

**PENERAPAN ALGORITMA *ANT COLONY OPTIMIZATION*  
UNTUK PENJALURAN PADA JARINGAN SENSOR**

**NIRKABEL**

**TUGAS AKHIR**

Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan  
Diploma IV Program Studi Teknik Elektronika Di Jurusan Teknik Elektro

Oleh

**GILANG MALDINI RUDIANSYAH**

**161354014**



**POLBAN**

**POLBAN**

**POLITEKNIK NEGERI BANDUNG**

**2020**

**PENERAPAN ALGORITMA *ANT COLONY OPTIMIZATION*  
UNTUK PENJALURAN PADA JARINGAN SENSOR  
NIRKABEL.**



Oleh:  
**GILANG MALDINI RUDIANSYAH**  
NIM : 161354014

Menyetujui

Bandung, 16 September 2020

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Paula Santi Rodati, M.Si.  
NIP. 196509171993032001

Feriyonika, ST., M.Sc.Eng.  
NIP. 198506092012121006

Ketua Jurusan Teknik Elektro

R. W. Tri Hartono, D.U.Tech., M.T.  
NIP. 196208291996011001

**PENERAPAN ALGORITMA *ANT COLONY OPTIMIZATION*  
UNTUK PENJALURAN PADA JARINGAN SENSOR**

**NIRKABEL**

Oleh:

**GILANG MALDINI RUDIANSYAH  
NIM : 161354014**

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 16 September 2020 sesuai dengan ketentuan.

Tim Penguji:

Ketua : Dr.Ir.Indra Chandra Joseph Riadi., M.Sc.  
NIP. 196110191988111001

Anggota 1 : Dr. Ir. Noor Cholis Basjaruddin, M.T.  
NIP. 196706201994031003

Anggota 2 : Dadan Nurdin Bagenda, S.T., M.T.  
NIP. 198510092015041003

**POLBAN**

## PERNYATAAN PENULIS

Dengan ini menyatakan bahwa laporan Tugas Akhir dengan judul Penerapan Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk Penjaluran pada Jaringan Sensor Nirkabel adalah karya ilmiah yang bebas dari unsur tindakan plagiarisme dan sesuai dengan ketentuan tata tulis yang berlaku.

Apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur plagiarisme, maka hasil penilaian dari Tugas Akhir ini dicabut dan bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dalam keadaan sadar sepenuhnya.

Bandung, 16 September 2020

Yang menyatakan,



Gilang Maldini Rudiansyah  
161354014



**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA TULIS ILMIAH  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Politeknik Negeri Bandung, yang bertandatangan di bawah ini saya:

Nama Penulis 1 / 2 / 3 : Gilang Maldini Rudiansyah  
NIM Penulis 1 / 2 / 3 : 161354014  
Jurusan / Program Studi : Teknik Elektro / DIV – Teknik Elektronika

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Bandung, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) atas tugas akhir/skripsi/tesis saya yang berjudul:

Penerapan Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk Penjaluran pada Jaringan Sensor Nirkabel

beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Politeknik Negeri Bandung berhak menyimpan, mengalih media/memformat, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikan, dan menampilkan/mempublikasikan tugas akhir saya di internet/media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Politeknik Negeri Bandung, segala bentuk tuntutan hukum yang diambil atas pelanggaran hak dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di\* : Bandung

Pada tanggal : 14 Oktober 2020

Yang menyatakan (Penulis ① / 2 / 3)\*\*

*Gilang*

( Gilang Maldini Rudiansyah )

NIM. 161354014

Catatan / Keterangan:

\*Nama Kota

\*\*Lingkari salah satu

CD Karya Tulis menjadi milik dan koleksi UPT Perpustakaan, tidak dipinjamkan ataupun diperjualbelikan, apabila ada yang memerlukan, maka harus menghubungi penulis karya tulis yang bersangkutan.

## ABSTRAKSI

Salah satu aplikasi teknologi Jaringan Sensor Nirkabel adalah untuk memantau suatu area yang luas dari jarak jauh dengan jumlah sensor yang banyak. Pada aplikasi ini jaringan sensor nirkabel yang memiliki kapasitas komputasi rendah, jangkauan komunikasi yang pendek, dan sumber daya yang terbatas menjadikan sistem ini perlu pendekatan khusus dalam merancanginya. Salah satu pendekatan yang dilakukan untuk mengatasi kekurangan tersebut adalah dengan membuat sistem penjaluran yang dapat mengirimkan informasi dengan optimal, yaitu penjaluran yang dapat menjangkau *sensor node* yang paling jauh, dapat menghemat energi, dan menjamin kualitas informasi yang dikirimkan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem penjaluran menggunakan algoritma *Ant Colony Optimization* yang terinspirasi dari cara semut mencari jalur terdekat dari sarang ke sumber makanannya. Sistem Jaringan Sensor Nirkabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 9 buah *sensor node* dan gate yang terhubung ke *Human Machine Interface*. Hasil simulasi dan pengujian pada sistem menunjukkan bahwa algoritma ini dapat digunakan untuk menemukan rute pengiriman data dengan *Received Signal Strength Indicator* terbesar atau jarak terkecil sehingga *sensor node* terjauh tetap dapat mengirimkan data ke *gateway* dengan *Transmission Power* yang rendah. Parameter pengujian yang diperoleh dari hasil simulasi dan diterapkan pada pengujian sistem adalah  $m=100$ , iterasi=50,  $q_0=0,3$ ,  $\beta=3$ , dan  $\rho=0,5$ . Jumlah data maksimum yang dapat dikirimkan oleh *sensor node* adalah 250 byte. Penjaluran yang diperoleh dapat diamati melalui *Human Machine Interface* berbasis Matlab.

**Kata Kunci:** Jaringan sensor nirkabel, penjaluran, *Ant Colony Optimization*, *Received Signal Strength Indicator*, *Transmission Power*.

# POLBAN

## ABSTRACT

*Large area monitoring is one of the wireless sensor network application. In this application the performance of wireless sensor network has limited by low computation capacity, short communication range, and the limited resources. Therefore, special approach is needed for system designing. One approach taken to overcome these shortcomings is to create a routing system that can transmit information optimally. The routing must reach the farthest sensor nodes and guarantee the quality of the sent information. Additionally, the system must optimise energy saving. This study aims to create a routing system using the Ant Colony Optimization algorithm. This algorithm is inspired by the way ants find the closest path from their nest to their food source. The wireless sensor network system which is used consist of 9 sensor nodes and a gateway which is connected to Human Machine Interface. The simulation and implementation on system show that this algorithm can be used to find data transmission routes with the largest Received Signal Strength Indicator or the smallest distance so that the farthest sensor node can still send data to a gateway with low Transmission Power. The testing parameter from simulation which is implemented in the system are  $m=100$ ,  $iteration=50$ ,  $q_0=0,3$ ,  $beta=3$ , and  $rho=0,5$ . The transmitted data from sensor node to gate way has maximum capacity 250 byte. On the other hand, the data tracking can be investigated on Human Machine Interface based on Matlab.*

**Keywords :** *Wireless sensor network, routing, Ant Colony Optimization , Received Signal Strength Indicator, Transmission Power.*

# POLBAN



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan YME atas selesainya laporan Tugas Akhir dengan judul “Penerapan Algoritma *Ant Colony Optimization* untuk Penjaluran pada Jaringan Sensor Nirkabel”.

Laporan Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Diploma IV pada Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung.

Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat memberi kontribusi pada bidang ilmu teknologi dan sains, menjadi dasar riset dan penelitian berkelanjutan, dan juga dapat bermanfaat untuk pembaca.

Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, dorongan dan bantuan dari berbagai pihak yang memberikan arahan dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak R.W. Tri Hartono, D.U.Tech., M.T., selaku ketua jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung.
2. Bapak Feriyonika, S.T., M.Sc.Eng., selaku ketua prodi Diploma IV Teknik Elektronika.
3. Ibu Ibu Feni Isdaryani, S.T., M.T. dan Bapak Martin, S.S.T., M.T., sebagai koordinator dan panitia Tugas Akhir.
4. Ibu Dr. Ir. Paula Santi Rudati, M.Si. dan bapak Feriyonika, S.T., M.Sc.Eng., selaku pembimbing 1 dan 2.
5. Bapak Dr. Ir. Indra Chandra Joseph Riadi, M.Sc., selaku ketua penguji.
6. Bapak Dr. Ir. Noor Cholis Basjaruddin, M.T., selaku penguji 1
7. Bapak Dadan Nurdin Bagenda, S.T., M.T., selaku penguji 2

Seluruh pihak yang telah membantu proses pembuatan Tugas Akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Bandung, September 2020  
Hormat saya,

Penulis



## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Kupersembahkan tugas akhir ini untuk ibu, ayah, dan saudara-saudara yang selalu memberi semangat, mendukung, dan mendoakan untuk bisa melewati rintangan dengan mudah, lancar, dan berkah. Semoga apa yang menjadi harapan bisa menjadi kenyataan. Terima kasih banyak atas segalanya.



# **POLBAN**

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN PENULIS .....	iii
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA TULIS ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	iv
ABSTRAKSI .....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR PERSAMAAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang Masalah.....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	2
I.3 Batasan Masalah.....	2
I.4 Tujuan Tugas Akhir.....	2
I.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	4
II.1 Tinjauan Pustaka .....	4
II.2 Landasan Teori .....	6
II.2.1 Penjaluran .....	6
II.2.2 <i>Ant Colony Optimization</i> (ACO).....	8
II.2.3 <i>Ant Colony Optimization</i> untuk Travelling Salesman Problem .....	11
II.2.4 Received Signal Strength Indicator .....	13
II.2.5 LoRa .....	14
II.2.6 Sensor suhu DHT-11 .....	16
II.2.7 Arduino.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	18
III.1 Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir.....	18
III.2 Diagram Blok.....	20
III.3 Sistem Pengkabelan .....	21
III.4 Desain Mekanik .....	22
III.5 Desain Perangkat Lunak .....	24

III.5.1 Diagram Alir .....	24
III.5.2 Simulasi dan Pengujian Algoritma.....	31
III.5.3 Pengujian Sistem.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	33
IV.1 Hasil Perancangan Elektronik.....	33
IV.2 Hasil perancangan mekanik.....	33
IV.3 Hasil pengujian <i>packet loss</i> .....	34
IV.4 Hasil Perancangan HMI.....	35
IV.5 Hasil Pengujian Sensor Suhu dan Kelembapan.....	36
IV.6 Hasil Pengujian Algoritma <i>Ant Colony</i> .....	41
IV.6.1 Pengujian pada pola sebaran koordinat yang berbeda .....	48
IV.7 Hasil pengujian komunikasi nirkabel dan penjaluran.....	55
IV.7.1 Hasil pengujian pada sebaran koordinat ke-1 .....	56
IV.7.2 Hasil pengujian pada sebaran koordinat ke-2 .....	60
IV.7.3 Hasil pengujian pada sebaran koordinat ke-3 .....	65
IV.7.4 Hasil pengujian pada sebaran koordinat ke-4 .....	69
IV.8 Hasil Pengujian Database .....	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
V.1 Kesimpulan.....	75
V.2 Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA .....	77
LAMPIRAN A CURRICULUM VITAE .....	L-1
LAMPIRAN B SKEMATIK DAN PERANCANGAN MEKANIK.....	L-3
LAMPIRAN C DIAGRAM ALIR.....	L-8
LAMPIRAN D <i>LISTING</i> PROGRAM .....	L-16
Source Code Ant Colony Optimization .....	L-17
Source Code Arduino <i>Gateway</i> .....	L-31
Source Code Arduino <i>Sensor node</i> .....	L-38
LAMPIRAN E <i>DATASHEET</i> .....	L-46
LAMPIRAN F SIMILARITY REPORT .....	L-71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. Penjaluran Pada JSN [7] .....	7
Gambar II.2. Percobaan double bridge [9] .....	8
Gambar II.3. Minimum cost graph model [9] .....	10
Gambar II.4 Protokol LoRaWan [11] .....	14
Gambar III.1. Tahapan pelaksanaan tugas akhir .....	18
Gambar III.2. Rincian Rencana Realisasi dan Pengujian Penelitian .....	19
Gambar III.3. Diagram blok sensor node .....	21
Gambar III.4. Diagram blok gateway .....	21
Gambar III.5. Diagram pengkabelan sensor node .....	22
Gambar III.6. Diagram pengkabelan gateway .....	22
Gambar III.7. Desain mekanik sensor node .....	23
Gambar III.8. Desain mekanik gateway .....	24
Gambar III.9. Diagram alir gateway .....	25
Gambar III.10. Subprogram kumpulan RSSI .....	26
Gambar III.11. Diagram alir subproses parsing mode .....	27
Gambar III.12. Diagram alir subproses penjaluran .....	27
Gambar III.13. Diagram alir sensor node bagian 1 .....	28
Gambar III.14. Diagram alir sensor node bagian 2 .....	29
Gambar III.15. Diagram alir algoritma Ant Colony .....	30
Gambar III.16. State flow diagram pada HMI .....	31
Gambar IV.1. Hasil Perancangan Elektronik .....	33
Gambar IV.2. Mekanik Sensor node .....	34
Gambar IV.3. Mekanik Gateway .....	34
Gambar IV.4. Hasil perancangan HMI .....	36
Gambar IV.5. Perbandingan suhu pada DHT-11 dengan HTC-1 .....	40
Gambar IV.6. Perbandingan kelembapan pada DHT-11 dengan HTC-1 .....	40
Gambar IV.7. Pseudocode Ant Colony Optimization .....	41
Gambar IV.8. Pola sebaran pengujian parameter algoritma .....	42
Gambar IV.9. Sebaran koordinat pengujian .....	49
Gambar IV.10. Pengujian sebaran sensor node pola ke-1 .....	50
Gambar IV.11. Pengujian algoritma ACS dengan pola sebaran 2 setelah tuning .....	51
Gambar IV.12. Pengujian sebaran sensor node ke-2 .....	52
Gambar IV.13. Pengujian sebaran sensor node ke-3 .....	53
Gambar IV.14. Pengujian sebaran sensor node ke-4 .....	54
Gambar IV.15. Penempatan koordinat sebaran sensor node ke-1 .....	56
Gambar IV.16. Hasil uji coba pertama pola sebaran ke-1 .....	59
Gambar IV.17. Hasil uji coba kedua pola sebaran ke-1 .....	59
Gambar IV.18. Hasil uji coba ketiga pola sebaran ke-1 .....	59
Gambar IV.19. Penempatan koordinat sebaran sensor node ke-2 .....	60
Gambar IV.20. Hasil uji coba pertama pola sebaran ke-2 .....	63
Gambar IV.21. Hasil uji coba ke-2 pola sebaran ke-2 .....	63
Gambar IV.22. Hasil uji coba ke-3 pola sebaran ke-2 .....	64
Gambar IV.23. Penempatan koordinat sebaran sensor node ke-3 .....	65
Gambar IV.24. Hasil uji coba pertama pola sebaran ke-3 .....	67
Gambar IV.25. Hasil uji coba ke-2 pola sebaran ke-3 .....	67
Gambar IV.26. Hasil uji coba ke-3 pola sebaran ke-3 .....	68



Gambar IV.27. Penempatan koordinat sebaran sensor node ke-4 .....	69
Gambar IV.28. Hasil uji coba ke-1 pola sebaran ke-4 .....	71
Gambar IV.29. Hasil uji coba ke-2 pola sebaran ke-4 .....	71
Gambar IV.30. Hasil uji coba ke-3 pola sebaran ke-4 .....	72



**POLBAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel II-1. Matriks Kajian Pustaka .....	5
Tabel IV-1. Hasil pengujian packet loss .....	35
Tabel IV-2. Data pengujian DHT-11 .....	36
Tabel IV-3. Data linearisasi suhu .....	38
Tabel IV-4. Data linearisasi kelembapan .....	39
Tabel IV-5. Pengujian parameter m (jumlah semut).....	42
Tabel IV-6. Pengujian parameter iterasi .....	43
Tabel IV-7. Pengujian parameter alpha .....	43
Tabel IV-8. Pengujian Parameter beta .....	43
Tabel IV-9. Pengujian parameter rho .....	43
Tabel IV-10. Pengujian rute dengan nilai alpha = 3 .....	45
Tabel IV-11. Pengujian rute dengan beta = 3 .....	45
Tabel IV-12. Pengujian rute dengan rho = 0.1 .....	45
Tabel IV-13. Pengujian rute dengan rho = 0.9.....	46
Tabel IV-14. Pengujian parameter $q_0$ .....	47
Tabel IV-15. Parameter dengan persentase optimal tertinggi.....	47
Tabel IV-16. Tuning parameter.....	47
Tabel IV-17. Parameter yang digunakan untuk pengujian.....	48
Tabel IV-18. Matriks jarak antar sensor node pola ke-1 .....	50
Tabel IV-19. Pengujian parameter $q_0$ .....	51
Tabel IV-20. Matriks jarak antar sensor node pola ke-2.....	52
Tabel IV-21. Matriks jarak antar sensor node pole ke-3.....	53
Tabel IV-22. Matriks jarak antar sensor node pole ke-4.....	54
Tabel IV-23. Matriks RSSI pengujian ke-1 pola sebaran ke-1 .....	56
Tabel IV-24. Matriks RSSI pengujian ke-2 .....	57
Tabel IV-25. Matriks RSSI pengujian ke-3 .....	57
Tabel IV-26. Rute penjaluran pada setiap percobaan .....	60
Tabel IV-27. Matriks RSSI pengujian ke-1 pola sebaran ke-2 .....	61
Tabel IV-28. Matriks RSSI pengujian ke-2 pola sebaran ke-2 .....	61
Tabel IV-29. Matriks RSSI pengujian ke-3 pola sebaran ke-2 .....	61
Tabel IV-30. Rute penjaluran pada setiap percobaan .....	64
Tabel IV-31. Matriks RSSI pengujian ke-1 pola sebaran ke-3 .....	65
Tabel IV-32. Matriks RSSI pengujian ke-2 pola sebaran ke-3 .....	65
Tabel IV-33. Matriks RSSI pengujian ke-3 pola sebaran ke-3 .....	66
Tabel IV-34. Rute penjaluran pada setiap percobaan .....	68
Tabel IV-35. Matriks RSSI pengujian ke-1 pola sebaran ke-4 .....	69
Tabel IV-36. Matriks RSSI pengujian ke-2 pola sebaran ke-4 .....	70
Tabel IV-37. Matriks RSSI pengujian ke-3 pola sebaran ke-4 .....	70
Tabel IV-38. Rute penjaluran pada setiap percobaan .....	72
Tabel IV-39. Data pembacaan suhu dan kelembapan.....	73
Tabel IV-40. Data pembacaan suhu dan kelembapan.....	73
Tabel IV-41. Data pembacaan suhu dan kelembapan.....	73

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan ( II-1 ) .....	11
Persamaan ( II-2 ) .....	11
Persamaan ( II-3 ) .....	11
Persamaan ( II-4 ) .....	12
Persamaan ( II-5 ) .....	12
Persamaan ( II-6 ) .....	12
Persamaan ( II-7 ) .....	13
Persamaan ( II-8 ) .....	13
Persamaan ( II-9 ) .....	13
Persamaan ( IV-1 ) .....	37
Persamaan ( IV-2 ) .....	37
Persamaan ( IV-3 ) .....	37

# POLBAN

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. F. Fithraturrahman, “Sistem Pemetaan Kondisi Tanah Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel dengan Metode Gear,” Politeknik Negeri Bandung, 2019.
- [2] M. N. Fauzi, P. S. Rudati dan Feriyonika, “Sistem Penjaluran dan Klusterisasi Pada Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis LoRa,” *Industrial Research Workshop and National Seminar*, vol. 9, pp. 271-274, 2018.
- [3] K. V dan K. Ganapathy, “Efficient and Optimal Routing Using Ant Colony Optimization Mechanism for Wireless Sensor Networks,” *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, vol. 6, no. 1, pp. 171-181, 2018.
- [4] H. T. Monda, P. S. Rudati dan Feriyonika, “Sistem Pengukuran Daya pada Sensor Node Wireless Sensor Network,” *Industrial Research Workshop and National Seminar*, vol. 9, pp. 28-31, 2018.
- [5] L. LV, “An Improved Ant Colony Algorithm in Wireless Sensor Network Routing,” *iJOE*, vol. 13, no. 5, pp. 174-187, 2017.
- [6] A. C. V. Ian F, *Wireless Sensor Network*, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd, 2010.
- [7] I. F. Akyildiz dan M. C. Vuran, *Wireless Sensor Networks*, John Wiley & Sons Ltd, 2010.
- [8] A. M. Zungeru, L.-M. Ang dan K. P. Seng, “Classical and swarm intelligence based routing protocols for wireless sensor networks: A survey and comparison,” *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 35, p. 1508–1536, 2012.
- [9] M. Dorigo dan T. Stützle, *Ant Colony Optimization*, Massachusetts Institute of Technology, 2004.
- [10] Ian F. Akyildiz and Mehmet Can Vuram, *Wireless Sensor Network*, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd., 2010.
- [11] Dragino, “Lora/GPS Shield,” 2018. [Online]. Available: [https://wiki.dragino.com/index.php?title=Lora/GPS\\_Shield](https://wiki.dragino.com/index.php?title=Lora/GPS_Shield). [Diakses 03 03 2019].



- [12] Paula Santi Rudati, Feriyonika, Dini Rachmawati, “Aplikasi Wireless Sensor Network Untuk Pengukuran Temperatur Udara Ambient,” 2017.
- [13] M.F., Amri, “Perancangan Alata Ukur Suhu Dan Kelembaban Berbasis Mikrokontroler Atmega 16A Dengan Menggunakan Sensor DHT11,” Universitas Sumatra Utara, Medan, 2014.
- [14] P. S. R. F. Hasbi Tri Monda, “Sistem Pengukuran Daya pada Sensor Node,” *Politeknik Negeri Bandung*, 2018.



**POLBAN**