

Efisiensi Daya Perangkat *Wireless Sensor Network* Pada Penerangan Jalan Umum (PJU) Berbasis Algoritma Leach

Aad Hariyadi¹, Mochamad Taufik², Hudiono³, Nurul Hidayati⁴, Amalia Eka Rakhmania⁵, Ridho Hendra Yoga Perdana⁶

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Elektro,

Politeknik Negeri Malang, Malang

¹aad.hariyadi@polinema.ac.id, ²moch.taufik@polinema.ac.id, ³hudiono@polinema.ac.id,

⁴nurulhid8@polinema.ac.id, ⁵amaliaeka.rakhmania@polinema.ac.id,

⁶ridho.hendra@polinema.ac.id.

Abstrak

Penggunaan energi saat ini sedang menjadi sorotan pemerintah Indonesia. Salah satu kendalanya adalah penggunaan Penerangan Jalan Umum (PJU). Dengan membuat setiap penerangan jalan umum dapat berkomunikasi, pemerintah dapat memantau setiap penggunaan daya pada penerangan dengan menggunakan algoritma Leach, yang berfokus pada efisiensi daya dalam jaringan untuk menghemat penggunaan daya. Dalam algoritma Leach yang diusulkan, *node* akan mengirim data ke *server* melalui kepala *cluster* yang dipilih. Kemudian kepala *cluster* akan meneruskan data tersebut ke *node master* yang secara otomatis terhubung ke *server*. Dengan mengambil pendekatan seperti itu, penggunaan daya di setiap *node* akan efisien. Performa yang diperoleh dapat mencapai efisiensi 42% pada proses pengujian dibandingkan tanpa menggunakan algoritma Leach.

Kata kunci: *wireless sensor network*, algoritma Leach, efisiensi, energi, jaringan

Abstract

The use of energy is currently in the spotlight of the Indonesian government. One of the problems is the use of public street lighting. By making every public street lighting able to communicate, the government can monitor every power usage in the lighting by using the Leach algorithm, which focuses on power efficiency in the network to save power usage. In the proposed Leach algorithm, the *node* will send data to the server via a selected cluster head. Then the cluster head will forward the data to the master *node* automatically connected to the server. By taking such an approach, the power usage at each *node* will be efficient. The performance obtained can reach an efficiency of 42% in the testing process compared to without using the Leach algorithm.

Keywords: *wireless sensor network*, Leach algorithm, efficiency, energy, network

1. Pendahuluan

Instansi pemerintah sedang gencar mencanangkan penghematan energi pada Penerangan jalan umum [1]. Pengadaan layanan lampu penerangan di area publik menjadi perhatian penting karena membutuhkan 10-20% energi listrik dari total konsumsi daya listrik suatu negara [2]-[3]. Untuk menangani permasalahan pemborosan energi pemerintah berupaya melakukan penghematan energi pada penerangan jalan umum (PJU)

yaitu dengan pengendalian dan pemantauan jarak jauh pada PJU tersebut [4]-[5]. Saat ini terdapat teknologi *wireless* yang dengan penggunaan daya rendah serta efisien ketika digunakan untuk pemantauan dan pengendalian yang disebut *Wireless Sensor Network* (WSN)[4]-[6]. WSN merupakan suatu jaringan yang terdiri dari beberapa *sensor node* yang bersifat individu dan diletakkan ditempat-tempat yang ditentukan [7]. Sistem ini bertujuan untuk memantau kondisi suatu area dan dapat berinteraksi dengan lingkungannya dengan cara *sensing*, *controlling* dan *communication* terhadap parameter-parameter yang digunakan [7]. Namun tiap *sensor node* ini mempunyai keterbatasan dalam beberapa hal, salah satu masalah pada penerapan jaringan WSN adalah daya dan *lifetime* setiap perangkat *node* yang digunakan dalam jaringan [8]-[9]. Pemecahan masalah yang banyak dilakukan adalah dengan pengembangan dalam sistem komunikasi pada WSN [8]. Salah satu algoritma yang dikembangkan untuk efisiensi energi adalah algoritma *low energy adaptive clustering hierarchy* (Leach)[10]-[11]. Algoritma ini memiliki cara kerja sistem yang melakukan rotasi terhadap *cluster head* (CH) sebagai *leader* dari masing-masing *node*, yang pemilihannya dilakukan secara acak. Karena sifatnya yang acak, distribusi CH menjadi tidak seragam [11]. Namun dengan cara seperti itu sistem ini mampu membangun *cluster* pada *node* yang saling berdekatan [12].

Pada penelitian ini diusulkan implementasi algoritma Leach pada WSN yang diterapkan pada PJU untuk pemantauan jarak jauh. Sistem ini diimplementasikan dengan tujuan menghemat daya pada setiap *node* WSN yang digunakan serta mengoptimalkan energi yang digunakan pada perangkat komunikasi. Pada pendekatan ini, *node* akan mengirimkan data ke *master node* (MS) melalui CH. Sehingga pengiriman data ke MS hanya dilakukan oleh CH, kemudian diteruskan ke *server*. Sehingga energi yang dikonsumsi masing-masing *node sensor* menjadi lebih rendah. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat mengurangi penggunaan daya untuk setiap *node* dan meningkatkan efisiensi energi yang digunakan pada perangkat WSN. Selain itu, penghematan energi akan diatur sedemikian rupa untuk tidak mengurangi kualitas informasi data yang dikirimkan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. *Wireless Sensor Network*

Wireless Sensor Network (WSN) adalah kumpulan sejumlah *node* yang berkomunikasi secara *wireless* dalam sebuah jaringan yang sama dan dapat bekerjasama [12]. Pada setiap *node* yang terdapat pada WSN terdiri atas tiga komponen utama, yakni radio *transceiver* sebagai alat komunikasi *wireless*, mikrokontroler, dan sumber energi. Implementasi pemantauan dan pengendalian jarak jauh banyak yang menggunakan WSN [13].

WSN secara keseluruhan harus mampu dan handal dalam membaca kondisi objek yang sedang dipantau. Selain itu *node sensor* yang digunakan harus memiliki kepekaan atau sensitivitas yang tinggi. Dalam sebuah *node*, selain bekerja antar komponen, *node sensor* juga harus berkomunikasi dengan *master node* menggunakan komunikasi *wireless*. Sedangkan pada *master node* bertugas melakukan analisa, pemantauan dan penyimpanan data hasil deteksi dari *sensor*[13].

Proses *node* mulai dari *sensing* hingga pengiriman data menuju *server* dengan kapasitas yang berbeda, menjadi penyebab penggunaan daya yang tinggi, sedangkan *sensor node* biasanya terletak pada lokasi yang sumber listriknya terbatas. Maka sistem yang digunakan harus rendah konsumsi energi tetapi tidak mempengaruhi proses pengiriman data [13].

Kehandalan suatu WSN dapat ditunjukkan dengan beberapa karakteristik sebagai berikut [13]:

- a. Ukuran yang kecil, *node sensor* harus memiliki ukuran yang fleksibel untuk dapat diletakkan pada berbagai lokasi.
- b. *Low limited power*, karena penempatan *node* yang tidak bisa terus menerus mengisi ulang daya, maka cara kerja sebuah *node* harus seoptimal mungkin agar mempunyai konsumsi daya rendah.
- c. *Low cost*, perancangan pada *node* sebisa mungkin menggunakan komponen-komponen yang mudah didapat dengan biaya rendah.
- d. *Self-organizing*, *node sensor* harus mampu melakukan komunikasi dan mengkonfigurasi konektivitas pada topologi yang berubah-ubah sesuai dengan sistem secara mandiri.
- e. Tipe layanan, data yang dikirimkan oleh *node* merupakan data hasil deteksi sensor, penggunaan sensor bergantung pada objek yang ingin dilihat nilainya.
- f. Keandalan, suatu *node* diatur untuk mampu mengontrol dan memantau data pada objek yang dideteksi serta melakukan perbaikan ketika terdapat kesalahan dalam komunikasi data.
- g. *Lifetime*, masa hidup sebuah *node* harus dalam jangka panjang, maka pertimbangan pemilihan komponen dan algoritma sangat diperlukan.

Namun, dalam penggunaan energi satu suatu jaringan memiliki keterbatasan dan harus diperbaiki, karena tidak sedikit WSN yang digunakan pada lingkungan yang minim energi. Terdapat beberapa faktor yang dapat menjadi kendala pada implementasi *node*, di antaranya [13]:

- a. Jarak antar *node* atau dengan *master node*. Pemborosan energi pada *node* disebabkan oleh peletakkan jarak yang sangat jauh, sehingga permasalahan ini harus diatasi menggunakan algoritma *routing* yang berbasis hemat energi.
- b. Ukuran data. Ketersediaan kanal *bandwidth* pada pengiriman data WSN dipengaruhi oleh besar kecil data yang dikirim. Maka diperlukan sistem pemampatan data tanpa merusak data yang dikirim.
- c. *Idle listening*. Kondisi perangkat komunikasi yang terus menyala meskipun sedang tidak melakukan transmisi ataupun mengolah data. Hal ini mengakibatkan *overhearing* (mengolah data yang bukan untuknya).
- d. *Collision*. Ketika sebuah *node* dengan *node* yang lain tidak saling mengetahui waktu mengirim data, maka akan terjadi tabrakan saat pengiriman data. Sehingga ketika terjadi tabrakan data maka *node* akan mengirimkan ulang data tersebut, hal ini tentu akan membutuhkan energi tambahan yang disebabkan proses dua kali pengiriman data.

Selain permasalahan yang sudah disebutkan, teknologi WSN memiliki kelebihan tersendiri, di antaranya[4]:

- a. Dengan sistem *wireless* maka teknologi WSN dinilai lebih praktis dan fleksibel dibandingkan dengan *wired sensor*.
- b. Sensor menjadi bersifat *mobile*, artinya *node* diatur agar memungkinkan dipindah titik pengukurannya untuk mendapatkan nilai deteksi lebih tepat tanpa harus mengubah perancangan denah tata letak dan area yang digunakan.

- c. Meningkatkan kinerja kontrol dan pemantauan hingga maksimal.
- d. Mengurangi total biaya sistem secara signifikan.
- e. Dapat mengumpulkan data dalam jumlah besar.
- f. Konfigurasi *software* lebih mudah.
- g. Memungkinkan Komunikasi digital 2 arah.

2.2. Algoritman Leach

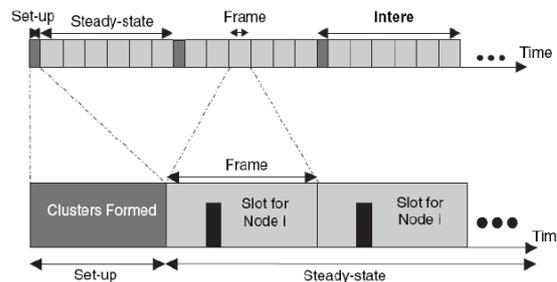
Algoritma Leach adalah urutan atau langkah-langkah proses pengiriman data suatu WSN menggunakan sistem Leach [14]. Dalam sistem LEACH terbagi menjadi beberapa sesi, tergantung dari jumlah CH yang diinginkan dan masa observasi [15]. Leach mengatur untuk penetapan tiap *node* akan menjadi CH dalam sebuah sesi. Akibatnya, peran *node* sebagai CH dapat berubah-ubah pada setiap sesi [15]. Algoritma Leach dibagi menjadi 2 fase, yaitu fase *setup* dan fase *steady state* yang diperlihatkan pada Gambar 1 [15].

a. Fase Setup

Pada fase *setup* merupakan tahap saat sistem akan menentukan *node* yang ditugaskan sebagai CH dan proses pembentukan cluster (algoritma *clustering*).

b. Fase Steady State.

Pada fase *steady state* adalah tahap ketika sistem melakukan transmisi data antar *node* (mengirim dan menerima data hasil deteksi). Proses *steady state* memakan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan proses *setup*, karena pengiriman data terjadi melalui transmisi radio secara intensif.



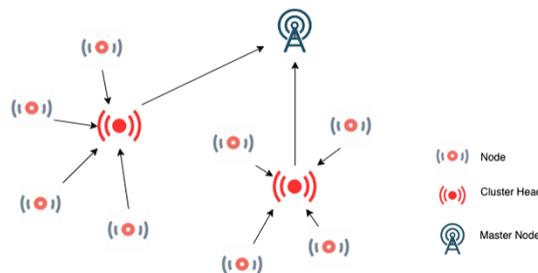
Gambar 1. Ilustrasi fase dalam algoritma Leach [15]

2.3. Protokol Leach

Leach merupakan protokol *routing* yang membentuk cluster dari kumpulan *node sensor* pada WSN berdasarkan kekuatan sinyal yang diterima [14]. Algoritma pada Leach dilakukan dengan pemilihan *node* sebagai CH terlebih dahulu. Kemudian dengan algoritma *clustering*, CH akan menentukan *node sensor* dengan jarak yang dekat dengan dirinya sebagai anggota *cluster* [16]. Protokol pada sistem ini menghemat energi karena hanya CH yang melakukan transmisi data ke *Base Station* (BS), untuk masing-masing *node sensor* cukup mengirim data ke CH yang berada pada *cluster* yang sama, hal ini diperlihatkan pada Gambar 2. Sehingga daya yang dikonsumsi lebih efisien dan masa hidup jaringan bisa bertahan lebih lama [15].

Penggunaan algoritma Leach, *node-node* akan dikelompokkan dalam sebuah *cluster* atau lebih pada sebuah jaringan. Setiap *cluster* memiliki sebuah cluster head yang memiliki dua tugas ganda, yakni memantau data objek serta mengontrol pengiriman data dari *node sensor* ke BS. Algoritma Leach memiliki fitur-fitur sebagai berikut [15]:

- Data *fusion*, yaitu penggabungan data sehingga mengurangi disipasi daya dan menambah lifetime jaringan.
- Adaptive*, yaitu mudah untuk menyesuaikan diri saat pembentukan formasi *cluster*
- Local compression*, yaitu mengkompresi data agar ukuran data yang dikirim ke BS lebih kecil.
- Randomization rotation*, yaitu melakukan perputaran kedudukan CH secara acak pada setiap sesi.
- Self-Organizing*, yaitu tiap *node* sensor memiliki sistem untuk menentukan sendiri menjadi CH atau *node non-CH* sesuai dengan bilangan acak yang didapatkan.



Gambar 2. Ilustrasi protokol Leach [15]

3. Metode

3.1. Desain *Node Sensor*

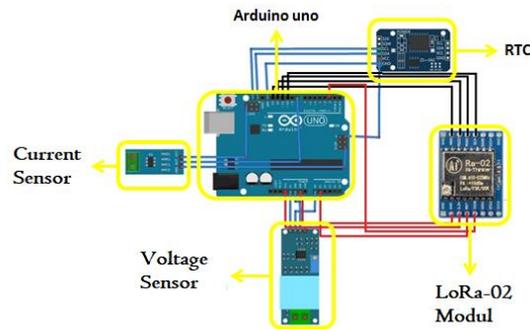
Desain pada *node sensor* dan *cluster head* diperlihatkan pada Gambar 3. Terdapat 5 buah komponen pendukung pada sebuah *sensor node*, yaitu Arduino Uno sebagai pemroses data, sensor arus dan tegangan yang berfungsi untuk memantau, *real time clock* digunakan sebagai penanda waktu serta modul LoRa sebagai modul komunikasi. Sedangkan pada algoritma 1 dijelaskan cara kerja pada *node sensor*.

Algoritma 1: Cara kerja *node sensor*

Input: *real time control* (RTC)

- 1: *while* RTC = 5 menit
- 2: nyalakan semua fitur
- 3: baca sensor
- 4: kirim data sensor ke *cluster head*
- 5: matikan semua fitur

Pada algoritma 1 dijelaskan urutan kerja dari *node sensor*. Dimulai dengan mikrokontroler membaca waktu yang diberikan oleh RTC untuk menentukan waktu *node* harus aktif. Desain yang digunakan adalah, pada setiap *node* akan aktif setiap 5 menit sehingga pada waktu tersebut semua fitur pada *node* akan diaktifkan. Setelah semua fitur berhasil aktif, maka mikrokontroler akan mulai memberikan perintah kepada sensor arus dan tegangan untuk mulai melakukan pembacaan data terhadap nilai tegangan dan arus baterai yang dikonsumsi oleh *node* dan beban lampu penerangan. Setelah mikrokontroler membaca hasil sensing maka data yang terbaca akan dikirimkan ke CH melalui LoRa. Setelah data selesai mengirim data maka *node sensor* akan kembali idle atau mematikan semua fitur.



Gambar 3. Skematik rangkaian *node* sensor dan CH

3.2. Desain Cluster Head

Cluster head bertanggung jawab untuk menerima dan meneruskan data dari *node sensor* ke *server*. Cara kerja pada cluster head dijelaskan pada algoritma 2.

Algoritma 2: Cara kerja *cluster head*

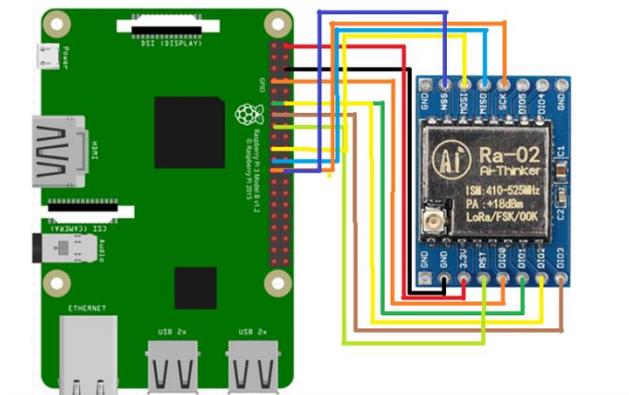
Input: *real time control* (RTC), transmisi data

- 1: *while* RTC = 5 menit
- 2: nyalakan semua fitur
- 3: *if* transmisi data diterima
- 4: kirim transmisi data ke BS
- 5: *else*
- 6: baca sensor
- 7: kirim data sensor ke BS
- 8: matikan semua fitur

Pada algoritma 2, secara umum berfungsi hampir sama dengan *node sensor*, akan tetapi pada CH mempunyai fungsi lebih dibandingkan dengan *node sensor* yaitu sebagai jembatan, antara *node sensor* dengan *server*. Proses *sensing* pada CH ini sama dengan *node sensor*. Tetapi setelah mengirimkan data yang dibaca oleh dirinya sendiri, maka CH akan menerima data dari *node sensor* yang berada dalam *cluster* yang sama. Setelah menerima data, kemudian data akan diteruskan ke *server*.

3.3. Desain Master Node

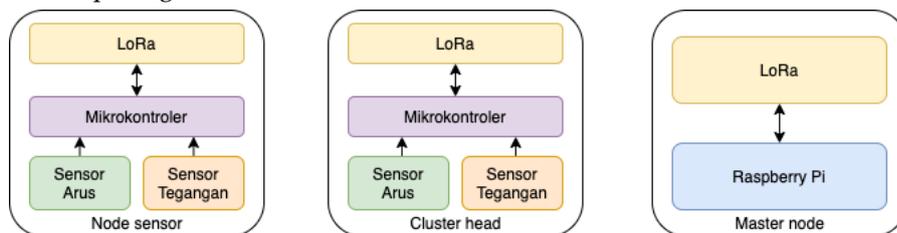
Master node memiliki tugas untuk menerima data dari *node* (pada jaringan tanpa algoritma Leach) dan dari CH (pada jaringan dengan algoritma Leach). Pada penelitian ini *master node* menggunakan raspberry Pi sebagai untuk mengolah data dan raspberry pi juga dilengkapi dengan modul *wireless* LoRa sebagai *transceiver*. Selain sebagai pengolah data *master node* juga berfungsi sebagai *server* lokal dan akan mengirimkan data tersebut kepada *server*. Diagram skematik pada *master node* diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skematik rangkaian *master node*

3.4. Desain Perangkat

Terdapat tiga buah bagian dalam perancangan sistem yang akan dibuat, yaitu *sensor node*, *node CH* dan *master node*. Blok diagram perancangan sistem yang akan dibuat diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram blok perangkat

Pada diagram blok sistem yang diperlihatkan pada Gambar 5, *node sensor* berfungsi melakukan *sensing* pada lampu dan baterai, menggunakan sensor arus dan tegangan. Kemudian mikrokontroler pada *node* akan mengirimkan data ke CH menggunakan modul LoRa. CH menerima data yang dikirim oleh *node sensor* melalui LoRa. Selain mentransmisikan data dari *node sensor*, CH juga mengirimkan data hasil pembacaan sensor yang terdapat pada CH itu sendiri. Tujuan pengiriman data yang dilakukan oleh CH adalah kepada *master node*.

3.5. Pemampatan Data pada Algoritma Leach

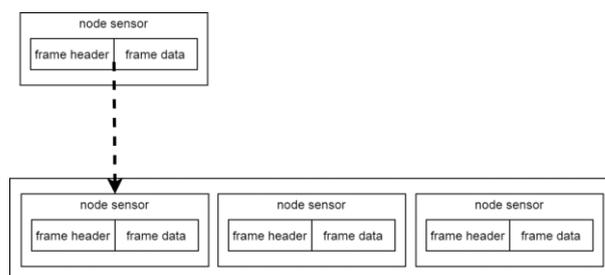
Kompres data pada sistem algoritma Leach bertujuan untuk memampatkan data yang akan dikirim, ketika data sudah berhasil dimampatkan maka energi yang digunakan untuk proses transmisi data akan semakin kecil yang dijelaskan pada algoritma 3.

Gambar 6 menunjukkan format pengiriman data pada algoritma Leach. Dalam satu paket pengiriman data terdapat dua bagian. Di antaranya, *frame header* paket yang berisikan alamat data akan dikirim dan *frame data* berisikan data hasil *sensing* dari setiap *node*. *Frame header* memuat alamat lengkap, yakni dari mana data berasal, CH tujuan, dan *master node* tujuan. Sedangkan *frame data* memuat tanggal dan jam proses *sensing*, nilai tegangan dan arus yang terukur. Namun pada tampilan website isi dari *frame* tidak ditampilkan, hanya menampilkan *frame data* sebagai nilai yang dipantau.

Algoritma 3: Pemampatan data pada algoritma Leach

Input: data

- 1: setiap data di *node* yang akan dikirimkan di pecah menjadi 2 *frame* (*header* dan *value*)
- 2: kirim data masing-masing *frame* ke CH secara *serial*
- 3: *while* CH menerima data *frame* dari *node*
- 4: Menyusun data *frame* sesuai dengan urutan
- 5: setiap data *frame* yang sudah disusun akan ditambahkan *header* CH sehingga menjadi slot CH
- 6: kirim data *frame* ke BS



Gambar 6. Ilustrasi pemampatan data yang dikirim

3.6. Slot dan Penjadwalan Dalam Pengiriman Data

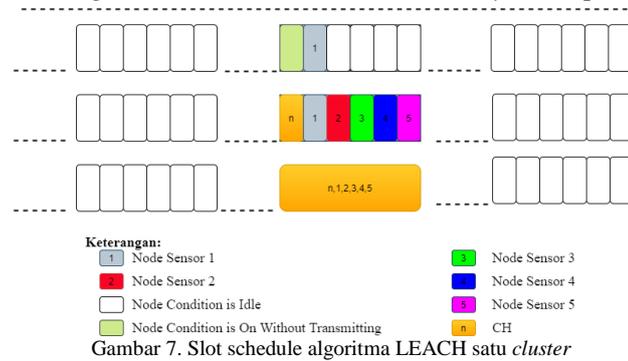
Penjadwalan saluran untuk pengiriman data pada algoritma Leach dimaksudkan untuk menghindari adanya tabrakan data serta implementasi sistem *idle* pada kontroler agar *node* tidak mengalami *overhearing*. Penjadwalan diterapkan pada *node sensor* dan CH dengan sistem pengiriman paket data dari *node sensor* akan diatur waktu pengirimannya oleh CH menuju ke *server* [17].

Untuk penjadwalan saluran pengiriman data pada algoritma Leach ditentukan oleh banyaknya *cluster* dalam sistem yang dibangun. Untuk implementasi satu *cluster* berarti semua *node* dalam *cluster* hanya akan menggunakan satu saluran menuju CH dengan pergantian waktu tunggu (*queue*) berdasarkan *random delay* yang didapatkan masing-masing *node* dari program yang sudah diunggah pada mikrokontroler. Pada penelitian ini *random delay* ditentukan dari 0 s/d 5000 ms.

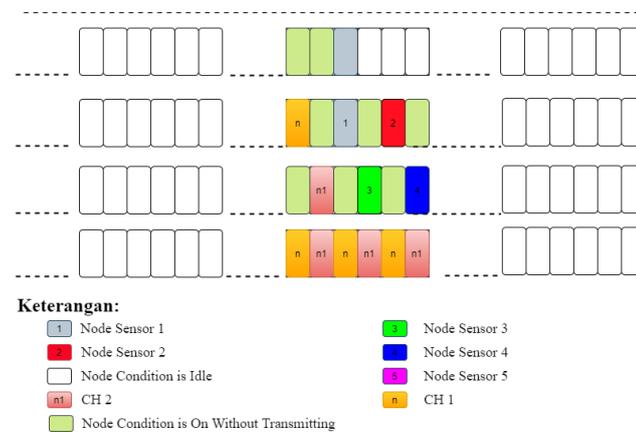
Perbedaan jumlah *cluster* akan memengaruhi jumlah saluran yang akan digunakan untuk pengiriman data dari *node sensor* menuju ke *server* [18]. Untuk implementasi dua *cluster* maka ada dua saluran yang digunakan sesuai dengan CH dalam sistem. Setiap *node* yang tergabung dalam *cluster* terdekat dari CH akan mengirimkan datanya melalui saluran milik CH dalam satu *cluster*. Setiap *cluster* hanya dapat menggunakan saluran dari CH yang tergabung dalam satu *cluster* saja. Penjadwalan pada saluran CH untuk algoritma Leach satu *cluster* akan ditunjukkan pada Gambar 7.

Pada Gambar 7, dapat dilihat bahwa untuk masing-masing *node* akan mengirimkan data pada CH sesuai dengan urutan dari *random delay* yang sudah didapatkan masing-masing *node*. Ketika *node* dalam kondisi menunggu antrian, maka *node* berada dalam kondisi aktif tetapi tidak melakukan transmisi data. Setelah *node* mengirim data ke CH kondisi *node* akan mati sesuai dengan program *idle* pada mikrokontroler. Untuk *slot* pada *master node* akan menerima semua data dari CH selama kondisi *node* menyala. Setelah semua proses transmisi data selesai maka semua *node* akan berada pada kondisi *idle* selama

5 menit untuk setiap satu putaran transmisi data. Namun *slot schedule* ini hanya berlaku untuk satu *cluster*, sedangkan untuk dua *cluster* akan ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 7. Slot schedule algoritma LEACH satu *cluster*

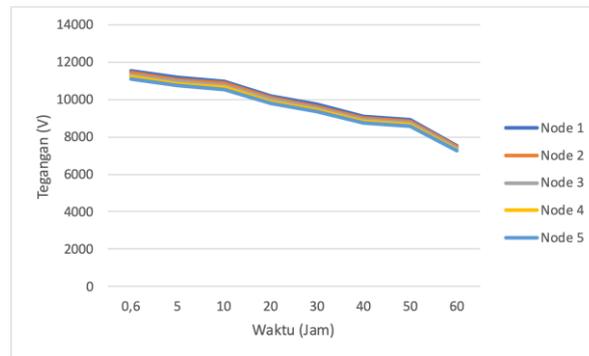


Gambar 8. Slot schedule algoritma Leach dua *cluster*

Untuk penjadwalan slot implementasi algoritma Leach dua *cluster* ditunjukkan pada Gambar 8. Pada *node sensor* akan mengirimkan data pada CH yang tergabung dalam satu *cluster*, tetapi antrian pada dua *cluster* bisa lebih panjang. Tampak pada Gambar 13 antrian untuk *node sensor* sebanyak dua slot. CH akan mengalami kondisi aktif tanpa melakukan transmisi data ketika melakukan antrian dengan *cluster* tetangga untuk proses pengiriman data ke *server*. Slot pada *master node* secara bergantian akan digunakan oleh CH dari masing-masing *cluster* secara bergantian. Setelah semua proses transmisi data selesai maka semua *node* akan berada pada kondisi *idle* selama 5 menit untuk setiap satu putaran transmisi data.

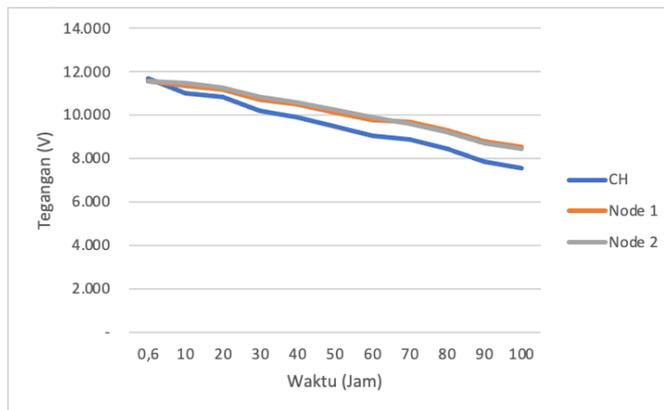
3. Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian jaringan tanpa menggunakan algoritma Leach digunakan tiga (3) *node sensor* yang semuanya mengirim data hasil sensing pada *master node* secara bersamaan. Hasil pengujian disajikan dalam Gambar 9. Pada pengujian jaringan yang tidak menggunakan algoritma Leach dalam transmisinya data diambil pada jam yang sudah ditentukan. Dari Gambar 9 tampak semua *node* pada jam yang sama mengalami penurunan nilai tegangan dengan yang hampir sama. Penyebabnya adalah semua *node* langsung mengirimkan datanya ke *master node* tanpa melalui perantara. Tegangan baterai pada seluruh *node* berada pada nilai sekitar 7,5 volt di waktu yang bersamaan. Maka dengan begitu dapat dikatakan bahwa masa hidup jaringan tanpa menggunakan algoritma Leach maksimal sebesar 60 jam.



Gambar 9. Grafik masa hidup baterai pada jaringan non-Leach

Pengujian pengujian dengan menggunakan algoritma Leach. Digunakan dua buah *node* sebagai *sensor node* dan satu *node* sebagai CH. proses pengiriman data dari masing-masing *node* menuju ke perangkat *user* menggunakan metode algoritma Leach. Data hasil pengujian disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik masa hidup baterai jaringan algoritma LEACH.

Pada Gambar 10 tampak tegangan baterai CH lebih cepat turun nilainya dibanding dengan *node sensor*. Hal ini disebabkan tugas CH yang harus mengirimkan data 3 kali lebih banyak dibanding *node sensor*. Tegangan baterai CH sudah menyentuh tegangan minimal pada nilai 7,5 Volt. Maka perangkat pada CH sudah mati. Sistem tidak bisa melanjutkan proses pengiriman data ketika CH sudah tidak menyala. Namun untuk *node sensor* kondisinya masih menyala karena tegangan yang tersisa belum menyentuh tegangan minimal, dengan nilai tegangan rata-rata kelima *node* adalah 8 Volt. *Node* masih mampu melakukan aktifitas sensing namun datanya tidak dapat sampai ke *server* dikarenakan CH dalam kondisi tidak aktif. Sehingga dapat dikatakan bahwa masa hidup jaringan ketika menggunakan algoritma Leach maksimal sebesar 100 jam.

Jika dibandingkan, masa hidup pada implementasi algoritma Leach dalam sebuah *cluster* sebesar 100 jam dengan implementasi jaringan tanpa algoritma Leach dalam jumlah *cluster* yang sama juga sebesar 58 jam, maka nilai efisiensinya dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100\% \tag{1}$$

$$\frac{100 - 58}{100} \times 100\% = 42\%$$

di mana L_1 adalah masa hidup dengan algoritma Leach sedangkan L_2 adalah masa hidup jaringan tanpa jaringan Leach.

Berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan bahwa implementasi Algoritma Leach dalam satu cluster memiliki penggunaan daya lebih efisien 42% dibandingkan dengan tanpa menggunakan algoritma Leach.

4. Kesimpulan

Penggunaan algoritma Leach dalam satu *cluster* mempunyai efisiensi lebih baik sebesar 42% dibandingkan tanpa menggunakan metode Leach. Akan tetapi dalam penggunaan algoritma Leach waktu hidup atau *lifetime* CH menjadi lebih cepat habis, hal ini dikarenakan tugas CH yang lebih berat dibandingkan dengan tugas *node sensor*. Secara keseluruhan dengan nilai rata-rata penggunaan daya pada masing-masing perangkat dengan menggunakan algoritma Leach mempunyai kinerja lebih baik dibandingkan tanpa menggunakan algoritma Leach.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didanai oleh program Penelitian Swadana Regular Kompetisi dari Politeknik Negeri Malang (023.18.2.677606/2021)

Daftar Pustaka

- [1] T. U. Syamsuri, "Kontrol Lampu Jalan untuk Menghemat Energi," *Pros. SENTIA 2015*, vol. 7, pp. 28–33, 2015.
- [2] R. L. Nurbed, R. Munadi, and R. Mayasari, "Prototype Smart Street Lighting Di *Wireless Sensor Network* (Prototype Smart Street Lighting in *Wireless Sensor Network*)," pp. 1–9.
- [3] M. Taufik, A. E. Rakhmania, and Y. N. Afnani, "Prepaid water meter card based on internet of things," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 732, no. 1, 2020.
- [4] N. Afrian *et al.*, "Rancang Bangun Pengendali Utama Pada Sistem Kontrol Dan Monitoring Lampu Penerangan jalan umum Tenaga Surya Menggunakan *Wireless Sensor Network* Dengan Human Machine Interface Terpusat," vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- [5] H. Hudiono, M. Taufik, R. H. Y. Perdana, and W. R. Rohmah, "Design and implementation of centralized reading system on analog postpaid water meter," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 732, no. 1, 2020.
- [6] H. Darmono, R. H. Y. Perdana, and W. Puspitasari, "Observation of greenhouse condition based on *wireless sensor networks*," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 732, no. 1, 2020.
- [7] M. Syaifudin, F. Rofii, and A. Qustoniah, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Tempat Sampah Rumah Tangga Dan Penerangan Jalan Berbasis *Wireless Sensor Network* (Wsn)," *Transmisi*, vol. 20, no. 4, p. 158, 2019.
- [8] W. Cahyadi, M. A. Wahyudi, and C. S. Sarwono, "Analisis Perbandingan Konsumsi Energi dan Masa Hidup Jaringan pada Protokol LEACH, HEED, dan PEGASIS di *Wireless Sensor Network*," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 14, no. 2, 2018.
- [9] W. Puspitasari and H. Y. R. Perdana, "Real-time monitoring and automated control of greenhouse using *wireless sensor network*: Design and implementation," *2018 Int.*

- Semin. Res. Inf. Technol. Intell. Syst. ISRITI 2018*, pp. 362–366, 2018.
- [10] H. L. D. A. N. Non-Leach, "Optimasi Network Lifetime Pada Jaringan Sensor Nirkabel Dengan Efisiensi Energi Menggunakan Teknik," vol. XV, no. 1, 2020.
- [11] D. Wahyudi, M. U. H. Al Rasyid, and I. Syarif, "Implementasi Algoritma Clustering untuk Efisiensi Energi di *Wireless Sensor Network*," *INOVTEK Polbeng - Seri Inform.*, vol. 4, no. 2, p. 168, 2019.
- [12] K. Fallo, W. Wibisono, and Kun Nursyaful Priyo Pamungkas, "Pengembangan mekanisme grid based clustering untuk peningkatan kinerja LEACH pada lingkungan *Wireless Sensor Network* Development of a grid-based clustering mechanism to improve Leach performance in the *Wireless Sensor Network* environment," *J. Ilm. Teknol. Sist. Inf.*, vol. 5, no. 34, pp. 152–161, 2019.
- [13] Ifa Afidah Rosuliya, "Implementasi Routing Protokol *Wireless Sensor Network* Pada Mikrokontroler Implementation Routing Protocol *Wireless Sensor Network* Of Microcontroller Based," 2015.
- [14] 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*," *Conf. Inf. Technol. Inf. Syst. Electr. Eng.*, pp. 57–64, 2016.
- [15] M. A. Permana, "Analisa Algoritma LEACH Pada Jaringan Sensor Nirkabel," *Proceeding Semin. Tugas Akhir Jur. Tek. Elektro FTI-ITS*, pp. 1–6, 2012.
- [16] I. Tonapa, J.R., Widiyari, "Analisis Ketahanan Energi Oleh Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) Pada Cluster Head *Wireless Sensor Network* (WSN) Analisis Ketahanan Energi Oleh Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) Pada Cluster Head *Wireless Sensor Network*," no. April, pp. 1–13, 2016.
- [17] V. K. Ta, H. Oh, and M. Ieee, "A pipelined cooperative transmission protocol for fast and reliable image delivery in *wireless* sensor networks," pp. 1–14, 2020.
- [18] R. H. Y. Perdana, H. Hudiono and A. F. N. Luqmani, "Water Leak Detection and Shut-Off System on Water Distribution Pipe Network Using *Wireless Sensor Network*," 2019 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture and Industrial Automation (ICAMIMIA), 2019, pp. 297-301.