

METODE ROUTING BERBASIS KELOMPOK MENGGUNAKAN PROTOKOL IMPROVED-LEACH PADA BODY SENSOR NETWORK (BSN)

CLUSTER-BASED ROUTING METHOD USING IMPROVED LEACH IN BODY SENSOR NETWORK (BSN)

Regina Acintya Prestiana Mahaeswari¹, Ida Wahidah², Asep Mulyana³

^{1,2,3} Universitas Telkom

¹reginaacintya@telkomuniversity.ac.id, ²wahidah@telkomuniversity.ac.id,

³asepmulyana@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Body Sensor Network (BSN) merupakan perangkat sensor yang dipasang di permukaan kulit ataupun di dalam tubuh untuk memonitor keadaan dari pasien terutama lansia karena pasien tidak perlu menuju ke pusat layanan secara langsung. *Cluster-based routing* merupakan metode *routing* yang bekerja dengan membagi sekumpulan sensor *node* menjadi beberapa kelompok. Dalam tiap kelompok terdapat satu *node* yang berfungsi sebagai *cluster head* untuk mengirimkan informasi yang didapat dari tiap *node* menuju ke *base station* atau *sink*. Protokol I-LEACH diharapkan dapat menghemat pemakaian daya dari perangkat BSN dikarenakan pemilihan *cluster head* dilakukan dengan mengkalkulasi sisa daya tertinggi yang ada dari tiap *node* sehingga *lifetime* dari seluruh jaringan dapat bertahan lebih lama. Pada hasil simulasi Castalia, protokol I-LEACH dapat menghemat energi hingga 50% dan memiliki *lifetime* LND hingga dua kali lebih lama dari LEACH. PDR rata-rata I-LEACH adalah 84,15% dan LEACH 94,45% sehingga LEACH memiliki nilai *throughput* dan *packet loss* lebih baik. Besar persentase *routing overhead* dengan ukuran paket LEACH memiliki nilai rata-rata lebih kecil dibandingkan I-LEACH. Oleh karena itu, sebagai pertimbangan untuk memilih protokol *routing* yang akan digunakan, apabila yang dibutuhkan adalah konsumsi energi yang rendah serta *lifetime* yang awet maka I-LEACH cocok untuk digunakan. Namun, apabila membutuhkan nilai QoS yang lebih besar, maka, LEACH adalah protokol yang lebih cocok untuk digunakan.

Kata kunci : *Body Sensor Network (BSN)*, *Cluster-based routing*, I-LEACH

Abstract

Body Sensor Network (BSN) is a sensor device that is installed on the surface of the skin or inside the body. BSN can be used to monitor the condition of patients, especially the elderly. The emergence of BSN can make it easier for patients because patients do not need to go to the service center. *Cluster-based routing* is a routing method that works by dividing a set of sensor nodes into several groups. In each group there is one node that functions as a cluster head to transmit information obtained from each node to the base station or sink. The I-LEACH protocol is expected to save power consumption from BSN devices because the cluster head selection is done by calculating the highest remaining power available from each node so that the lifetime of the entire network can last longer. In the Castalia simulation results, the I-LEACH protocol can save energy up to 50% and has a LND lifetime up to two times longer than LEACH. Average PDR of I-LEACH is 84.15% and LEACH is 94.45% so that LEACH has better throughput and packet loss values. Percentage of routing overhead with LEACH packet size has a smaller average value than I-LEACH. Therefore, as a consideration for choosing the routing protocol to be used, if what is needed is low energy consumption and a long lifetime, then I-LEACH is suitable for use. However, if a larger QoS value is required, then, LEACH is a more suitable protocol to use.

Keywords: *Body Sensor Network (BSN)*, *Cluster-based routing*, I-LEACH.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan populasi penduduk dunia di atas 65 tahun berdasarkan U.S. Bureau of the Census akan mengalami peningkatan jumlah lebih dari dua kali lipat dari 357 juta di tahun 1990 menjadi 761 juta pada 2025 saat generasi Baby Boomers pensiun [1] menyebabkan banyaknya lansia yang membutuhkan perhatian khusus di bidang kesehatan, seperti pada saat pemeriksaan TTV (Tanda Tanda Vital) untuk mengetahui pengananan medis yang sesuai [2]. Pemeriksaan TTV secara manual menghambat proses pemeriksaan TTV sehingga diperlukan perangkat yang dapat melakukan monitoring kesehatan dan dapat dipakai secara mandiri oleh lansia di tempat tinggal masing-masing. *Body Sensor Network (BSN)* yang merupakan superset dari *Wireless Body Area Network (WBAN)* 802.15.6 [3] dapat menjadi solusi untuk mengurangi biaya kesehatan dan mengurangi kebutuhan pasien untuk melakukan pemeriksaan di rumah sakit. BSN merupakan kumpulan perangkat cerdas yang dapat dipakai dan sensor yang dipasang dapat mengumpulkan informasi fisiologis dalam bentuk data dari tubuh dan dikirimkan melalui sink node serta dapat diteruskan ke tempat pelayanan kesehatan untuk dianalisis dan menentukan penanganan lebih lanjut [4].

Lifetime dari BSN dapat diperlama dengan *routing cluster-based* karena konsumsi energi tersebar secara merata ke semua *node* dan terbukti lebih efisien [5] [6] [7]. Pada *routing cluster-based*, terdapat pembagian *node* yang dikelompokkan sehingga membentuk kumpulan *cluster* dan dalam tiap *cluster* terdapat satu *node* yang dipilih sebagai *Cluster Head* (CH). Data yang didapatkan dari tiap *node* bagian dari *cluster* dikirimkan ke CH, kemudian data yang sudah diteruskan ke CH akan dikirimkan secara eksklusif ke *sink*. Pengiriman data lewat CH dapat menghemat konsumsi daya atau energi dibandingkan dengan *node* yang mengirimkan data secara langsung ke *sink*, sehingga lebih hemat energi.

Penelitian Tugas Akhir ini menggunakan simulator Castalia dengan platform OMNeT++ untuk *routing cluster-based* dengan protokol *Improved-LEACH* (I-LEACH) pada BSN. Protokol ini dipilih karena memiliki peningkatan *lifetime* jaringan dibandingkan dengan LEACH untuk mengatasi masalah saat CH memiliki daya atau energi yang sudah sedikit sehingga tidak dapat mengirimkan data ke *base station* [8] [9] [10].

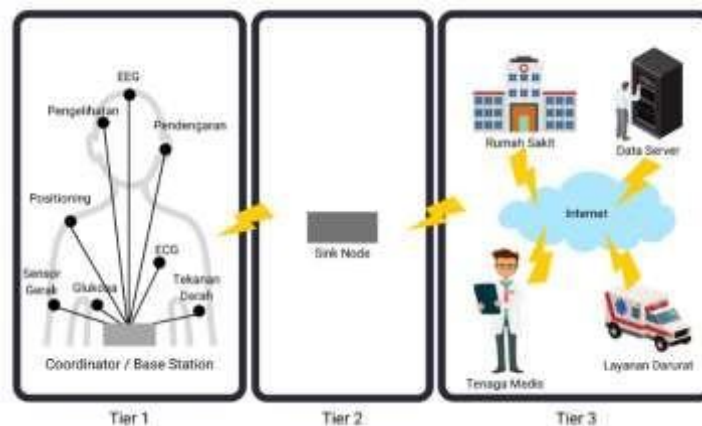
2. Dasar Teori

2.1 Body Sensor Network (BSN)

Body Sensor Network atau biasa disingkat BSN adalah perangkat sensor yang dipasang di atas permukaan tubuh maupun di dalam tubuh pengguna untuk melakukan monitoring atas daerah atau bagian tubuh berada. BSN bekerja dengan cara sensor mendapatkan informasi dari tubuh pengguna kemudian data yang didapatkan dilanjutkan ke *coordinator* atau *base station* (pada *Wireless BSN*) selanjutnya ke *sink node* lalu terakhir menuju penyedia jasa layanan kesehatan via internet untuk memantau hasil dari data yang didapat agar selanjutnya dianalisa oleh tenaga medis [4] [11] [7].

2.2 Sistem Umum Body Sensor Network (BSN)

Arsitektur dari BSN dapat dibagi menjadi tiga tier atau tiga tingkatan. *Tier 1* adalah *Intra-BSN*, pada tingkatan ini data yang didapatkan oleh sensor dikirimkan ke *coordinator* atau *base station*. *Tier 2* atau *Inter-BSN* yaitu pada saat *coordinator* atau *base station* mengirimkan data yang diterima oleh sensor ke *sink node* setelah dilakukan pemrosesan data. Terakhir adalah *Tier 3* yang disebut *Extra-BSN* dimana *sink node* mengirimkan data ke penyedia layanan kesehatan atau tujuan lainnya via internet [12].



Gambar 1. Arsitektur BSN[12]

2.2 Penggunaan Body Sensor Network (BSN) Untuk Healthcare

Penggunaan BSN dalam beberapa tahun terakhir banyak diaplikasikan pada layanan medis seperti temperatur tubuh, detak jantung, tekanan darah, *electrocardiogram* (ECG), *electro encephalogram* (EEG) dan berbagai sensor lainnya [13]. Sensor tersebut dipasang untuk memantau kondisi pasien dari jauh, terutama untuk lansia karena lebih rentan terhadap berbagai masalah kesehatan dan penyakit sehingga membutuhkan pemeriksaan kesehatan rutin [13] [14].

2.2 Cluster-based Routing

Penggunaan *routing* menggunakan metode *cluster-based* dapat memperpanjang *lifetime* dari BSN. Hal ini disebabkan oleh penggunaan konsumsi energi yang merata dari setiap *node* sehingga sesuai untuk diaplikasikan dan tidak perlu melakukan penggantian ataupun pengisian daya secara rutin [7] [15]. *Cluster-based routing* bekerja dengan mengelompokkan *node* menjadi beberapa *cluster* dan terdapat satu *node* yang dipilih sebagai *Cluster Head* (CH) di tiap *cluster*. Setiap *node* nantinya akan mengirimkan data yang didapat dari pengukuran sensor menuju CH dan selanjutnya hanya CH yang dapat menirinkan data ke *sink*. Hal ini akan mengurangi jumlah *active nodes* yang ada di *network* sehingga terjadi pengurangan konsumsi daya.

Gambar 2. Ilustrasi Cluster-based Routing

2.2.1 Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) Protocol

LEACH protocol pertama kali dikenalkan oleh Heinzelman dkk. [16] [17]. Pada protokol LEACH, CH dipilih dari rotasi random dan node lain disekitarnya akan bergabung ke CH terdekat untuk membentuk cluster sehingga cluster memiliki formasi yang berubah-ubah tiap sesinya [7] [18]. Dalam fase pertama atau setup phase, CH dipilih berdasarkan threshold value T(n) dari sebuah node. Pada proses ini node n memilih angka acak antara 1 dan 0, node akan dipilih menjadi CH apabila angka tersebut nantinya kurang dari nilai batas threshold. Berikut adalah rumus threshold value T(n) [19]:

$$T(n) = \begin{cases} 1 - p & \text{if } n \in C \\ p & \text{if } n \notin C \end{cases} \quad (1)$$

CH terpilih akan menyediakan tingkat kekuatan sinyal yang sama serta node yang tidak terpilih sebagai CH akan menerima pesan dan memilih CH berdasarkan kekuatan sinyal. Besar kekuatan sinyal dipengaruhi oleh dekat atau jauhnya node ke CH. Semakin kuat sinyal atau semakin dekat node dengan CH maka penggunaan transmisi daya akan semakin sedikit [20].

2.2.2 Improved Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) Protocol

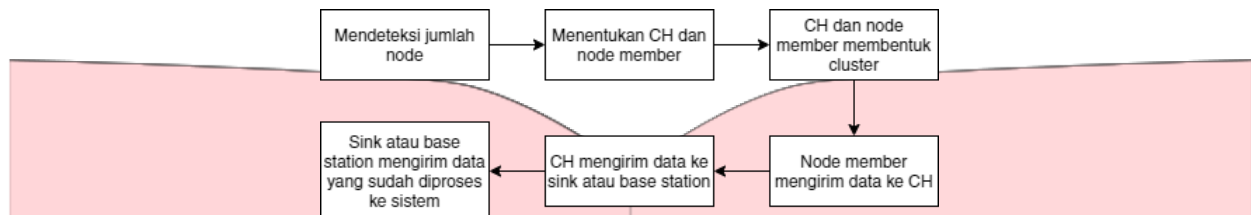
I-LEACH tidak hanya berdasarkan probabilitas tertentu, namun juga berdasarkan sisa daya yang ada dalam node dan tipe dari node. Contohnya apabila terdapat node yang kurang penting memiliki sisa daya yang tinggi maka node tersebut akan dipilih sebagai CH dari node disekitarnya [7]. Pada LEACH protokol, jumlah dari node akan sama dengan jumlah di routing table sehingga dibutuhkan routing table yang lebih simple menggunakan algoritma dari I-LEACH. Mempertahankan routing table pada setiap node dapat mengurangi daya yang ada pada node sehingga dibutuhkan sebuah algoritma yang dapat melindungi dari pengurangan energi dan hal tersebut bisa dicapai menggunakan algoritma I-LEACH [21].

$$C = \frac{C_1 + C_2}{2} \quad (2) \quad C = \frac{C_1 + C_2}{2} \quad (3)$$

SCRFN1 dikalkulasikan untuk tiap node yang ada di cluster termasuk dengan CH untuk mengetahui berapa sisa daya yang ada. Jarak antar node juga memiliki peran penting dalam konsumsi daya. Ketika CH yang dipilih terletak jauh dari sink maka konsumsi daya yang diperlukan oleh CH untuk berkomunikasi dengan sink akan semakin besar. Jarak dari mengukur jarak antara CH dan base-station dikalkulasikan sebagai SCRFN2 [19]

Dengan menggabungkan nilai dari SCRFN1 dan SCRFN2 serta memberikan hasil dari tiap fungsi lalu menambahkannya dengan fungsi probabilitas akan menghasilkan lifetime jaringan yang lebih lama. Hasil dari penggabungan fungsi SCRFN dirumuskan sebagai berikut: [19]

$$C = \frac{C_1 + C_2}{2} \quad (1)$$



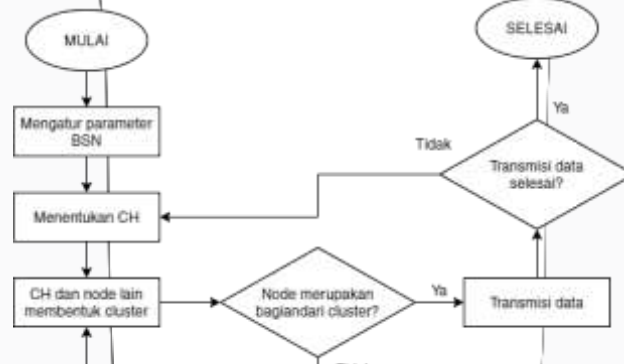
Gambar 3. Blok Diagram

Gambaran umum dari penelitian routing *cluster-based* terdiri atas kumpulan *node* yang nantinya akan dibagi menjadi CH dan *node member*. CH dan *node member* membentuk *cluster* yang terdiri atas satu CH yang membawahi beberapa *node member*. *Node member* mengumpulkan data informasi yang diterima oleh sensor tubuh. Data yang diterima oleh *node member* dikirim ke CH lalu diteruskan ke *sink node* atau *base station*. Data selanjutnya diolah sebelum kemudian dapat digunakan sesuai kebutuhan, seperti dikirimkan ke internet agar *monitoring* kesehatan dapat dilakukan dari jarak jauh untuk memudahkan pengguna terutama lansia. Pada penelitian ini penulis tidak mengolah data untuk dilanjutkan ke sistem, namun penelitian berfokus pada communication antara sensor *node* yang dipasang dengan *sink node* dalam tujuan untuk melihat penggunaan energi dan *lifetime* dari *network* BSN.

3.1.2. Desain Model Sistem

3.1.2.1 Flowchart LEACH

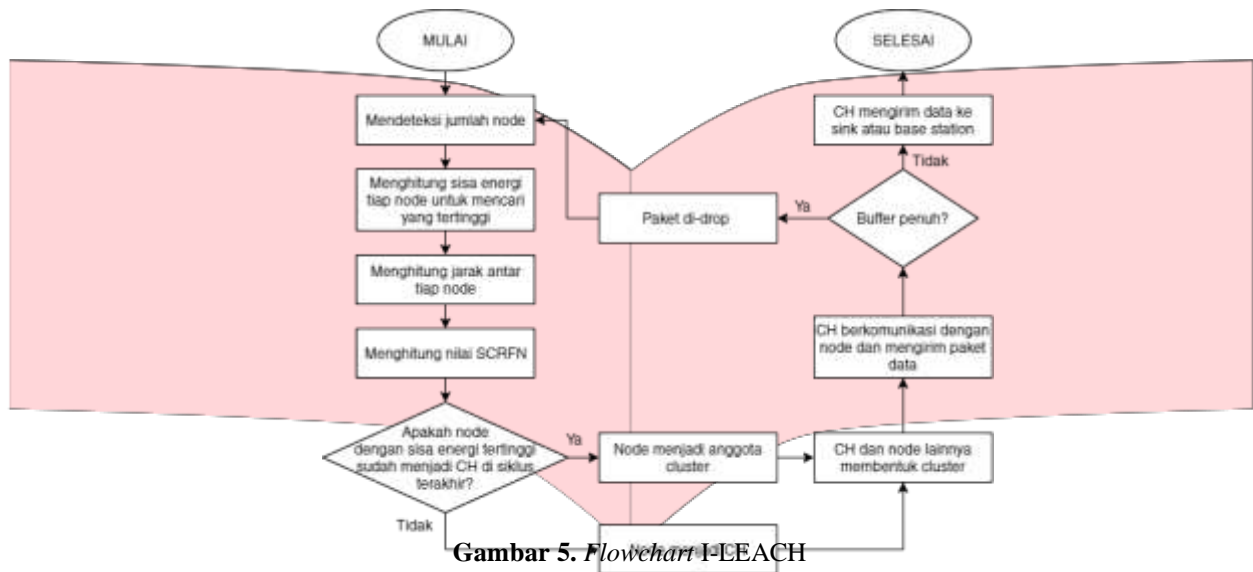
Pada protokol LEACH terdapat dua *phase*, *set-up phase* dan *steady-state*. *Phase* pertama atau *set-up* diawali dengan mengatur parameter yang ada di BSN kemudian mengatur letak dari *base station* serta penyebaran sensor *node*. Dalam fase ini nilai *threshold* dikalkulasi untuk memilih CH dengan cara apabila probabilitas dari angka *random* yang di-generate oleh LEACH memiliki nilai yang lebih kecil dari *threshold* maka *node* tersebut akan terpilih sebagai CH. CH terpilih akan mengirimkan pesan berupa *broadcast* kepada *node* disekitarnya sehingga bergabung dan menjadi *node member* dari sebuah *cluster*. *Node member* mengirimkan data informasi yang didapatkan ke CH. Saat *cluster* sudah terbentuk di *phase* ini maka *round* dimulai lalu memasuki *phase steady-state*. Pada fase tersebut, CH mengirimkan data ke *base station*. Jika terdapat *node* yang nilai energi atau daya sama dengan 0, maka *node* dianggap mati dan tidak akan dihitung untuk penentuan CH selanjutnya.



Gambar 4. Flowchart LEACH [22][23]

3.1.2.1 Flowchart I-LEACH

Pada protokol I-LEACH pertama akan dilakukan pengecekan *residual energy* dari tiap *node* dan jarak antar *node* yang kemudian akan dikalkulasikan untuk memilih *node* sebagai CH. *Node* dengan *residual energy* paling tinggi akan berpotensi untuk menjadi CH, namun apabila pada *round* sebelumnya *node* tersebut sudah menjadi CH maka *node* tersebut tidak terpilih lagi dan nantinya akan menjadi *member node* dari sebuah *cluster*. *Node* yang terpilih sebagai CH akan mengirimkan *broadcast* ke *node* yang ada di sekitarnya untuk membentuk sebuah *cluster*. *Node member* akan mengirimkan data informasi yang didapat dari sensor menuju CH. CH akan melanjutkan data yang diterima ke *sink* atau *base station*. Pada saat pengiriman data, apabila *buffer* penuh maka paket data akan di-drop dan *round* baru akan dimulai. Jika terdapat *node* yang nilai energi atau daya sama dengan 0, maka *node* dianggap mati dan tidak akan dihitung untuk penentuan CH selanjutnya.



Gambar 5. Flowchart I-LEACH

3.1.3. Desain Topologi Jaringan

Penelitian dilakukan menggunakan simulator Castalia pada platform OMNet++ menggunakan *operation system* Windows 10 dengan HDD 512Gb dan RAM 8 Gb. *Node* berada dalam kondisi statis dengan penyebaran acak di dalam ruangan tanpa adanya halangan, *node* sensor dipasang pada permukaan tubuh pasien menggunakan parameter *default* milik CASTALIA serta *datasheet* perangkat CC2420 radio.

Tabel 1. Skenario Routing

Parameter	Nilai
Luas permukaan	10 x 10 meter
Letak <i>base station</i> (<i>sink node</i>)	<i>center</i>
Penyebaran <i>node</i>	Acak
Jumlah sensor <i>node</i>	8, 16, 24, 32 dan 40
Energi awal sensor <i>node</i>	25 Joule
Energi <i>sink node</i>	2 Baterai AA (18720 Joule)
Durasi	120 <i>second</i>
<i>Data payload</i>	1024 bit
<i>Packet rate</i>	2 paket/detik
Mobilitas <i>node</i>	Statis
Radio	CC2420
<i>Frekuensi</i>	2,4 GHz
<i>MAC</i>	T-MAC
<i>Wireless channel pathloss</i>	802,15.4
Skenario 1	Routing LEACH Panjang round 20 s Probabilitas CH 0,2
Skenario 2	Routing I-LEACH Panjang round 20 s Jumlah CH 2 dan 3

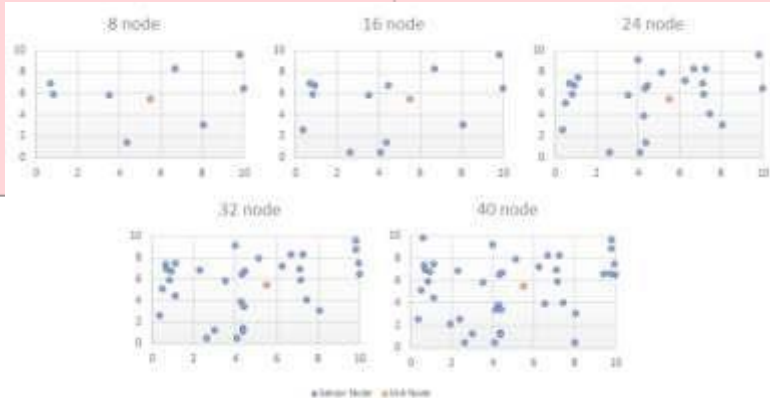
3.2. Parameter Kerja

Penelitian menggunakan parameter QoS, PDR, konsumsi energi, *network lifetime*, dan *routing overhead*. Pada setiap parameter akan ditentukan *routing* yang terbaik diantara LEACH dan I-LEACH. QoS parameter yang digunakan adalah *delay*, *packet loss*, dan *throughput*. PDR (*Packet Delivery Ratio*) adalah perbandingan antara jumlah paket diterima ke *sink node* dengan sensor *node*. Nilai dari konsumsi energi dicari untuk mengetahui jumlah konsumsi energi rata-rata tiap *node*. *Estimated network lifetime* dapat diketahui dari *output* simulasi Castalia. Persentase RO (*Routing Overhead*) merupakan rasio dari volume/ukuran paket routing dengan volume/ukuran paket yang ada di jaringan

4. Hasil dan Analisis

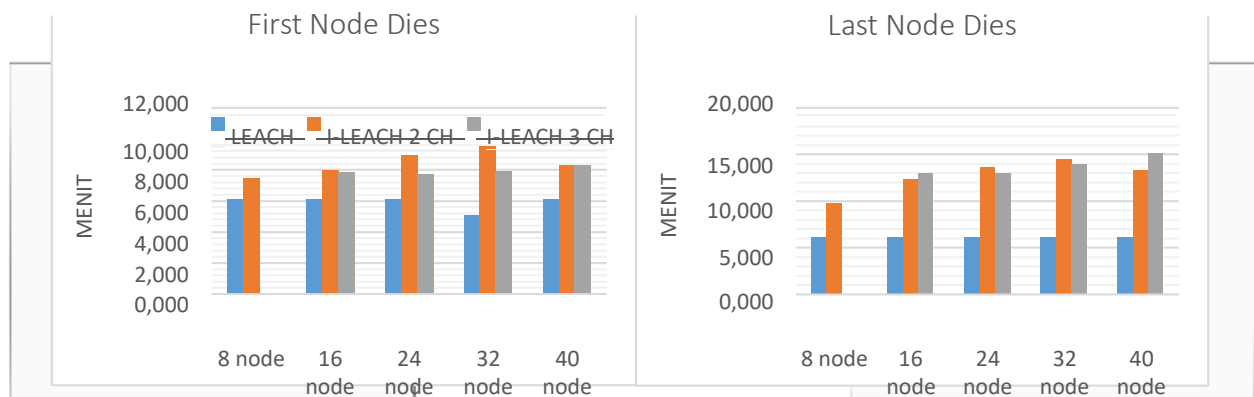
Pada penelitian ini, jumlah CH yang digunakan pada I-LEACH adalah 2 dan 3. Hal ini dilakukan untuk mengecek apakah jumlah CH pada protokol I-LEACH juga mempengaruhi konsumsi energi, *packet loss*, dan *network lifetime*. Namun pada saat variasi 8 node di-set up menggunakan 3 CH simulasi tidak berjalan, hal tersebut dapat dipengaruhi oleh jumlah *cluster member* yang terlalu sedikit sehingga terdapat CH yang tidak memiliki *node* atau terdapat *bug* dalam simulasi. Oleh karena itu pada analisis penelitian, nilai *default* CH yang digunakan pada protokol I-LEACH adalah 2 apabila di dalam tabel atau grafik tidak ada keterangan jumlah CH.

4.1 Hasil Penyebaran Sensor Node



Gambar 6. Penyebaran Node

4.2 Analisis Network Lifetime

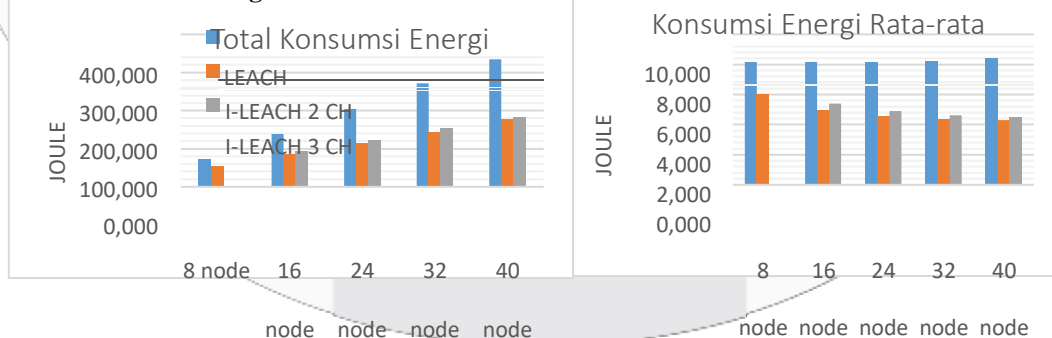


Gambar 9. First Node Dies dan Last Node Dies

Nilai FND dari simulasi pada variasi *node* untuk LEACH konstan dan I-LEACH variasi 2 CH, sedangkan dalam simulasi *routing* protokol I-LEACH nilainya cenderung naik namun turun pada variasi 40 *node* dikarenakan letak *node* yang jauh. Nilai dari LND pada protokol LEACH memiliki nilai konstan seperti dengan FND disebabkan karena konsumsi energi dari seluruh *node*-nya hampir memiliki nilai yang sama, sehingga apabila terdapat satu sensor *node* yang mati maka tidak lama *node* lainnya juga akan menyusul.

I-LEACH 2 CH dapat dilihat bahwa semakin banyak variasi *node* maka durasi LND semakin panjang dengan tingkat kenaikan yang bervariasi juga namun turun pada saat variasi 40 *node*. I-LEACH 3 CH memiliki durasi LND terlama pada saat simulasi. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan nilai pada konsumsi energi untuk setiap *node*-nya. Dalam sebuah jaringan, apabila terdapat sebuah *node* yang memiliki durasi *lifetime* lebih besar dari yang lain, maka sudah pasti nilai LND akan semakin besar atau semakin lama.

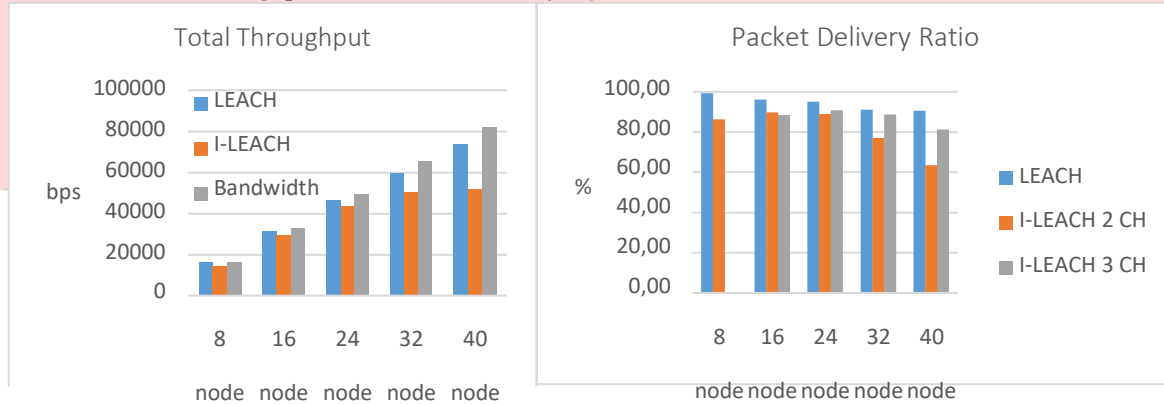
4.3 Analisis Konsumsi Energi



Gambar 8. Konsumsi Energi

Simulasi menunjukkan semakin besar jumlah *node* maka total konsumsi energi juga semakin besar. LEACH mengkonsumsi energi lebih besar dibandingkan I-LEACH, disebabkan oleh pemilihan CH yang juga mempertimbangkan jarak antar *node* sehingga dalam pengiriman data serta konsumsi energinya lebih efisien dibandingkan LEACH. I-LEACH memiliki nilai rata-rata konsumsi energi lebih kecil pada variasi 2 CH. Hal ini dikarenakan apabila jumlah CH lebih banyak maka konsumsi energinya lebih tinggi karena harus mengirimkan informasi data ke sink node

4.4 Analisis QoS (*Throughput*) dan *Packet Delivery Ratio* (PDR)

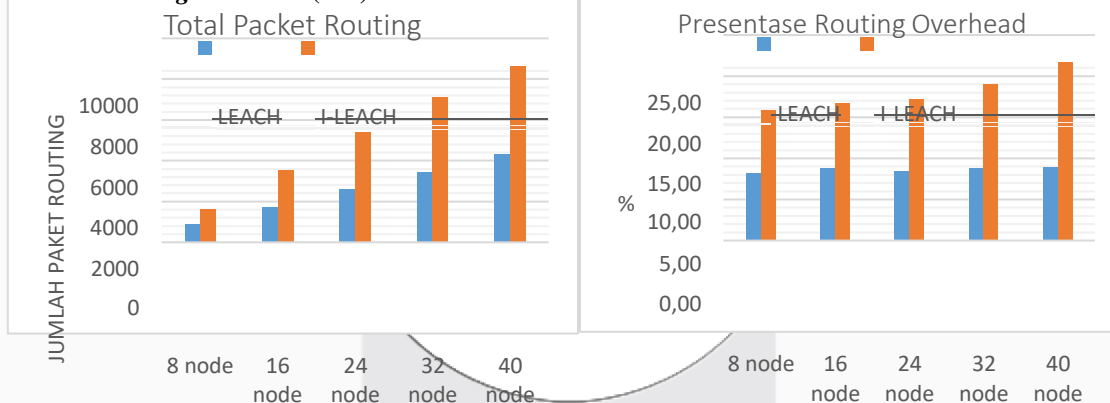


Gambar 7. Throughput dan PDR

LEACH memiliki nilai rata-rata *throughput* 45,518 Kbps sedangkan I-LEACH 37,821 Kbps, sehingga LEACH memiliki performansi lebih baik karena *throughput* lebih besar dibandingkan I-LEACH. Nilai *throughput* tidak ada yang mencapai *bandwidth* dikarenakan adanya *packet loss*.

PDR rata-rata dari LEACH adalah 94,45%, memiliki nilai lebih tinggi dari rata-rata PDR I-LEACH variasi 2 CH dengan nilai 81,14% dan I-LEACH variasi 3 CH 81,47%. LEACH menghasilkan CH lebih banyak dibanding I-LEACH karena sebelumnya telah di-set dengan nilai 2 dan 3 CH. Oleh karena itu, tingkat kesuksesan pengiriman yang dimiliki LEACH cenderung tinggi. I-LEACH variasi 2 CH memiliki nilai paling kecil dengan rata-rata 81,14%, sedangkan variasi 3 CH memiliki rata-rata tertinggi 81,47%. Sehingga terbukti apabila CH lebih banyak, maka nilai PDR dapat ditingkatkan. Pada simulasi I-LEACH, PDR untuk 32 *node* dan 40 *node* mengalami penurunan yang disebabkan oleh penyebaran *node* yang berada cukup jauh dari *sink node* sehingga paket mengalami kegagalan.

4.5 Analisis Routing Overhead (RO)



Gambar 10. Routing Overhead

Packet routing I-LEACH lebih besar daripada LEACH sehingga LEACH bisa dikatakan lebih hemat dalam penggunaan *packet routing*. Nilai persentase Ro yang besar dapat mempengaruhi performansi yang ada di jaringan. Sebelumnya nilai PDR dari I-LEACH cenderung lebih rendah daripada LEACH, hal ini bisa jadi disebabkan karena *overhead* berlebih yang menyebabkan *bandwidth* menjadi sempit sehingga terdapat data atau paket yang hilang pada saat dikirimkan. Sehingga dari analisis nilai RO dapat dilihat bahwa *routing* LEACH lebih baik dibandingkan I-LEACH.

5. Kesimpulan

Setelah simulasi dilakukan dapat diketahui beberapa kesimpulan:

1. Pada hasil simulasi Castalia, protokol I-LEACH dapat menghemat energi hingga 50% dan memiliki *lifetime* dua kali lebih lama dari LEACH sehingga dapat meminimalisir frekuensi penggantian atau pengisian daya pada *node* untuk menghindari *power depletion*.
2. *Packet loss* I-LEACH akan lebih rendah apabila jumlah CH lebih banyak. *Packet loss* akan berpengaruh pada nilai PDR serta *throughput*. PDR rata-rata I-LEACH 2 CH dan 3 CH 79,94% dan 87,41%,

sedangkan LEACH 94,45% dan nilai *throughput* LEACH 45,518 Kbps sedangkan I-LEACH 37,821 Kbps. Besar persentase RO dengan ukuran paket juga menunjukkan apabila I-LEACH lebih besar dibandingkan LEACH, sehingga LEACH memiliki performansi jaringan yang lebih bagus dibandingkan I-LEACH.

3. Sebagai pertimbangan untuk memilih protokol routing yang akan digunakan, dari QoS parameter (*throughput*, *delay*, *packet loss*) LEACH lebih unggul dibandingkan I-LEACH namun dari nilai *packet loss* dapat ditingkatkan lagi dengan menggunakan lebih banyak CH sehingga lebih cocok untuk jaringan yang membutuhkan nilai QoS yang lebih baik. Sedangkan I-LEACH dapat digunakan untuk menghemat energi dan menambah *lifetime*, meskipun nilai dari *delay* dan *throughput* yang dimiliki lebih buruk akan tetapi *delay* yang dimiliki I-LEACH masih terhitung bagus serta PDR dapat ditingkatkan dengan menambahkan CH.

Referensi:

- [1] A. Milenkovic, C. Otto and E. Jovanov, "Wireless sensor networks for personal health monitoring: Issues and an implementation," *Computer Communications (Special Issue: Wireless Sensor Networks and Wired/Wireless Internet Communications)*, vol. 29, no. 13-14, pp. 2521-2533, 2006.
- [2] E. R. Widasari, M. A. Saputro and H. Fitriyah, "Implementasi Sistem Monitoring Detak Jantung dan Suhu Tubuh Manusia Secara Wireless," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 2, pp. 148-156, 2017.
- [3] X. Zhou, "Design of Health Supervision System Base on WBAN," in *Frontier Computing Theory, Technologies and Applications Volume 375*, Beijing, Springer, 2016, pp. 23-32.
- [4] N. Boudargham, J. B. Abdo, J. Demerjian, C. Guyeux and A. Makhoul, "Investigating low level protocols for Wireless Body Sensor Networks," in *2016 IEEE/ACS 13th International Conference of Computer Systems and Applications (AICCSA)*, Agadir, Morocco, 2016.
- [5] M. T. I. u. Huque, K. S. Munasinghe, M. Abolhasan and A. Jamalipour, "SEA-BAN: Semi-autonomous adaptive routing in wireless body area networks," in *2013, 7th International Conference on Signal Processing and Communication Systems (ICSPCS)*, Carrara, VIC, Australia, 2013.
- [6] F. T. Zuhra, K. A. Bakar, A. Ahmed and M. A. Tunio, "Routing protocols in wireless body sensor networks: A comprehensive survey," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 99, pp. 73-97, 2017.
- [7] N. Boudargham, J. B. Abdo, J. Demerjian, C. Guyeux and T. Atechian, "Efficient Cluster-Based Routing Algorithm for Body Sensor Networks," in *2018 IEEE Middle East and North Africa Communications Conference (MENACOMM)*, Jounieh, Lebanon, 2018.
- [8] U. G. R. A. Berman and D. R. b. H. S., "Ileach-An Integrated Leach Routing Protocol for Elongating The Network Lifetime for WSN," *International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS)*, vol. 3, no. 4, pp. 220-225, 2014.
- [9] M. S. Miah and I. Koo, "Performance Analysis of ILEACH and LEACH Protocols for Wireless Sensor Networks," *Journal of Information and communication convergence engineering*, vol. 10, no. 4, pp. 384-389, 2012.
- [10] S. A. Dehkordi, K. Farajzadeh, J. Rezaadeh, R. Farahbakhsh, K. Sandrasegaran and M. A. Dehkordi, "A survey on data aggregation techniques in IoT sensor networks," *Wireless Networks*, vol. 26, no. 2, pp. 1243-1263, 2020.
- [11] N. Boudargham, J. B. Abdo, J. Demerjian, C. Guyeux and A. Makhoul, "Exhaustive Study on Medical Sensors," in *11th International Conference on Sensor Technologies and Applications (SENSORCOM)*, Rome, 2017.
- [12] J. I. Bangash, A. H. Abdullah, M. H. Anisi and A. W. Khan, "A Survey of Routing Protocols in Wireless Body Sensor Networks," *Sensors*, vol. 14, no. 1, pp. 1322-1357, 2014.
- [13] C. H. W. Oey and S. Moh, "A Survey on Temperature-Aware Routing Protocols in Wireless Body Sensor Networks," *Sensors*, vol. 13, no. 8, pp. 9860-9877, 2013.
- [14] C. Chen, A. Knoll, H. E. Wichmann and A. Horsch, "A Review of Three-Layer Wireless Body Sensor Network Systems in Healthcare for Continuous Monitoring," *Journal of Modern Internet of Things*, vol. 2, no. 3, pp. 24-33, 2013.
- [15] M. T. I. u. Huque, K. S. Munasinghe, M. Abolhasan and A. Jamalipour, "SEA-BAN: Semi-autonomous adaptive routing in wireless body area networks," in *2013, 7th International Conference on Signal Processing and Communication Systems (ICSPCS)*, Carrara, VIC, Australia, 2013.
- [16] W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks," in *Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, 2000.
- [17] W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 1, no. 4, pp. 660-670, 2002.

- [18] M. A. Rahmadhani, L. V. Yovita and R. Mayasari, "ANALISA MODIFIKASI ROUTING," 2018.
- [19] K. Amirthalingam and D. Anuratha, "Improved LEACH: A Modified LEACH for Wireless Sensor Network," in *2016 IEEE International Conference on Advances in Computer Applications (ICACA)*, India, 2016.
- [20] S. A. Kumar, P. Ilango and G. H. Dinesh, "A Modified LEACH Protocol for Increasing Lifetime of the Wireless Sensor Network," *CYBERNETICS AND INFORMATION TECHNOLOGIES*, vol. 16, no. 3, pp. 154-165, 2016.
- [21] K. B. Y and C. M, "Cluster Based Routing Protocol to Prolong Network Lifetime through Mobile Sink in WSN," in *IEEE International Conference On Recent Trends In Electronics Information Communication Technology*, India, 2016.
- [22] M. A. Permana, "Digital Library ITS," [Online]. Available: <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-12778-Paper.pdf>. [Accessed 8 Desember 2020].
- [23] D. T. Alawiyah, "ANALISIS PERBANDINGAN KONSUMSI ENERGI DAN MASA HIDUP JARINGAN PADA PROTOKOL LEACH DAN EARP DI WIRELESS SENSOR NETWORK," *Tugas Akhir, Telkom University*, 2017.

