

# Sistem *Monitoring* Tanaman Tomat menggunakan *Routing Protocol* LEACH berbasis *Wireless Sensor Network*

**OKTAVIANUS DONI, URAY RISTIAN, IRMA NIRMALA**

Rekayasa Sistem Komputer, Universitas Tanjungpura, Indonesia  
Email: [oktavianus.doni@student.untan.ac.id](mailto:oktavianus.doni@student.untan.ac.id)

*Received* 13 Juni 2024 | *Revised* 20 Juli 2024 | *Accepted* 24 Juli 2024

## ABSTRAK

*WSN (Wireless Sensor Network) adalah sebuah jaringan sensor nirkabel yang mampu memantau kondisi lingkungan. WSN bertujuan untuk menyediakan komunikasi berbiaya rendah dengan konsumsi energi yang rendah, menjadikan efisiensi energi sebagai fokus utama. LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) adalah metode berbasis kluster untuk meningkatkan efisiensi energi di WSN. Dalam penelitian ini, LEACH diterapkan pada empat node sensor yang melakukan pemantauan terhadap keadaan suhu udara, kelembapan udara, dan kelembapan tanah. Pengujian dilakukan untuk mengetahui masa hidup sensor dengan variasi pemilihan Cluster Head (CH). Hasilnya menunjukkan bahwa penerapan LEACH meningkatkan masa hidup sensor. Sistem berbasis LEACH memiliki masa hidup 310 menit, sementara sistem non-LEACH hanya 269 menit. Dengan demikian, penggunaan LEACH terbukti efektif dalam memperpanjang masa hidup perangkat WSN dengan peningkatan masa hidup perangkat 15,25% dibandingkan masa hidup perangkat non-LEACH.*

**Kata kunci:** *WSN, LEACH, baterai, tomat*

## ABSTRACT

*WSN (Wireless Sensor Network) is a wireless sensor network capable of monitoring environmental conditions. WSN aims to provide low-cost communications with low energy consumption, making energy efficiency a major focus. LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) is a cluster-based method to improve energy efficiency in WSN. In this study, LEACH was applied to four sensor nodes that monitor the state of air temperature, air humidity, and soil moisture. Tests are carried out to determine the life of the sensor with the cluster head selection variation (CH). The results show that the implementation of LEACH increases the life of the sensor. The LEACH-based system has a lifetime of 310 minutes, while non-LEACH systems have only 269 minutes. Thus, the use of LEACH has proven effective in extending the life of WSN devices by an increase of 15.25% in device life compared to non-LEACH devices.*

**Keywords:** *WSN, LEACH, battery, tomato*

## 1. PENDAHULUAN

Tomat (*Lycopersicon esculentum Mill*) adalah tanaman yang hanya hidup selama satu musim dalam keluarga *Solanaceae* yang terkenal karena buahnya yang kaya akan vitamin dan mineral. Tomat digunakan dalam berbagai cara, mulai dari dikonsumsi secara langsung, digunakan sebagai bumbu masakan, hingga diolah menjadi produk seperti saus dan jus (Prasetyo, dkk, 2018). Tomat juga sering digunakan dalam industri makanan dan kosmetik. Namun, pertumbuhannya dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kelembapan dan suhu. Kondisi optimal untuk pertumbuhan tomat adalah kelembapan tanah antara 60%-80% dan suhu ideal 24-28 °C (Gunawan, dkk, 2019). Untuk memastikan kelangsungan hidup tanaman dan hasil panen yang baik, proses budidaya membutuhkan suhu udara, kelembapan udara, dan kelembapan tanah yang ideal (Ilmawan, dkk, 2021). Untuk mengatasi masalah ini, dapat digunakan teknologi *wireless sensor network* (WSN). WSN adalah teknologi yang memungkinkan komunikasi, pengendalian, dan penginderaan untuk memonitoring lingkungan melalui pengukuran fisik (Fidrian, dkk, 2018). Salah satu masalah utama dalam implementasi WSN adalah efisiensi energi. Beberapa cara untuk memaksimalkan pemerataan penggunaan energi adalah dengan menggunakan protokol *routing* dan *clustering* (Wahyudi, dkk, 2019). Oleh karena itu, pengelolaan konsumsi energi di jaringan menjadi sangat penting untuk memperpanjang masa pakai dan meningkatkan daya tahan jaringan.

Penelitian sebelumnya menunjukkan efektivitas LEACH dalam meningkatkan efisiensi energi dan masa hidup jaringan. Sumiharto dkk. menemukan bahwa dengan 70 cuplikan data, algoritma LEACH meningkatkan waktu hidup jaringan hingga 7.387 detik, dibandingkan dengan 5.565 detik untuk *algoritma* non-LEACH (Sumiharto, dkk, 2019). Penelitian lain oleh Fajrina dkk. menunjukkan bahwa akurasi sistem dalam membaca suhu udara dan kelembapan udara, dengan rata-rata kesalahan 3,54% untuk suhu udara dan 7,7% untuk kelembapan udara (Fajrina, dkk, 2021). Sementara itu, penelitian oleh Muttaqin dkk. menunjukkan bahwa penggunaan *Bluetooth Low Energy* dalam WSN dapat mengoptimalkan daya baterai (Muttaqin, dkk, 2021).

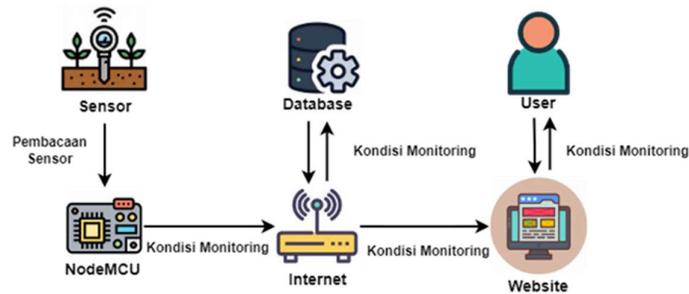
Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem WSN hemat energi menggunakan *routing protocol* LEACH untuk memantau suhu udara, kelembapan udara, dan kelembapan tanah pada tanaman tomat. Diharapkan sistem ini dapat meningkatkan efisiensi energi dan masa hidup perangkat dalam proses pengiriman data sensor, serta mendukung pertumbuhan tanaman tomat yang optimal.

## 2. METODE

### 2.1 Deskripsi Sistem

Pada penelitian ini sistem yang dibangun adalah sebuah sistem Jaringan Sensor Nirkabel yang mengimplementasikan *routing protocol* LEACH (Sumiharto, dkk, 2019). Sistem menggunakan empat (4) mikrokontroler NodeMCU ESP32, satu (1) sensor DHT11, tiga (3) sensor *capacitive soil moisture*, empat (4) sensor tegangan DC 0-25V yang dibagi dalam dua *cluster* dengan masing-masing *cluster* memiliki satu *Cluster Head* (CH). *Node* sensor berkomunikasi menggunakan *protocol*/UDP (*User Datagram Protocol*) dalam proses monitoring dalam *cluster*. Pada proses memonitoring data sensor, hasil pengukuran dikirim menggunakan *routing protocol* LEACH dengan satu *node* sensor berfungsi sebagai kepala kelompok (CH), yang mengirimkan data hasil pengukuran sensor pada masing-masing kelompok *cluster*. *Cluster head* menerima dan meneruskan data ke *gateway*, berfungsi sebagai *node* koordinator antara *node* sensor dan *gateway*. Ini mengurangi konsumsi energi dalam transmisi data

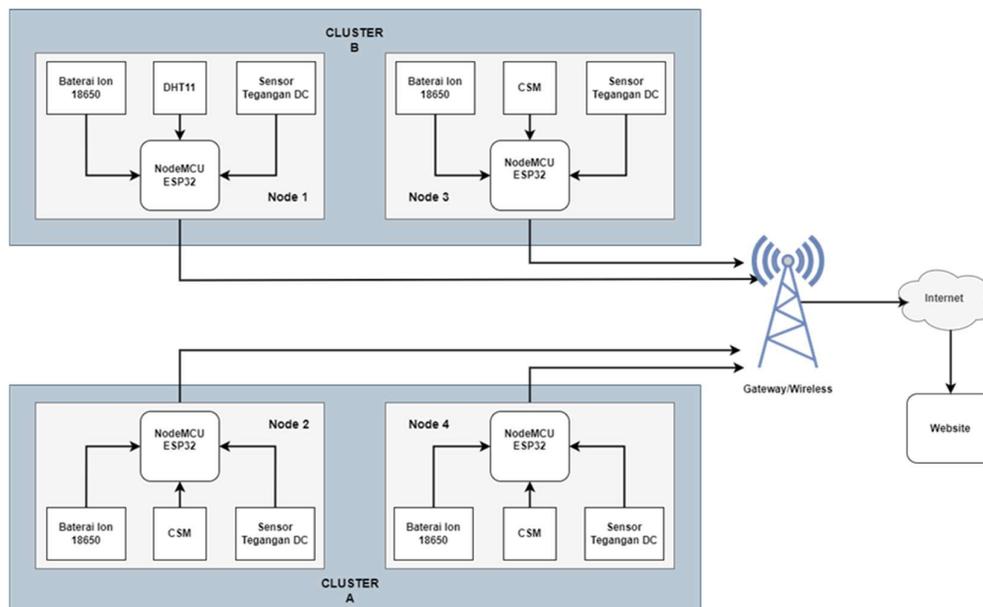
(Fajrina, dkk, 2021). Data ditampilkan pada aplikasi *website* yang bisa diakses secara *online* (Dzul kifli, dkk, 2016). Gambar 1 menunjukkan gambaran umum sistem.



**Gambar 1. Sistem Monitoring Tanaman Tomat**

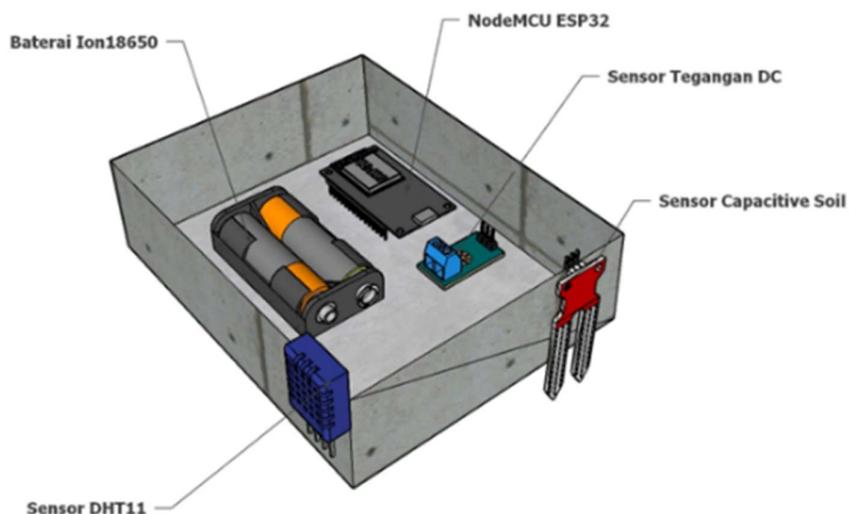
### 2.2 Model Arsitektur

Model arsitektur jaringan pemantauan tanaman tomat ditunjukkan pada Gambar 2 sebelum mengumpulkan data sensor pada lingkungan tanaman tomat, proses pertama kali dimulai dengan pembentukan *cluster* dan setiap node sensor dalam *cluster* memilih CH (*cluster head*). *Cluster* terdiri dari *node* yang diatur oleh LEACH, satu node dari setiap kelompok ditugaskan sebagai kepala kelompok (CH) (Afif, dkk, 2017). Ketika CH telah ditentukan, *node* akan mengirimkan pembacaan sensor ke CH terdekat, yang kemudian mengirimkan nilainya ke *firebase*. Data dari *firebase* akan ditampilkan secara *realtime* pada *web* (Sari, 2020). *Cluster head* menerima data dari anggota *cluster* dan mengirimkan data sensor dari anggota *cluster* ke *firebase*. Pada sistem ini komunikasi antar *cluster* memanfaatkan *protocol* komunikasi UDP (*User Datagram Protocol*) untuk *node* sensor saling berkomunikasi satu sama lain dalam *cluster*. Untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi sistem, *protocol* yang digunakan untuk pengiriman data adalah *User Datagram Protocol* (UDP). *Protocol* ini ringan dan tidak membutuhkan banyak memori (Dimas, dkk, 2019).



**Gambar 2. Rancangan Arsitektur Sistem Monitoring Tanaman Tomat Menggunakan Wireless Sensor Network dengan Routing Protocol LEACH**

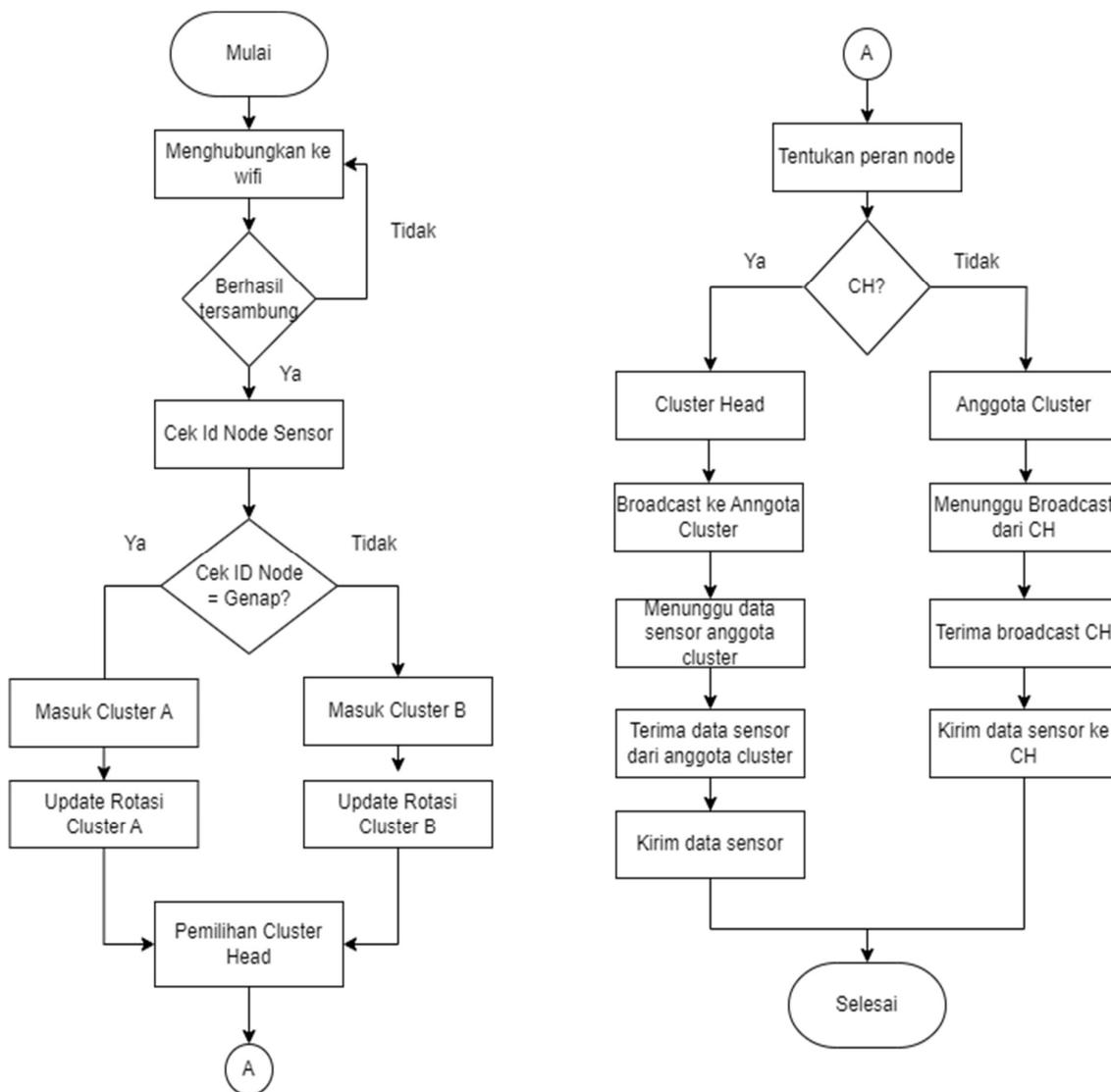
Perancangan *prototype node* sensor sistem monitoring tanaman tomat menggunakan *wireless sensor network* dengan *routing protocol* leach menggunakan *box* hitam. *Node* sensor mampu mengumpulkan informasi dari lingkungan sekitar serta berkomunikasi dan mengirimkan data ke *node* sensor lainnya (Afif, dkk, 2017). Masing-masing *node* sensor menggunakan satu (1) kotak hitam yang berisi komponen satu (1) NodeMCU ESP32, satu (1) sensor DHT11, satu (1) sensor *capacitive soil moisture*, satu (1) sensor tegangan dc 0-25V dan satu (1) baterai ion 18650 dengan kapasitas baterai 1200mAh. Penelitian ini menggunakan empat (4) *node* sensor. *Node* sensor yang terhubung ke jaringan sensor memiliki kemampuan untuk melakukan berbagai tugas, seperti mengumpulkan data sensor dan berkomunikasi dengan *node* sensor lainnya yang terhubung melalui jaringan nirkabel (Nabila, dkk, 2021). Adapun perancangan *prototype node* sensor dapat dilihat di Gambar 3.



**Gambar 3. Rancangan Perangkat Keras Node Sensor**

### 2.3 Perancangan Perangkat Lunak Pada *Node* Sensor

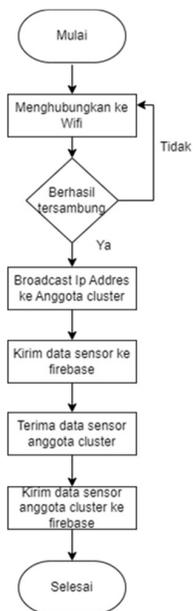
Perancangan perangkat lunak pada implementasi *wireless sensor network* untuk monitoring tanaman tomat menggunakan *routing protocol* LEACH melibatkan proses pembentukan *cluster*, pemilihan *cluster head*, penerimaan data sensor dan pengiriman data sensor oleh *cluster head* ke *firebase*. Pembentukan *cluster head* dilakukan berdasarkan id yang dimiliki oleh masing-masing *node* sensor. *Node* sensor dengan id genap masuk ke dalam *cluster B* dan *node* sensor dengan id ganjil masuk ke dalam *cluster A*, dengan proses pemilihan *cluster head* secara rotasi untuk setiap *node* sensor dalam *cluster*. Setelah proses pembentukan *cluster* dan pemilihan *cluster head* telah selesai dilakukan, maka *node* sensor melakukan proses pengukuran pada lingkungan tanaman tomat dan data sensor dikirim ke *cluster head* untuk diteruskan ke *firebase* oleh *cluster head*. Gambar 4 menunjukkan diagram alir perangkat lunak *node* sensor.



Gambar 4. Diagram Alir Perangkat Lunak Node Sensor

**2.4 Perancangan Perangkat Lunak Pada Cluster Head**

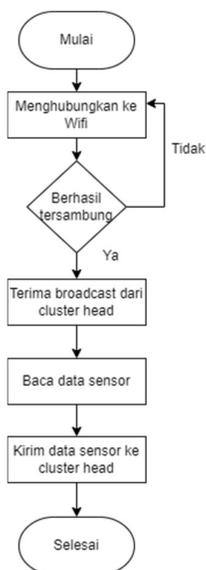
Perancangan perangkat lunak *cluster head* melibatkan proses *broadcast* menuju anggota cluster, penerimaan data sensor anggota *cluster* dan pengiriman data sensor anggota *cluster* serta dari *cluster head* itu sendiri. Data sensor diterima menggunakan komunikasi protokol UDP (*User Datagram Protocol*). Protokol UDP dikenal sebagai protokol yang hemat sumber daya, baik dari segi memori maupun prosesor. Beberapa layanan membutuhkan protokol ringan yang mampu menjalankan fungsi-fungsi spesifik melalui pertukaran pesan (Ramadhan, dkk, 2017). Gambar 5 menunjukkan diagram alir perangkat lunak *cluster head*.



**Gambar 5. Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak Pada *Node* Sensor *Cluster Head***

## 2.5 Perancangan Perangkat Lunak Pada Anggota *Cluster*

Penelitian ini menggunakan protokol pengiriman UDP, sehingga pesannya ringan dan tidak membebani memori perangkat (Dimas, dkk, 2019). *Node* sensor anggota *cluster* menerima *broadcast* dari *cluster head* dan mengirimkan data sensor ke *cluster head* menggunakan komunikasi protokol UDP (*User Datagram Protocol*). Protokol UDP (*User Datagram Protocol*) mendukung transmisi *broadcast* karena tidak memerlukan pembentukan koneksi sebelumnya dengan host tertentu. Ini memungkinkan protokol tersebut, pada lapisan aplikasi, untuk mengirim paket data ke berbagai lokasi menggunakan alamat *broadcast* atau *multicast* (Ramadhan, dkk, 2017). Gambar 6 menunjukkan perancangan perangkat lunak anggota *cluster*.



**Gambar 6. Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak Pada *Node* Sensor *Cluster Head***

## 2.6 Perancangan Pengujian Masa Hidup Perangkat

Pengujian masa hidup perangkat untuk mengetahui waktu masa hidup perangkat jika menggunakan *routing protocol* LEACH dan non-LEACH. LEACH memastikan bahwa tiap node akan menjadi CH selama satu putaran (**Permata, dkk, 2020**). Jumlah *Cluster Head* (CH) yang dipilih bergantung pada jumlah node dalam setiap klaster (**Sumiharto, dkk, 2019**). *Node* sensor dibagi menjadi 2 *cluster* yaitu *cluster* A berisi 2 *node* sensor dan *cluster* B berisi 2 *node* sensor. Pada *routing protocol* LEACH proses pemilihan *cluster head* dilakukan secara rotasi antar *node* sensor dalam *cluster*. Untuk sistem non-LEACH proses pemilihan *cluster head* dilakukan sebanyak 1 kali jadi tidak ada proses rotasi untuk *node* sensor yang akan terpilih menjadi *cluster head* pada sistem non-LEACH. Untuk baterai pada masing-masing sistem dalam keadaan penuh ketika awal proses pengujian dilakukan. Tabel 1 menunjukkan proses pengujian yang dilakukan.

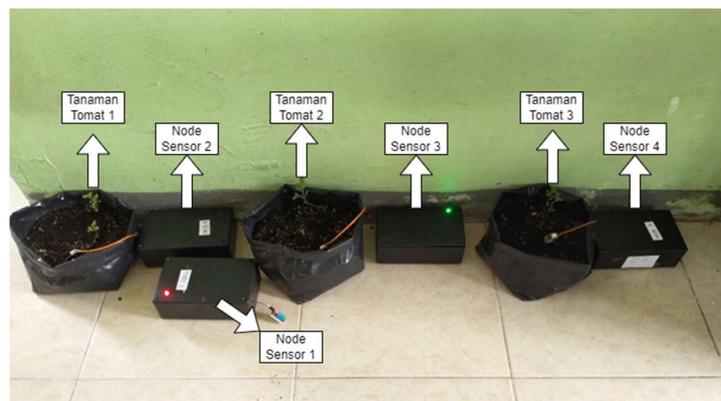
**Tabel 1. Pengujian Masa Hidup Perangkat**

No	Pengujian	Pencapaian
1	Pengujian sistem <i>routing protocol</i> LEACH	Untuk mengetahui masa hidup perangkat jika menggunakan sistem <i>routing protocol</i> LEACH
2	Pengujian sistem non-LEACH	Untuk mengetahui masa hidup perangkat jika menggunakan sistem <i>routing protocol</i> non-LEACH

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Implementasi

Pada implementasi perangkat keras, komponen utama dalam sistem implementasi *wireless sensor network* untuk monitoring tanaman tomat menggunakan *routing protocol* LEACH adalah NodeMCU ESP32, sensor DHT11, sensor *capacitive soil moisture*, sensor tegangan dc 0-25v dan baterai ion 18650. NodeMCU ESP32 yang terhubung dengan sensor DHT11 dapat mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor kapasitif kelembapan tanah yang terhubung dengan NodeMCU ESP32 dapat mengukur kelembapan tanah dan sensor tegangan DC 0-25v dapat mengukur tegangan baterai. Untuk baterai yang terhubung dengan NodeMCU ESP32 berperan sebagai sumber energi bagi *node* sensor. *Node* sensor akan mengukur suhu, kelembapan udara dan kelembapan tanah di sekitarnya. Setelah itu, data akan dikirim ke *cluster head*. Gambar 7. merupakan gambar sistem *node* sensor untuk monitoring lingkungan tanaman tomat.



**Gambar 7. Sistem Monitoring Tanaman Tomat Menggunakan *Wireless Sensor Network* Dengan *Routing Protocol*/LEACH**

Dalam implementasi perangkat lunak, komunikasi antar *node* sensor dalam *cluster* menggunakan *protocol* komunikasi UDP (*User Datagram Protocol*). Proses ini melibatkan antara *cluster head* dan anggota *cluster*. Pengujian dilakukan dengan melakukan proses komunikasi, pengiriman dan penerimaan data dalam *cluster*. Setelah proses pembentukan *cluster*, Selanjutnya *node* sensor yang dipilih sebagai kepala *cluster* mengirimkan pesan ke *node* sensor anggota *cluster*. Pesan tersebut menginformasikan *node* sensor menjadi kepala *cluster* dan menyertakan alamat IP *node* sensor tersebut. *Ip address* tersebut digunakan *node* sensor anggota *cluster* sebagai tujuan untuk mengirimkan data sensor menuju *cluster head* dengan *protocol* komunikasi UDP (*User Datagram Protocol*). Gambar 8 menunjukkan hasil pengujian *cluster head* pada serial monitor IDE Arduino.

```
Node ini adalah Cluster Head untuk Cluster B dengan ID 1
Alamat IP Cluster Head: [REDACTED]
Tipe Klaster pada Cluster Head: B
Melakukan broadcast IP Cluster Head ke anggota kluster
Menerima paket UDP: {"NodeID":3,"SoilMoisture":16,"ClusterType":""}
Menganalisis data JSON...
Data JSON yang diuraikan:
{
  "NodeID": 3,
  "SoilMoisture": 16,
  "ClusterType": ""
}Menerima data Kelembapan Tanah dari Node 3
Trying to send data to Firebase...
Sending data to Firebase - Temperature: 0.00
Humidity: 0.00
Soil Moisture: 16
DHT11 Temperature and Humidity data sent to Firebase!
Soil Moisture data sent to Firebase!
```

**Gambar 8. Penerimaan Data Sensor Dari Anggota *Cluster* Dan Pengiriman Data Sensor Oleh *Cluster Head* Ke *Firebase***

Implementasi sistem komunikasi antara *cluster head* dan anggota *cluster* merupakan mekanisme yang digunakan untuk memastikan terhubung nya *node* sensor *cluster head* dengan *node* sensor anggota *cluster* dalam *cluster*. Pengujian dilakukan dengan melakukan proses penerimaan data sensor dan pengiriman data sensor ke *firebase* oleh *cluster head*. *cluster head* menerima data sensor dan id *node* sensor anggota *cluster* menggunakan *protocol* komunikasi UDP (*User Datagram Protocol*). Id *node* sensor anggota *cluster* sebagai acuan untuk *node* sensor *cluster head* mengirim dan menyimpan data sensor *node* sensor anggota *cluster* pada *firebase*. Gambar 9 menunjukkan hasil pengujian anggota *cluster* pada serial monitor IDE Arduino.

```
Node ID 3 adalah anggota dari Cluster dan bukan Cluster Head.
Menerima paket UDP: {"IPAddress":"[REDACTED]","ClusterType":"B","NodeID":1}
Menganalisis data JSON...
Data JSON yang diuraikan:
{
  "IPAddress": "[REDACTED]",
  "ClusterType": "B",
  "NodeID": 1
}Received broadcast from Cluster Head of a different cluster type or ID. Ignoring.
Mengirim data ke Cluster Head (Node 3) dengan tipe klaster pada alamat IP [REDACTED]
```

**Gambar 9. Penerimaan *Broadcast* Dari *Cluster Head* Dan Pengiriman Data Sensor Ke *Cluster Head***

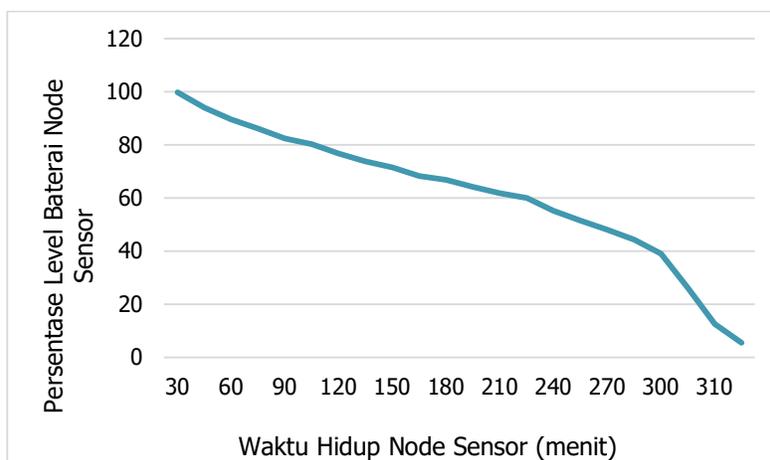
### 3.2 Hasil Pengujian Masa Hidup Perangkat Menggunakan *Routing Protocol/LEACH*

Tabel 2 merupakan hasil pengujian level baterai masa hidup perangkat jika menggunakan *routing protocol LEACH* untuk memastikan *cluster* terbentuk, adanya *cluster head* pada masing-masing *cluster* dan *node* sensor saling berkomunikasi dalam *cluster*. Proses ini penting untuk memastikan bahwa *routing protocol/LEACH* berjalan pada setiap *node* sensor, sehingga efisiensi energi pada setiap *node* sensor bisa tercapai dan data sensor bisa terkirim sampai tujuan akhir. Pada pengujian dilakukan dari keadaan baterai setiap *node* sensor dalam keadaan penuh sampai keadaan baterai setiap *node* sensor habis daya. Dari data level baterai Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa masa hidup *node* sensor dengan menggunakan *routing protocol/LEACH* didapatkan rata-rata waktu hidup perangkat mencapai 310 menit.

**Tabel 2. Pengujian Level Baterai Masa Hidup Perangkat Menggunakan *Routing Protocol/LEACH***

No	Waktu	Level/Baterai Node Sensor (%)			
		Node 1	Node 2	Node 3	Node 4
1	13:14:10	99	100	100	100
2	13:29:10	92	94	96	94
3	13:46:25	87	89	95	87
4	14:01:25	82	87	93	82
5	14:16:25	79	86	89	76
6	14:31:25	77	85	87	72
7	14:46:25	75	81	84	67
8	15:01:25	71	79	82	63
9	15:16:25	70	77	81	58
10	15:31:25	68	73	79	53
11	15:46:25	67	71	77	52
12	16:03:13	64	69	73	51
13	16:18:14	61	67	70	49
14	16:33:13	59	66	69	46
15	16:48:15	56	61	64	40
16	17:08:13	51	58	62	35
17	17:23:13	46	52	60	34
18	17:38:13	41	49	56	31
19	17:53:13	36	42	52	26
20	18:08:13	22	35	24	24
21	18:23:13	10	16	9	15
22	18:38:13	0	4	0	0

Grafik konsumsi energi LEACH dapat dilihat pada Gambar 10. Waktu masa hidup perangkat menggunakan LEACH dapat bertahan selama 310 menit.



**Gambar 10. Grafik Masa Hidup Perangkat Menggunakan *Routing Protocol* LEACH**

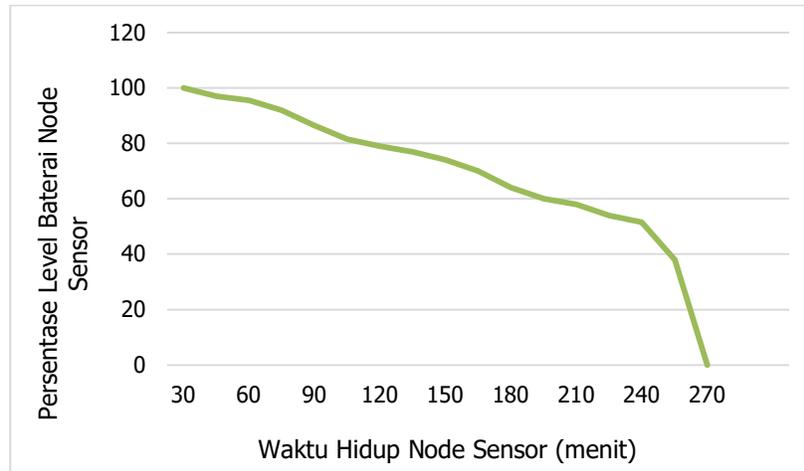
### 3.3 Hasil Pengujian Masa Hidup Perangkat Menggunakan Non-LEACH

Tabel 3 merupakan hasil pengujian level baterai masa hidup perangkat jika menggunakan non-LEACH. Pada pengujian non-LEACH proses pembentukan *cluster* dan pemilihan *cluster head* dilakukan sekali pada awal sistem berjalan, sehingga *node* sensor yang menjadi *cluster head* tidak rotasi pada setiap *node* sensor. Pada sistem non-LEACH ini *node* sensor yang menjadi pengirim pada *cluster* A yaitu *node* sensor 1 dan *node* sensor yang menjadi pengirim pada *cluster* B yaitu *node* sensor 2. Dari data level baterai Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa masa hidup *node* sensor dengan menggunakan non-LEACH didapatkan rata-rata waktu hidup perangkat selama 269 menit.

**Tabel 3. Pengujian Level Baterai Masa Hidup Perangkat Menggunakan Non-LEACH**

No	Waktu	Level/Baterai Node Sensor (%)			
		Node 1	Node 2	Node 3	Node 4
1	20:03:25	100	100	100	100
2	20:18:25	97	97	97	97
3	20:33:25	95	96	96	96
4	20:48:25	92	92	91	92
5	21:03:25	86	87	87	87
6	21:18:25	81	82	81	82
7	21:33:25	79	79	79	77
8	21:48:25	77	77	78	75
9	22:03:25	74	74	77	68
10	22:18:25	70	70	75	67
11	22:33:25	64	64	68	64
12	22:48:25	60	60	68	62
13	23:03:25	58	58	66	59
14	23:18:24	54	54	59	58
15	23:33:24	51	52	57	54
16	23:48:24	47	47	56	47
17	00:03:24	36	40	50	42
18	00:18:24	6	8	46	39
19	00:33:24	0	0	41	37
20	00:48:24	0	0	38	32
21	01:03:24	0	0	34	31
22	01:18:24	0	0	22	18
23	01:33:24	0	0	10	11
24	01:48:24	0	0	4	6

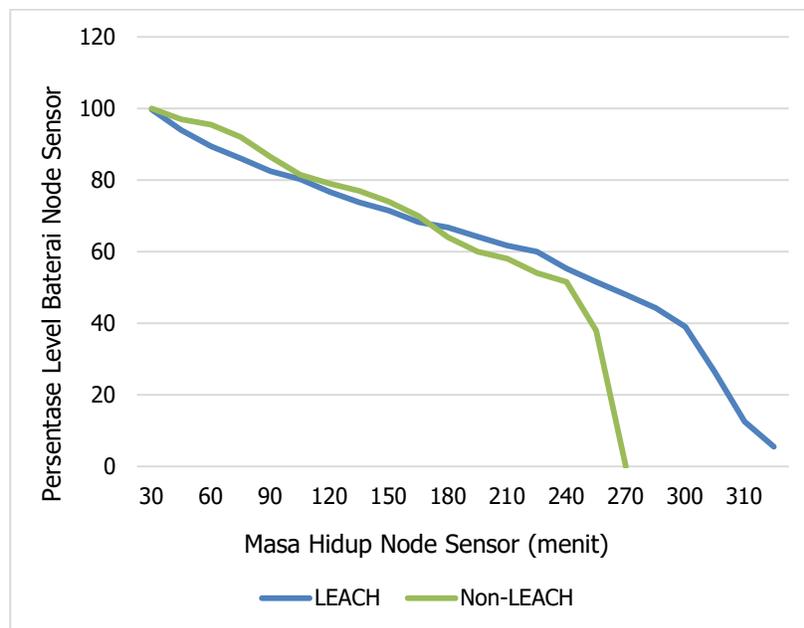
Grafik konsumsi energi LEACH dapat dilihat pada Gambar 11. Waktu masa hidup perangkat menggunakan LEACH dapat bertahan selama 269 menit.



**Gambar 11. Grafik Masa Hidup Perangkat Menggunakan non-LEACH**

### 3.4 Perbandingan Sistem LEACH dan non-LEACH

Gambar 12 menunjukkan perbedaan waktu hidup perangkat antara sistem LEACH dan non-LEACH. Grafik ini menunjukkan perbedaan waktu hidup perangkat antara sistem LEACH dan non-LEACH.



**Gambar 12. Grafik Perbandingan Konsumsi Energi Sistem LEACH dan Sistem non-LEACH**

Grafik pada Gambar 12 menunjukkan bahwa masa hidup perangkat lebih lama ketika menggunakan *protocol routing* LEACH dibandingkan dengan non-LEACH. Masa hidup perangkat saat menggunakan LEACH dapat bertahan selama 310 menit, sedangkan masa hidup perangkat menggunakan non-LEACH hanya dapat bertahan 269 menit dengan jarak pengiriman data sensor yang sama antara *node* sensor ke *access point* yaitu 4 meter dan tidak ada halangan pada masing-masing pengujian sistem. Hal tersebut menunjukkan konsumsi energi lebih merata pada LEACH dengan 15,25% masa hidup perangkat lebih lama dari pada non-LEACH. Perbedaan pada sistem LEACH dan non-LEACH terletak pada proses pemilihan *cluster* nya. Pada LEACH pemilihan *cluster head* akan selalu berubah untuk setiap *node* sensor

secara rotasi, sementara untuk non-LEACH proses pemilihan *cluster* selalu tetap yaitu *node* sensor dengan *id* 1 dan *node* sensor dengan *id* 2 yang selalu menjadi *cluster head* untuk *cluster A* dan *cluster B*.

#### 4. KESIMPULAN

Sistem *monitoring* yang dibangun berhasil diimplementasikan. Sistem yang dibangun terdiri dari *node sensor* yang mengukur suhu kelembapan udara, kelembapan tanah, dan tegangan baterai. Data yang diukur ditampilkan secara real-time melalui antarmuka *website*. Masa hidup perangkat jika menggunakan *routing protocol* LEACH dapat bertahan selama 310 menit, sedangkan masa hidup jika tidak menggunakan *routing protocol* LEACH atau non-LEACH hanya dapat bertahan selama 269 menit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem yang menggunakan *routing protocol* LEACH memiliki konsumsi energi lebih rendah di dibandingkan dengan sistem yang tidak menggunakan *routing protocol* LEACH atau non-LEACH dan LEACH memiliki masa hidup perangkat 15,25% lebih lama dari masa hidup perangkat non-LEACH.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Afif, T., & Resky, A. (2017). Analisis protocol low energy adaptive clustering hierarchy pada wireless sensor network. *INSTEK*, 2.
- Dimas, W. J., Kurniawan, W., & Hannats, H. I. M. (2019). Implementasi Metode Pervasive Menggunakan Protokol UDP Pada Raspberry Pi dan myRIO. *JPTIIK*, 3(1).
- Dzulkifli, S. M., Rivai, M., & Suwito. (2016). Rancang Bangun Sistem Irigasi Tanaman Otomatis Menggunakan Wireless Sensor Network. *JURNAL TEKNIK ITS*, 5.
- Fajrina, M., Santosodan, I., & Prakoso, T. (2021). Perancangan Komunikasi Inter Cluster Antara Cluster Head Dengan Gateway (Node Sink) Menggunakan Perutean Leach.
- Fidrian, A. T., Faiqurahman, M., & Azhar, Y. (2018). Aplikasi wireless sensor network untuk sistem monitoring dan klasifikasi kualitas udara.
- Gunawan, R., Andhika, T., Sandi, & Hibatulloh, F. (2019). Monitoring System for Soil Moisture, Temperature, pH and Automatic Watering of Tomato Plants Based on Internet of Things. *Telekontran: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, 3(1), 66–78. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v7i1.1640>
- Ilmawan, A., Hanafi, I. H., & Syauqy, D. (2021). Wireless Sensor Network Sebagai Perangkat Akuisisi Data Suhu & Kelembapan Tanah Pada Tanaman Buah Naga, *JPTIIK*, 5(6). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Muttaqin, A., Arief, R., & Muslichin. (2021). Optimasi Daya Baterai Menggunakan Bluetooth Low Energy pada Routing di Wireless Sensor Network. Dalam *Jurnal EECCIS*, 15(2). <https://jurnaleeccis.ub.ac.id/>

- Nabila, A. A., Santoso, I., & Prakoso, T. (2021). Perancangan komunikasi intra cluster antara node Sensor dengan cluster head menggunakan Perutean leach. *TRANSIENT*, 10.
- Permata, O. A., Amiroh, K., & Rahmanti, F. Z. (2020). Efisiensi energi untuk memperpanjang lifetime jaringan sensor nirkabel menggunakan algoritma leach. *Jurnal Informatika dan Komputer*, 3(1). <https://doi.org/10.33387/jiko>
- Prasetyo, A., Parwati, U., & Titiaryanti, M. (2018). Pengaruh Ukuran Polybag Dan Frekuensi penyiraman Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Tomat. *Jurnal Agromast*.
- Ramadhan, A. A., Abdurrohman, M., & Putrada, A. G. (2017). Analisis Perbandingan Pengujian Distributed Denial of Service (DDoS) dan Rushing Attack pada Jaringan UDP dengan Routing AODV.
- Sari, R. (2020). Membangun algoritma leach pada wireless sensor network untuk pemantauan daya penerangan jalan umum.
- Sumiharto, R., Ilma, R., & Rif'Atunnisa, R. (2019). Metode Routing Protokol LEACH pada Jaringan Sensor Nirkabel Studi Kasus Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembaban Udara. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 9(1), 87. <https://doi.org/10.22146/ijeis.44449>
- Wahyudi, D., Udin, M., Al Rasyid, H., & Syarif, I. (2019). Implementasi Algoritma Clustering Untuk Efisiensi Energi di Wireless Sensor Network. 4(2).