

## OPTIMASI ENERGI PADA JARINGAN SENSOR NIRKABEL MENGUNAKAN ALGORITME LEACH

Novita Sari Harianja<sup>1\*)</sup>, Imam Santoso<sup>2</sup> dan Teguh Prakoso<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup> E-mail: ramadhanmuhammadhari@gmail.com

### Abstrak

Pemantauan kualitas air irigasi diperlukan agar petani dapat segera bertindak apabila air berkualitas rendah masuk ke sawah. Sistem pemantauan kualitas air dapat direalisasikan dengan Jaringan Sensor Nirkabel dengan menempatkan beberapa node sensor di sawah. Agar jaringan tersebut mempunyai masa hidup yang panjang, komunikasi yang dilakukan harus menggunakan energi yang rendah. *Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH)* merupakan protokol berbasis kluster yang terbukti meningkatkan efisiensi energi dalam jaringan sensor nirkabel. Tugas akhir ini menganalisis performansi dari algoritma protokol *LEACH* untuk optimasi energi pada jaringan sensor nirkabel. Parameter desain yang digunakan: (1) luas area pada simulasi, (2) energi awal node, (3) energi pemancar dan penerima, dan (4) jumlah node. Pada simulasi node tersebar di area yang sudah ditentukan secara acak dan akan membentuk pengklasteran. Setiap cluster akan memiliki sebuah *Cluster Head* yang diperoleh dari proses sensing. Dari hasil simulasi telah terbukti *LEACH* mampu meningkatkan energi sisa dan lifetime dengan selisih konsumsi energi total 56 % dari semula tanpa menggunakan *LEACH* persentasi energi sisa 27% sedangkan dengan menggunakan *LEACH* persentasi energi sisa 83% dan lifetime menggunakan *LEACH* 1,4 jam dan tanpa *LEACH* hanya 0,23 jam. Maka *LEACH* mampu meningkatkan lifetime 6 kali lebih lama dari waktu sebelumnya.

**Kata kunci** ; Jaringan Sensor Nirkabel, *LEACH*, life time, routing, energi

### Abstract

Monitoring the quality of irrigation water is needed so that farmers can act immediately if low-quality water enters the fields. The water quality monitoring system can be realized with a Wireless Sensor Network by placing several sensor nodes in the fields. In order for the network to have a long life span, communication must use low energy. *Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH)* is a cluster-based protocol that is proven to increase energy efficiency in wireless sensor networks. This final project analyzes the performance of the *LEACH* protocol algorithm for energy optimization in wireless sensor networks. The design parameters used are: (1) the area in the simulation, (2) the initial energy of the node, (3) the energy of the transmitter and receiver, and (4) the number of nodes. In the simulation, the nodes are scattered in an area that has been determined randomly and will form clusters. Each cluster will have a *Cluster Head* obtained from the sensing process. From the simulation results it has been proven that *LEACH* is able to increase the residual energy and lifetime with a difference in total energy consumption of 56% from the original without using *LEACH* the percentage of residual energy is 27% while using *LEACH* the percentage of residual energy 83% and lifetime using *LEACH* 1.4 hours and without *LEACH* only 0.23 hours. Then *LEACH* is able to increase the lifetime 6 times longer than the previous time.

**Keywords**: hydroponics Dutch Bucket System (DBS), PI control, monitoring, Thingspeak.

### 1. Pendahuluan

Dalam berbagai kasus, perlu untuk memantau kondisi lingkungan di area tertentu. Misalnya, lahan pertanian di mana tanaman membutuhkan suhu dan tingkat kelembaban tertentu untuk tumbuh subur di daerah tersebut. Salah satu kawasan pertanian yang perlu

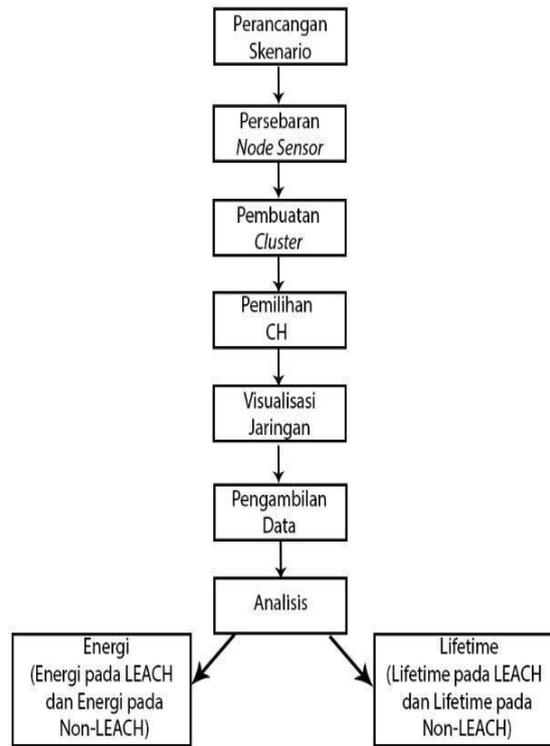
diperhatikan kondisi air yang digunakan untuk mengairi sawah. Pada pemantauan kualitas air irigasi, diharapkan alat-alat buat memantau & mengontrol kualitas air supaya sinkron menggunakan kualitas air yg diharapkan tanaman. Kualitas air yg perlu dikontrol antara lain merupakan suhu, kadar oksigen terlarut & nilai PH. Luasnya area sawah yg hendak dipantau, membuahakan kualitas air

dalam beberapa titik tidak selalu sama. Hal ini menjadikan alasan agar pemantauan dilakukan pada beberapa titik sehingga hasil pemantauan kualitas air bisa mencakup seluruh area yang diinginkan [1]. Salah satu cara yang bisa dilakukan yaitu dengan menerapkan Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) adalah jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa node yang didistribusikan di area tertentu. Setiap node memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data di sekitarnya dan berkomunikasi dengan node lain. Efisiensi daya penting bagi JSN untuk mempertahankan masa pakai jaringan [2]. Secara umum, node sensor memiliki baterai yang tidak dapat diganti setiap waktu, karena dalam penerapannya node sensor sering ditempatkan pada daerah-daerah yang jauh, tidak dapat diakses, dan berbahaya. Oleh sebab itu, dibutuhkan desain JSN yang bisa meminimalkan konsumsi energi node sehingga membuat jaringan dapat bertahan lebih lama. Konsumsi energi terbesar dalam sebuah jaringan JSN adalah proses transmisi data antara node. Sehingga dalam penerapannya dibutuhkan desain routing yang hemat energi untuk memperpanjang lifetime jaringan. Routing adalah protokol pada jaringan untuk memperoleh proses pengiriman informasi dari satu jaringan ke jaringan yang lain. [3]

Hal yang menjadi kendala pada saat mengimplementasikan JSN yaitu kapasitas baterai yang terbatas, sehingga proses transmisi data yang dilakukan juga terbatas. Konsumsi energi menjadi topik yang penting untuk dibahas guna meningkatkan waktu hidup jaringan. Suatu solusi yang diperkenalkan sebagai solusi untuk mengatasi konsumsi energi pada saat transmisi data yaitu algoritma LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy). Algoritma LEACH berperan untuk meminimalisir penggunaan energi pada jaringan dengan cara membagi node dan membentuk kluster-kluster kecil dimana tiap kluster memiliki cluster head yang berfungsi sebagai titik pengumpulan data dari sensor node dan meneruskan data tersebut ke sink node sehingga energi yang digunakan dalam jaringan lebih efisien.

## 2. Metode

Metode perancangan yang digunakan pada penelitian optimasi dapat dibuat seperti desain pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

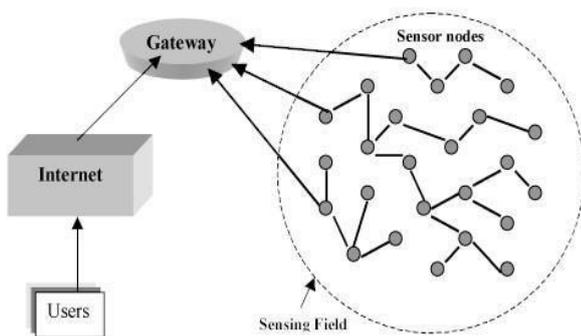
### 2.1. Konsep Dasar dan Pengertian Jaringan Sensor Nirkabel.

Jaringan Sensor Nirkabel adalah sebuah jaringan komunikasi sensor yang terhubung secara wireless untuk memonitor kondisi fisis atau kondisi lingkungan tertentu pada lokasi yang berbeda antara sensor dan pemrosesan datanya. Pada umumnya jaringan sensor nirkabel banyak digunakan pada industri ataupun aplikasi komersial lainnya yang memiliki kesulitan pemasangan perkabelan. [4] Pada JSN node harus mampu membaca kondisi yang disensing dan harus memiliki kepekaan atau sensitivitas yang tinggi. Node juga tidak hanya berkomunikasi dengan sesama node melainkan berkomunikasi juga dengan base station. Kemampuan node melakukan sensing, pengiriman data dengan bandwidth dan kapasitas yang berbeda ini mengakibatkan penggunaan energi yang cukup besar dimana node ditempatkan jauh dari sumber energi listrik. Untuk itu dibutuhkan solusi bagaimana cara agar konsumsi energi lebih minim tanpa mempengaruhi data yang dikirim pada base station.

### 2.2. Karakteristik Jaringan Sensor Nirkabel

Jaringan sensor nirkabel dikatakan baik apabila memiliki karakteristik seperti; ukuran node kecil, ketika node

ditempatkan pada lokasi yang rawan bencana dengan jumlah node yang banyak maka dengan ukuran node yang kecil akan mempermudah penempatan node. Jaringan sensor nirkabel dengan istilah Low limited power yaitu node yang dioptimalkan untuk konsumsi daya yang minim. karena penempatan node jauh dari sumber arus listrik maka tidak memungkinkan untuk melakukan isi ulang daya secara terus menerus. Jaringan Sensor nirkabel yang Low cost artinya desain node diharapkan sesederhana mungkin tanpa mengurangi kinerja fungsinya sehingga biaya perancangannya cenderung lebih murah. Self organizing artinya dalam jaringan sensor nirkabel, setelah ditempatkan, setiap node harus mampu mandiri untuk mengorganisir sebuah jaringan agar mampu saling berkomunikasi serta mengkonfigurasi konektivitas dalam perubahan topologi. Keandalan pada JSN yaitu setiap node dirancang untuk menyediakan kontrol data dan pembenaran ketika terjadi suatu kesalahan dalam mekanisme pengiriman data. Lifetime suatu JSN yaitu lama hidupnya suatu node. Dimana, setiap node yang beroperasi diharapkan harus memiliki life time yang panjang. Infrastruktur dari jaringan sensor nirkabel terdiri dari beberapa komponen yang terlihat pada Gambar 2. yang terdiri dari Node yaitu elemen utama pada JSN karena fungsi utama pada JSN dilakukan oleh node ini seperti sensing, processing dan komunikasi. Sensor merupakan perangkat yang akan mensensing suatu kejadian. Gateway yaitu penghubung antara node dengan basestation. [5]. Infrastruktur dari wireless sensor wireless terdiri dari beberapa komponen yang terlihat pada Gambar 2, yang terdiri dari: Node yaitu penyusun utama yang ada pada JSN karena memiliki peran penting pada JSN seperti melakukan sensing,



**Gambar 2. Infrastruktur Jaringan Sensor Nirkabel**

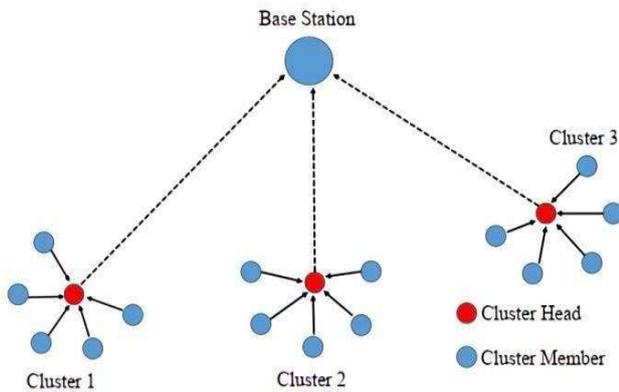
processing dan komunikasi. Sedangkan sensor merupakan perangkat yang akan mensensing suatu kejadian yang terakhir ada Gateway yang berperan sebagai penghubung antara node dengan basestation.

### 2.3 Kendala pada Node

Pada node sensor sering terjadi kendala dalam hal keterbatasan dalam penggunaan energi. Salah satu kendala yang sering terjadi pada sensor node yakni: Jarak antar node atau jarak node ke basestation. Apabila jarak antar node jauh tentu mengakibatkan konsumsi energi yang banyak saat melakukan transmisi data, sehingga kendala ini dapat diatasi dengan routing yang berbasis hemat energi. Ukuran data yaitu jumlah data pada node sensor tergantung pada besar kecilnya ukuran data yang akan ditransmisikan karena mempengaruhi bandwidth kanal. Kendala ini dapat diatasi dengan kompresi data tetapi tidak merusak data tersebut. Idle listening adalah sebuah kondisi radio beroperasi tapi tidak ada data berguna yang bisa diambil dari channel. Pendek kata, menyala disaat tidak terpakai. Ini bisa berakibat overhearing, yaitu mengolah/menerima data yang bukan untuknya. Collision yaitu terjadi tabrakan data dikarenakan node tidak mengetahui jadwal pengiriman node tetangga. Sehingga membutuhkan energi lagi untuk mengirimkan data ulang.

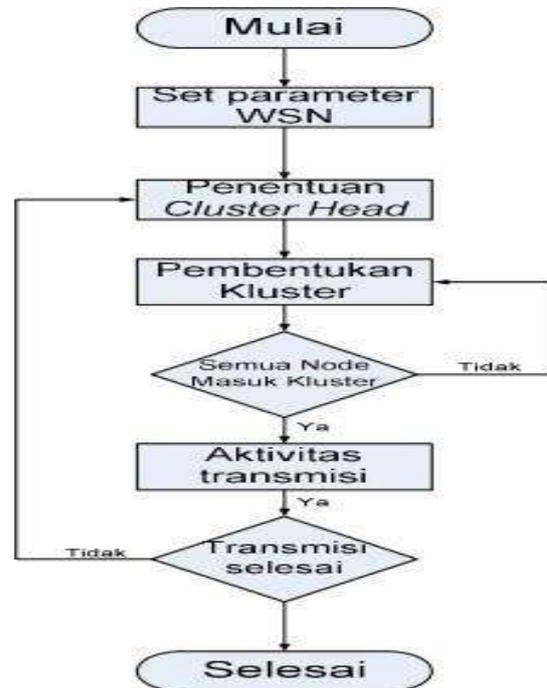
### 2.4 Protokol LEACH

LEACH merupakan protokol routing yang mampu membentuk kluster dari kumpulan node sensor berdasarkan kekuatan sinyal yang diterima. Algoritma terjadi dimulai dengan pemilihan suatu node sebagai cluster head (CH) lalu dengan algoritma clustering memilih node disekitarnya yang bukan merupakan CH sebagai anggota sehingga membentuk kluster. Mekanisme ini menghemat energi karena hanya CH yang melakukan transmisi data ke Base Station, sedangkan tiap node sensor cukup mengirim data ke CH masing-masing. Akibatnya, konsumsi energi berkurang, sehingga lifetime jaringan sensor menjadi lebih lama. Pada topologi LEACH awalnya node-node tersebar dalam jumlah yang ditentukan pada suatu area yang ingin dipantau dan proses pengiriman data masih terpusat pada Base Station. Namun dengan adanya algoritma LEACH, node-node tersebut dikelompokkan dalam beberapa kluster pada satu jaringan. Masing-masing kluster memiliki sebuah clusterhead yang bertugas untuk mengkoordinasi pengiriman data dari node sensor ke BS. LEACH memiliki fitur-fitur seperti Data fusion, yaitu penggabungan data sehingga mengurangi disipasi energi dan menambah lifetime jaringan. Adaptive, yaitu mudah untuk menyesuaikan diri saat pembentukan formasi kluster. Local compression, yaitu mengompresi data agar ukuran data yang dikirim ke BS lebih kecil. Randomization rotation, yaitu perputaran kedudukan CH secara acak. Self-Organizing, yaitu tiap node sensor memiliki sikap pengambilan keputusan sendiri untuk menjadi CH.



Gambar 3. Arsitektur Protokol LEACH

LEACH terbagi ke dalam beberapa sesi, tergantung dari jumlah Cluster Head yang diinginkan dan masa observasi. LEACH memastikan tiap node akan menjadi CH untuk setiap satu sesi. Akibatnya, kedudukan CH menjadi tidak tetap atau bergantian sehingga suatu kluster memiliki formasi yang dinamis atau berubah-ubah setiap sesi. Algoritma LEACH dibagi menjadi 2 fase yaitu fase setup dan fase steady state. Pada fase setup yaitu proses penentuan CH serta pembentukan kluster atau sering disebut juga dengan algoritma clustering sedangkan fase steady state yaitu proses transfer data antar node yang melibatkan aktivitas transmisi dan observasi. Proses steady state memakan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan proses setup, karena transfer data terjadi melalui transmisi radio secara intensif. Sedangkan proses setup hanya menentukan CH dan pembentukan kluster. Gambar 3 adalah topologi jaringan yang digunakan terdapat beberapa buah node, satu buah sink/base station, dan sebuah server. Node dan sink merupakan komponen yang harus ada dalam jaringan sensor nirkabel. Setelah dilakukan perancangan, akan dilakukan pengukuran dalam beberapa kondisi. Adapun untuk lebih jelasnya ditunjukkan oleh diagram alir dari sistem yang akan dibuat seperti pada Gambar 4.

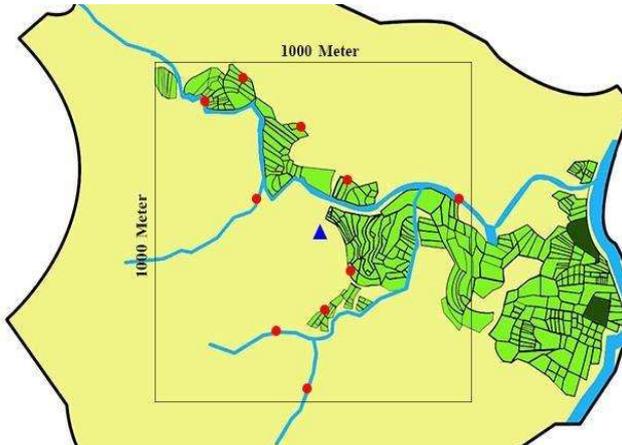


Gambar 4. Diagram Alir Simulasi

Simulasi dimulai dengan mensetting parameter-parameter yang ada di dalam jaringan sensor. Parameter yang akan diset berupa jumlah node sensor, energi tiap node, luas area, jenis topologi jaringan dan sebagainya. Tahap berikutnya adalah menentukan jumlah clusterhead (CH) yang diinginkan beserta node-node yang menjadi CH kluster tersebut. Setelah CH ditentukan, maka kluster dibentuk yang ditandai dengan konfirmasi penggabungan diri dari node-node di sekitar CH. Setelah semua node masuk ke dalam kluster, aktivitas transmisi dimulai. Penjelasan selengkapnya dapat dilihat pada dasar teori bagian algoritma LEACH.

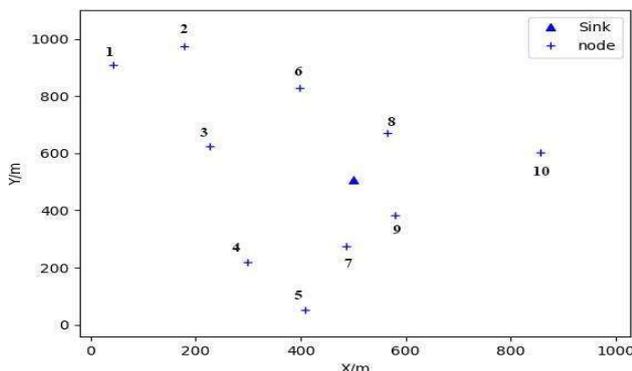
## 2.5 Penyebaran Node di Area

Pada perancangan sistem ini yaitu Jaringan Sensor Nirkabel Hemat Energi Untuk Pemantauan Kualitas Air Irigasi Di Area Persawahan. Maka node sensor akan disebar di area sawah sesuai titik-titik yang ditentukan.



Gambar 5. Sebaran Node di Sawah

Gambar 5 merupakan gambaran area sawah yang menjadi objek penelitian Tugas Akhir ini. Memiliki ukuran 1000 x 1000 m<sup>2</sup>. Titik merah pada gambar merupakan titik letak node. Garis biru muda merupakan aliran air dan segitiga biru merupakan titik sink.



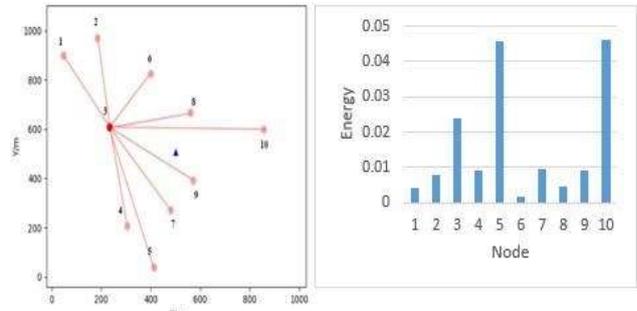
Gambar 6. Rancangan Simulasi

Simulasi penyebaran node yang tertera pada Gambar 6 menggunakan perangkat lunak Pycharm dengan bahasa pemrograman Python. Tanda segitiga biru merupakan titik letak sink dan tambah (+) biru merupakan titik penyebaran node dan segitiga biru Skenario simulasi yang digunakan untuk menganalisa kinerja dari algoritma LEACH.

### 3. ANALISIS HASIL SIMULASI

#### 3.1 HASIL SIMULASI PADA 5 ROUND PERTAMA DENGAN LEACH

Pada tugas akhir ini diperoleh data dari hasil simulasi topologi jaringan dengan algoritma LEACH. Dengan 5 round pertama .

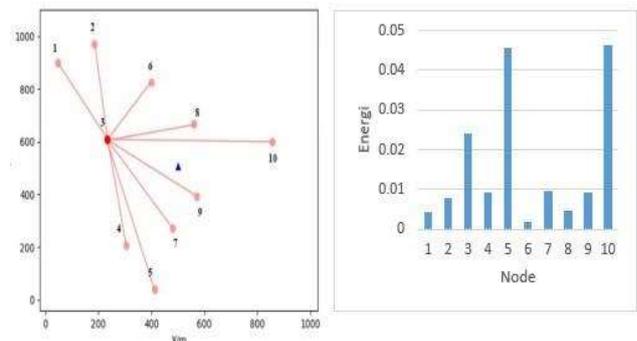


Gambar 7 Routing dan Grafik Konsumsi energi Round 1

Pada Gambar 7 di jelaskan hasil simulasi round 1 dengan pembentukan hanya 1 Cluster CH berada pada node 3. dengan jarak ke sink yaitu 289,799 m konsumsi energi pada node 3 yaitu 0.02389917 Wh.

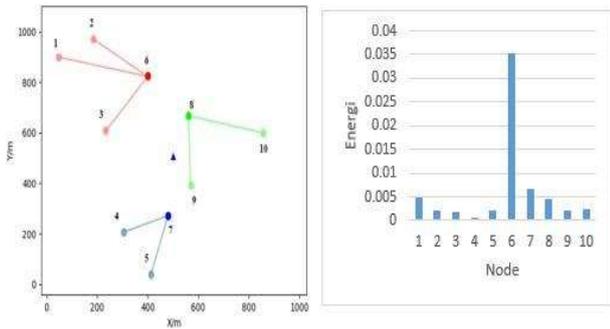
#### ambar 8. Routing dan Grafik Konsumsi energi Round 2

Pada round ke 2 terlihat pada Gambar 8, terjadi perubahan Cluster Head yaitu membentuk 2 cluster. Cluster Head terletak pada node 6 dan node 9 . Node-node yang mengirimkan data ke Cluster Head pertama adalah node 1,2,3,8 dan 10 sedangkan node-node yang mengirimkan data ke cluster Head kedua adalah node 4, 5, dan 7. Jarak CH1 ke sink yaitu 243,50 m, jarak CH2 ke sink yaitu 534,64 m. Konsumsi energi pada node 6 yaitu 0,03538694 Wh dan konsumsi energi pada node 9 yaitu 0,00111655 Wh.



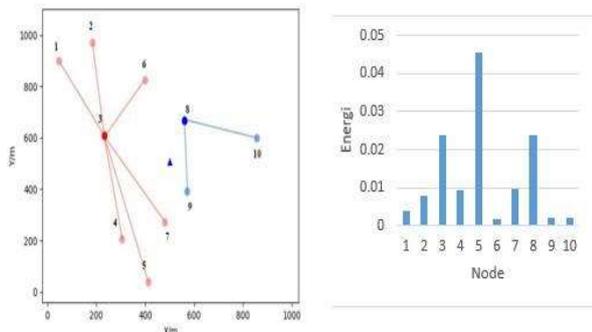
Gambar 9. Routing dan Grafik Konsumsi energi Round 3

Round 3 dengan pembentukan hanya 1 Cluster CH berada pada node 3. dengan jarak ke sink yaitu 289,799 m konsumsi energi pada node 3 yaitu 0.01694 Wh seperti yang tertera pada Gambar 9.



Gambar 10 Routing dan Grafik Konsumsi energi Round 4

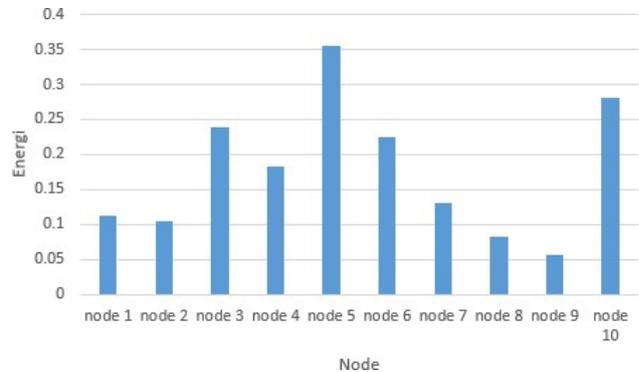
Pada Gambar 10, round ke 4 Cluster Head berubah lagi yaitu membentuk 3 cluster. Cluster Head terletak pada node 6, node 7 dan node 8. Node-node yang mengirimkan data ke Cluster Head pertama adalah node 1, 2, dan 3, Node-node yang mengirimkan data ke Cluster Head kedua adalah node 4 dan 5 sedangkan node-node yang mengirimkan data ke cluster Head ketiga adalah node 9 dan 10. Jarak CH 1 ke sink yaitu 243,50 m, jarak CH2 ke sink yaitu 534,64 m. Konsumsi energi pada node 6 yaitu 0.035387 Wh, Konsumsi energi pada node 7 yaitu 0.006803 Wh, dan konsumsi energi pada node 8 yaitu 0.004542 Wh.



Gambar 11. Routing dan Grafik Konsumsi energi Round 5

Round ke 5 terjadi perubahan Cluster Head yaitu membentuk 2 cluster. Cluster Head terletak pada node 3 dan node 8. Pada Gambar 11 Node-node yang mengirimkan data ke Cluster Head pertama adalah node 1, 2, 4, 5, 6, dan 7 sedangkan node-node yang mengirimkan data ke cluster Head kedua adalah node 9 dan 10. Jarak CH1 ke sink yaitu 243,50 m, jarak CH2 ke sink yaitu 534,64 m. Konsumsi energi pada node 3 yaitu 0.004563 Wh dan konsumsi energi pada node 8 yaitu 0.004542 Wh. Begitu juga untuk analisis pada round ke 3 hingga round ke 15. Konsumsi energi tiap node dan tiap round berbeda-beda dipengaruhi oleh jarak. Ketika jarak CH jauh dari base station maka energi yang dibutuhkan untuk pengiriman data adalah besar begitu juga sebaliknya, ketika jarak CH dekat dengan base station maka energi yang dibutuhkan dalam

pengiriman data adalah sedikit.

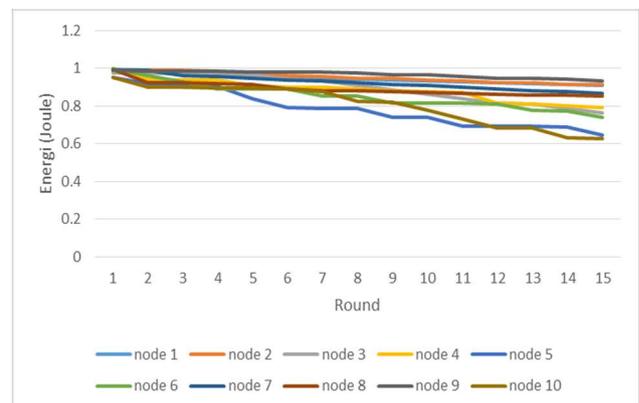


Gambar 12. Grafik Konsumsi Energy Menggunakan LEACH

Dengan menggunakan LEACH konsumsi energi akan semakin kecil dan memperpanjang masa hidup jaringan. Pada Gambar 12 Konsumsi energi akan semakin merata per node nya. Konsumsi energi rata-rata node terbesar berada pada node 5 yaitu sebesar 0,38 Wh. Konsumsi energy rata-rata terkecil sebesar 0,057 Wh.

### 3.2 Analisis Lifetime Jaringan Menggunakan Algoritme LEACH

Berdasarkan simulasi yang telah dijalankan, diperoleh sisa energi untuk tiap node pada 15 round pertama. Berikut grafik sisa energi yang didapatkan seperti Gambar 13.



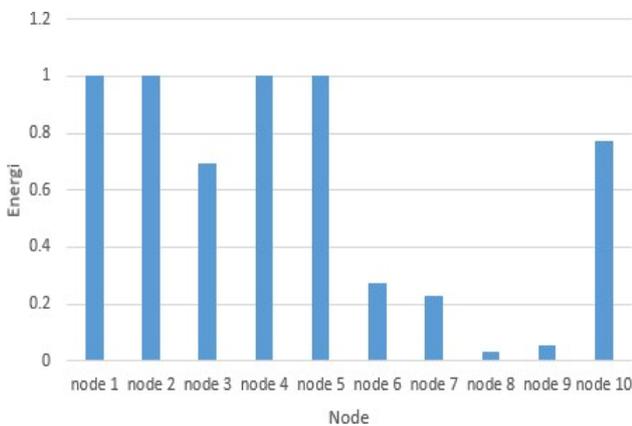
Gambar 13 Grafik Sisa Energi Menggunakan LEACH

Dengan menggunakan asumsi energi awal sebesar 1Wh. Maka dari hasil simulasi pada Gambar 13 diperoleh sisa energi dari setiap node, pada LEACH apabila salah satu diantara node sudah tidak aktif atau masa round nya habis maka jaringan tidak dapat beroperasi lagi, dari hasil forecasting. Node 1 aktif selama 155 round, kedua 159 round, ketiga 61 round, ke empat 78 round, ke lima 45 round, ke enam 62 round, ke tujuh 113 round, ke

delapan 120 round, keSembilan 241 round, kesepuluh 42 round. Dari kesepuluh node, round yang paling cepat yaitu pada node sepuluh sebanyak 42 round dan round yang paling lama pada node 9 sebanyak 241 round. Dari perhitungan energi sisa rata-rata dengan menggunakan LEACH, sebesar 83 %. Dengan pengiriman data ke web server 2 menit sekali maka dengan energy awal 1 Wh jaringan mampu bertahan selama 84 menit atau sama dengan 1,4jam sebanyak 42 round.

### 3.3. Konsumsi Energi Tanpa LEACH

Untuk dapat membandingkan Pengaruh LEACH pada konsumsi energi, maka pada Tugas akhir ini akan dihitung konsumsi energi tanpa LEACH yaitu pengiriman data tanpa adanya perubahan CH.

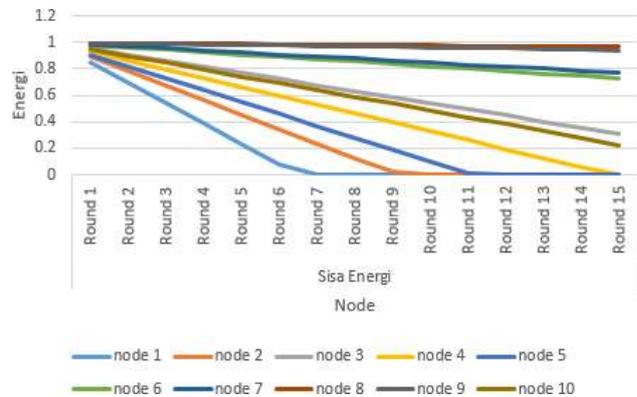


Gambar 14. Grafik Konsumsi Energy Tanpa LEACH

Pada Gambar 14 konsumsi energy total pada 15 round pertama sebesar 0,59 Wh. Dan hanya bekerja selama 10 round saja lalu node mati. Sehingga membuat seluruh jaringan itu tidak bisa bekerja lagi. Konsumsi rata-rata energi tanpa konsumsi Energy total yang paling kecil pada Node dan terbesar pada Node 1 seperti pada Gambar 14. Konsumsi energy total tanpa menggunakan LEACH terlihat tidak seimbang. Pengiriman data selama 15 round tanpa pergantian CH yang pastinya akan mengalami konsumsi energi yang relative banyak dan juga dipengaruhi oleh jarak node ke Base Station yang berbeda-beda sehingga semakin jauh letak node dari base station tentunya konsumsi energy yang diperlukan untuk transmisi data semakin besar pula, begitu juga sebaliknya.

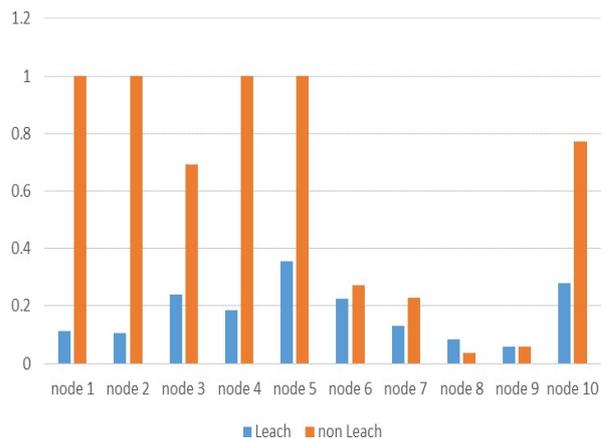
### 3.4. Analisis Lifetime Jaringan Menggunakan Algoritme LEACH

Berdasarkan simulasi yang telah dijalankan, diperoleh sisa energi pada Gambar 15 untuk tiap node pada 15 round pertama.



Gambar 15. Grafik Sisa Energi Tanpa LEACH

Dengan menggunakan asumsi energy awal seber 1Wh. Maka dari hasil simulasi diperoleh sisa energi dari setiap node, pada LEACH apabila salah satu diantara node sudah tidak aktif atau masa round nya habis maka jaringan tidak dapat beroperasi lagi, dari hasil forecasting .Node 1 aktif selama 7 round, kedua 9 round, ketiga 22 round, ke empat 14 round, ke lima 11 round, ke enam 55 round, ke tujuh 65 round, ke delapan 422 round, ke Sembilan 258 round, kesepuluh 42 round. Dari kesepuluh node, round yang paling cepat yaitu pada node sepuluh sebanyak 42 round dan round yang paling lama pada node 9 sebanyak 241 round. Dari perhitungan energi sisa tanpa menggunakan LEACH, sebesar 27 %. Dengan pengiriman data ke web server 2 menit sekali maka dengan energy awal 1 Wh jaringan mampu bertahan selama 14 menit atau sama dengan 0,23 jam sebanyak 7 round.



Gambar 16. Grafik Perbandingan Konsumsi Energy Menggunakan LEACH dan Tanpa LEACH

Konsumsi energi total pada round 1 dengan menggunakan LEACH pada Gambar 16 sebesar 0,0096 Wh, sedangkan konsumsi energi total pada round 1 tanpa LEACH sebesar 1 Wh. Konsumsi energi

maksimum dengan menggunakan leach yaitu sebesar 0,32 Wh. Sedangkan Konsumsi energy maksimum tanpa menggunakan LEACH yaitu sebesar 1 Wh. Maka diperoleh selisih konsumsi energy sebesar 0,68 Wh.

#### **4.1 Kesimpulan**

Dari hasil tugas akhir ini dapat diketahui bahwa dengan menggunakan algoritma protokol LEACH akan dapat memperpanjang masa hidup jaringan dan konsumsi energi yang dibutuhkan saat pengiriman data lebih hemat dan efisien. Konsumsi energi total node dengan menggunakan terbesar berada pada node 5 yaitu sebesar 0,38 Wh. Konsumsi energi total terkecil sebesar 0,057 Wh. Dari Hasil perhitungan energi sisa rata-rata menggunakan LEACH jauh lebih besar dari pada energi sisa rata-rata tanpa LEACH. Konsumsi energi maksimum dengan menggunakan leach yaitu sebesar 0,32 Wh. Telah terbukti LEACH mampu meningkatkan energi sisa dan lifetime dengan selisih konsumsi energi total 56 % dari semula tanpa menggunakan LEACH persentasi energi sisa 27% sedangkan dengan menggunakan LEACH persentasi energi sisa 83% dan lifetime menggunakan LEACH 1,4 jam dan tanpa LEACH hanya 0,23 jam. Maka LEACH mampu meningkatkan lifetime 6 kali lebih lama dari waktu sebelumnya.

#### **Referensi**

- [1]. T. Asao, *Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches*, First ed. Rijeka, Croatia: InTech, 2012.
- [2]. F. Iskandar, "Analisis Risiko Produksi Usahatani Cabai di Desa Tanjung Qencana Kecamatan Way Bungur Kabupaten Lampung Timur," STIPER Dharmawacana Metro, 2018.
- [3]. K. Roberto, *How-to hydroponics: a how-to guide to soilfree gardening*, 3rd ed. New York, USA: FutureGarden, Inc., 2000.
- [4]. T. Yang, J. E. Altland, and U. Samarakoon, "Evaluation of organic substrates as an alternative to perlite for cucumber production in the Dutch bucket hydroponic system," *Acta Hortic.*, vol. II, no. 1317, pp. 319–326, Aug. 2021.
- [5]. N. Allu and S. Salu, "Aplikasi Penalaan Dengan Metode Ziegler Nichols di Perancangan Pengendali PID pada Putaran Motor DC," *Pros. Semin. Nas. Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 1, no. April, pp. 9–10, 2018.
- [6]. C. J. G. Aliac and E. Maravillas, "IOT hydroponics management system," *2018 IEEE 10th Int. Conf. Humanoid, Nanotechnology, Inf. Technol. Commun. Control. Environ. Manag. HNICEM 2018*, pp. 1–5, 2019.
- [7]. I. Setiawan, *Kontrol PID Untuk Proses Industri*, 1st ed., no. 3. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2008.
- [8]. W. Budiharto and D. Suhartono, *Artificial Intelligence*, 1st ed. Yogyakarta: Andi Offset, 2014.
- [9]. Y. Shi *et al.*, "Design of a Hybrid Indoor Location System Based on Multi-Sensor Fusion for Robot Navigation," *Sensors*, vol. 18, no. 10, 2018.
- [10]. C. Hidayat, M. R. Pahlevi, B. F. Taufiqqurahman, and M. A. Ramdhani, "Growth and Yield of Chili in Nutrient Film Technique at Different Electrical Conductivity," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 288, no. 4, p. 012034, Jan. 2018.
- [11]. L. Masse, D. I. Massé, Y. Pellerin, and J. Dubreuil, "Osmotic pressure and substrate resistance during the concentration of manure nutrients by reverse osmosis membranes," *J. Memb. Sci.*, vol. 348, no. 1–2, pp. 28–33, 2010