

Metode *Routing Protokol* LEACH pada Jaringan Sensor Nirkabel Studi Kasus Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembaban Udara

Raden Sumiharto*¹, Rosyidatul Ilma², Rif'Atunnisa³

¹Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

^{2,3}Program Studi Elektronika dan Instrumentasi, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: *¹r_sumiharto@ugm.ac.id, ²rosyidatul.ilma@mail.ugm.ac.id,

rifatunnisa@mail.ugm.ac.id

Abstrak

Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) merupakan suatu jaringan nirkabel yang terdiri dari sekumpulan node yang tersebar pada suatu area tertentu. Setiap node memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data disekitarnya dan saling berkomunikasi dengan node lainnya. Pada JSN, efisiensi energi merupakan sesuatu yang penting untuk mempertahankan waktu hidup suatu jaringan. Suatu JSN yang terdiri dari beberapa klaster dan memiliki Cluster Head (CH) setiap klasternya memerlukan mekanisme pergantian CH di setiap klaster agar waktu hidup jaringan lebih lama.

Algoritme LEACH diimplementasikan pada sistem yang terdiri dari 9 buah sensor node dan 1 buah sink node. Setiap sensor node melakukan pemantauan suhu dan kelembaban udara disekitarnya. Pengujian sistem dilakukan dengan bervariasi jumlah cuplikan data per proses pemilihan CH pada setiap siklus LEACH. Berdasarkan hasil pengujian, penerapan algoritme LEACH dapat meningkatkan waktu hidup jaringan. Algoritme LEACH dengan 70 kali cuplikan data merupakan keadaan optimal yang menghasilkan waktu hidup jaringan sebesar 7.387 detik, sedangkan dengan jumlah cuplikan data yang sama saat menggunakan algoritme non-LEACH waktu hidup jaringan hanya dapat mencapai 5.565 detik.

Kata kunci—JSN, routing protocol, LEACH, algoritme, node

Abstract

Wireless Sensor Network (WSN) is a wireless network consisting of a group of nodes scattered in a certain area. Each node has the ability to gather data around it and communicate with other nodes. In WSN, energy efficiency is important to maintain the lifetime of a network. A WSN consisting of several clusters and having a Cluster Head (CH) in each cluster requires a CH change mechanism in each cluster so that the network lifetime is longer.

The LEACH algorithm is implemented on a system consisting of 9 sensor nodes and 1 sink node. Each sensor node monitors the temperature and humidity of the surrounding air. System testing is done by varying the number of data snippets per CH selection process in each LEACH cycle. Based on the results of testing, the application of the LEACH algorithm can increase network lifetime. The LEACH algorithm with 70 data snippets is an optimal state that results in a network lifetime of 7,387 seconds, whereas with the same number of data snippets when using a non-LEACH algorithm the network lifetime can only reach 5,565 seconds.

Keywords— WSN, routing protocol, LEACH, algorithm, node

1. PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini berkembang sangat pesat, begitu pula halnya dalam bidang teknologi jaringan. Perkembangan teknologi ini telah membuat penggunaan jaringan sensor nirkabel semakin diminati sebagai sistem pemantauan suatu lingkungan. Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) adalah teknologi nirkabel yang terdiri dari kumpulan *node* sensor yang tersebar di suatu area tertentu [1]. Setiap *node* memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data disekitarnya dan saling berkomunikasi dengan *node* lainnya [2]. *Node* adalah unit fungsional dasar dari JSN, ukurannya umumnya berukuran kecil. Masing-masing *node* terdiri dari perangkat komunikasi, perangkat komputasi, dan sensor [2,3]. Ketiga komponen tersebut digunakan untuk melakukan pemindaian, memproses data hasil pemindaian, dan mengirim data antar *node* secara nirkabel.

Secara umum JSN sering digunakan untuk memantau kondisi daerah pemantauan dan tempat pemantau yang berada pada posisi saling berjauhan. Sehingga dibutuhkan media pemindai agar dapat mengirim data hasil pemantauan tersebut. Implementasi JSN dapat digunakan pada berbagai bidang dengan objek pemantauan yang bermacam-macam seperti suhu, suara, tekanan, getaran, gerakan, dan lain-lain [4,5]. Tujuan utama penggunaan JSN adalah memaksimalkan agar pemantauan lingkungan yang dilakukan dapat bertahan dalam waktu yang lama. Hal ini dilakukan dengan meminimalkan penggunaan energi dengan cara mengurangi jumlah komunikasi antar *node* tanpa mengorbankan tujuan transmisi [6]. Oleh karena itu, perlu digunakan *routing protocol* yang berfungsi untuk menentukan rute terbaik yang dapat dilewati oleh *sensor node* menuju ke *sink node* agar energi yang digunakan lebih efisien. Penelitian ini mengimplementasikan *routing protocol* LEACH dengan studi kasus pemantauan berupa suhu dan kelembaban sehingga dapat diperoleh metode optimum waktu hidup jaringan.

Salah satu kendala utama pada implementasi JSN adalah daya dukung baterai yang terbatas, sehingga hanya dapat mendukung transmisi data dalam jumlah terbatas. Konsumsi energi pada jaringan menjadi hal yang penting agar dapat meningkatkan waktu hidup jaringan. Berbagai metode dan algoritme dalam *routing protocol* telah diteliti guna mengatasi berbagai permasalahan yang terdapat pada JSN [7]. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah efisiensi energi dalam merancang JSN dengan menggunakan *routing protocol* jenis LEACH (*Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy*) [8]. *Routing protocol* LEACH bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi pada jaringan dengan cara membagi *node* ke dalam klaster-klaster kecil dengan masing—masing klaster memiliki *Cluster Head* yang berfungsi sebagai pengumpul data dari *sensor node* dan meneruskan data tersebut ke *sink node* sehingga energi yang digunakan dalam jaringan lebih efisien [8,9,10]. Namun, pengaturan konfigurasi *routing protocol* LEACH untuk konfigurasi jaringan tertentu membutuhkan perancangan yang tepat, sehingga penelitian ini mampu memberikan gambaran awal untuk peneliti yang hendak menggunakan *routing protocol* LEACH.

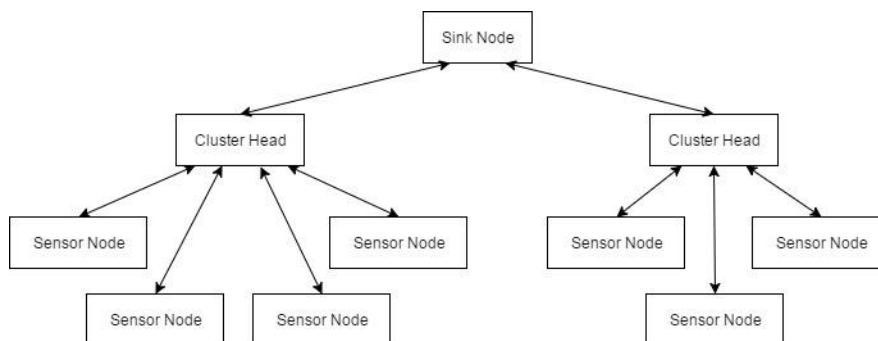
2. METODE PENELITIAN

2.1 Deskripsi Sistem

Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) terdiri dari beberapa *node* yang dihubungkan dalam suatu jaringan. Setiap *node* terdiri dari perangkat pemindai, komputasi, dan komunikasi yang membentuk satu kesatuan untuk menjalankan tugasnya. Agar sistem JSN dapat berjalan, diperlukan *routing protocol* untuk memetakan rute terbaik yang harus dilewati oleh *sensor node* untuk menuju ke *sink node*. Dalam JSN, *sensor node* memegang peranan penting karena data diperoleh dan dikirim oleh *node*. Masing-masing *sensor node* memiliki keterbatasan dalam hal energi untuk mempertahankan waktu hidup jaringan. Oleh karena itu, sistem yang dibangun

pada penelitian ini adalah sebuah jaringan sensor nirkabel yang mengimplementasikan *routing protocol* LEACH.

LEACH merupakan salah satu metode *hierarchical-based routing* yang bertujuan untuk efisiensi energi pada jaringan dengan cara membagi *node* ke dalam kluster. Algoritme LEACH dimulai dengan memilih suatu *node* sebagai *Cluster Head* (CH) lalu dengan algoritme *clustering* memilih *node* non-CH sebagai anggota sehingga membentuk kluster. Mekanisme ini menghemat energi karena hanya CH yang melakukan transmisi data ke *sink node*, sedangkan tiap *sensor node* cukup mengirim data ke CH masing-masing. Akibatnya, konsumsi energi berkurang sehingga waktu hidup jaringan menjadi optimal. Blok diagram sistem jaringan sensor nirkabel yang dibangun dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok rancangan sistem

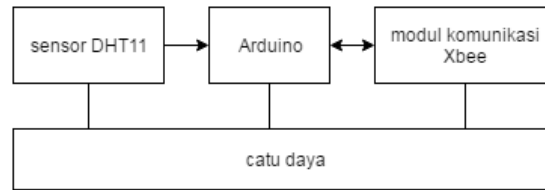
Sistem terdiri dari satu buah *sink node* dan sembilan buah *sensor node* atau biasa disebut *node*. *Node* berperan untuk memindai data dari lingkungan dan mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke *sink node*. Selain itu, *node* juga berperan sebagai *relay* dalam jaringan yang bertugas untuk meneruskan data dari *node* ke *sink node*, dalam hal ini disebut sebagai *Cluster Head* (CH). Tiap *node* memiliki sifat yang identik. *Sink node* berperan sebagai pusat agregasi data dari semua *node* yang ada di dalam jaringan. Tiap *node* berkomunikasi secara nirkabel menggunakan modul Xbee dengan jarak yang masih dalam jangkauan.

Proses dalam membentuk jaringan menggunakan *routing protocol* LEACH terdiri dari dua fase yaitu fase *set-up* dan fase *steady-state*. Fase *set-up* merupakan fase pembentukan kluster dimana pada fase ini dilakukan pemilihan CH. Setiap *node* memiliki kesempatan yang sama untuk menjadi CH. Penentuan CH ini ditentukan berdasarkan angka random yang dibangkitkan oleh masing-masing *node*. Setelah CH terpilih pada masing-masing kluster, setiap *node* memilih bergabung dengan CH berdasarkan kekuatan sinyal yang diterimanya.

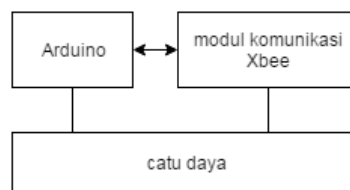
Setelah proses pada fase *set-up* selesai, proses berlanjut ke fase *steady-state*. Pada fase ini, *node-node* yang tergabung pada kluster masing-masing mulai melakukan pemindaian terhadap lingkungan. Dalam hal ini, pemindaian dilakukan terhadap suhu dan kelembaban udara. Data hasil pemindaian yang diperoleh oleh setiap *node* diteruskan ke CH masing-masing. Selanjutnya CH mengumpulkan data dari semua *node* pada klasternya dan mengirimkan data tersebut ke *sink node*.

2. 2 Skema Perangkat Keras

Perangkat keras sistem terdiri dari sebuah *sink node* sebagai pengumpul data dan sembilan buah *sensor node* yang bekerja membentuk jaringan sensor nirkabel. *Sink node* terdiri dari modul komunikasi Xbee series 1 sebagai *communication unit* dan mikrokontroler jenis Arduino Uno sebagai *processing unit* yang memroses data yang diterima dari *sensor node*. Perangkat keras *sensor node* terdiri dari sensor DHT11 sebagai subsistem *sensing unit*, Arduino Uno sebagai *processing unit*, modul Xbee series 1 sebagai *communication unit*, dan baterai 9 volt sebagai *power unit*. Pada Gambar 2 ditunjukkan diagram blok perangkat keras tiap *sensor node* dan pada Gambar 3 ditunjukkan diagram blok perangkat keras *sink node*.

Gambar 2 Diagram blok *sensor node*

Setiap subsistem pada *sensor node* maupun *sink node* memiliki fungsi masing-masing dalam mendukung kinerja sistem. Pada *sensing unit*, terjadi proses pengukuran suhu dan kelembaban di sekitar *node*. Sinyal analog dari *sensing unit* diproses oleh Arduino yang berperan sebagai *processing unit*. Proses-proses yang terjadi pada Arduino berupa konversi data sensor dari analog menjadi data *digital*, membentuk rute sistem, serta pengiriman dan penerimaan data ke dan dari Xbee sebagai *communication unit*.

Gambar 3. Diagram blok *sink node*

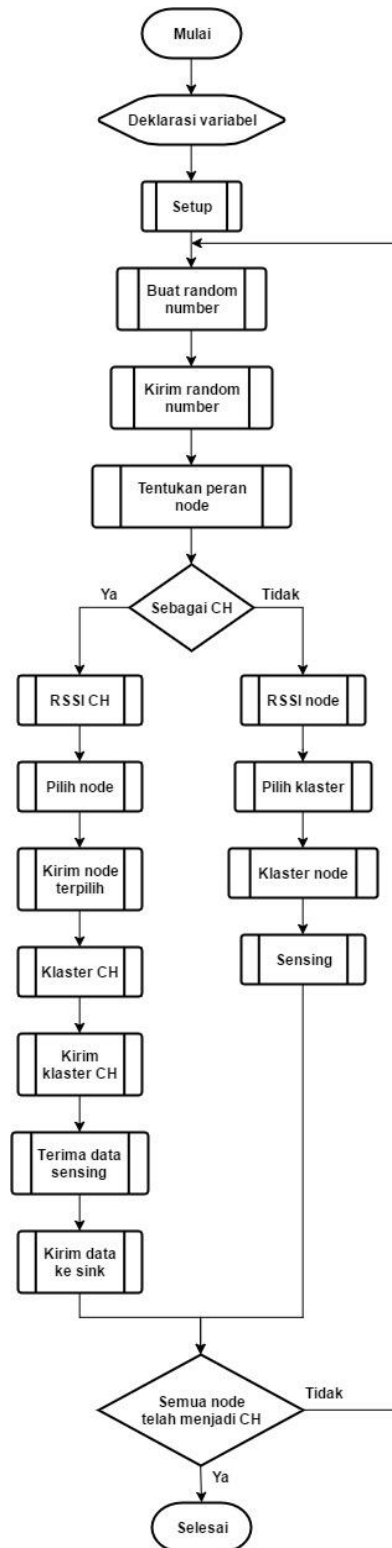
Xbee berfungsi sebagai modul *transceiver* yang mengirim dan menerima data pada sistem. Agar dapat beroperasi, ketiga bagian sistem tersebut harus dilengkapi dengan *power unit* untuk memberikan suplai tegangan. Pada *sensor node*, suplai tegangan berasal dari baterai 9 volt, sedangkan pada *sink node* suplai tegangan diperoleh dari laptop menggunakan koneksi usb.

2.3 Skema Perangkat Lunak

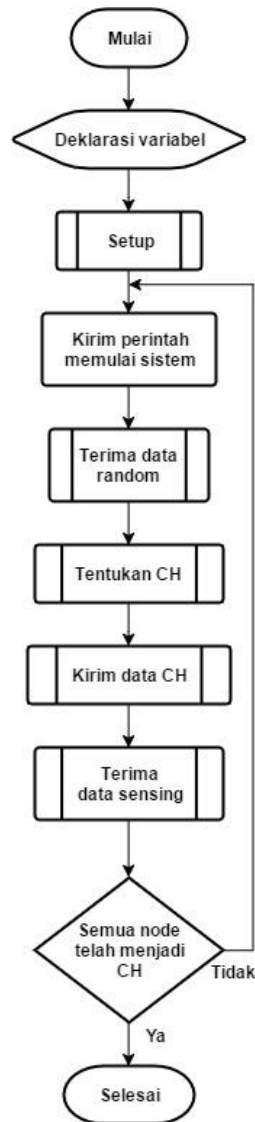
Sistem dalam penelitian ini menggunakan algoritme LEACH yang digunakan sebagai *routing protocol* pada jaringan sensor nirkabel yang melakukan pemantauan suhu dan kelembaban udara. Pada penelitian ini sistem terdiri dari *node* dan *sink node*. Perangkat lunak untuk semua *node* identik, hanya memiliki perbedaan pada identitas *node*. Perangkat lunak *node* dirancang agar dapat menerima input *output* serial dan mengendalikan modul komunikasi Xbee. Komunikasi antar *node* ini menggunakan metode *broadcast*. *Broadcast* merupakan komunikasi antar *node* yang pengiriman datanya ditujukan untuk semua *node* yang berada dalam jangkauannya. Pada Gambar 4 ditunjukkan diagram alir perangkat lunak untuk *node*.

Berbeda dengan perangkat lunak *node*, perangkat lunak *sink node* hanya dijalankan pada satu buah *node* yang berfungsi sebagai pusat jaringan yang mengumpulkan semua data dari semua *node* yang ada di jaringan. Proses pada *sink node* dimulai dengan menerima data angka acak yang dikirim oleh setiap *node* pada jaringan. Data yang diterima ditampilkan pada serial monitor Arduino IDE. Selanjutnya dari angka acak yang diterima, *sink node* memilih *node* yang menjadi CH. Pemilihan CH ini didasarkan pada nilai angka acak terkecil yang diterima oleh *sink node*.

Setelah *node* dipilih menjadi CH, *sink node* mengirim data *node* terpilih dengan cara *broadcast* ke seluruh *node* yang ada di jaringan. Selanjutnya *sink node* menunggu hingga proses *sensing* di *node* selesai sehingga *sink node* dapat menerima data *sensing*. Hasil data *sensing* yang diterima selanjutnya ditampilkan pada serial monitor. Proses pada *sink node* selesai setelah semua *node* di jaringan telah menjadi CH. Pada Gambar 5 ditunjukkan diagram alir dari perangkat lunak *sink node*.



Gambar 4. Diagram alir perangkat lunak *node*



Gambar 5. Diagram alir perangkat lunak *sink node*

2.4 Skema Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem jaringan sensor nirkabel dengan menggunakan algoritme LEACH yang dibangun dengan cara membandingkan antara algoritme LEACH dan non-LEACH pada sistem. Pada pengujian ini, dilakukan variasi jumlah *sensing* dalam satu siklus untuk setiap *node* pada jaringan sehingga diperoleh jumlah sensing optimal untuk menghasilkan waktu hidup jaringan yang optimal. Pengujian dilakukan pada sistem jaringan sensor nirkabel yang terdiri dari 10 buah *node* yang meliputi 9 buah *sensor node* dan 1 buah *sink node*. Sistem tersebut dibagi ke dalam dua klaster yang masing-masing terdiri dari 5 buah *sensor node* dan 4 buah *sensor node*.

Pengujian algoritme LEACH dilakukan dengan menjalankan sistem jaringan sensor nirkabel yang terdiri dari 9 buah *sensor node* dan 1 buah *sink node*. Sistem jaringan yang dibuat dibagi ke dalam dua klaster yang masing-masing terdiri dari 5 buah *sensor node* dan 4 buah *sensor node*. Pengujian dilakukan pada satu ruangan dengan jarak setiap *sensor node* ke *sink node* sekitar 1 meter dan jarak antar *node* dalam satu klaster sekitar 0,2 meter. Penggunaan jarak antar *node* dibuat cukup dekat agar data yang ditransmisikan pada jaringan selalu sampai ke *node* tujuan. Penggunaan jarak antar *node* yang terlalu jauh dapat menyebabkan adanya data yang tidak sampai ke *node* tujuan sehingga menyebabkan sistem berhenti.

Pada algoritme LEACH ini, setiap siklus yang berlangsung terdiri dari beberapa proses pemilihan CH. Jumlah pemilihan CH tergantung pada jumlah *node* dalam setiap kluster. Oleh karena itu, kluster 1 terdiri dari 5 proses pemilihan CH dan kluster 2 terdiri dari 4 proses pemilihan CH. Pengujian *routing protocol* LEACH ini bertujuan untuk mengetahui *lifetime* maksimal dari jaringan yang dibuat jika menggunakan *routing protocol* LEACH. *Routing protocol* ini diuji dengan melakukan variasi terhadap jumlah *sensing* pada setiap proses pemilihan CH. Variasi jumlah *sensing* yang dilakukan mulai dari 5 kali *sensing* per proses hingga diperoleh nilai jumlah *sensing* optimal dengan interval 5 kali *sensing*. Adapun skema pengujian yang dilakukan disajikan pada Tabel 1.

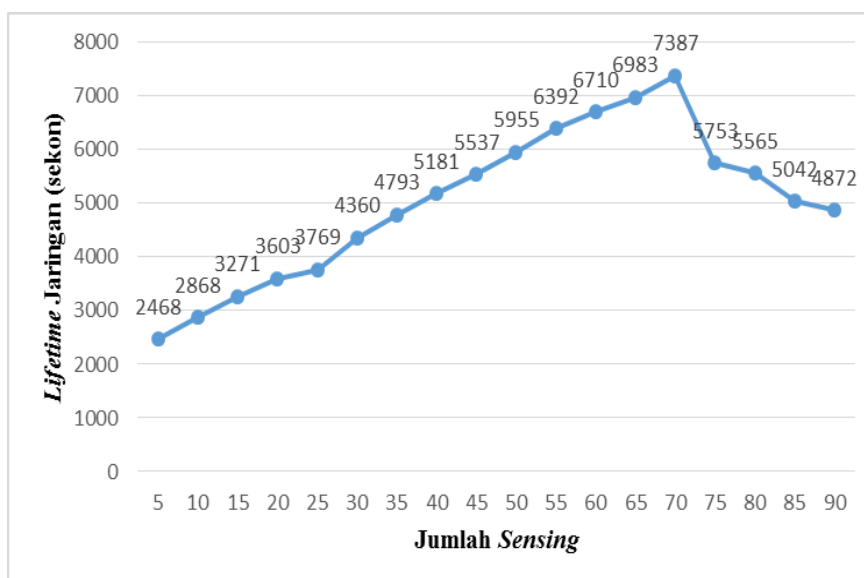
Tabel 1. Skema pengujian

No	Pengujian	Pencapaian
1.	Pengujian algoritme LEACH	Mengetahui <i>network lifetime</i> maksimal dengan jumlah <i>sensing</i> optimal menggunakan algoritme LEACH
2	Pengujian algoritme non-LEACH	Mengetahui <i>network lifetime</i> maksimal dengan jumlah <i>sensing</i> optimal menggunakan algoritme non-LEACH

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Algoritme LEACH

Pada Gambar 6 ditunjukkan hasil pengujian algoritme LEACH. Gambar 6 tersebut menunjukkan bahwa peningkatan jumlah *sensing* pada setiap proses pemilihan CH dapat menyebabkan waktu hidup jaringan semakin meningkat hingga 70 kali jumlah *sensing* per proses dan waktu hidup jaringan menurun saat memasuki 75 jumlah *sensing* per proses. Hal ini menunjukkan bahwa 70 merupakan jumlah *sensing* optimal untuk memperoleh *waktu hidup* maksimal pada jaringan dengan menggunakan *routing protocol* LEACH. Jumlah *sensing* optimal tersebut diperoleh karena dengan 70 kali *sensing* per proses pemilihan CH, satu siklus LEACH dapat berlangsung dan juga dengan 70 kali jumlah *sensing* sistem menghasilkan *waktu hidup* jaringan maksimal. Ketika jumlah *sensing* dinaikkan ke 75 kali *sensing* per proses pemilihan CH, jaringan nonaktif ketika belum mencapai satu siklus LEACH. Selain itu saat jumlah *sensing* dinaikkan ke 75 kali *sensing*, waktu hidup jaringan menurun. Pada

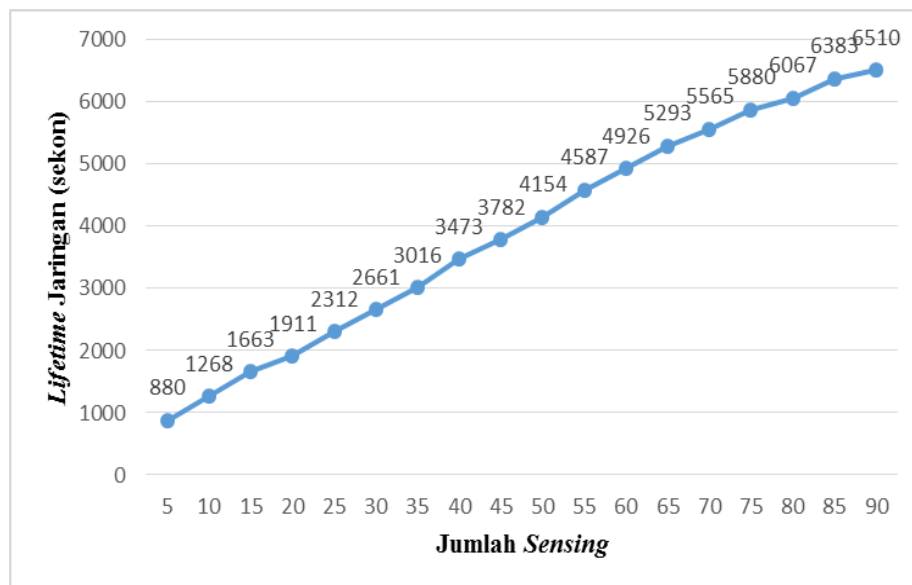
Gambar 6. Grafik waktu hidup jaringan terhadap jumlah *sensing* pada algoritme LEACH

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah *sensing* pada setiap proses pemilihan CH hingga satu siklus LEACH berlangsung, waktu hidup jaringan semakin bertambah. Hal ini disebabkan karena semakin sedikit jumlah *sensing* per proses pemilihan CH maka proses klusterisasi semakin sering dilakukan, dan sebaliknya semakin banyak jumlah *sensing* per proses pemilihan CH maka proses klusterisasi semakin jarang dilakukan. Proses klusterisasi ini menggunakan cukup banyak daya pada jaringan.

3. 2 Hasil Pengujian Algoritme Non-LEACH

Pengujian algoritme non-LEACH dilakukan sebagai pembandingan dari algoritme LEACH yang merupakan *routing protocol* pada sistem jaringan yang dibuat. Algoritme non-LEACH yang diterapkan pada penelitian ini menggunakan topologi *extended star*. Topologi jenis ini merupakan pengembangan dari topologi star. Jika pada topologi star semua *node* yang ada di jaringan terhubung secara langsung ke sebuah *central node*, maka pada topologi *extended star* tiap *node* tidak langsung terhubung ke *central node* melainkan terlebih dahulu terhubung ke *node* lain yang berfungsi sebagai penghubung antara *node* dengan *central node*. *Traffic* data pada topologi ini mengalir dari *node* ke *sub node* lalu diteruskan ke *central node*.

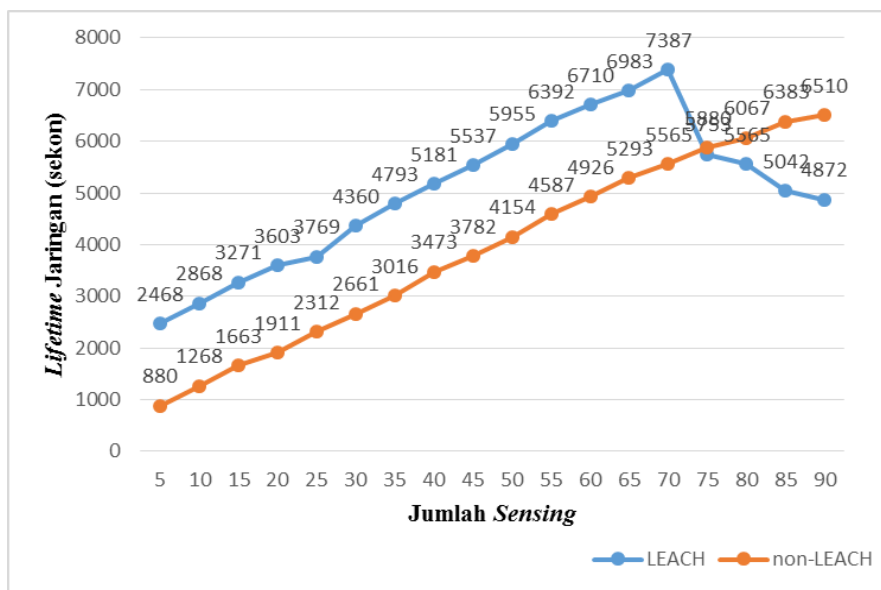
Seperti halnya dengan algoritme LEACH, pengujian pada algoritme non-LEACH dilakukan dengan bervariasi jumlah *sensing* pada setiap proses pemilihan CH. Variasi jumlah *sensing* yang dilakukan mulai dari 5 kali hingga 70 kali *sensing* per proses dengan interval 5 kali *sensing*. Namun pada algoritme ini, *node* yang bertindak sebagai CH selalu tetap meskipun proses klusterisasi selalu dilakukan setelah setiap *sensor node* telah melakukan *sensing* sejumlah variasi yang ditentukan. Gambar 7 berikut memperlihatkan hasil pengujian sistem jaringan menggunakan algoritme non-LEACH sebagai *routing protocol*-nya.



Gambar 7. Grafik waktu hidup jaringan terhadap jumlah *sensing* pada algoritme non-LEACH

3. 3 Perbandingan Algoritme LEACH dan non-LEACH

Perbandingan antara algoritme LEACH dan non-LEACH diberikan pada grafik perbandingan waktu hidup jaringan saat menggunakan algoritme LEACH dan non-LEACH di Gambar 8.



Gambar 8. Grafik perbandingan waktu hidup jaringan dengan menggunakan algoritme LEACH dan non-LEACH

Grafik pada Gambar 8 memperlihatkan bahwa waktu hidup jaringan saat menggunakan algoritme LEACH lebih lama jika dibandingkan dengan menggunakan algoritme non-LEACH. Pada saat mencapai titik optimal dengan 70 kali *sensing*, waktu hidup jaringan saat menggunakan algoritme LEACH mencapai 7.387 detik, sedangkan dengan jumlah *sensing* yang sama saat menggunakan algoritme non-LEACH, waktu hidup jaringan hanya dapat mencapai 5.565 detik.

Hal tersebut menunjukkan jika penggunaan algoritme LEACH lebih unggul dibandingkan algoritme non-LEACH. Keunggulan algoritme LEACH dari algoritme non-LEACH terletak pada proses klusterisasi-nya. Di proses klusterisasi LEACH, *node* yang berperan sebagai CH selalu berubah sehingga persebaran penggunaan energi di jaringan lebih merata. Berbeda halnya dengan yang terjadi pada algoritme non-LEACH dimana *node* yang berperan sebagai CH selalu tetap selama jaringan aktif, sehingga energi pada CH cepat habis dan menyebabkan waktu hidup jaringan tidak lama.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan, pengujian, dan analisis pada hasil yang diperoleh, diperoleh kesimpulan bahwa *routing protocol* LEACH pada jaringan sensor nirkabel studi kasus pemantauan suhu dan kelembaban udara lebih unggul daripada penggunaan algoritme non-LEACH. Pengujian algoritme dilakukan dengan bervariasi jumlah *sensing* per proses pemilihan CH dan diperoleh 70 sebagai jumlah *sensing* optimal pada algoritme LEACH. Algoritme LEACH menghasilkan waktu hidup jaringan sebesar 7.387 detik dengan 70 kali *sensing*, sedangkan algoritme non-LEACH hanya menghasilkan waktu hidup jaringan sebesar 5.565 detik dengan jumlah *sensing* yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Cc, V. Raychoudhury, G. Marfia, A. Singla, "A survey of routing and data dissemination in Delay Tolerant Networks", *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 67, pp. 128-146, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2016.01.002> [Accessed: 04-Des-2018]
- [2] T. W. Widodo and S. Diantoro, "Auto-Configuration of Wireless Sensor Networks on Area Border Pole," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.)*, vol. 4, no. 1, pp. 79–90, Apr. 2014. <https://doi.org/10.22146/ijeis.4224> [Accessed: 14-Des-2018]
- [3] K. A. Darabkh, dkk "A novel clustering protocol for wireless sensor networks ", 2017 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET),2017. DOI: 10.1109/WiSPNET.2017.8299793 [Accessed: 24-Des-2018]
- [4] A Mainwaring, J Polastre, R Szewczyk et al., "Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring[C]", proceeding of the ACM WSNA'02, pp. 88-97, 2002. Doi: 10.1145/570738.570751 [Accessed: 04-Jan-2019]
- [5] J. R. Tonapa, "Analisis Ketahanan Energi oleh Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) pada Cluster Head Wireless Sensor Network (WSN)," Apr. 2016 http://repository.uksw.edu/bitstream/123456789/11289/2/T1_672010155_Full%20text.pdf [Accessed: 04-Feb-2019]
- [6] A. W. Azinar and D. N. Sari, "Analisis Perbandingan Routing Protokol OLSR (Optimized Link State Routing) dan GRP (Geographic Routing Protocol) pada Wireless Sensor Network," Proceeding SNTEKPAN, Oct. 2015 <http://jurnal.itats.ac.id/analisis-perbandingan-routing-protokol-olsr-optimized-link-state-routing-dan-grp-geographic-routing-protokol-pada-wireless-sensor-network/> [Accessed: 14-Des-2018]
- [7] M. Swati , B. Rukhsar, K. Suresh and D. Vimal , "A literature survey on routing protocol in wireless sensor network International Conference on Innovations in information Embedded and Communication Systems (ICIIECS) , 2017. **DOI:** 10.1109/ICIIECS.2017.8276150 [Accessed: 04-Feb-2019]
- [8] W. Abushiba, dkk, "An energy efficient and adaptive clustering for wireless sensor network (CH-leach) using leach protocol," 2017 13th International Computer Engineering Conference (ICENCO), 2017 DOI: 10.1109/ICENCO.2017.8289762 [Accessed: 04-Mar-2019]
- [9] M. A. Rahmadhani, L. V. Yovita, R. Mayasari, "Energy Consumption and Packet Loss Analysis of LEACH Routing Protocol on WSN Over DTN," 2018 4th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT), 2018. **DOI:** 10.1109/ICWT.2018.8527827 [Accessed: 04-Jan-2019]
- [10] A. Darbi, Dkk, "Analisa Efisiensi Energi Algoritma Routing Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) Pada Wireless Sensor Network (WSN) Menggunakan MATLAB", *Jom FTEKNIK*, vol. 1, no. 2, pp. 1-9, Oktober 2014. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/4105> [Accessed: 14-Jan-2019]