

## PERANCANGAN KOMUNIKASI INTRA *CLUSTER* ANTARA NODE SENSOR DENGAN *CLUSTER HEAD* MENGGUNAKAN PERUTEAN LEACH

Apriliani Nabila Anjani<sup>\*)</sup>, Imam Santoso dan Teguh Prakoso

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

<sup>\*)</sup>E-mail: [aprilianjani99@gmail.com](mailto:aprilianjani99@gmail.com)

### Abstrak

Pemantauan tanaman hidroponik Kelompok Tani Dahlia dilakukan secara langsung mengikuti jadwal piket mingguan. Saat faktor lingkungan suhu dan kelembaban pada area tanaman hidroponik tidak berada pada range normalnya petani tidak mengetahui hal tersebut. Sehingga berakibat tanaman mati dan merugikan kelompok tani. Jaringan Sensor Nirkabel merupakan suatu jaringan yang terdiri dari sekumpulan node sensor yang tersebar pada suatu area target. Komunikasi intra *cluster* terdiri dari node sensor yang memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data besaran fisik pada lingkungan dan mengirimkannya sampai ke pengguna. Node sensor umumnya berukuran kecil dan memakai catu daya berupa baterai sehingga memiliki energi yang terbatas. Pemilihan rute pengiriman dengan algoritma LEACH (*Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy*) dapat membantu mengatasi masalah tersebut. Berdasarkan hasil analisis pada simulasi menggunakan algoritma LEACH dapat mencapai round yang lebih lama. Arus yang dikonsumsi setiap node cukup seimbang dan mampu bertahan lebih lama. Selain pemilihan rute diterapkan juga mode *deep sleep* pada hardware untuk penjadwalan pengiriman. *Deep sleep* dapat mengurangi rata-rata konsumsi arus pada node sensor 47,31% dan memperpanjang masa hidup rata-rata node sensor sebesar 89,14%. Perancangan komunikasi intra *cluster* antar node sensor dapat melakukan fungsinya dan menggunakan algoritma LEACH serta penjadwalan mode *deep sleep* dapat mengurangi konsumsi arus dan memperpanjang masa hidup jaringan.

*Kata kunci: Jaringan Sensor Nirkabel, node sensor, algoritma LEACH, konsumsi arus, masa hidup jaringan*

### Abstract

*Hydroponic plant in Dahlia Farmer Group monitoring was directly following the weekly picket schedule. When the environmental factors of temperature and humidity in the hydroponic plant area are not in the normal range, farmers do not know this. This results in the death of plants and harm to farmers. Wireless Sensor Network is a network consisting of a set of sensor nodes spread over a target area. Intra-cluster communication consists of sensor nodes that have ability to collect physical quantity data in environment and send it to the user. Sensor nodes are generally small and use battery power supply which have limited energy. Selection of routes with LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) algorithm can help overcome this problem. Based on simulation using LEACH algorithm can achieve a longer round. The current consumed by each node is quite balanced and can last longer. Deep sleep mode is also applied to the hardware for delivery scheduling. Deep Sleep can reduce average current consumption of sensor node by 47.31% and extend average lifetime by 89.14%. The design of intra-cluster communication can perform its functions and using LEACH algorithm and deep sleep mode scheduling can reduce current consumption and extend network life.*

*Keywords: Wireless Sensor Network, sensor node, LEACH algorithm, current consumption, network lifetime*

### 1. Pendahuluan

Bercocok tanam dapat dilakukan oleh siapa saja baik individu ataupun kelompok. Bercocok tanam juga menjadi salah satu hobi yang digemari oleh masyarakat, contohnya adalah menanam jenis sayur-sayuran. Hasil dari bercocok tanam sayuran dapat dikonsumsi sendiri ataupun dijual ke pembeli. Salah satu teknik bercocok tanam yang saat ini

banyak digunakan di masyarakat adalah teknik menanam secara hidroponik. Salah satunya adalah kelompok tani dahlia yang berada di Kelurahan Pedalangan, Kecamatan Banyumanik, Semarang.

Berdasarkan kebutuhan masyarakat terhadap pemeliharaan tanaman hidroponik saat ini masih dilakukan secara manual termasuk pemantauan faktor kondisi lingkungan yang

mempengaruhi pertumbuhan tanaman hidroponik. Para petani hanya memperkirakan saja kapan akan dilakukan observasi dan pemeliharaan langsung yaitu piket mingguan tanpa mengetahui nilai suhu dan kelembaban dari lingkungan tanaman hidroponik. Sehingga ketika tanaman dibiarkan saja pada range suhu dan kelembaban tidak pada kondisi normalnya maka tanaman akan mati dan menyebabkan kerugian

Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) adalah jaringan nirkabel yang terdiri dari beberapa node sensor yang tersebar di suatu area tertentu untuk membentuk suatu jaringan yang dapat digunakan untuk memantau suatu kondisi fisik atau lingkungan [1]. Implementasi JSN saat ini banyak aplikasi penting seperti pemantauan lingkungan, kesehatan, keamanan lingkungan rumah dan lain-lain [2]. Node sensor dalam jaringan sensor yang mampu melakukan beberapa pemrosesan, antara lain mengumpulkan informasi sensorik dan berkomunikasi dengan node lain yang terhubung dalam jaringan nirkabel [3]. Jaringan Sensor Nirkabel menggunakan baterai sebagai sumber daya untuk menghidupkan node-nodenya. Salah satu masalah dalam implementasi JSN yang utama pada sensor nirkabel adalah mempunyai sumber daya energi yang terbatas, sumber energi berupa daya baterai diperlukan untuk menghidupkan perangkat JSN [4].

Pada sistem Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) ini memerlukan sebuah konfigurasi perutean untuk dapat menghubungkan *node* sensor yang ada didalamnya. Dalam melakukan perancangan JSN, penggunaan perutean protokol sangatlah penting karena akan menunjang dari segi efisiensi energi serta performansi dari jaringan JSN tersebut [5]. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah efisiensi energi dalam merancang WSN adalah dengan menggunakan algoritma LEACH (*Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy*).

Protokol LEACH merupakan sebuah protokol perutean yang berbasis sistem *klaster*. Sistem pengklasteran membagi setiap *node* ke dalam sebuah klaster, dengan *Cluster head* sebagai kepalanya. Dalam perutean protocol LEACH, *node* dibagi menjadi 2 tingkatan, yaitu *cluster head* (CH) dan *node* sensor. *Cluster head* bertugas melakukan pengumpulan data dari setiap *node* sensor yang lain yang tidak menjadi CH dan mengirimkannya ke node sink, sedangkan *node* yang tidak menjadi *cluster head* akan melakukan *sensing* dan mengirimkannya menuju *cluster head*.

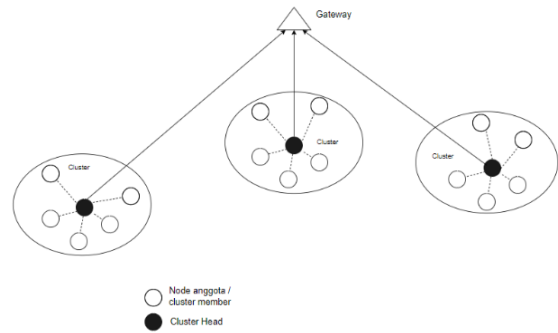
Dari permasalahan tersebut akan dirancang perutean pada komunikasi intra *cluster* yaitu komunikasi antara node sensor dengan *cluster head* dalam satu klaster dengan menggunakan perutean LEACH dan penjadwalan pengiriman pada Jaringan Sensor Nirkabel untuk pemantauan suhu dan kelembaban lingkungan tanaman hidroponik. Analisis mengenai fungsionalitas dari node

sensor dan analisis konsumsi arus dan masa hidup sistem Jaringan Sensor Nirkabel.

## 2. Metode

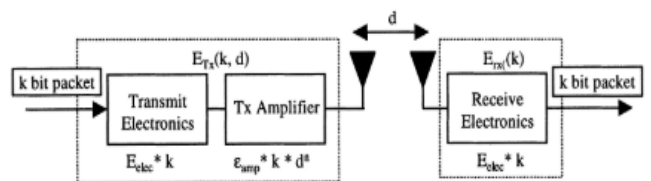
### 2.1. Perancangan Algoritma Perutean dan Pengklasteran

Perancangan Tugas Akhir ini pada bagian perancangan subsistem komunikasi Jaringan Sensor Nirkabel menggunakan algoritma LEACH. Algoritma LEACH merupakan salah satu algoritma dari metode Perutean dan pengklasteran. Algoritma LEACH memiliki konsep yang berhubungan dengan jarak. Dalam hal ini, jarak antar node sensor digunakan sebagai tolak ukur pada proses transfer data antar node sensor. Setiap klaster akan ditentukan satu node sebagai *cluster head* yang mengirimkan data dari node sensornya menuju *base station*. Node sensor yang akan menjadi *cluster head* akan berbeda pada setiap perputaran data (ke *base station*) [6].



Gambar 1. Arsitektur metode perutean clustering.

Terdapat 2 fase dalam protokol LEACH yaitu fase Setup dan fase Steady [7]. fase *setup* terdiri dari penentuan CH dan pembentukan *cluster* sedangkan pada fase *steady* proses transfer data antar node yang melibatkan aktivitas transmisi dan observasi.



Gambar 2. Diagram skema persamaan model radio

Secara matematis, ketika pesan k-bit ditransmisikan melalui jarak, d, energi yang dibutuhkan dapat dinyatakan seperti yang dinyatakan dalam persamaan [8].

$$E_{TX} = E_c \cdot k + E_{amp} \cdot d^{\alpha} \cdot k \tag{1}$$

dan untuk energi receiver

$$E_{RX} = E_c \cdot k \tag{2}$$

Energi transfer dari receiver menuju *base station*. *Cluster head* melakukan agregasi dan kompresi data sebelum mengirimkan data ke *gateway*. *Gateway* diasumsikan stasioner dan semua node sensor dapat mencapai *gateway* [9].

$$E_{TX} = (E_c \cdot k + E_{amp} \cdot d^4 \cdot k) + \frac{N}{l} \cdot EDA + \left(\frac{N}{l} - 1\right) \cdot k \cdot E_c \tag{3}$$

$E_{TX}$  = energi perbit pada transmitter,  $E_{RX}$  = energi perbit pada receiver,  $E_{amp}$  = faktor amplifikasi,  $E_c$  = energi rangkaian ketika mengirim atau menerima 1 bit data,  $k$  = jumlah bit yang ditransmisikan,  $d$  = jarak antara node sensor dan *cluster head*,  $EDA$  = Energi Data Agregasi,  $l$  = jumlah cluster

Jika jarak antar node lebih kecil ambang jarak transmisi ( $d \leq d_0$ ) maka energi amplifikasi menggunakan energi free space loss seperti pada persamaan (1).

sedangkan jika jarak antar node lebih besar dari ambang jarak transmisi ( $d > d_0$ ) dapat dicari dengan persamaan [10].

$$E_{TX} = E_{elect} \cdot k + E_{amp} \cdot d^4 \cdot k \tag{4}$$

Jarak antar node didapatkan dengan persamaan

$$d = \sqrt{((x_n - x)^2 + ((y_n - y)^2)} \tag{5}$$

$d$  = jarak antar node,  $x_n$  = koordinat x node b,  $x$  = koordinat x node a,  $y_n$  = koordinat y node b,  $y$  = koordinat y node a. Ambang jarak transmisi [11].

$$d_0 = \sqrt{\frac{E_{fs}}{E_{mp}}} \tag{6}$$

### 2.1.1. Perancangan Simulasi Algoritma LEACH

#### Fase Setup

Selama fase *setup*, *cluster head* ditentukan. LEACH merotasi *cluster head* di antara node sensor untuk mendistribusikan beban energi secara merata [12]. Dalam jaringan dengan  $N$  node dan jumlah *cluster head*  $K$  yang diinginkan, probabilitas dapat dipilih untuk memenuhi [13].

$$K = \sqrt{\frac{N}{2\pi}} \sqrt{\frac{E_{fs}}{E_{mp}}} \frac{M}{d^2_{toBS}} \tag{7}$$

$N$  = jumlah node,  $M$  = luas area,  $d^2_{toBS}$  = jarak transmisi dari *cluster head* ke *gateway*.

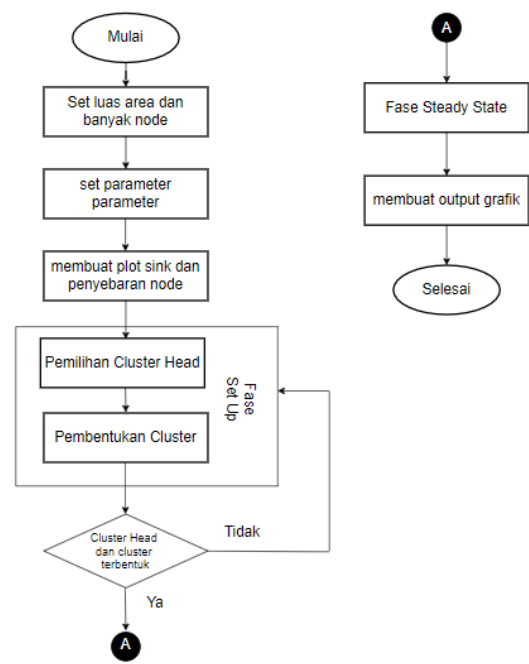
Pemilihan *cluster head* berdasarkan aturan dilakukan sebagai berikut [14].

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1-p \cdot (r \bmod \frac{1}{p})} & \text{if } n \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \tag{8}$$

#### Fase Steady-State

Sebuah node sensor berkomunikasi hanya dengan *cluster head* dan diperbolehkan untuk mengirimkan data hanya selama slot yang dialokasikan ditunjukkan oleh jadwal yang diterima dari *cluster head*. Kemudian menjadi tugas *cluster head* untuk meneruskan data sensor yang berasal dari salah satu node sensornya ke *base station*.

Simulasi algoritma LEACH menggunakan *software* pycharm dengan bahasa pemrograman python.



Gambar 3. Diagram alir simulasi algoritma LEACH

#### Set Parameter Simulasi

Parameter pada simulasi berdasarkan parameter yang umum digunakan untuk lingkungan simulasi untuk jaringan sensor nirkabel [15]. Simulasi akan dilakukan untuk mendapatkan bentuk konfigurasi jaringan pada JSN dan membandingkan algoritma dan tidak menggunakan algoritma.

Tabel 1. Parameter simulasi

Parameter	Nilai
Luas Area	18 x 18
Variasi Node	6 node
Letak base station	Center di luar dari luas area (9,36)
Persebaran Node	Acak
Energi awal sensor node	0,5 Joule

Tabel 1. (lanjutan)

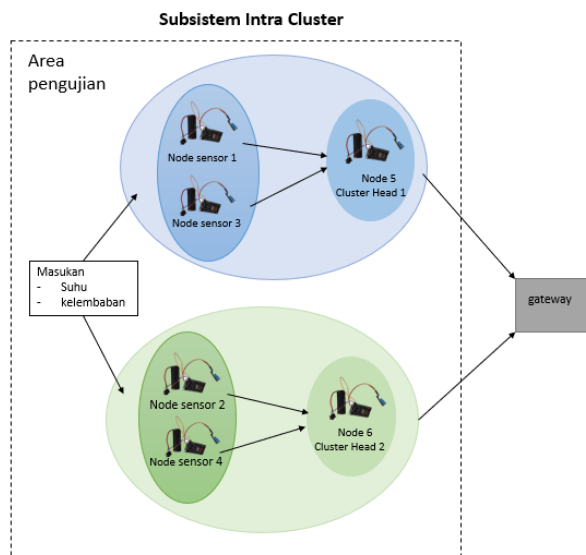
Parameter	Nilai
Packet Size	1000 bit
Packet Control	32 bit
Eelec	$50 \times 10^{-9}$ Joule
Efs	$50 \times 10^{-12}$ Joule
Emp	$0,0013 \times 10^{-12}$ Joule
EDA	$5 \times 10^{-9}$ Joule
Daya baterai	2,6 Ah

Tahap-tahap simulasi algoritme:

1. Masukan library dari python yang digunakan seperti numpy dan matplotlib
2. Masukan parameter parameter simulasi pada tabel 1
3. Membuat plot node sink atau gateway dan persebaran node secara acak
4. Tahap *setup* terdiri dari dua tahap yaitu pemilihan node sebagai *cluster head* dan pembentukan *cluster* yang terdiri dari *cluster head* dan node anggota.
5. Tahap selanjutnya adalah tahap *steady* yaitu tahap pengiriman dan observasi data.
6. Membuat gambar keluaran dari program
7. Menjalankan program simulasi LEACH
8. Menampilkan gambar keluaran dari program

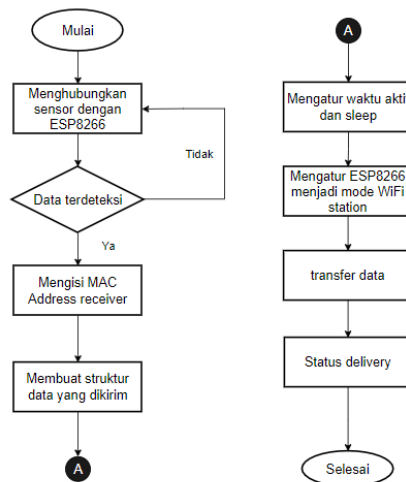
2.2. Implementasi Algoritma pada Hardware

Implementasi algoritma LEACH pada hardware dari subsistem intra cluster dengan menggunakan 6 node dimana terdapat node yang berperan sebagai cluster head dan ada node yang berperan sebagai node anggota. Bentuk konfigurasi pada implementasi hardware akan mengikuti bentuk konfigurasi yang dihasilkan dari simulasi.



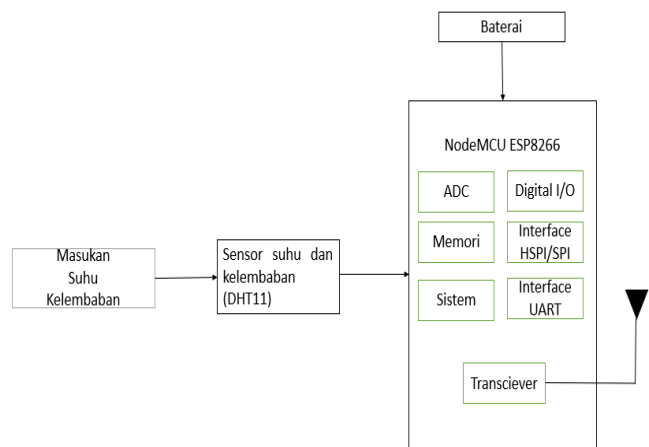
Gambar 4. Skema rancangan sistem intra cluster

2.2.1. Perancangan Rangkaian Node Sensor



Gambar 5. Diagram alir perancangan node sensor

Langkah pertama dalam merancang rangkaian node sensor menggunakan ESP8266 yaitu menghubungkan hardware antara ESP8266 dengan sensor DHT11. Perancangan pada program menggunakan software Arduino IDE. Kemudian mengoperasikan sensor dalam satu program yang sama dengan ESP8266. Jika sensor berhasil terdeteksi maka dapat dilanjut ke tahap berikutnya yaitu input MAC address dari node tujuan pengiriman. Selanjutnya membuat struktur data yang akan dikirim berupa nilai dari suhu dan kelembaban. Kemudian mengatur penjadwalan waktu kirim dan waktu sleep dimana node tidak mengirimkan data. Setelah itu menjadikan ESP8266 menjadi mode station untuk transfer data. Tahap terakhir adalah status delivery dari node untuk mengetahui berhasil tidaknya data dikirim.



Gambar 6. Rangkaian node sensor

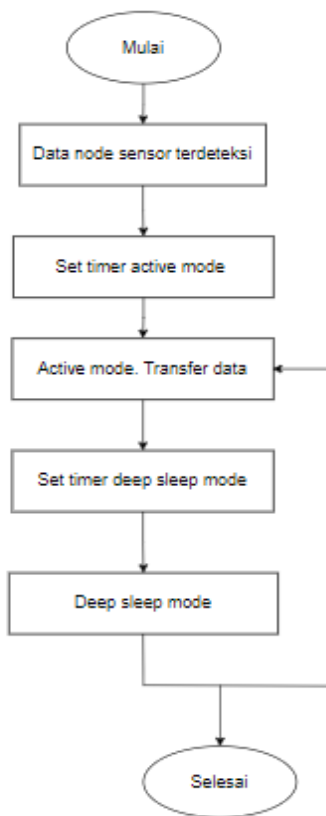
Rangkaian node sensor terdiri dari baterai sebagai power supply, sensor DHT11 sebagai subsistem sensing dan ESP8266 NodeMCU sebagai mikrokontroler dan juga

modul WiFi untuk komunikasi. Sensor DHT11 dihubungkan dengan NodeMCU ESP8266 pin data dihubungkan dengan pin D5 pada ESP8266 kemudian pin VCC dihubungkan dengan pin 3V3 dan pin GND dihubungkan dengan GND pada ESP8266. Masukan pada node sensor berupa parameter suhu dan kelembaban.

### 2.2.2. Skema Deep Sleep

Pada perancangan implementasi terdapat pengaturan penjadwalan menggunakan *deep sleep* mode. Rangkaian node sensor akan mengalami dua kondisi yaitu aktif mode dan *deep sleep* mode.

Selama waktu active node akan mengirimkan data yang terdeteksi setelah waktu active mode berakhir maka selanjutnya memasuki kondisi *deep sleep* mode yang waktunya juga di setting. Pada kondisi *deep sleep* mode node sensor dalam keadaan sleep atau tidak bekerja mengirimkan data sama sekali.

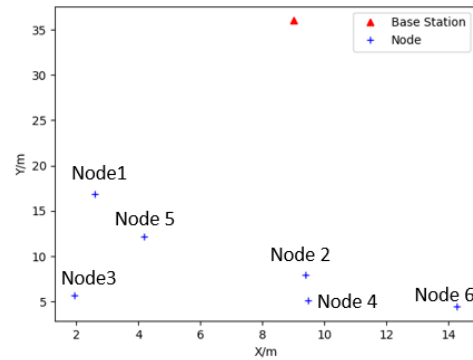


Gambar 7. Diagram alir skema *deep sleep*

## 3. Hasil dan Analisis

### 3.1. Analisis Hasil Simulasi

Persebaran node pada simulasi ini adalah acak. Pengujian simulasi akan dilakukan untuk mendapatkan data yang akan dianalisis antara *cluster head* dinamis dan *cluster head* statis.



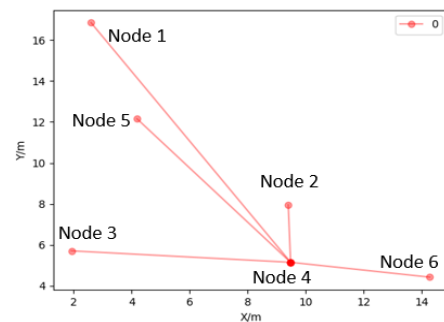
Gambar 8. Persebaran node sensor

Persebaran 6 node secara acak pada luas area 18 x 18 meter. Node sink berada diluar bidang luas area yaitu pada koordinat (9,36) meter. Letak node 1 berada pada koordinat ((2,6),(16,9)), node 2 berada pada koordinat ((9,4),(7,9)), node 3 berada pada koordinat ((1,9),(5,70)), node 4 berada pada koordinat ((9,5),(5,1)), node 5 berada pada koordinat ((4,2),(12,1)), dan node 6 berada pada koordinat ((14,2),(4,4)).

### 3.1.1. Analisis Cluster head Dinamis

#### Konfigurasi 1 Cluster head Node 4

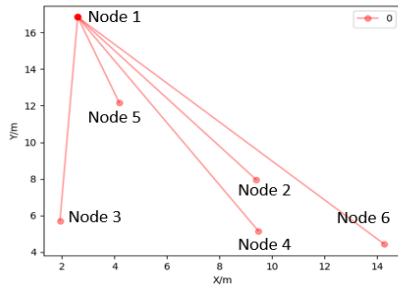
Gambar 9 merupakan konfigurasi pertama node yang berperan sebagai *cluster head* adalah node 4 yang berada pada koordinat ((9,5) , (5,1)) dengan node 1, 2, 3, 5 dan 6 berperan sebagai node anggota.



Gambar 9. Tampilan konfigurasi 1 *cluster head* node 4

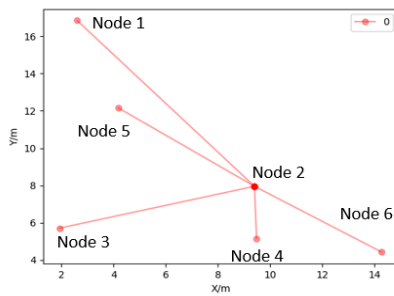
#### Konfigurasi 1 Cluster head Node 1

Gambar 11 merupakan konfigurasi pada round 5, node yang berperan sebagai *cluster head* adalah node 1 yang berada pada koordinat ((2,6) , (16,9)) dengan node 2, 3, 4, 5 dan 6 berperan sebagai node anggota



Gambar 10. Tampilan konfigurasi 1 cluster head node 1

**Konfigurasi 1 Cluster head Node 2**

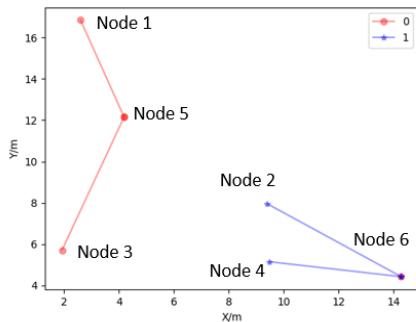


Gambar 11. Tampilan konfigurasi 1 cluster head node 2

Pada round ini cluster head berpindah dari node 1 ke node 2. Sehingga pada round ke-6 yang berperan sebagai CH adalah node 2 pada koordinat ((9,4),(7,9)) dan node lainnya sebagai node anggota.

**Konfigurasi 2 Cluster head Node 5 dan 6**

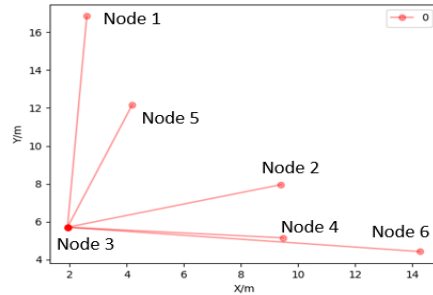
Pada round ke-7 perpindahan cluster head terjadi menghasilkan 2 cluster dengan 2 cluster head. Dimana cluster 1 diisi oleh node 1, node 3 dan node 5 dengan node 5 bertindak sebagai cluster head sedangkan node 1 dan node 3 sebagai node anggota. Cluster 2 diisi oleh node 2, node 4, dan node 6 dimana node yang berperan sebagai cluster head adalah node 6 dan node anggota yaitu node 2 dan node 4.



Gambar 12. Tampilan konfigurasi 2 cluster head node 5 dan node 6

**Konfigurasi 1 Cluster head Node 3**

Round setelahnya terjadi pertukaran konfigurasi dari dua cluster head menjadi satu cluster dan satu cluster head pada node 3 dan node lainnya menjadi node anggota dalam satu cluster. Pada round ke-8 sampai round-10 tidak terjadi aktivitas perpindahan cluster sehingga bentuk cluster dan cluster head pada round 9 dan 10 sama dengan round 8.



Gambar 13. Tampilan konfigurasi 1 cluster head pada node 3

**Energi pada Cluster head Dinamis**

Perkiraan banyaknya round yang dapat dicapai didapatkan dari melakukan perhitungan

$$R_n = \frac{\text{energi awal} - \text{energi threshold}}{\text{konsumsi energi transmisi}} \quad (10)$$

Dengan energi awal atau energi inisiasi sebesar 0,5 Joule dan energi threshold node mati adalah 0,001 Joule. Maka didapatkan node 3 memiliki round yang lebih sedikit sedangkan round terbanyak adalah node 5.

Tabel 2. Energi rata-rata dan banyak round setiap node cluster head dinamis

Node	Energi transmisi rata-rata	Energi sisa rata-rata (joule)	$R_n$
1	0,000140724	0,499491698	3545
2	0,000142984	0,499571404	3489
3	0,00014441	0,499747276	3455
4	0,000144262	0,49938708	3458
5	8,709E-05	0,499772044	5729
6	8,9296E-05	0,499756192	5588

Rata-rata energi konsumsi paling besar dimiliki oleh node 3 dan paling kecil dimiliki oleh node 5 hal ini disebabkan karena node 3 memiliki energi pada cluster head yang besar karena jarak node 3 yang jauh dengan gateway dan energi energi node 3 pada round round sebelumnya. Kemudian node 5 memiliki energi konsumsi terkecil karena pada node 5 memiliki energi saat menjadi cluster head yang terkecil hal

ini disebabkan pada 1 round terdapat 2 cluster head yaitu node 5 dan node 6 sehingga beban cluster head terbagi. Semakin banyak round yang berjalan maka energi sisa akan semakin turun hingga semua node akan mati. Pada konfigurasi cluster head dinamis dapat bertahan hingga node pertama mati selama 3455 round.

**Energi pada Cluster Statis**

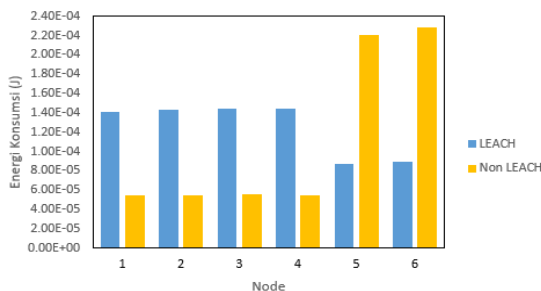
Percobaan dilakukan sebanyak 10 round dengan posisi yang sama mengakibatkan jarak antara node dengan cluster head dan cluster head dengan sink atau gateway sama tidak ada perubahan jarak. Contoh salah satu clustering pada percobaan cluster dinamis yaitu pada bentuk cluster dengan 2 cluster dan 2 cluster head yang berada pada node 5 dan 6.

**Tabel 3. Energi rata-rata dan banyak round setiap node cluster head statis**

Node	Jarak transmisi (m)	Energi Transmisi Rata-Rata (J)	Energi Sisa Rata-Rata (J)	R <sub>n</sub>
Node 1	4,96 (CH 1)	5,505 × 10 <sup>-5</sup>	0,4996972	9064
Node 2	6,03 (CH 2)	5,518 × 10 <sup>-5</sup>	0,4996965	9043
Node 3	6,84 (CH 1)	5,528 × 10 <sup>-5</sup>	0,4996960	9026
Node 4	4,86 (CH 2)	5,504 × 10 <sup>-5</sup>	0,4996973	9066
Node 5 (CH 1)	24,33 (gateway)	0.00022066	0,4987864	2261
Node 6 (CH 2)	32,02 (gateway)	0.00022847	0,4987434	2184

Energi sisa rata-rata terbesar dimiliki node 1 hal ini disebabkan karena pada node 1 jarak pengiriman dengan CH dekat. Sedangkan energi sisa rata-rata terkecil dimiliki oleh node 6 yang berperan sebagai CH hal ini disebabkan karena energi transfer pada node 6 lebih besar dibandingkan energi pada node yang lainnya hal ini karena jarak node 6 yang lebih jauh dari gateway jika dibandingkan dengan node 5. Pada konfigurasi ini node yang akan mati pertama adalah node 6 yang akan mengakibatkan node 1 dan 3 juga tidak mengirimkan data. Node 6 dapat mencapai 2184 round.

**Perbandingan Cluster Head Dinamis (LEACH) dan Statis**



**Gambar 14. Grafik perbandingan energi konsumsi LEACH dan non LEACH**

Menggunakan algoritma perutean LEACH energi konsumsi pada node lebih seimbang dibandingkan dengan yang tidak menggunakan algoritma. Hal ini karena pada algoritma LEACH node melakukan pergantian peran dan semua node berkesempatan menjadi cluster head sehingga beban energi pada node lebih merata. Sedangkan pada konfigurasi cluster head statis beban energi terbesar ada pada node yang menjadi cluster head hal ini menyebabkan node tersebut akan mati lebih dulu dibandingkan dengan node sensor anggota. Ketika cluster head dalam satu cluster mati maka node anggota dari cluster tidak bisa mengirimkan data sehingga node kehilangan fungsinya.

**3.2. Implementasi Hardware Intra Cluster**

**3.2.1. Analisis Fungsionalitas**

Node sensor dapat melakukan sensing terhadap parameter suhu dan kelembaban lingkungan dan mengirimkannya ke cluster head.

**Tabel 4. Pengujian fungsionalitas sistem intra cluster**

No	Konfigurasi	Fungsi Rx Node	Fungsi Tx Node
1	1 CH N4	✓	✓
2	1 CH N1	✓	✓
3	1 CH N2	✓	✓
4	2 CH N5 dan N6	✓	✓
5	1 CH N3	✓	✓

Semua konfigurasi dapat menerima data yang dikirimkan dari node anggota dan berhasil mengirimkannya ke gateway dibuktikan dengan status delivery success pada serial monitor. Hal ini membuktikan bahwa node pada JSN yang dirancang dapat berfungsi dengan baik sebagai node sensor anggota maupun sebagai cluster head dan konfigurasi dari hasil simulasi dapat diterapkan pada hardware.

**3.2.2. Analisis Konsumsi Arus**

**Analisis konsumsi Arus Konfigurasi Cluster head Dinamis dan Statis**

Pada pengujian konsumsi arus node yang sudah diletakan pada koordinat sesuai dengan koordinat pada hasil simulasi kemudian node node dihidupkan dan dilakukan pengukuran pada arus yang mengalir pada setiap node dalam keadaan aktif 1 menit dan dalam keadaan sleep 1 menit.

$$I_{1Jam} = \frac{(I_A \times t_A) + (I_S \times t_S)}{3600} \times 30 \tag{11}$$

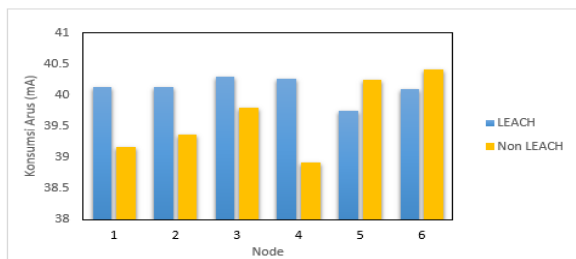
$$MH = \frac{Kapasitas Baterai}{Konsumsi Arus} \tag{12}$$

Pada konfigurasi statis dengan 2 cluster head pada node 5 dan 6 pada node anggota konsumsi arus akan lebih kecil dengan cluster head dan node anggota akan memiliki masa hidup yang lebih lama dibandingkan cluster head. Jika

cluster head mati maka fungsi sistem akan berakhir. Pada konfigurasi dinamis node yang memiliki masa hidup paling cepat adalah node 3. Namun node yang lain tidak langsung kehilangan fungsinya karena pada cluster head dinamis node akan melakukan pergiliran cluster head sehingga node yang lain bisa tetap menjalankan fungsinya.

Tabel 5. Perbandingan konfigurasi dinamis dan statis

Node	Dinamis		Statis	
	Konsumsi Arus (mA)	MH	Konsumsi Arus (mA)	MH
1	40,126	64,80	39,166	66,38
Node 2	40,133	64,76	39,362	66,05
Node 3	40,302	64,50	39,805	65,31
Node 4	40,261	64,56	38,916	66,80
Node 5	39,740	64,73	40,25	64,58
Node 6	40,096	64,83	40,415	64,33



Gambar 15. Grafik perbandingan konsumsi arus CH dinamis dan statis

Perbandingan konfigurasi dengan cluster head dinamis dan cluster head statis didapatkan bahwa dengan menggunakan cluster head dinamis konsumsi arus dan masa hidup lebih seimbang dan lebih lama dibandingkan dengan menggunakan konfigurasi statis. Perbandingan masa hidup baterai tidak terlalu signifikan karena perancangan yang dilakukan pada cluster head dinamis hanya dengan 5 konfigurasi dan pada cluster head statis memilih bentuk konfigurasi dengan dua cluster head yang menyebabkan konsumsi arus pada cluster head dalam 1 cluster terbagi bebannya menjadi dua hal ini menyebabkan cluster head memiliki konsumsi arus tidak sebesar jika hanya menggunakan 1 cluster head.

#### Analisis Konsumsi Arus Deep sleep

Pada tabel 6 arus pada kondisi aktif akan lebih besar dibandingkan dengan kondisi deep sleep hal ini karena pada kondisi aktif node akan melakukan aktivitas sensing dan pengiriman data sedangkan pada kondisi deep sleep node hanya akan hidup tetapi tidak melakukan aktivitas tersebut.

Pada tabel 7 konsumsi arus saat menggunakan mode deep sleep lebih kecil dibandingkan tanpa menggunakan mode deep sleep. Rata-rata arus saat menggunakan deep sleep sebesar 40,11 mA sedangkan tanpa menggunakan deep sleep sebesar 75,86 mA. Terjadi penurunan arus sebesar

35,75 mA atau sebesar 47,31%. Masa hidup rata-rata tanpa menggunakan deep sleep hanya mencapai waktu selama 34 Jam 16 menit sedangkan dengan menggunakan deep sleep dapat bertahan lebih lama yaitu 64 Jam 49 menit. Kenaikan masa hidup sebesar 89,14%. Hal ini membuktikan bahwa dengan menambahkan deep sleep mode dapat mengurangi konsumsi arus dan memperpanjang masa hidup dari node jaringan sensor nirkabel.

Tabel 6. konsumsi arus konfigurasi 1 CH pada node 1

Node	$I_{Aktif}$ (mA)	$I_{Sleep}$ (mA)	$t_{Aktif}$ (s)	$t_{Sleep}$ (s)	Total Waktu
1 (CH)	76,8	5	60	60	120
2	76	5,1	58	62	120
3	75,8	4,5	59	61	120
4	76,4	5	59	61	120
5	75,7	5	58	62	120
6	76,5	5	59	61	120

Tabel 7. Perbandingan menggunakan deep sleep dan tanpa deep sleep

Node	Konsumsi Arus (mA)		Masa Hidup (Jam)		$\Delta H$ (%)
	Non DS	DS	Non DS	DS	
1	76,22	40,126	34,10	64,80	89,95
2	75,76	40,133	34,30	64,76	88,77
3	76,06	40,032	34,17	64,50	88,72
4	75,64	40,261	34,37	64,57	87,87
5	75,58	39,740	34,40	64,73	90,19
6	75,92	40,096	34,23	64,83	89,34
$\bar{X}$	<b>75,86</b>	<b>40,11</b>	<b>34,26</b>	<b>64,82</b>	<b>89,14</b>

## 4. Kesimpulan

Telah dilakukan perancangan Jaringan Sensor Nirkabel menggunakan algoritma perutean LEACH. Pada simulasi sebanyak 10 round didapatkan 5 bentuk konfigurasi. Konsumsi energi dengan menggunakan algoritma LEACH lebih seimbang dibandingkan dengan tanpa LEACH dan membuat masa hidup node lebih lama. Pada implementasi node sensor telah bekerja sesuai dengan fungsinya baik sebagai cluster head maupun node anggota. Perutean LEACH dan penjadwalan pengiriman menggunakan deep sleep dapat menurunkan konsumsi arus sebesar 47,31% dan dapat memperpanjang masa hidup node sebesar 89,14%. Algoritma LEACH memilih dan melakukan perpindahan cluster head secara acak berakibat pada stabilitas jaringan, sehingga perlu menambahkan teknik pengembangan agar hasil yang diperoleh dapat optimal. Kemudian dapat membandingkan kinerja dari algoritma LEACH dengan algoritma perutean lain untuk mendapatkan metode perutean yang paling efisien. Pada perancangan ini simulasi dilakukan sebanyak 10 round dengan variasi 6 node, untuk mendapatkan lebih banyak bentuk konfigurasi dan hasil konsumsi energi yang lebih signifikan dapat memperbanyak round pada simulasi serta memvariasikan jumlah node untuk mendapatkan energy balance yang lebih optimal.



## Referensi

- [1]. Afif. Analisis Protocol Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy Pada Wireless Sensor Network. *Jurnal Instek*. 2017; 2(2): 81-91.
- [2]. B. P. Yahya dan A. Silvia. Perancangan Wireless Sensor Network dengan Komunikasi Ad Hoc. dalam Prosiding Annual Research Seminar. *Computer Science and ICT*. Palembang. 2017; 3: 203-207.
- [3]. R. F. Christianti dan D. Zulherman. Rancang Bangun Sistem Kendali Adaptif Pada Solar Cell Untuk Catu Daya Pada Node Wireless Sensor Network (WSN). dalam Prosiding *Electrical Engineering, Telematics, Industrial Technology, and Creative Media*. Purwokerto. 2018; 374-411.
- [4]. M. H. Wiwi, W. Wardi, dan A. Agussalim. Peningkatan Network Lifetime Menggunakan Cluster Based Pada Wireless Sensor Network. *JITCE (Journal Inf. Technol. Comput. Eng)*. 2020; 4(1): 16-21.
- [5]. H. Yetgin, K. T. K. Cheung, M. El-Hajjar, and L. Hanzo. *A Survey of Network Lifetime Maximization Techniques in Wireless Sensor Networks*. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 2017; 19(2): 828-854.
- [6]. E. P. Mandyartha. Optimasi Network Lifetime Pada Jaringan Sensor Nirkabel Dengan Efisiensi Energi Menggunakan Teknik Hibrida Leach Dan Non-Leach. *SCAN-Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*. 2020; 15(2): 54-58.
- [7]. A. Pratiarso, M. Z. S. Hadi, S. Arifin, dan M. I. Haris. Sistem Clustering Untuk Efisiensi Energi Pada Jaringan Sensor Nirkabel. *Inovtek*, 2014; 4(2): 67-74.
- [8]. H. Yang and B. Sikdar. *Optimal Cluster Head Selection in the LEACH Architecture*. *IEEE International Performance, Computing, and Communications Conference*. 2007: 93-100
- [9]. W. B. Heinzelman, A. P. Chandrakasan, and H. Balakrishnan. An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks. *IEEE Trans. Wirel. Commun.* 2002; 1(4): 660-670.
- [10]. C. Fu, Z. Jiang, W. Wei, and A. Wei. *An Energy Balanced Algorithm of LEACH Protocol in WSN*. *IJCSI (International Journal of Computer Science Issues)*. 2013; 10(1): 354-359.
- [11]. Y. Zhou, N. Wang, and W. Xiang. *Clustering Hierarchy Protocol in Wireless Sensor Networks Using an Improved PSO Algorithm*. *IEEE Access*. 2017; 5: 2241-2253.
- [12]. I. Olalekan, E. Soetan, and S. Adekunle. An Energy Efficient Protocol Based on Hierarchical Routing Technique for WSN. Master of Science Thesis. Blekinge Institute Of Technology; 2010.
- [13]. A. B. M. Alim Al Islam, C. Sayeed Hyder, H. Kabir, And M. Naznin. Finding the Optimal Percentage of Cluster Heads from a New and Complete Mathematical Model on LEACH. *Wirel. Sens. Netw.* 2010; 2(2): 129-140.
- [14]. A. Hnini. *Time Slots Investment of a dead node in LEACH protocol on Wireless Sensor Network*. (IJACSA) *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2014; *Special Issue on Advances in Vehicular Ad Hoc Networking and Applications*: 8-12.
- [15]. O. A. Permata, K. Amiroh, dan F. Z. Rahmanti. Efisiensi Energi Untuk Memperpanjang Lifetime Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Algoritma Leach. (J. Inform. dan Komputer) Akreditasi KEMENRISTEKDIKTI. 2020; 3(1): 31-35.