.02 dan 100 kali putaran routing dengan BS di tengah, protokol EAMMH bekerja sedikit lebih baik, meskipun tidak terlalu jauh berbeda dengan hasil kerja protokol LEACH yang dapat dilihat perbandingannya pada Tabel 6. Berdasarkan Gambar 15 dapat dilihat grafik perubahan node mati dalam 100 putaran routing. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol EAMMH sedikit lebih tahan dibandingkan dengan protokol LEACH yang energi rata-ratanya lebih cepat mencapai 0, hal ini dapat dilihat pada Gambar 16. Perbandingan energi rata-rata antara ke 2 protokol berbeda sekitar 0.34, dimana protokol EAMMH lebih baik sekitar 0.34 dalam mempertahankan energinya dibandingkan protokol LEACH.

4.7 Pengujian Program dengan 100 Node dan Probabilitas Pemilihan CH 0.1 dengan BS di tengah

Pengujian dilakukan antara protokol routing EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.1, dilakukan routing sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di tengah.



Gambar 17. Grafik jumlah node mati selama 100 routing dengan $p=0.1$ BS di tengah



Gambar 18. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran routing dengan $p=0.1$ BS di tengah

Tabel 7. Perbandingan Protokol Routing LEACH dan EAMMH dengan $p=0.1$ BS di tengah

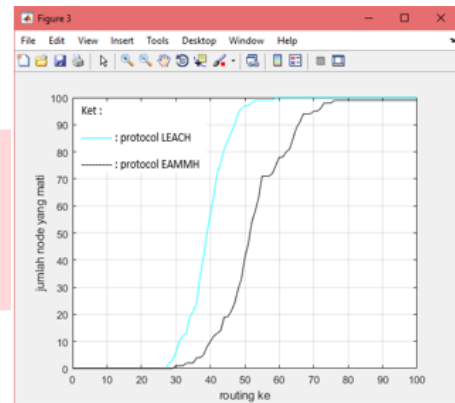
No	Pembanding	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	Routing ke 9	Routing ke 19
2.	Jumlah node yang mati pada routing ke 50	88	70
3.	Jumlah node yang mati pada routing ke 100	100	99
4.	Jumlah node yang masih hidup pada routing ke-100	0	1
5.	Energi Rata-Rata Awal	0.48708	0.48836

Pada pengujian 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.1 dan 100 kali putaran routing dengan BS di tengah, protokol EAMMH bekerja sedikit lebih baik, dibandingkan protokol LEACH yang dapat dilihat pada Tabel 7. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol EAMMH sedikit lebih tahan dibandingkan protokol LEACH. Grafik perubahan energi rata-rata dapat dilihat pada Gambar 18. Protokol EAMMH dapat mempertahankan energi rata-ratanya sampai routing ke 100, berbeda dengan protokol LEACH yang kehilangan seluruh energi rata-rata pada routing ke 80. Sehingga untuk kinerja protokol LEACH jika

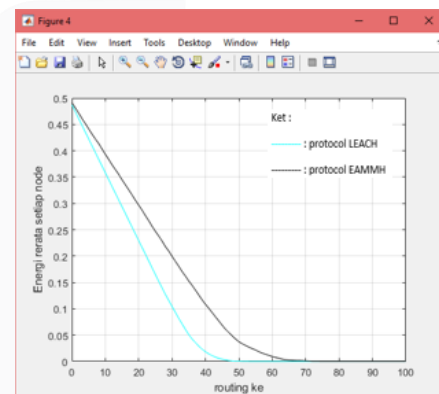
dibandingkan dengan protokol EAMMH menjadi 79% : 100%.

4.8 Pengujian Program dengan 100 Node dan Probabilitas Pemilihan CH 0.25 dengan BS di tengah

Pengujian dilakukan antara protokol routing EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.25, dilakukan routing sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di tengah.



Gambar 19. Grafik jumlah node mati selama 50 routing dengan $p=0.25$ BS di tengah



Gambar 20. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran routing dengan $p=0.25$ BS di tengah

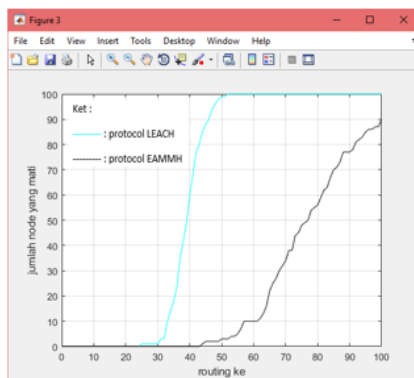
Tabel 8. Perbandingan Protokol Routing LEACH dan EAMMH dengan $p=0.25$ BS di tengah

No	Pembanding	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	Routing ke 28	Routing ke 30
2.	Jumlah node yang mati pada routing ke 50	97	41
3.	Jumlah node yang mati pada routing ke 100	100	99
4.	Jumlah node yang masih hidup pada routing ke-100	0	1
5.	Energi Rata-Rata Awal	0.48711	0.49108

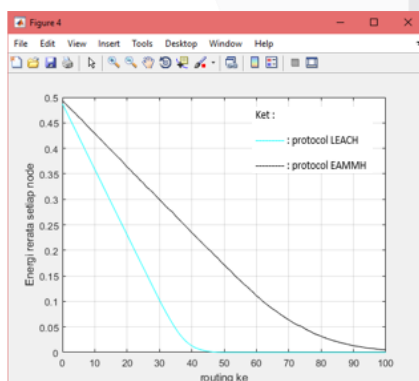
Pada pengujian 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.25 dan 100 kali putaran *routing* dengan BS di tengah, protokol EAMMH bekerja lebih baik, dibandingkan protokol LEACH yang dapat dilihat pada Tabel 8. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol EAMMH sedikit lebih tahan dibandingkan protokol LEACH. Grafik perubahan energi rata-rata dapat dilihat pada Gambar 20. Protokol EAMMH dapat mempertahankan energi rata-ratanya sampai *routing* ke 100, berbeda dengan protokol LEACH yang kehilangan seluruh energi rata-rata pada *routing* ke 58. Sehingga untuk kinerja protokol LEACH jika dibandingkan dengan protokol EAMMH menjadi 57% : 100%.

4.9 Pengujian Program dengan 100 Node dan Probabilitas Pemilihan CH 0.5 dengan BS di tengah

Pengujian dilakukan antara protokol *routing* EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.5, dilakukan *routing* sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di tengah.



Gambar 21. Grafik jumlah node mati selama 100 routing dengan $p=0.5$ BS di tengah



Gambar 22. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran *routing* dengan $p=0.5$ BS di tengah

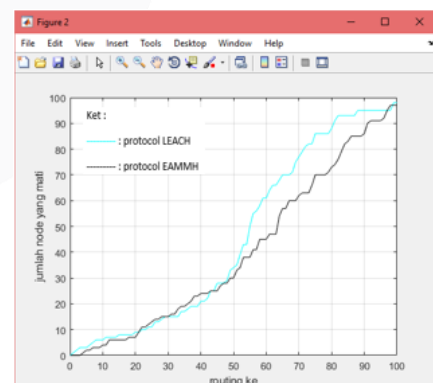
Tabel 9. Perbandingan Protokol Routing LEACH dan EAMMH dengan $p=0.5$ BS di tengah

No	Pembanding	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	<i>Routing</i> ke 25	<i>Routing</i> ke 44
2.	Jumlah node yang mati pada <i>routing</i> ke 50	99	3
3.	Jumlah node yang mati pada <i>routing</i> ke 100	100	90
4.	Jumlah node yang masih hidup pada <i>routing</i> ke-100	0	10
5.	Energi Rata-Rata Awal	0.48714	0.49301

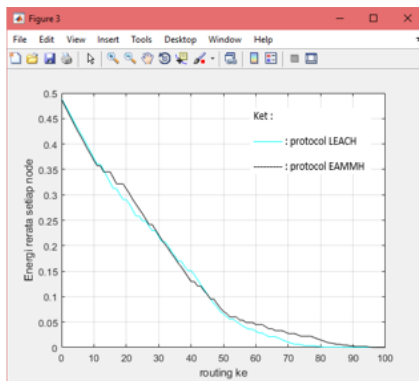
Pada pengujian 100 node dengan posisi acak, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.5 dan 100 kali putaran *routing* dengan BS di tengah, protokol EAMMH bekerja lebih baik, dibandingkan protokol LEACH yang dapat dilihat pada Tabel 9. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol EAMMH lebih tahan dibandingkan protokol LEACH. Grafik perubahan energi rata-rata dapat dilihat pada Gambar 22. Protokol EAMMH dapat mempertahankan energi rata-ratanya sampai *routing* ke 100, berbeda dengan protokol LEACH yang kehilangan seluruh energi rata-rata pada *routing* ke 51. Sehingga untuk kinerja protokol LEACH jika dibandingkan dengan protokol EAMMH menjadi 50% : 100%.

4.10 Pengujian Program dengan 100 Node Posisi Tetap dan Probabilitas Pemilihan CH 0.02 dengan BS di ujung

Pengujian dilakukan antara protokol *routing* EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.02, dilakukan *routing* sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di ujung.



Gambar 23. Grafik jumlah node mati selama 100 routing dengan $p=0.02$ BS di ujung



Gambar 24. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran routing dengan $p=0.02$ BS di ujung

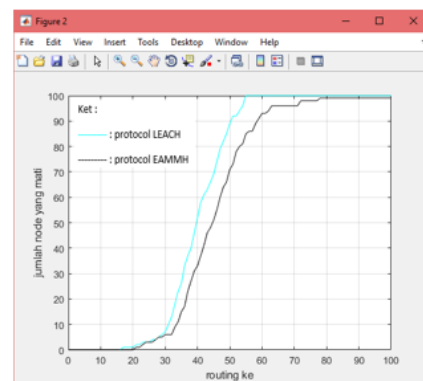
Tabel 10. Perbandingan Protokol Routing LEACH dan EAMMH dengan $p=0.02$ BS di ujung

No	Pembanding	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	Routing ke 1	Routing ke 4
2.	Jumlah node yang mati pada routing ke 50	34 node	30 node
3.	Jumlah node yang mati pada routing ke 100	98 node	97 node
4.	Jumlah node yang masih hidup pada routing ke-100	2 node	3 node
5.	Energi Rata-Rata Awal	0.48869	0.48758

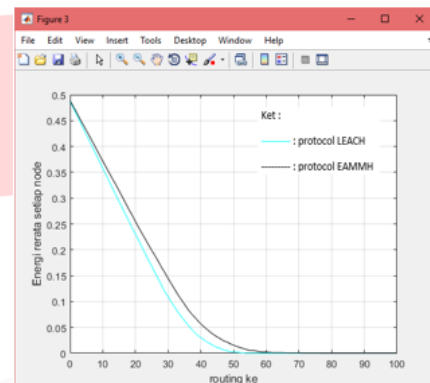
Pada pengujian 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.02 dan 100 kali putaran routing dengan BS di ujung, protokol EAMMH bekerja sedikit lebih baik, meskipun tidak terlalu jauh berbeda dengan hasil kerja protokol LEACH yang dapat dilihat perbandingannya pada Tabel 10. Berdasarkan Gambar 23 dapat dilihat grafik perubahan node mati dalam 100 putaran routing. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol EAMMH sedikit lebih tahan dibandingkan dengan protokol LEACH yang energi rata-ratanya lebih cepat mencapai 0, hal ini dapat dilihat pada Gambar 24. Perbandingan energi rata-rata antara ke 2 protokol berbeda sekitar 0.02, dimana protokol EAMMH lebih baik sekitar 0.02 dalam mempertahankan energinya dibandingkan protokol LEACH.

4.11 Pengujian Program dengan 100 Node Posisi Tetap dan Probabilitas Pemilihan CH 0.1 dengan BS di ujung

Pengujian dilakukan antara protokol routing EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.1, dilakukan routing sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di ujung.



Gambar 25. Grafik jumlah node mati selama 100 routing dengan $p=0.5$ BS di ujung



Gambar 26. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran routing dengan $p=0.1$ BS di ujung

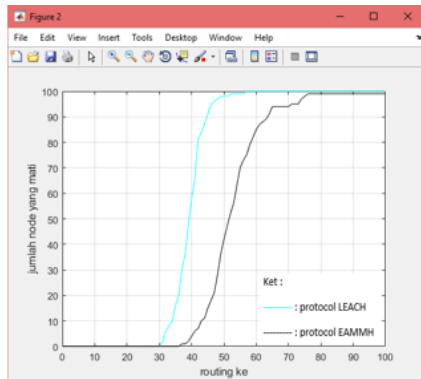
Tabel 11. Perbandingan Protokol Routing LEACH dan EAMMH dengan $p=0.1$ BS di ujung

No	Pembanding	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	Routing ke 17	Routing ke 21
2.	Jumlah node yang mati pada routing ke 50	89 node	30 node
3.	Jumlah node yang mati pada routing ke 100	100 node	99 node
4.	Jumlah node yang masih hidup pada routing ke-100	0 node	1 node
5.	Energi Rata-Rata Awal	0.48707	0.48848

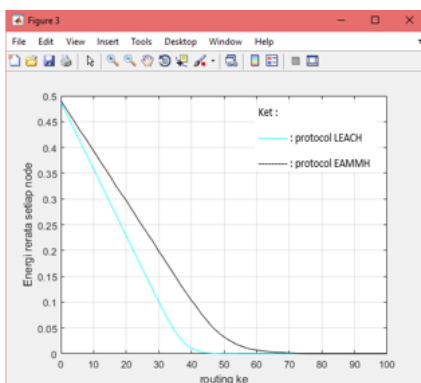
Pada pengujian 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.1 dan 100 kali putaran routing dengan BS di ujung, protokol EAMMH bekerja lebih baik, dibandingkan protokol LEACH yang dapat dilihat pada Tabel 11. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol EAMMH sedikit lebih tahan dibandingkan protokol LEACH. Grafik perubahan energi rata-rata dapat dilihat pada Gambar 26. Protokol EAMMH dapat mempertahankan energi rata-ratanya sampai routing ke 100, berbeda dengan protokol LEACH yang kehilangan seluruh energi rata-rata pada routing ke 54. Sehingga untuk kinerja protokol LEACH jika dibandingkan dengan protokol EAMMH menjadi 53% : 100%.

4.12 Pengujian Program dengan 100 Node Posisi Tetap dan Probabilitas Pemilihan CH 0.25 dengan BS di ujung

Pengujian dilakukan antara protokol *routing* EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.25, dilakukan *routing* sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di ujung.



Gambar 27. Grafik jumlah node mati selama 100 routing dengan $p=0.25$ BS di ujung



Gambar 28. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran *routing* dengan $p=0.25$ BS di ujung

Tabel 12. Perbandingan Protokol *Routing* LEACH dan EAMMH dengan $p=0.25$ BS di ujung

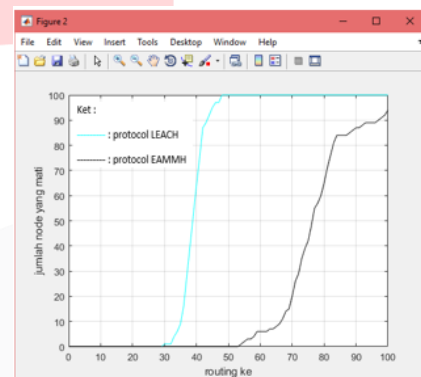
No	Pembanding	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	<i>Routing</i> ke 31	<i>Routing</i> ke 37
2.	Jumlah node yang mati pada <i>routing</i> ke 50	98 node	42 node
3.	Jumlah node yang mati pada <i>routing</i> ke 100	100 node	99 node
4.	Jumlah node yang masih hidup pada <i>routing</i> ke-100	0 node	1 node
5.	Energi Rata-Rata Awal	0.48710	0.49314

Pada pengujian 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.25 dan 100 kali putaran *routing* dengan BS di ujung, protokol EAMMH bekerja lebih baik, dibandingkan protokol

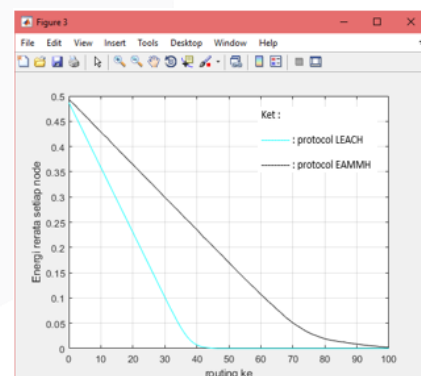
LEACH yang dapat dilihat pada Tabel 12. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol EAMMH lebih tahan dibandingkan protokol LEACH. Grafik perubahan energi rata-rata dapat dilihat pada Gambar 28. Protokol EAMMH dapat mempertahankan energi rata-ratanya sampai *routing* ke 100, berbeda dengan protokol LEACH yang kehilangan seluruh energi rata-rata pada *routing* ke 56. Sehingga untuk kinerja protokol LEACH jika dibandingkan dengan protokol EAMMH menjadi 55% : 100%.

4.13 Pengujian Program dengan 100 Node Posisi Tetap dan Probabilitas Pemilihan CH 0.5 dengan BS di ujung

Pengujian dilakukan antara protokol *routing* EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.5, dilakukan *routing* sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di ujung.



Gambar 29. Grafik jumlah node mati selama 100 routing dengan $p=0.5$ BS di ujung



Gambar 30. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran *routing* dengan $p=0.5$ BS di ujung

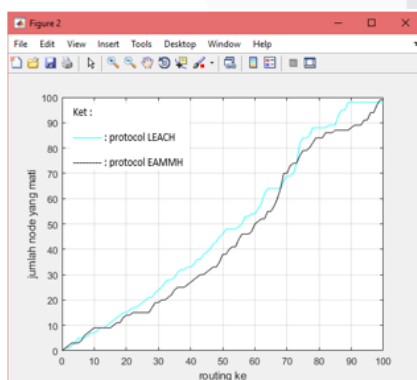
Tabel 13. Perbandingan Protokol Routing LEACH dan EAMMH dengan $p=0.5$ BS di tengah

No	Pembandingan	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	Routing ke 30	Routing ke 58
2.	Jumlah node yang mati pada routing ke 50	100 node	0 node
3.	Jumlah node yang mati pada routing ke 100	100 node	94 node
4.	Jumlah node yang masih hidup pada routing ke-100	0 node	6 node
5.	Energi Rata-Rata Awal	0.48714	0.49314

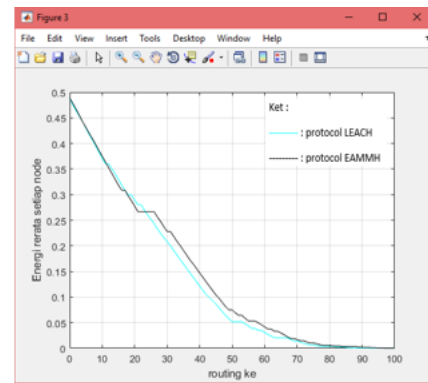
Pada pengujian 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.5 dan 100 kali putaran *routing* dengan BS di ujung, protokol EAMMH bekerja jauh lebih baik, dibandingkan protokol LEACH yang dapat dilihat pada Tabel 13. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol EAMMH jauh lebih tahan dibandingkan protokol LEACH. Grafik perubahan energi rata-rata dapat dilihat pada Gambar 30. Protokol EAMMH dapat mempertahankan energi rata-ratanya sampai *routing* ke 100, berbeda dengan protokol LEACH yang kehilangan seluruh energi rata-rata pada *routing* ke 47. Sehingga untuk kinerja protokol LEACH jika dibandingkan dengan protokol EAMMH menjadi 46% : 100%.

4.14 Pengujian Program dengan 100 Node Posisi Tetap dan Probabilitas Pemilihan CH 0.02 dengan BS di tengah

Pengujian dilakukan antara protokol *routing* EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.02, dilakukan *routing* sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di tengah.



Gambar 31. Grafik jumlah node mati selama 100 routing dengan $p=0.02$ BS di tengah



Gambar 32. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran routing dengan $p=0.02$ BS di tengah

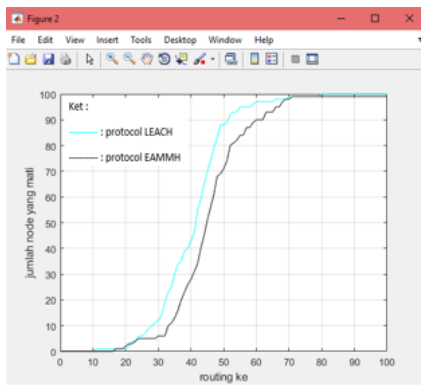
Tabel 14. Perbandingan Protokol Routing LEACH dan EAMMH dengan $p=0.02$ BS di tengah

No	Pembandingan	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	Routing ke 1	Routing ke 1
2.	Jumlah node yang mati pada routing ke 50	46 node	38 node
3.	Jumlah node yang mati pada routing ke 100	98 node	99 node
4.	Jumlah node yang masih hidup pada routing ke-100	2 node	1 node
5.	Energi Rata-Rata Awal	0.48714	0.49405

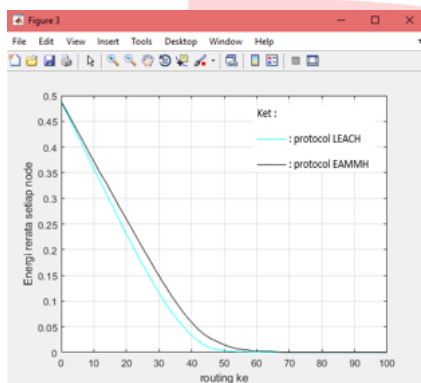
Pada pengujian 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.02 dan 100 kali putaran *routing* dengan BS di tengah, protokol LEACH bekerja sedikit lebih baik, meskipun tidak terlalu jauh berbeda dengan hasil kerja protokol EAMMH yang dapat dilihat perbandingannya pada Tabel 14. Berdasarkan Gambar 31 dapat dilihat grafik perubahan node mati dalam 100 putaran *routing*. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol LEACH sedikit lebih tahan dibandingkan dengan protokol EAMMH yang energi rata-ratanya lebih cepat mencapai 0, hal ini dapat dilihat pada Gambar 32. Perbandingan energi rata-rata antara ke 2 protokol berbeda sekitar 0.27, dimana protokol LEACH lebih baik sekitar 0.27 dalam mempertahankan energinya dibandingkan protokol EAMMH.

4.15 Pengujian Program dengan 100 Node Posisi Tetap dan Probabilitas Pemilihan CH 0.1 dengan BS di tengah

Pengujian dilakukan antara protokol *routing* EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.1, dilakukan *routing* sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di tengah.



Gambar 33. Grafik jumlah node mati selama 100 routing dengan $p=0.1$ BS di tengah



Gambar 34. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran routing dengan $p=0.1$ BS di tengah

Tabel 15. Perbandingan Protokol Routing LEACH dan EAMMH dengan $p=0.1$ BS di tengah

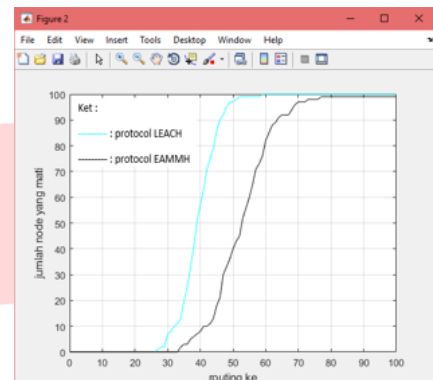
No	Pembanding	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	Routing ke 11	Routing ke 17
2.	Jumlah node yang mati pada routing ke 50	88 node	71 node
3.	Jumlah node yang mati pada routing ke 100	100 node	99 node
4.	Jumlah node yang masih hidup pada routing ke-100	0 node	1 node
5.	Energi Rata-Rata Awal	0.48709	0.48823

Pada pengujian 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.1 dan 100 kali putaran routing dengan BS di ujung, protokol EAMMH bekerja lebih baik, dibandingkan protokol LEACH yang dapat dilihat pada Tabel 15. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol EAMMH sedikit lebih tahan dibandingkan protokol LEACH. Grafik perubahan energi rata-rata dapat dilihat pada Gambar 34. Protokol EAMMH dapat mempertahankan energi rata-ratanya sampai routing ke 100, berbeda dengan protokol LEACH yang kehilangan seluruh energi rata-rata pada routing ke 79. Sehingga untuk kinerja protokol LEACH jika

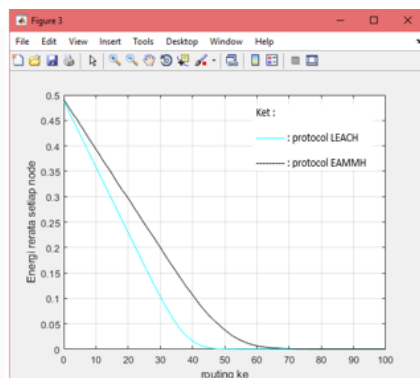
dibandingkan dengan protokol EAMMH menjadi 78% : 100%.

4.16 Pengujian Program dengan 100 Node Posisi Tetap dan Probabilitas Pemilihan CH 0.25 dengan BS di tengah

Pengujian dilakukan antara protokol routing EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.25, dilakukan routing sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di tengah.



Gambar 35. Grafik jumlah node mati selama 100 routing dengan $p=0.25$ BS di tengah



Gambar 36. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran routing dengan $p=0.25$ BS di tengah

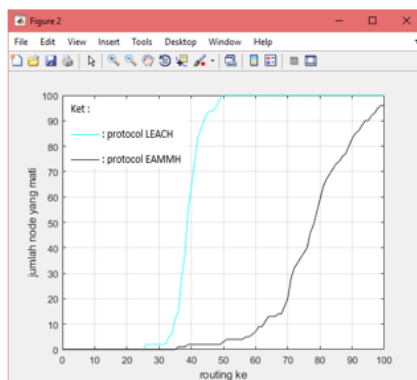
Tabel 16. Perbandingan Protokol Routing LEACH dan EAMMH dengan $p=0.5$ BS di tengah

No	Pembanding	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	Routing ke 27	Routing ke 34
2.	Jumlah node yang mati pada routing ke 50	87 node	40 node
3.	Jumlah node yang mati pada routing ke 100	100 node	99 node
4.	Jumlah node yang masih hidup pada routing ke-100	0 node	1 node
5.	Energi Rata-Rata Awal	0.48711	0.49405

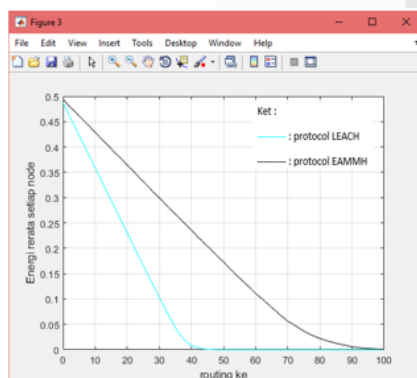
Pada pengujian 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.1 dan 100 kali putaran *routing* dengan BS di ujung, protokol EAMMH bekerja lebih baik, dibandingkan protokol LEACH yang dapat dilihat pada Tabel 16. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol EAMMH sedikit lebih tahan dibandingkan protokol LEACH. Grafik perubahan energi rata-rata dapat dilihat pada Gambar 36. Protokol EAMMH dapat mempertahankan energi rata-ratanya sampai *routing* ke 100, berbeda dengan protokol LEACH yang kehilangan seluruh energi rata-rata pada *routing* ke 58. Sehingga untuk kinerja protokol LEACH jika dibandingkan dengan protokol EAMMH menjadi 57% : 100%.

4.17 Pengujian Program dengan 100 Node Posisi Tetap dan Probabilitas Pemilihan CH 0.5 dengan BS di tengah

Pengujian dilakukan antara protokol *routing* EAMMH dan LEACH. Pengujian menggunakan 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.5, dilakukan *routing* sebanyak 100 putaran dengan posisi BS di tengah.



Gambar 37. Grafik jumlah node mati selama 100 routing dengan $p=0.5$ BS di tengah



Gambar 38. Grafik perubahan energi rata-rata node selama 100 putaran *routing* dengan $p=0.5$ BS di tengah

Tabel 17. Perbandingan Protokol *Routing* LEACH dan EAMMH dengan $p=0.5$ BS di tengah

No	Pembanding	LEACH	EAMMH
1.	Node Pertama Mati	<i>Routing</i> ke 26	<i>Routing</i> ke 36
2.	Jumlah node yang mati pada <i>routing</i> ke 50	100 node	3 node
3.	Jumlah node yang mati pada <i>routing</i> ke 100	100 node	96 node
4.	Jumlah node yang masih hidup pada <i>routing</i> ke-100	0 node	4 node
5.	Energi Rata-Rata Awal	0.48716	0.49405

Pada pengujian 100 node dengan posisi tetap, probabilitas pemilihan CH sebesar 0.5 dan 100 kali putaran *routing* dengan BS di ujung, protokol EAMMH bekerja lebih baik, dibandingkan protokol LEACH yang dapat dilihat pada Tabel 17. Perubahan energi rata-rata menggunakan protokol EAMMH jauh lebih tahan dibandingkan protokol LEACH. Grafik perubahan energi rata-rata dapat dilihat pada Gambar 38. Protokol EAMMH dapat mempertahankan energi rata-ratanya sampai *routing* ke 100, berbeda dengan protokol LEACH yang kehilangan seluruh energi rata-rata pada *routing* ke 49. Sehingga untuk kinerja protokol LEACH jika dibandingkan dengan protokol EAMMH menjadi 48% : 100%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari serangkaian pengujian yang dilakukan pada monitoring energi protokol *routing* WSN pada penebangan liar, maka disimpulkan bahwa:

1. Monitoring Energi Protokol *Routing* WSN pada Penebangan Liar menggunakan protokol *routing* LEACH dan EAMMH yang dilakukan melalui simulasi di matlab dapat diterapkan dan dapat memperkecil biaya.
2. Dari simulasi yang dilakukan dengan posisi node acak, Protokol *Routing* EAMMH bekerja lebih baik di banding Protokol *routing* LEACH yang dapat dilihat dari kinerja Protokol EAMMH mempertahankan jumlah node yang hidup dan mempertahankan energi rata-rata node dalam 100 kali *routing*, yang mana dapat dilihat saat menggunakan protokol *routing* LEACH energi rata-rata mencapai 0/ benar-benar kehilangan energinya.
3. Dari simulasi yang dilakukan dengan posisi node tetap/telah ditentukan secara terstruktur, Protokol *Routing* EAMMH bekerja lebih baik di banding Protokol *routing* LEACH yang dapat dilihat dari kinerja Protokol EAMMH mempertahankan jumlah node yang hidup dan mempertahankan energi rata-rata node dalam 100 kali *routing*.

4. Dari simulasi yang dilakukan, posisi Base Station (BS) tidak mempengaruhi hasil simulasi karena dari hasil yang didapatkan perbedaan hanya sedikit. Hal ini mungkin dikarenakan posisi CH yang berubah-ubah.

5.2 Saran

Pada monitoring energi protokol *routing* WSN pada penebangan liar, penulis menyarankan pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan mengambil data langsung dari sistem monitoring pendeteksi penebangan liar.

REFERENSI

- [1] A. Dutasatria, "Artikel Sensor Aktuator Pengukuran Arus," 2018.
- [2] G. A. Mutiara, N. Suryana, and O. Mohd, "Multiple Sensor on Clustering Wireless Sensor Network to Tackle Illegal Cutting."
- [3] The MathWorks, "Matlab." [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>.
- [4] F. F. Kusumastuti, I. Wahidah, and R. Mayasari, "Analisis Perbandingan Konsumsi Daya dan Masa Hidup Jaringan pada Protokol Routing LEACH dan HEED di Wireless Sensor Network," pp. 23–24, 2016.
- [5] S. Kiran and R. N. Varsha, "Energy Aware Multi-hop Multi-path Hierarchical (EAMMH) Routing Protocol in Wireless Sensor Networks."
- [6] S. Mollahasani, "Energy Aware Routing Protocol for Wireless Sensor Networks (D-LEACH)," no. August, 2013.

