



**ANALISIS UNJUK KERJA NODE LORA DENGAN MENGGUNAKAN  
TOPOLOGI MESH**

**TUGAS AKHIR**

**Program Studi  
S1 TEKNIK KOMPUTER**

UNIVERSITAS  
**Dinamika**

**Oleh:**

**Afri Maulana Adhar  
17410200007**

---

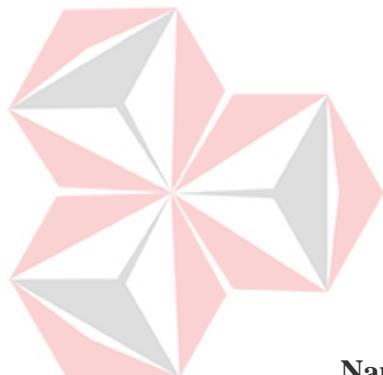
**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA  
UNIVERSITAS DINAMIKA  
2021**

**ANALISIS UNJUK KERJA NODE LORA DENGAN MENGGUNAKAN  
TOPOLOGI MESH**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan**

**Program Sarjana Teknik**



UNIVERSITAS  
**Dinamika**  
Disusun Oleh :

**Nama : Afri Maulana Adhar**

**NIM : 17410200007**

**Program Studi : S1 Teknik Komputer**

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA**

**UNIVERSITAS DINAMIKA**

**2021**

## TUGAS AKHIR

### ANALISIS UNJUK KERJA NODE LORA DENGAN MENGGUNAKAN TOPOLOGI MESH

Dipersiapkan dan disusun oleh

Afri Maulana Adhar

NIM: 17410200007

Telah diperiksa, diuji dan disetujui oleh Dewan Pengaji

Pada: Juli 2021

#### Susunan Dewan Pembahas

##### Pembimbing:

I. Pauladie Susanto, S.Kom., M.T.

NIDN 0729047501

II. Yosefine Triwidayastuti, M.T.

NIDN 0729038504

##### Pembahas:

Dr. Jusak

NIDN 0708017101

Digitally signed by  
Universitas Dinamika  
Date: 2021.07.29  
16:43:40 +07'00'

Digitally signed by  
Universitas  
Dinamika  
Date: 2021.07.29  
14:13:17 +07'00'

Digitally signed  
by Universitas  
Dinamika  
Date: 2021.07.29  
18:13:14 +07'00'

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar sarjana

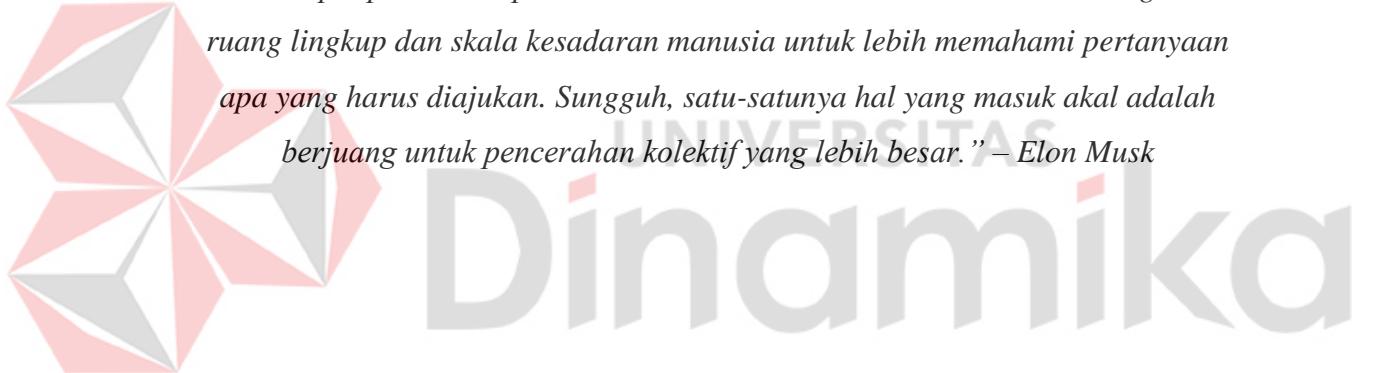
Digitally signed by  
Universitas Dinamika  
Date: 2021.08.02  
07:17:49 +07'00'

Tri Sagirani, S.Kom., M.MT.

NIDN 0731017601

Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika

UNIVERSITAS DINAMIKA



*“Aku sampai pada kesimpulan bahwa kita harus bercita-cita untuk meningkatkan ruang lingkup dan skala kesadaran manusia untuk lebih memahami pertanyaan apa yang harus diajukan. Sungguh, satu-satunya hal yang masuk akal adalah berjuang untuk pencerahan kolektif yang lebih besar.” – Elon Musk*



*Dipersembahkan kepada Bapak, Ibu, serta Keluarga saya atas dukungan, motivasi, dan doa terbaik yang diberikan kepada saya. Beserta semua orang yang selalu membantu, mendukung, memberi masukan, dan memberi motivasi agar tetap berusaha dan belajar agar menjadi lebih baik.*

UNIVERSITAS  
**Dinamika**

**SURAT PERNYATAAN**  
**PERSETUJUAN PUBLIKASI DAN KEASLIAN KARYA ILMIAH**

Sebagai mahasiswa Universitas Dinamika, saya :

Nama : Afri Maulana Adhar  
NIM : 17.41020.0007  
Program Studi : S1 Teknik Komputer  
Fakultas : Fakultas Teknologi dan Informatika  
Jenis Karya : Laporan Tugas Akhir  
Judul Karya : **Analisis Unjuk Kerja Node LoRa Dengan Menggunakan Topologi Mesh**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Seni, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Dinamika Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas seluruh isi/ sebagian karya ilmiah saya tersebut di atas untuk disimpan, dialihmediakan dan dikelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) untuk selanjutnya didistribusikan atau dipublikasikan demi kepentingan akademis dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau sebagai pemilik pencipta dan Hak Cipta
2. Karya tersebut di atas adalah karya asli saya, bukan plagiat baik sebagian maupun keseluruhan. Kutipan, karya atau pendapat orang lain yang ada dalam karya ilmiah ini adalah semata hanya rujukan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka saya
3. Apabila dikemudian hari ditemukan dan terbukti terdapat tindakan plagiat pada karya ilmiah ini, maka saya bersedia untuk menerima pencabutan terhadap gelar kesarjanaan yang telah diberikan kepada saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 28 Juni 2021

Yang menyatakan



**Afri Maulana Adhar**  
NIM : 17.41020.0007

## ABSTRAK

*Low Power Wide Area Non Cellular* (LPWAN) merupakan inovasi berbasis IoT yang memiliki kualitas sebagai inovasi korespondensi jarak jauh yang signifikan dan memiliki kekuatan yang rendah, terutama untuk mengirimkan sedikit informasi. Dalam penelitian ini menggunakan salah satu teknologi LPWAN *Long Range* (LoRa), LoRa memiliki ketahanan terhadap gangguan sinyal-sinyal yang tidak diinginkan yang selalu ada dalam proses pengiriman data pada LoRa yang nantinya dapat menganggu dalam proses penerimaan data atau pengiriman data. Penelitian ini akan melakukan analisis pengiriman data antar *node* LoRa dengan menggunakan topologi *Mesh* dengan mengukur parameter *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Packet Loss*, dan *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) pada ruang terbuka. Oleh karena itu dibuatlah alat menggunakan empat buah *Anchor Node* atau *node* diam dan satu buah *Central Node* atau *node* pusat. Dimana pada *Anchor Node* akan mengirimkan paket berupa ACK, nomor paket, dan data kapasitas penggunaan baterai kepada *Central Node*. Dari beberapa pengujian yang telah dilakukan terdapat hasil yang didapatkan, yaitu pengiriman paket yang dilakukan oleh *Anchor Node* 3 menuju *Central Node* melalui alternatif pertama *Anchor Node* 1 didapatkan hasil persentase *Packet Loss* lebih besar yaitu 34,72% dan persentase PDR lebih kecil yaitu 65,28%. Sedangkan setelah melalui alternatif kedua *Anchor Node* 2 didapatkan hasil persentase *Packet Loss* lebih kecil yaitu 0,28% dan persentase PDR lebih besar yaitu 99,67%. Sedangkan hasil pengiriman paket yang dilakukan oleh *Anchor Node* 1 dan *Anchor Node* 2 didapatkan rata-rata persentase *Packet Loss* sebesar 0,06% dan persentase PDR sebesar 99,94%. Dan hasil pengujian yang dilakukan setiap *Anchor Node* terhadap *Central Node* didapatkan rata-rata RSSI sebesar -87,38 dBm.

**Kata Kunci:** LPWAN, LoRa, *Packet Delivery Ratio*, *Packet Loss*, *Mesh*.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat yang telah diberikan - Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Unjuk Kerja *Node LoRa* dengan menggunakan Topologi *Mesh*”.

Dalam usaha menyelesaikan penulisan Laporan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, karena dengan rahmatnya dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua dan Seluruh Keluarga penulis tercinta yang telah memberikan dorongan dan bantuan baik moral maupun materi sehingga penulis dapat menempuh dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
3. Ibu Tri Sagirani, S.Kom., M.MT. selaku Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika (FTI) Universitas Dinamika.
4. Bapak Pauladie Susanto, S.Kom., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Komputer terima kasih atas bimbingan yang diberikan dan kesempatannya serta tuntunan baik itu materi secara tertulis maupun lisan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Bapak Dr. Jusak selaku Dosen Pembahas atas saran dan masukannya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Pauladie Susanto, S.Kom., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan penuh berupa motivasi, saran, dan wawasan bagi penulis selama pelaksanaan tugas akhir dan pembuatan laporan Tugas Akhir.
7. Ibu Yosefine Triwidayastuti, M.T. selaku dosen pembimbing yang banyak memberikan masukan dan solusi agar tugas akhir ini menjadi lebih baik dan penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman - teman seperjuangan S1 Teknik Komputer angkatan 2017 Universitas Dinamika, yang telah menemani penulis dalam menempuh jenjang program sarjana.
9. Maharani Kerenhapukh Ishak, yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis untuk dapat segera menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Penulis berharap semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat untuk menambah wawasan bagi pembacanya. Penulis juga menyadari dalam penulisan laporan ini banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik untuk memperbaiki kekurangan dan berusaha untuk lebih baik lagi.

Surabaya, 27 Juni 2021

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 <i>Packet Loss</i> .....	4
2.2 <i>Packet Delivery Ratio (PDR)</i> .....	4
2.3 <i>Received Signal Strength Indicator (RSSI)</i> .....	5
2.4 Topologi <i>Mesh</i> .....	5
2.5 Arduino .....	6
2.6 <i>Long Range (LoRa)</i> .....	7
2.7 Modul INA219.....	7
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>8</b>
3.1 Model Perancangan.....	8
3.1.1 <i>Central Node</i> .....	8
3.1.2 <i>Anchor Node</i> .....	8
3.2 Perancangan Perangkat Keras.....	9
3.2.1 Skematik <i>Anchor Node</i> .....	9
3.2.2 Skematik <i>Central Node</i> .....	10
3.3 Perancangan Perangkat Lunak.....	11
3.3.1 Algoritma Sistem <i>Anchor Node 1 &amp; 2</i> .....	11
3.3.2 Algoritma Sistem <i>Anchor Node 3</i> .....	13

3.3.3 Algoritma Sistem <i>Central Node</i> .....	14
3.4 Skenario Pengujian .....	15
3.4.1 Pemetaan Peta Lokasi Pengujian .....	16
3.4.2 Penempatan Lokasi <i>Node</i> .....	16
3.4.3 Sistem Kerja <i>Node</i> .....	17
3.4.4 Diagram Kerja <i>Node</i> .....	19
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1 Sistematika Pengujian.....	23
4.2 Pengujian <i>Anchor Node</i> 1 .....	23
4.3 Pengujian <i>Anchor Node</i> 2 .....	26
4.4 Pengujian <i>Anchor Node</i> 3 .....	28
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>32</b>
5.1 Kesimpulan .....	32
5.2 Saran .....	32
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>34</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>37</b>

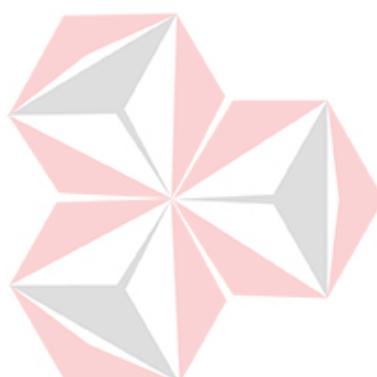


UNIVERSITAS  
**Dinamika**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Arduino Mega .....	6
Gambar 2.2 Modul LoRa .....	7
Gambar 2.3 Modul INA219 .....	7
Gambar 3.1 Model Perancangan .....	8
Gambar 3.2 Skematik <i>Anchor Node</i> .....	9
Gambar 3.3 Hasil Rangkaian <i>Anchor Node</i> .....	10
Gambar 3.4 Skematik <i>Central Node</i> .....	10
Gambar 3.5 Hasil Rangkaian <i>Central Node</i> .....	11
Gambar 3.6 Flowchart <i>Anchor Node 1&amp;2</i> .....	11
Gambar 3.7 Flowchart <i>Anchor Node 3</i> .....	13
Gambar 3.8 Flowchart <i>Central Node</i> .....	14
Gambar 3.9 Skenario Pengujian.....	15
Gambar 3.10 Peta Lokasi dan Letak Setiap <i>Node</i> .....	16
Gambar 3.11 (a) Penempatan <i>Central Node</i> , (b) Penempatan <i>Anchor Node 1</i> .....	17
Gambar 3.12 (a) Penempatan <i>Anchor Node 2</i> , (b) Penempatan <i>Anchor Node 3</i> ..	17
Gambar 3.13 Diagram Kerja <i>Anchor Node 1</i> .....	19
Gambar 3.14 Diagram Kerja <i>Anchor Node 2</i> .....	20
Gambar 3.15 Diagram Kerja <i>Anchor Node 3</i> .....	21
Gambar 3.16 Diagram Kerja <i>Central Node</i> .....	22
Gambar L5. 1 Diagram Proses Komunikasi Data 5 .....	74
Gambar L5. 2 Diagram Proses Komunikasi Data 6.....	74
Gambar L6. 1 Diagram Proses Komunikasi Data 1 .....	75
Gambar L6. 2 Diagram Proses Komunikasi Data 2 .....	75
Gambar L7. 1 Diagram Proses Komunikasi Data 3 .....	76
Gambar L7. 2 Diagram Proses Komunikasi Data 4.....	76
Gambar L8. 1 Diagram Proses Komunikasi Data 7 .....	77
Gambar L8. 2 Diagram Proses Komunikasi Data 8 .....	77
Gambar L9. 1 Diagram Proses Komunikasi Data 9 .....	78
Gambar L9. 2 Diagram Proses Komunikasi Data 10.....	78
Gambar L21. 1 Hasil Turnitin Halaman 1 .....	217

Gambar L21. 2 Hasil Turnitin Halaman 2 .....	218
Gambar L21. 3 Hasil Turnitin Halaman 3 .....	219
Gambar L21. 4 Hasil Turnitin Halaman 4 .....	220
Gambar L21. 5 Hasil Turnitin Halaman 5 .....	221



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kategori <i>Packet Loss</i> .....	4
Tabel 3.1 Pinout <i>Anchor Node</i> .....	9
Tabel 3.2 Pinout <i>Central Node</i> .....	10
Tabel 3.3 Kemampuan <i>Node</i> .....	16
Tabel 3.4 Sistem Kerja <i>Node</i> .....	17
Tabel 3.5 Rancangan Komunikasi .....	18
Tabel 4.1 <i>Anchor Node 1</i> Menuju <i>Central Node</i> .....	24
Tabel 4.2 <i>Anchor Node 1</i> Alternatif <i>Anchor Node 2</i> .....	24
Tabel 4.3 AN-2 Meneruskan AN-1 ke <i>Central Node</i> .....	25
Tabel 4.4 Paket <i>Anchor Node 1</i> Diterima <i>Central Node</i> .....	25
Tabel 4.5 <i>Anchor Node 2</i> Menuju <i>Central Node</i> .....	26
Tabel 4.6 <i>Anchor Node 2</i> Alternatif <i>Anchor Node 1</i> .....	26
Tabel 4.7 AN-1 Meneruskan AN-1 ke <i>Central Node</i> .....	27
Tabel 4.8 Paket <i>Anchor Node 2</i> Diterima <i>Central Node</i> .....	27
Tabel 4.9 <i>Anchor Node 3</i> Alternatif <i>Anchor Node 1</i> .....	28
Tabel 4.10 AN-1 Meneruskan AN-3 ke <i>Central Node</i> .....	29
Tabel 4.11 <i>Anchor Node 3</i> Alternatif <i>Anchor Node 2</i> .....	30
Tabel 4.12 AN-2 Meneruskan AN-3 ke <i>Central Node</i> .....	30
Tabel 4.13 Paket <i>Anchor Node 3</i> Diterima <i>Central Node</i> .....	31
Tabel L10. 1 <i>Anchor Node 1</i> Menuju <i>Central Node</i> Percobaan 7 .....	79
Tabel L10. 2 <i>Anchor Node 1</i> Melalui Alternatif <i>Anchor Node 2</i> Percobaan 7 .....	84
Tabel L10. 3 <i>Anchor Node 2</i> Meneruskan <i>Anchor Node 1</i> Menuju <i>Central Node</i> Percobaan 7 .....	84
Tabel L10. 4 <i>Anchor Node 2</i> Menuju <i>Central Node</i> Percobaan 7 .....	85
Tabel L10. 5 <i>Anchor Node 3</i> Menuju <i>Anchor Node 1</i> Percobaan 7.....	92
Tabel L10. 6 <i>Anchor Node 1</i> Meneruskan <i>Anchor Node 3</i> Menuju <i>Central Node</i> 99	99
Tabel L10. 7 <i>Anchor Node 3</i> Melalui Alternatif <i>Anchor Node 2</i> Percobaan 7 ...	104
Tabel L10. 8 <i>Anchor Node 2</i> Meneruskan <i>Anchor Node 3</i> Menuju <i>Central Node</i> Percobaan 7 .....	106
Tabel L11. 1 Hasil Paket <i>Anchor Node 1</i> Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 7 .	110



Tabel L11. 2 Hasil Paket <i>Anchor Node</i> 2 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 7 .	112
Tabel L11. 3 Hasil Paket <i>Anchor Node</i> 3 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 7 .	116
Tabel L12. 1 Hasil <i>Anchor Node</i> 1 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 1 .....	121
Tabel L12. 2 Hasil <i>Anchor Node</i> 2 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 1 .....	123
Tabel L12. 3 Hasil <i>Anchor Node</i> 3 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 1 .....	127
Tabel L13. 1 Hasil <i>Anchor Node</i> 1 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 2 .....	132
Tabel L13. 2 Hasil <i>Anchor Node</i> 2 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 2 .....	134
Tabel L13. 3 Hasil <i>Anchor Node</i> 3 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 2 .....	138
Tabel L14. 1 Hasil <i>Anchor Node</i> 1 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 3 .....	143
Tabel L14. 2 Hasil <i>Anchor Node</i> 2 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 3 .....	145
Tabel L14. 3 Hasil <i>Anchor Node</i> 3 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 3 .....	149
Tabel L15. 1 Hasil <i>Anchor Node</i> 1 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 4 .....	154
Tabel L15. 2 Hasil <i>Anchor Node</i> 2 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 4 .....	156
Tabel L15. 3 Hasil <i>Anchor Node</i> 3 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 4 .....	160
Tabel L16. 1 Hasil <i>Anchor Node</i> 1 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 5 .....	165
Tabel L16. 2 Hasil <i>Anchor Node</i> 2 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 5 .....	167
Tabel L16. 3 Hasil <i>Anchor Node</i> 3 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 5 .....	171
Tabel L17. 1 Hasil <i>Anchor Node</i> 1 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 6 .....	176
Tabel L17. 2 Hasil <i>Anchor Node</i> 2 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 6 .....	178
Tabel L17. 3 Hasil <i>Anchor Node</i> 3 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 6 .....	182
Tabel L18. 1 Hasil <i>Anchor Node</i> 1 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 8 .....	187
Tabel L18. 2 Hasil <i>Anchor Node</i> 2 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 8 .....	189
Tabel L18. 3 Hasil <i>Anchor Node</i> 3 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 8 .....	193
Tabel L19. 1 Hasil <i>Anchor Node</i> 1 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 9 .....	197
Tabel L19. 2 Hasil <i>Anchor Node</i> 2 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 9 .....	199
Tabel L19. 3 Hasil <i>Anchor Node</i> 3 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 9 .....	203
Tabel L20. 1 Hasil <i>Anchor Node</i> 1 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 10 .....	207
Tabel L20. 2 Hasil <i>Anchor Node</i> 2 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 10 .....	209
Tabel L20. 3 Hasil <i>Anchor Node</i> 3 Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 10 .....	213

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Program <i>Central Node</i> .....	37
Lampiran 2 Program <i>Anchor Node 1</i> .....	43
Lampiran 3 Program <i>Anchor Node 2</i> .....	55
Lampiran 4 Program <i>Anchor Node 3</i> .....	67
Lampiran 5 Diagram Proses Komunikasi Data 5 dan 6.....	74
Lampiran 6 Diagram Proses Komunikasi Data 1 dan 2.....	75
Lampiran 7 Diagram Proses Komunikasi Data 3 dan 4.....	76
Lampiran 8 Diagram Proses Komunikasi Data 7 dan 8.....	77
Lampiran 9 Diagram Proses Komunikasi Data 9 dan 10.....	78
Lampiran 10 Tabel Percobaan 7 .....	79
Lampiran 11 Hasil Paket <i>Anchor Node</i> Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 7 ....	110
Lampiran 12 Hasil Paket <i>Anchor Node</i> Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 1 ....	121
Lampiran 13 Hasil Paket <i>Anchor Node</i> Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 2 ....	132
Lampiran 14 Hasil Paket <i>Anchor Node</i> Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 3 ....	143
Lampiran 15 Hasil Paket <i>Anchor Node</i> Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 4 ....	154
Lampiran 16 Hasil Paket <i>Anchor Node</i> Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 5 ....	165
Lampiran 17 Hasil Paket <i>Anchor Node</i> Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 6 ....	176
Lampiran 18 Hasil Paket <i>Anchor Node</i> Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 8 ....	187
Lampiran 19 Hasil Paket <i>Anchor Node</i> Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 9 ....	197
Lampiran 20 Hasil Paket <i>Anchor Node</i> Diterima <i>Central Node</i> Percobaan 10 ..	207
Lampiran 21 Hasil Turnitin.....	217



UNIVERSITAS  
Pendidikan  
Ganesha

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

*Low Power Wide Area Non Seluler* (LPWAN) merupakan teknologi berbasis IoT yang memiliki karakteristik sebagai teknologi komunikasi jarak jauh dan memiliki daya rendah khususnya untuk pengiriman data kecil. Teknologi modulasi yang digunakan oleh LPWAN dirancang untuk mencapai *link budget* 150 dB. LPWAN dibagi menjadi dua kategori teknologi, yaitu teknologi berbasis 3GPP (LTE-M, EC-GSM dan NB-IoT) dan teknologi *proprietary* atau non-3GPP (SigFox dan LoRa). LoRa memiliki perbedaan dengan jaringan LPWAN lainnya seperti SigFox dan NB-IoT, perbedaan tersebut terletak pada segi *bandwidth* yang dimiliki masing-masing jaringan, pada LoRa memiliki *bandwidth* yang paling besar diantara SigFox dan NB-IoT yaitu sebesar 250 kHz, sedangkan ZigFox memiliki *bandwidth* sebesar 100 kHz dan NB-IoT memiliki *bandwidth* sebesar 200 kHz. Selain itu SigFox dan NB-IoT tidak mendukung *adaptive data rate*, sedangkan LoRa mendukung *adaptive data rate* (Istiana, et al., 2020).

*Long Range* (LoRa) merupakan salah satu media komunikasi berbasis *wireless* yang menyediakan komunikasi jarak jauh dan berdaya rendah. LoRa memiliki ketahanan terhadap gangguan sinyal-sinyal yang tidak diinginkan yang selalu ada dalam proses pengiriman data pada LoRa yang nantinya dapat menganggu dalam proses penerimaan data atau pengiriman data (Huh & Kim, 2019).

Menurut (Adiono, et al., 2015) Topologi *Mesh* memiliki kelebihan, yaitu : fleksibilitas yang tinggi, sistem menjadi *robust*, Perluasan area jangkauan bisa dilakukan menggunakan *device* yang diletakkan diantara jalur yang sudah ada, setiap *node* atau *point* akan berkomunikasi dengan *node* terdekat, dan kehadiran jalur alternatif akan menambah alternatif utilitas *device*. Oleh karena itu topologi *Mesh* menjadi topologi pilihan dalam pengujian ini, yang dimana dalam .

Tugas Akhir ini merupakan sub-topik dari Penelitian Kerjasama Antar Perguruan Tinggi (PKPT) dengan judul “Sistem Komunikasi Jarak Jauh untuk Pelacakan Posisi Pengunjung Tempat Wisata dalam Upaya Peningkatan Keamanan Pariwisata Nasional”. Penempatan lokasi penelitian adalah Lokasi Wisata Air

Panas Pacet Mojokerto, yang dimana termasuk pengelompokan area non-urban atau *rural environment* dengan daerah yang memiliki sistem komunikasi kurang terjangkau dengan baik. Kontribusi Tugas Akhir ini adalah menganalisis *node* diam atau yang disebut *Anchor Node*, yang nantinya digunakan untuk pengiriman data berupa informasi kapasitas baterai yang terpusat pada *node* pusat atau yang disebut *Central Node*.

Menurut (Adiono, et al., 2015) Topologi *Mesh* memiliki kelebihan, yaitu : fleksibilitas yang tinggi, sistem menjadi *robust*, Perluasan area jangkauan bisa dilakukan menggunakan *device* yang diletakkan diantara jalur yang sudah ada, setiap *node* atau *point* akan berkomunikasi dengan *node* terdekat, dan kehadiran jalur alternatif akan menambah alternatif utilitas *device*. Oleh karena itu topologi *Mesh* menjadi topologi pilihan dalam pengujian ini, yang dimana dalam penerapan dari penelitian ini nantinya akan diterapkan pada lokasi dengan jarak antar *node* yang jauh dan menghindari terjadinya kegagalan pengiriman paket menuju *node* pusat dengan adanya jalur alternatif dalam topologi *Mesh*.

Tugas Akhir ini akan melakukan pengujian untuk mengetahui hasil pengiriman data LoRa dengan parameter *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Packet Loss*, dan *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) ketika melakukan transmisi data dari *node* ke *node* dengan topologi *Mesh* pada ruang terbuka.

Pengujian pada Tugas Akhir ini akan menggunakan empat buah *Anchor Node* atau *node* diam dan satu buah *Central Node* atau *node* server yang terhubung secara *multipoint-to-point*. Dimana terdapat tiga buah *Anchor Node* akan mengirimkan data berupa kapasitas baterai dari masing-masing *node* LoRa menuju *node receiver* yaitu satu buah *Central Node*. Keseluruhan *Anchor Node* dan *Central Node* diletakkan pada posisi yang tidak berpindah atau diam. Pengujian ini dapat mempengaruhi nilai dari parameter *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Packet Loss*, dan *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dengan topologi *Mesh* pada ruang terbuka.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam tugas akhir ini adalah bagaimana menguji unjuk kerja pengiriman data dari

*Anchor Node* menuju ke *Central Node* menggunakan beragam jalur topologi *Mesh* dengan parameter uji *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Packet Loss*, dan *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) ?

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, pembahasan masalah dibatasi pada beberapa hal berikut:

1. Menggunakan topologi *Mesh* sebagai topologi dasar dalam pengujian.
2. LoRa yang digunakan adalah *End Device LoRa* dengan frekuensi 920Mhz.
3. Dalam proses pengujian sistem adalah di lingkungan ruang terbuka.
4. Tipe *node* yang digunakan adalah tipe *node* yang tidak bergerak atau diam.
5. Parameter yang digunakan untuk melakukan analisis adalah PDR, *Packet Loss* dan RSSI.
6. Data yang ditransmisikan adalah kapasitas baterai *Anchor Node* dalam satuan milliAmpere-Hour (mAh).

### 1.4 Tujuan

Berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah di atas, dalam Tugas Akhir ini didapatkan tujuan yaitu untuk mengetahui hasil uji unjuk kerja pengiriman data dari *Anchor Node* menuju ke *Central Node* menggunakan beragam jalur topologi *Mesh* dengan parameter uji *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Packet Loss*, dan *Received Signal Strength Indicator* (RSSI).

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui hasil uji unjuk kerja pengiriman data dari *Anchor Node* menuju ke *Central Node* menggunakan beragam jalur topologi *Mesh* pada lingkungan ruang terbuka.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Packet Loss*

Menurut (Sukmandhani, 2020) *Packet Loss* merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan.

Tabel 2.1 Kategori *Packet Loss*

Kategori Degredasi	Packet Loss (%)	Indeks
Sangat Bagus	0 – 2	4
Bagus	3 – 14	3
Sedang	15 – 24	2
Jelek	> 25	1

(Sumber: Sukmandhani, 2020)

Menurut (Putra, et al., 2019) *Packet loss* merupakan banyaknya suatu paket yang hilang pada saat dilakukan proses transmisi yang disebabkan oleh tabrakan, penuhnya kapasitas ketika melakukan pengiriman data dan penurunan paket yang disebabkan oleh habisnya TTL (*Time to Live*) paket. Berikut merupakan rumus untuk mencari nilai dari *Packet Loss*:

$$\text{Packet loss : } \frac{\text{Paket data dikirim} - \text{Paket data diterima}}{\text{Paket data yang dikirim}} \times 100 \%$$

#### 2.2 *Packet Delivery Ratio* (PDR)

Menurut (Dy, et al., 2015) PDR (*Packet Delivery Ratio*) adalah banyaknya paket yang diterima selama proses transmisi ke tujuan. Paket diterima ketika satu atau lebih paket data yang melewati suatu jaringan dan berhasil sampai tujuan. Rumus untuk menghitung nilai PDR adalah:

$$\text{PDR : } \frac{Pr}{Ps} \times 100 \% \\ 0 \leq t \leq T$$

Dimana:

Pr = Paket yang diterima (paket)

- Ps = Paket yang dikirim (paket)  
 T = Waktu simulasi (detik)  
 t = Waktu pengambilan sampel (detik)

### **2.3 Received Signal Strength Indicator (RSSI)**

Menurut (Sahu, et al., 2013) RSSI merupakan teknologi yang digunakan untuk mengukur indikator kekuatan sinyal yang diterima oleh sebuah perangkat *wireless*. Namun, pemetaan langsung dari nilai RSSI yang berdasarkan jarak memiliki banyak keterbatasan, karena pada dasarnya, RSSI rentan terhadap *noise*, *multi-path fading*, gangguan, dan lain sebagainya yang mengakibatkan fluktuasi besar dalam kekuatan yang diterima.

Menurut (Puspitasari, 2014) RSSI merupakan teknologi yang digunakan untuk mengukur indikator kekuatan sinyal yang diterima oleh sebuah perangkat *wireless*. RSSI merupakan daya yang diterima oleh perangkat *wireless* pada receiver yang menunjukkan variasi yang besar karena adanya pengaruh *fading* dan *shadowing*. Pengukuran RSSI ini menggunakan nilai spesifik untuk setiap vendor sehingga penilaian antara vendor yang satu dengan yang lainnya berbeda. Rumus untuk menghitung rata-rata RSSI adalah:

$$\text{rata - rata RSSI} : \frac{\text{Jumlah Nilai RSSI}}{\text{Jumlah RSSI}}$$

### **2.4 Topologi Mesh**

Menurut (Eril, 2020) Topologi *Mesh* merupakan sebuah jaringan komputer yang mana untuk bentuk koneksi antara perangkat komputer akan saling berhubungan secara langsung pada satu jaringan saja. Anda harus tahu bahwa untuk topologi jenis ini atau seringkali disebut sebagai topologi jala, untuk masing-masing komputer hanya ada pada satu dalam jaringan bisa berkomunikasi secara langsung. Hal ini dikarenakan jaringan saling terhubung pada satu sama lain atau hal ini seringkali disebut sebagai *dedicated link*. Secara umum topologi ini sengaja dibuat pada jaringan dengan skala yang tidak terlalu besar, namun membutuhkan komunikasi antara perangkat dalam waktu yang lebih cepat.

## 2.5 Arduino

Menurut (Arifin, et al., 2016) Arduino adalah platform pembuatan prototipe elektronik yang bersifat *open-source hardware* yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino ditujukan bagi para seniman, desainer, dan siapapun yang tertarik dalam menciptakan objek atau lingkungan yang interaktif.

Menurut (Rahman, et al., 2019) Arduino diciptakan untuk para pemula bahkan yang tidak memiliki basic bahasa pemrograman sama sekali karena menggunakan bahasa C++ yang telah dipermudah melalui *library*. Arduino menggunakan *Software Processing* yang digunakan untuk menulis program kedalam Arduino. *Processing* sendiri merupakan penggabungan antara bahasa C++ dan Java. *Software Arduino* ini dapat di-install di berbagai *operating system* (OS) seperti: LINUX, Mac OS, Windows. *Software IDE* Arduino terdiri dari 3 (tiga) bagian:

1. *Editor program*, untuk menulis dan mengubah program dalam bahasa *processing*. *Listing program* pada Arduino disebut *sketch*.
2. *Compiler*, modul yang berfungsi mengubah bahasa *processing* (kode program) kedalam kode biner karena kode biner adalah satu-satunya bahasa program yang dipahami oleh mikrokontroler.
3. *Uploader*, modul yang berfungsi memasukkan kode biner kedalam memori mikrokontroler.

Struktur perintah pada arduino secara garis besar terdiri dari 2 (dua) bagian yaitu *void setup* dan *void loop*. *Void setup* berisi perintah yang akan dieksekusi hanya satu kali sejak arduino dihidupkan sedangkan *void loop* berisi perintah yang akan dieksekusi berulang-ulang selama arduino dinyalakan.



Gambar 2.1 Arduino Mega

## 2.6 Long Range (LoRa)

LoRa (*Long Range*) merupakan teknik modulasi *spread spectrum* yang berasal dari teknologi *chirp spread spectrum* (CSS). LoRa juga bisa disebut sebagai *platform* nirkabel berdaya panjang jarak jauh yang telah menjadi teknologi untuk jaringan *Internet of Things* (IoT) di seluruh dunia. (Bor, et al., 2016)

Pada bidang IoT, LoRa digunakan untuk komunikasi M2M (*Machine To Machine*). Dengan adanya LoRa, sensor-sensor dapat berinteraksi langsung dengan manusia atau mesin dimana saja dan kapan saja. LoRa mempunyai fitur *Geolocation* yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan suatu benda tanpa biaya. selain itu, LoRa mengkonsumsi daya yang rendah. Konsumsi daya yang dibutuhkan hanya berkisar 13mA hingga 15mA. Sehingga baterai dapat bertahan dari 10 hingga 20 tahun. Satu unit LoRa dapat memancarkan sinyal hingga 100km. penggunaan LoRa terbilang aman karena sudah tertanam *end-to-end* Enkripsi AES128.

(Khutsoane, et al., 2018)



Gambar 2.2 Modul LoRa

## 2.7 Modul INA219

Menurut (Ajie, 2019) Sensor INA219 merupakan sensor yang berfungsi untuk mengukur 2 parameter sekaligus yaitu tegangan (volt) dan arus (ampere). Tegangan yang dapat diukur yaitu sampai 26v sedangkan untuk arusnya sampai 3,2A. Untuk komunikasinya sensor ini menggunakan I2C yaitu SDA dan SCL.

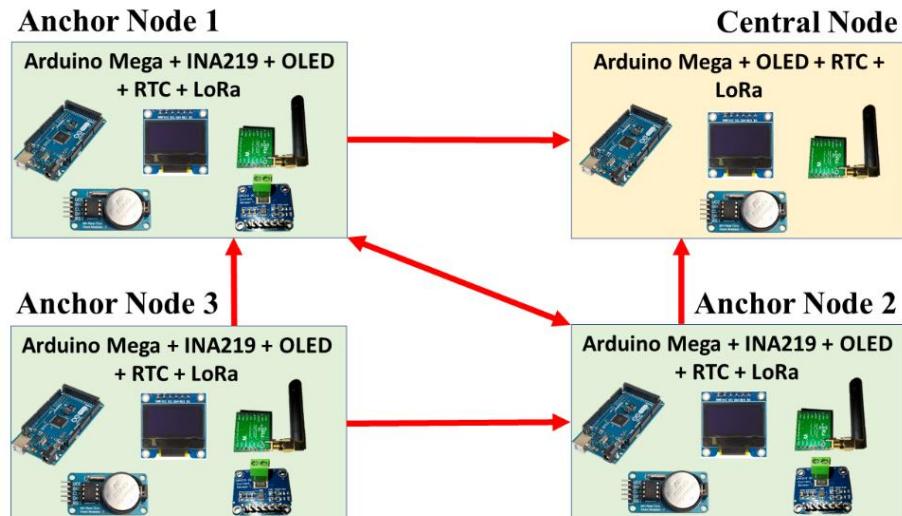


Gambar 2.3 Modul INA219

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Model Perancangan



Gambar 3.1 Model Perancangan

Pada Gambar 3.1, Dalam pengujian ini menggunakan topologi *half Mesh* dikarenakan letak dari masing-masing *node* adalah bersifat diam. Didapatkan beberapa bagian yang memiliki tugas masing-masing, berikut daftar dan penjelasan setiap bagian yang ada pada topologi yang telah dibuat.

##### 3.1.1 *Central Node*

Pada Tugas Akhir ini *Central Node* atau *node* pusat berfungsi sebagai perangkat yang melakukan terima data dari perangkat *Anchor Node*, kemudian nilai kapasitas baterai yang diterima dari masing-masing *Anchor Node* akan ditampilkan pada layar OLED. Adapun mekanisme dari fungsi yang terdapat pada *Central Node* bisa dilihat pada diagram alir *Central Node* pada Gambar 3.8.

##### 3.1.2 *Anchor Node*

Pada Tugas Akhir ini *Anchor Node* atau *node* diam berfungsi sebagai perangkat yang mengirim dan meneruskan data kepada *Central Node*, serta pada *Anchor Node* juga dapat melakukan pengambilan data kapasitas baterai yang kemudian dikirimkan ke *node* tujuannya. Selain itu *Anchor Node* juga dapat menampilkan data pada layar OLED. Adapun mekanisme dari fungsi yang terdapat

pada *Anchor Node* bisa dilihat pada diagram alir *Anchor Node* pada Gambar 3.6 dan Gambar 3.7.

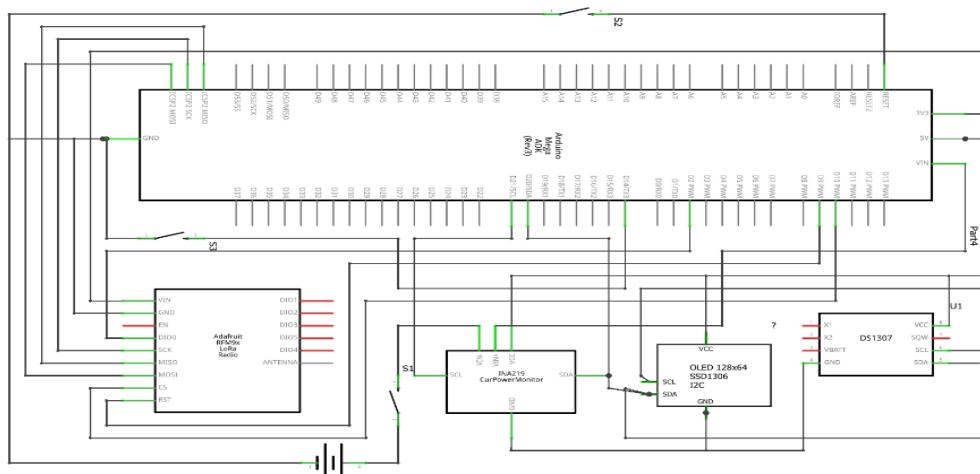
### 3.2 Perancangan Perangkat Keras

#### 3.2.1 Skematik *Anchor Node*

Pada komponen *Anchor Node* menggunakan *hardware* yang terdiri dari: Arduino Mega, Modul LoRa, OLED, RTC, dan Modul INA219, seperti pada Tabel 3.1. Pada *Anchor Node* terdapat rangkaian sensor yang difungsikan sebagai pembacaan nilai kapasitas baterai yang nantinya data tersebut akan dikirimkan ke *Central Node* untuk dilakukan pemantauan. Pada proses transmisi data, setiap *Anchor Node* telah diatur berdasarkan waktu kirim masing-masing kepada *Central Node* dengan menggunakan Modul *Real Time Clock* (RTC).

Tabel 3.1 Pinout *Anchor Node*

Pin LoRa	Pin OLED	Pin RTC	Pin INA219	Pin Arduino Mega
-	VCC	VCC	VCC	5 V
GND	GND	GND	GND	GND
VIN	-	-	-	3,3 V
DIO0	-	-	-	D2
MISO	-	-	-	ICSP MISO
MOSI	-	-	-	ICSP MOSI
SCK	-	-	-	ICSP SCK
NSS	-	-	-	D10
RST	-	-	-	D9
-	SDA	SDA	SDA	D20/SDA
-	SCL	SCL	SCL	D21/SCL



Gambar 3.2 Skematik *Anchor Node*

Hasil dari perancangan skematik *Anchor Node* yang telah dipadukan menjadi sebuah perangkat jadi berbentuk kotak hitam dilihat pada Gambar 3.3.



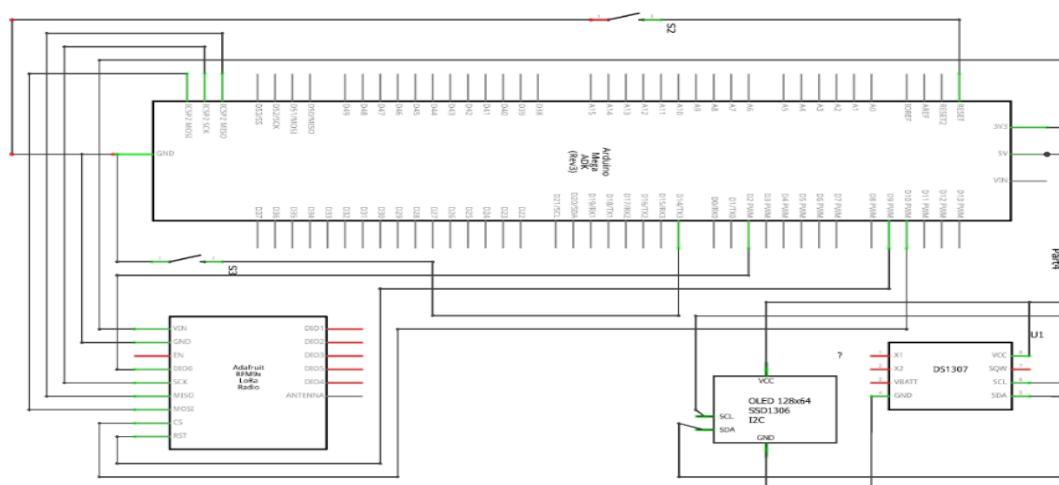
Gambar 3.3 Hasil Rangkaian *Anchor Node*

### 3.2.2 Skematik *Central Node*

Pada komponen *Central Node* menggunakan hardware yang terdiri dari: Arduino Mega, Modul LoRa, Modul *Real Time Clock* (RTC), dan Layar OLED, seperti pada Tabel 3.2. Pada *Central Node* terdapat Layar OLED yang berfungsi untuk menampilkan data kapasitas baterai yang diterima dari setiap *Anchor Node*.

Tabel 3.2 Pinout *Central Node*

Pin LoRa	Pin OLED	Pin RTC	Pin Arduino Mega
-	VCC	VCC	5 V
GND	GND	GND	GND
VIN	-	-	3,3 V
DIO0	-	-	D2
MISO	-	-	ICSP MISO
MOSI	-	-	ICSP MOSI
SCK	-	-	ICSP SCK
NSS	-	-	D10
RST	-	-	D9
-	SDA	SDA	D20/SDA
-	SCL	SCL	D21/SCL



Gambar 3.4 Skematik *Central Node*

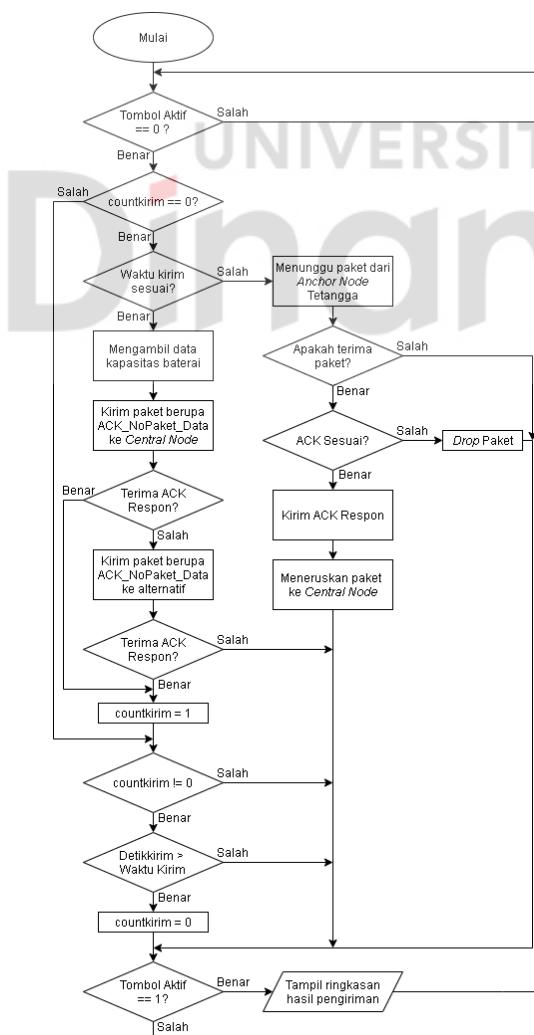
Hasil dari perancangan skematik *Central Node* yang telah dipadukan menjadi sebuah perangkat jadi berbentuk kotak hitam dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Hasil Rangkaian *Central Node*

### 3.3 Perancangan Perangkat Lunak

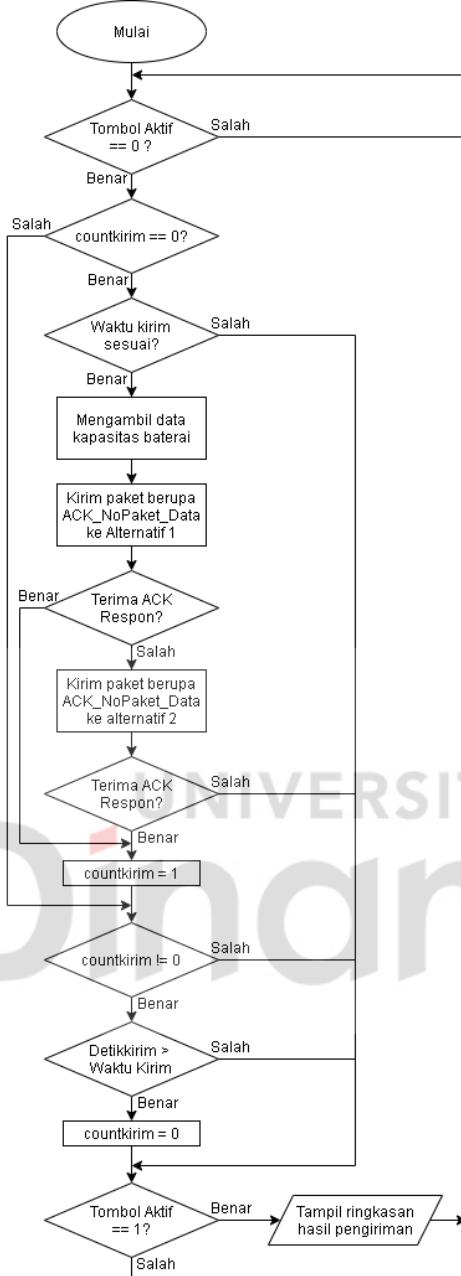
#### 3.3.1 Algoritma Sistem *Anchor Node* 1 & 2



Gambar 3.6 Flowchart *Anchor Node* 1&2

Pada Gambar 3.6 menjelaskan algoritma pada sistem *Anchor Node* 1 dan *Anchor Node* 2 dimulai dari cek kondisi tombol aktif, selanjutnya jika ada perubahan kondisi dari tombol aktif menjadi bernilai 1 maka program akan menampilkan ringkasan hasil pengiriman paket pada serial monitor, namun apabila tombol aktif tetap bermilai 0 maka akan melanjutkan pada cek kondisi status kirim. Jika status kirim bernilai 1 maka artinya *Anchor Node* telah mengirim paket ke *node* tujuan, namun jika bernilai 0 artinya *Anchor Node* belum mengirim paket ke *node* tujuan. Apabila bernilai benar selanjutnya cek kondisi waktu kirim. Jika waktu kirim bernilai benar, maka *Anchor Node* akan mengambil data kapasitas baterai untuk kemudian dikirim menuju *Central Node* berupa ACK\_NoPaket\_Data, kemudian jika mendapatkan Respon ACK status kirim akan berubah nilai menjadi 1 dan program akan kembali pada cek kondisi tombol aktif. Namun jika dalam waktu 2000ms tidak mendapatkan ACK Respon dari *Central Node*, maka *Anchor Node* akan mengirimkan paket ke jalur alternatif atau melalui *Anchor Node* tetangga. Lalu cek kondisi apakah mendapatkan ACK Respon dari *Anchor Node* tetangga, jika tidak maka program kembali pada cek kondisi waktu kirim namun jika mendapatkan respon maka status kirim akan bernilai 1 dan program akan kembali pada cek tombol aktif. Kemudian jika cek kondisi waktu kirim tidak sesuai, maka status kirim bernilai 0 dan *Anchor Node* akan menunggu paket dari *Anchor Node* tetangga. Jika tidak mendapatkan paket program akan kembali pada cek tombol aktif, namun jika mendapatkan paket maka *Anchor Node* akan mengirim ACK Respon dan meneruskan paket ke tujuan atau *Central Node*. kemudian jika tidak mendapat respon dari *Central Node*, *Anchor Node* akan drop paket dan kembali pada cek tombol aktif. Sebaliknya jika mendapat respon dari *Central Node* maka program langsung kembali pada cek tombol aktif.

### 3.3.2 Algoritma Sistem *Anchor Node 3*

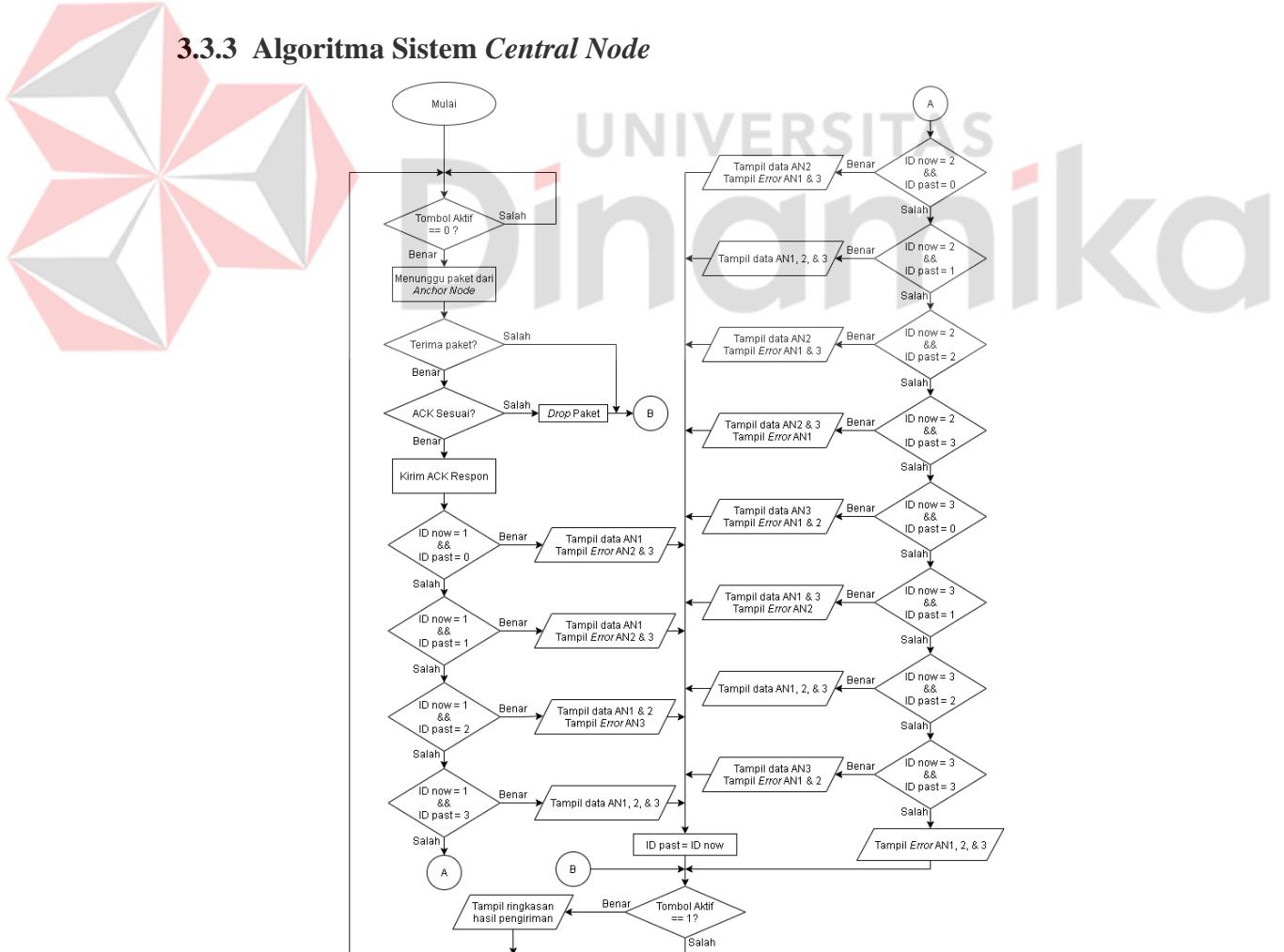


Gambar 3.7 Flowchart *Anchor Node 3*

Pada Gambar 3.7 menjelaskan algoritma pada sistem *Anchor Node 3* dimulai dari cek kondisi tombol aktif, jika bernilai 0 selanjutnya jika ada perubahan kondisi dari tombol aktif menjadi bernilai 1 maka program akan menampilkan ringkasan hasil pengiriman paket pada serial monitor, namun jika tombol aktif tetap bermilai 0 maka akan melanjutkan pada cek kondisi status kirim. Jika status kirim bernilai 1 maka artinya *Anchor Node 3* telah mengirim paket ke *node* tujuan, namun jika bernilai 0 artinya *Anchor Node* belum mengirim paket ke *node* tujuan. Apabila

bernilai benar maka akan melanjutkan pada cek kondisi waktu kirim. Jika waktu kirim bernilai benar, maka *Anchor Node* akan mengambil data kapasitas baterai untuk kemudian dikirim menuju alternatif pertama atau melalui *Anchor Node* 1 berupa ACK\_NoPaket\_Data, kemudian jika mendapatkan Respon ACK maka status kirim akan bernilai 1 dan program akan kembali pada cek kondisi tombol aktif. Namun jika dalam waktu 2000ms tidak mendapatkan ACK Respon dari *Anchor Node* 1, maka *Anchor Node* 3 akan mengirimkan paket ke jalur alternatif kedua atau melalui *Anchor Node* 2. Lalu cek kondisi apakah mendapatkan ACK Respon dari *Anchor Node* 2, jika tidak maka program kembali pada cek kondisi waktu kirim namun jika mendapatkan respon maka status kirim akan bernilai 1 dan program akan kembali pada cek tombol aktif. Kemudian jika cek kondisi waktu kirim tidak sesuai, maka status kirim akan bernilai 0 dan program akan kembali pada cek kondisi tombol aktif.

### 3.3.3 Algoritma Sistem *Central Node*

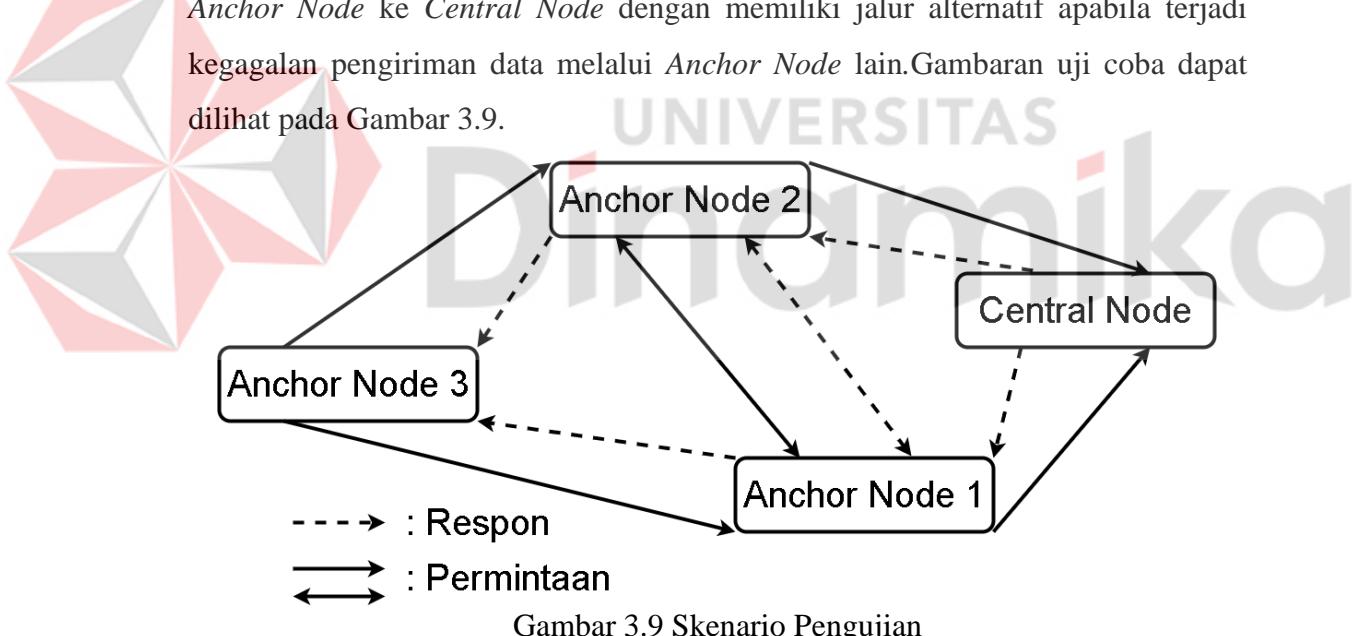


Gambar 3.8 Flowchart Central Node

Pada Gambar 3.8 menjelaskan algoritma pada sistem *Central Node* dimulai dari cek kondisi tombol aktif, jika bernilai 0 selanjutnya jika ada perubahan kondisi dari tombol aktif menjadi bernilai 1 maka program akan menampilkan ringkasan hasil pengiriman paket pada serial monitor, namun jika tombol tetap bernilai 0 maka *Central Node* akan menunggu paket dari *Anchor Node*. Jika tidak mendapat paket program kembali pada cek tombol aktif, namun jika mendapatkan paket maka selanjutnya mengirim ACK Respon kemudian menampilkan data baterai *Anchor Node* pada layar OLED sesuai cek kondisi ID yang tepat. Lalu menyimpan ID saat ini atau ID *Now* pada variabel ID sebelumnya atau ID *Past*, kemudian kembali pada cek kondisi tombol aktif.

### 3.4 Skenario Pengujian

Pada Pengujian ini skenario uji coba dilakukan dengan mengirim paket dari *Anchor Node* ke *Central Node* dengan memiliki jalur alternatif apabila terjadi kegagalan pengiriman data melalui *Anchor Node* lain. Gambaran uji coba dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Skenario Pengujian

Pada skenario diatas, dapat dijelaskan bahwa *Anchor Node 1* dan *Anchor Node 2* dapat mengirim paket secara langsung kepada *Central Node*, hanya *Anchor Node 3* yang tidak dapat mengirim paket secara langsung kepada *Central Node*. Oleh karena itu *Anchor Node 3* dalam proses pengiriman paket ke *Central Node* diharuskan melalui 2 alternatif, yaitu *Anchor Node 1* dan *Anchor Node 2*.

Tabel 3.3 Kemampuan Node

Kemampuan	Anchor Node 1 & 2	Anchor Node 3	Central Node
Kirim Paket	✓	✓	-
Terima Paket	✓	-	✓
Kirim Respon	✓	-	✓
Teruskan Paket	✓	-	-

Pada Tabel 3.3 menunjukkan 4 kemampuan dari *node*, yaitu: kirim paket, terima paket, kirim respon, dan teruskan paket. *Anchor Node 1 & 2* memiliki keempat kemampuan tersebut, sedangkan *Anchor Node 3* hanya memiliki kemampuan kirim paket. *Central Node* sebagai *node* pusat memiliki dua kemampuan, yaitu: terima paket dan kirim respon.

### 3.4.1 Pemetaan Peta Lokasi Pengujian

Adapun pengujian dilakukan dengan memberikan jarak antar *node*, jarak tersebut yaitu sebagai berikut: *Anchor Node 1* dan *Anchor Node 2* adalah 153 meter, *Anchor Node 1* dan *Anchor Node 3* adalah 180 meter, *Anchor Node 1* dan *Central Node* adalah 141 meter, *Anchor Node 2* dan *Anchor Node 3* adalah 100 meter, kemudian *Anchor Node 2* dan *Central Node* adalah 227 meter. Gambaran peta lokasi dan penempatan setiap *node* dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Peta Lokasi dan Letak Setiap Node

### 3.4.2 Penempatan Lokasi Node

Adapun penempatan setiap node pada pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 3.11 dan Gambar 3.12. Adapun lokasi pengujian dilakukan di Pasar Induk Puspa Agro Sidoarjo.



Gambar 3.11 (a) Penempatan *Central Node*, (b) Penempatan *Anchor Node 1*



Gambar 3.12 (a) Penempatan *Anchor Node 2*, (b) Penempatan *Anchor Node 3*

### 3.4.3 Sistem Kerja *Node*

Adapun dalam pengujian ini dapat dilihat sebuah sistem kerja setiap node seperti pada Tabel 3.4, dimana setiap *Anchor Node* memiliki tujuan pengiriman paket yang sama yaitu menuju *Central Node*. Namun setiap *Anchor Node* memiliki jalur alternatif masing-masing yang dimana difungsikan apabila mengalami kegagalan pengiriman data ke *node* tujuan. *Anchor Node 1* dan *Anchor Node 2* masing-masing memiliki waktu kirim dan waktu terima yang telah ditentukan seperti pada Tabel 3.4. Berbeda dengan *Anchor Node 3* yang hanya memiliki pengaturan waktu kirim dan tidak memiliki pengaturan waktu terima dikarenakan *Anchor Node 3* tidak difungsikan sebagai *node* penerima atau *node* alternatif.

Tabel 3.4 Sistem Kerja *Node*

Anchor Node 1				
Tujuan	Alternatif	Prioritas Alternatif	Waktu Kirim (Detik)	Waktu Terima (Detik)
Central Node	Anchor Node 2	1	0-15	16-59

Anchor Node 2				
Tujuan	Alternatif	Prioritas Alternatif	Waktu Kirim (Detik)	Waktu Terima (Detik)
Central Node	Anchor Node 1	1	20-35	36-59 & 0-19
Anchor Node 3				
Tujuan	Alternatif	Prioritas Alternatif	Waktu Kirim (Detik)	Waktu Terima (Detik)
Central Node	Anchor Node 1	1	40-55	-
	Anchor Node 2	2		

Pembagian waktu kirim dan waktu terima seperti pada Tabel 3.4 dalam topologi *mesh* ini difungsikan untuk mengatur lalu lintas pengiriman paket agar tidak terjadi tabrakan paket oleh *node* penerima. Setiap *Anchor Node* memiliki waktu kirim selama 16 detik dan memiliki waktu terima selama 44 detik, namun berbeda dengan *Anchor Node 3* yang tidak memiliki waktu terima karena tidak memiliki kemampuan menerima dan meneruskan paket dari *node* tetangga. Setiap *Anchor Node* hanya dapat mengirim satu paket menuju *Central Node* dalam satu periode, yang dimana satu periode kirimnya adalah 1 menit. Pengaturan waktu seperti pada Tabel 3.4 didasarkan pada kebutuhan penelitian yang hanya bertujuan mengirimkan informasi kapasitas baterai, yang dimana hanya perlu mengirim informasi setiap beberapa waktu sekali.

Tabel 3.5 Rancangan Komunikasi

Central Node			
ACK Permintaan	Tujuan Permintaan	ACK Respon	Tujuan Respon
-	-	CN1	Anchor Node 1
		CN2	Anchor Node 2
		CN3	Anchor Node 3
Anchor Node 1			
ACK Permintaan	Tujuan Permintaan	ACK Respon	Tujuan Respon
1A	Central Node	AN1B	Anchor Node 2
1B	Anchor Node 2	AN1C	Anchor Node 3
Anchor Node 2			
ACK Permintaan	Tujuan Permintaan	ACK Respon	Tujuan Respon
2A	Central Node	AN2B	Anchor Node 1
2B	Anchor Node 1	AN2C	Anchor Node 3

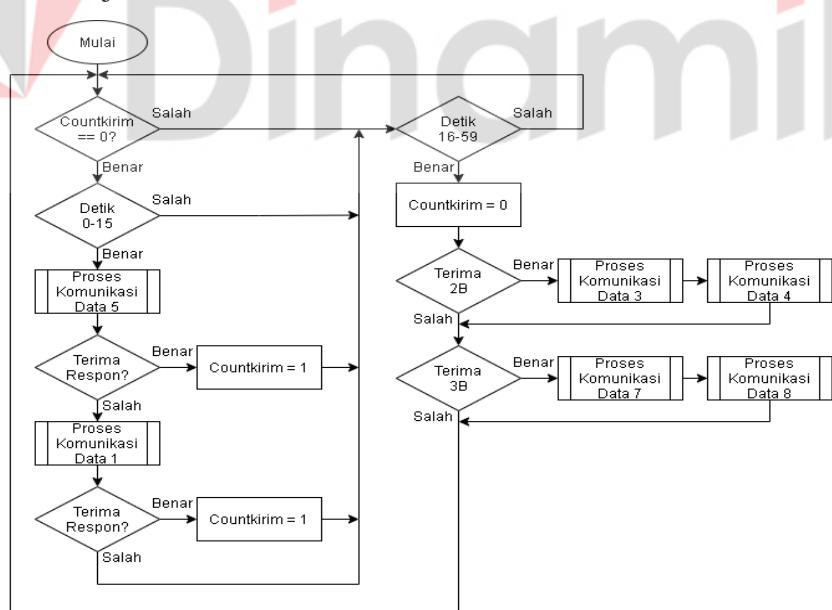
Anchor Node 3			
ACK Permintaan	Tujuan Permintaan	ACK Respon	Tujuan Respon
3A	Central Node		
3B	Anchor Node 1	-	-
3C	Anchor Node 2		

Pada proses komunikasi antar *node* memerlukan sebuah ACK yang difungsikan sebagai Permintaan dan Respon dalam pengiriman dan penerimaan paket, adapun perancangan ACK Permintaan dan ACK Respon dapat dilihat pada Tabel 3.5.

#### 3.4.4 Diagram Kerja Node

Pada sistem kerja setiap *node* memiliki beberapa kemungkinan jalur pengiriman paket yang dapat dipilih seperti yang telah dijelaskan pada Tabel 3.4. untuk menjelaskan sistem kerja setiap *node* telah dijelaskan pada diagram kerja sebagai berikut:

##### 1. Diagram Kerja Anchor Node 1.

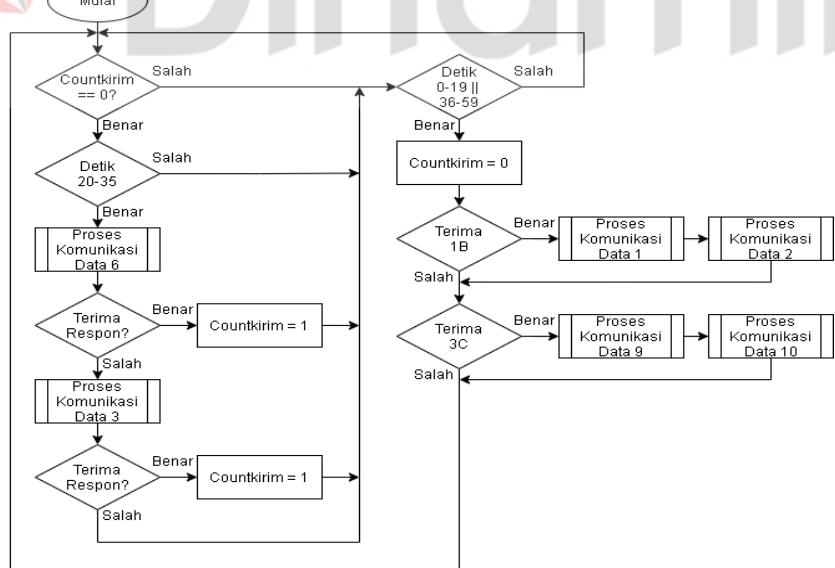


Gambar 3.13 Diagram Kerja Anchor Node 1

Pada bagian ini merupakan komunikasi antara *Anchor Node 1* dengan *Anchor Node 2*, *Anchor Node 3*, dan *Central Node*. Dalam diagram kerja *Anchor Node 1* terdapat 6 Proses Komunikasi Data, yaitu: Proses Komunikasi Data 5, Proses Komunikasi Data 1, Proses Komunikasi Data 3, Proses Komunikasi Data 4, Proses

Komunikasi Data 7, dan Proses Komunikasi Data 8. Proses Komunikasi Data 5 adalah proses komunikasi data antara *Anchor Node* 1 dengan *Central Node* yang dimana *Anchor Node* 1 mengirim paket menuju *Central Node* seperti pada Gambar L5.1. Proses Komunikasi Data 1 adalah proses komunikasi data antara *Anchor Node* 1 dengan *Anchor Node* 2 yang dimana *Anchor Node* 1 mengirim paket melalui alternatif *Anchor Node* 2 seperti pada Gambar L6.1. Proses Komunikasi Data 3 adalah proses komunikasi data antara *Anchor Node* 1 dengan *Anchor Node* 2 yang dimana *Anchor Node* 1 menerima paket dari *Anchor Node* 2 seperti pada Gambar L7.1. Proses Komunikasi Data 4 adalah proses komunikasi data antara *Anchor Node* 1 dengan *Central Node* yang dimana *Anchor Node* 1 meneruskan paket *Anchor Node* 2 menuju *Central Node* seperti pada Gambar L7.2. Proses Komunikasi Data 7 adalah proses komunikasi data antara *Anchor Node* 1 dengan *Anchor Node* 3 yang dimana *Anchor Node* 1 menerima paket dari *Anchor Node* 3 seperti pada Gambar L8.1. Proses Komunikasi Data 8 adalah proses komunikasi data antara *Anchor Node* 1 dengan *Central Node* yang dimana *Anchor Node* 1 meneruskan paket *Anchor Node* 3 menuju *Central Node* seperti pada Gambar L8.2.

## 2. Diagram Kerja *Anchor Node* 2.

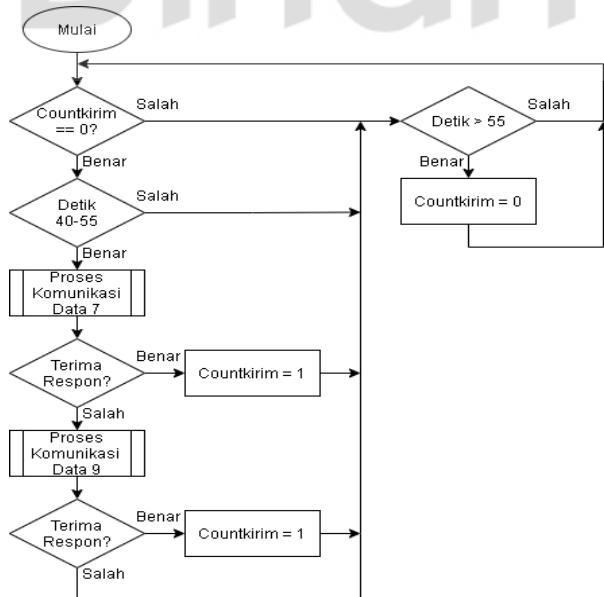


Gambar 3.14 Diagram Kerja *Anchor Node* 2

Pada bagian ini merupakan komunikasi antara *Anchor Node* 2 dengan *Anchor Node* 1, *Anchor Node* 3, dan *Central Node*. Dalam diagram kerja *Anchor Node* 2 terdapat 6 Proses Komunikasi Data, yaitu: Proses Komunikasi Data 6, Proses

Komunikasi Data 3, Proses Komunikasi Data 1, Proses Komunikasi Data 2, Proses Komunikasi Data 9, dan Proses Komunikasi Data 10. Proses Komunikasi Data 6 adalah proses komunikasi data antara *Anchor Node* 2 dengan *Central Node* yang dimana *Anchor Node* 2 mengirim paket menuju *Central Node* seperti pada Gambar L5.2. Proses Komunikasi Data 3 adalah proses komunikasi data antara *Anchor Node* 2 dengan *Anchor Node* 1 yang dimana *Anchor Node* 2 mengirim paket melalui alternatif *Anchor Node* 1 seperti pada Gambar L7.1. Proses Komunikasi Data 1 adalah proses komunikasi data antara *Anchor Node* 2 dengan *Anchor Node* 1 yang dimana *Anchor Node* 2 menerima paket dari *Anchor Node* 1 seperti pada Gambar L6.1. Proses Komunikasi Data 2 adalah proses komunikasi data antara *Anchor Node* 2 dengan *Central Node* yang dimana *Anchor Node* 2 meneruskan paket *Anchor Node* 1 menuju *Central Node* seperti pada Gambar L6.2. Proses Komunikasi Data 9 adalah proses komunikasi data antara *Anchor Node* 2 dengan *Anchor Node* 3 yang dimana *Anchor Node* 2 menerima paket dari *Anchor Node* 3 seperti pada Gambar L9.1. Proses Komunikasi Data 10 adalah proses komunikasi data antara *Anchor Node* 2 dengan *Central Node* yang dimana *Anchor Node* 2 meneruskan paket *Anchor Node* 3 menuju *Central Node* seperti pada Gambar L9.2.

### 3. Diagram Kerja *Anchor Node* 3.

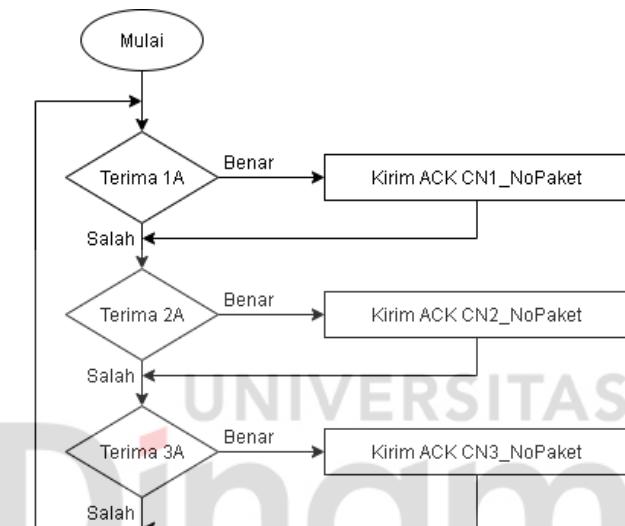


Gambar 3.15 Diagram Kerja *Anchor Node* 3

Pada bagian ini merupakan komunikasi antara *Anchor Node* 3 dengan *Anchor Node* 1 dan *Anchor Node* 2. Dalam diagram kerja *Anchor Node* 3 terdapat 2 Proses

Komunikasi Data, yaitu: Proses Komunikasi Data 7 dan Proses Komunikasi Data 9. Proses Komunikasi Data 7 adalah proses komunikasi data antara *Anchor Node* 3 dengan *Anchor Node* 1 yang dimana *Anchor Node* 3 mengirim paket menuju *Central Node* melalui alternatif pertama *Anchor Node* 1 seperti pada Gambar L8.1. Proses Komunikasi Data 9 adalah proses komunikasi data antara *Anchor Node* 3 dengan *Anchor Node* 2 yang dimana *Anchor Node* 3 mengirim paket melalui alternatif kedua *Anchor Node* 2 seperti pada Gambar L9.1.

#### 4. Diagram Kerja *Central Node*.



Gambar 3.16 Diagram Kerja *Central Node*

Pada bagian ini merupakan komunikasi antara *Central Node* dengan *Anchor Node*. yang dimana *Central Node* menunggu paket dengan ACK 1A untuk *Anchor Node* 1, ACK 2A untuk *Anchor node* 2, dan ACK 3A untuk *Anchor Node* 3. Apabila *Central Node* mendapatkan ACK Permintaan sesuai, maka *Central Node* akan mengirimkan ACK Respon serta nomor paket kepada *Anchor Node* pengirim. ACK Respon CN1 untuk *Anchor Node* 1, ACK Respon CN2 untuk *Anchor Node* 2, ACK Respon CN3 untuk *Anchor Node* 3.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Sistematika Pengujian**

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap tiga perangkat *Anchor Node* yaitu *Anchor Node 1*, *Anchor Node 2*, dan *Anchor Node 3*, terhadap pengiriman data menuju perangkat tujuan yaitu *Central Node* dengan beragam jalur alternatif. Proses komunikasi data antara *Anchor Node* dengan *Anchor Node* disebut sebagai proses komunikasi data *hop-to-hop*, sedangkan proses komunikasi data antara *Anchor Node* pengirim awal dengan *Central Node* disebut sebagai proses komunikasi data *end-to-end*. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan yang dimana dalam setiap percobaannya dilakukan selama 2 jam dengan melalui mekanisme sebagai berikut:

1. *Anchor Node 1* aktif dalam kurang atau lebih 40 menit pertama, tidak aktif dalam kurang atau lebih 40 menit berikutnya, dan aktif kembali dalam kurang atau lebih 40 menit terakhir.
2. *Central Node*, *Anchor Node 2* dan *Anchor Node 3* aktif selama 2 jam penuh.

*Anchor Node 1* sengaja tidak diaktifkan secara manual selama 40 menit untuk menguji unjuk kerja jalur alternatif *Anchor Node 3* yang memiliki alternatif pertama yaitu *Anchor Node 1* dan alternatif kedua yaitu *Anchor Node 2*, yang dimana hasil tersebut dapat terlihat dari nilai *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Packet Loss*, dan *Received Signal Strength Indicator* (RSSI).

#### **4.2 Pengujian *Anchor Node 1***

Pada pengujian ini merupakan pengujian *Anchor Node 1* terhadap *node* yang lain dalam proses pengiriman paket menuju *Central Node*. dalam keseluruhan percobaan didapatkan hasil sebagai berikut:

1. *Anchor Node 1* Menuju *Central Node*.

Tabel 4.1 *Anchor Node 1* Menuju *Central Node*

Anchor Node 1 Menuju Central Node							
No.	Percobaan ke-	Paket Kirim	Paket Terima	PDR (%)	Packet Loss (%)	Rerata RSSI Respon (dBm)	Rerata RSSI Permintaan (dBm)
1	1	82	82	100,00	0,00	-81,5	-80,2
2	2	81	81	100,00	0,00	-81,9	-80,5
3	3	81	81	100,00	0,00	-81,3	-79,8
4	4	81	81	100,00	0,00	-82,1	-81,0
5	5	85	81	95,29	4,71	-85,2	-84,5
6	6	81	81	100,00	0,00	-85,7	-84,6
7	7	84	81	96,43	3,57	-86,5	-85,5
8	8	81	80	98,77	1,23	-85,5	-84,2
9	9	79	78	98,73	1,27	-83,3	-82,1
10	10	68	67	98,53	1,47	-83,7	-82,4
Rerata				98,78	1,23	-83,7	-82,5

Berdasarkan Tabel 4.1 didapatkan hasil rata-rata komunikasi data antara *Anchor Node 1* menuju *Central Node* yaitu sebagai berikut: *Packet Delivery Ratio* sebesar 98,78%, *Packet Loss* sebesar 1,23%, *RSSI Respon* sebesar -83,7 dBm, dan *RSSI Permintaan* sebesar -82,5 dBm.

2. *Anchor Node 1* Alternatif *Anchor Node 2*.

Tabel 4.2 *Anchor Node 1* Alternatif *Anchor Node 2*

Anchor Node 1 Alternatif Anchor Node 2							
No.	Percobaan ke-	Paket Kirim	Paket Terima	PDR (%)	Packet Loss (%)	Rerata RSSI Respon (dBm)	Rerata RSSI Permintaan (dBm)
1	5	4	4	100,00	0,00	-86,0	-87,3
2	7	3	2	66,67	33,33	-93,5	-96,0
3	8	1	1	100,00	0,00	-85,0	-96,0
4	9	1	1	100,00	0,00	-87,0	-87,0
5	10	1	1	100,00	0,00	-87,0	-87,0
Rerata				93,33	6,67	-87,7	-90,7

Berdasarkan Tabel 4.2 didapatkan hasil rata-rata komunikasi data antara *Anchor Node 1* menuju *Central Node* melalui alternatif *Anchor Node 2* yaitu sebagai

berikut: *Packet Delivery Ratio* sebesar 93,33%, *Packet Loss* sebesar 6,67%, RSSI Respon sebesar -87,7 dBm, dan RSSI Permintaan sebesar -90,7 dBm.

### 3. *Anchor Node 2 Meneruskan Anchor Node 1 ke Central Node.*

Tabel 4.3 AN-2 Meneruskan AN-1 ke *Central Node*

Anchor Node 2 Meneruskan ke Central Node							
No.	Percobaan ke-	Paket Kirim	Paket Terima	PDR (%)	Packet Loss (%)	Rerata RSSI Respon (dBm)	Rerata RSSI Permintaan (dBm)
1	5	4	4	100,00	0,00	-93,5	-97,3
2	7	2	2	100,00	0,00	-96,0	-99,0
3	8	1	1	100,00	0,00	-92,0	-98,0
4	9	1	1	100,00	0,00	-94,0	-98,0
5	10	1	1	100,00	0,00	-88,0	-93,0
Rerata				100,00	0,00	-92,7	-97,1

Berdasarkan Tabel 4.3 didapatkan hasil rata-rata komunikasi data antara *Anchor Node 2* meneruskan menuju *Central Node* yaitu sebagai berikut: *Packet Delivery Ratio* sebesar 100%, *Packet Loss* sebesar 0%, RSSI Respon sebesar -92,7 dBm dan RSSI Permintaan sebesar -97,1 dBm.

### 4. Paket *Anchor Node 1* Diterima *Central Node*.

Tabel 4.4 Paket *Anchor Node 1* Diterima *Central Node*

Paket Anchor Node 1 Diterima Central Node					
No.	Percobaan ke-	Paket Kirim	Paket Terima	PDR (%)	Packet Loss (%)
1	1	82	82	100,00	0,00
2	2	81	81	100,00	0,00
3	3	81	81	100,00	0,00
4	4	81	81	100,00	0,00
5	5	85	85	100,00	0,00
6	6	81	81	100,00	0,00
7	7	84	83	98,81	1,19
8	8	81	81	100,00	0,00
9	9	79	79	100,00	0,00
10	10	120	120	100,00	0,00
Rerata				99,88	0,12

Berdasarkan Tabel 4.4 didapatkan hasil rata-rata komunikasi data keseluruhan dari *Anchor Node 1* menuju *Central Node* dan melalui jalur alternatif

*Anchor Node 2* yaitu sebagai berikut: *Packet Delivery Ratio* sebesar 99,88% dan *Packet Loss* sebesar 0,12%.

### 4.3 Pengujian *Anchor Node 2*

Pada pengujian ini merupakan pengujian *Anchor Node 2* terhadap *node* yang lain dalam proses pengiriman paket menuju *Central Node*. dalam keseluruhan percobaan didapatkan hasil sebagai berikut:

1. *Anchor Node 2* Menuju *Central Node*.

Tabel 4.5 *Anchor Node 2* Menuju *Central Node*

Anchor Node 2 Menuju Central Node							
No.	Percobaan ke-	Paket Kirim	Paket Terima	PDR (%)	Packet Loss (%)	Rerata RSSI Respon (dBm)	Rerata RSSI Permintaan (dBm)
1	1	123	122	99,19	0,81	-93,8	-91,9
2	2	121	121	100,00	0,00	-87,3	-85,8
3	3	121	121	100,00	0,00	-88,0	-86,6
4	4	121	121	100,00	0,00	-96,8	-94,9
5	5	122	122	100,00	0,00	-93,6	-92,5
6	6	121	121	100,00	0,00	-95,1	-93,7
7	7	121	121	100,00	0,00	-95,6	-94,1
8	8	120	120	100,00	0,00	-92,6	-91,5
9	9	121	121	100,00	0,00	-94,3	-93,1
10	10	120	120	100,00	0,00	-89,1	-88,1
Rerata				99,92	0,08	-92,6	-91,2

Berdasarkan Tabel 4.5 didapatkan hasil rata-rata komunikasi data antara *Anchor Node 2* menuju *Central Node* yaitu sebagai berikut: *Packet Delivery Ratio* sebesar 99,92%, *Packet Loss* sebesar 0,08%, *RSSI Respon* sebesar -92,6 dBm, dan *RSSI Permintaan* sebesar -91,2 dBm.

2. *Anchor Node 2* Alternatif *Anchor Node 1*.

Tabel 4.6 *Anchor Node 2* Alternatif *Anchor Node 1*

Anchor Node 2 Alternatif Anchor Node 1							
No.	Percobaan ke-	Paket Kirim	Paket Terima	PDR (%)	Packet Loss (%)	Rerata RSSI Respon (dBm)	Rerata RSSI Permintaan (dBm)
1	1	1	1	100,00	0,00	-82,0	-81,0

Anchor Node 2 Alternatif Anchor Node 1							
No.	Percobaan ke-	Paket Kirim	Paket Terima	PDR (%)	Packet Loss (%)	Rerata RSSI Respon (dBm)	Rerata RSSI Permintaan (dBm)
Rerata		100,00		0,00	-82,0	-81,0	

Berdasarkan Tabel 4.6 didapatkan hasil rata-rata komunikasi data antara *Anchor Node 2* menuju *Central Node* melalui alternatif *Anchor Node 1* yaitu sebagai berikut: *Packet Delivery Ratio* sebesar 100%, *Packet Loss* sebesar 0%, *RSSI Respon* sebesar -82,0 dBm, dan *RSSI Permintaan* sebesar -81,0 dBm.

### 3. *Anchor Node 1* Meneruskan *Anchor Node 2* ke *Central Node*.

Tabel 4.7 AN-1 Meneruskan AN-1 ke Central Node

Anchor Node 1 Meneruskan ke Central Node							
No.	Percobaan ke-	Paket Kirim	Paket Terima	PDR (%)	Packet Loss (%)	Rerata RSSI Respon (dBm)	Rerata RSSI Persmintaan (dBm)
1	1	1	1	100,00	0,00	-81,0	-75,0
Rerata		100,00		0,00	-81,0	-75,0	

Berdasarkan Tabel 4.7 didapatkan hasil rata-rata komunikasi data antara *Anchor Node 1* meneruskan menuju *Central Node* yaitu sebagai berikut: *Packet Delivery Ratio* sebesar 100%, *Packet Loss* sebesar 0%, *RSSI Respon* sebesar -81,0 dBm, dan *RSSI Permintaan* sebesar -75,0 dBm.

### 4. Paket *Anchor Node 2* Diterima *Central Node*.

Tabel 4.8 Paket *Anchor Node 2* Diterima *Central Node*

Paket Anchor Node 2 Diterima Central Node					
No.	Percobaan ke-	Paket Kirim	Paket Terima	PDR (%)	Packet Loss (%)
1	1	123	123	100,00	0,00
2	2	121	121	100,00	0,00
3	3	121	121	100,00	0,00
4	4	121	121	100,00	0,00
5	5	122	122	100,00	0,00
6	6	121	121	100,00	0,00
7	7	121	121	100,00	0,00
8	8	120	120	100,00	0,00
9	9	121	121	100,00	0,00

Paket Anchor Node 2 Diterima Central Node					
No.	Percobaan ke-	Paket Kirim	Paket Terima	PDR (%)	Packet Loss (%)
10	10	120	120	100,00	0,00
	Rerata			100,00	0,00

Berdasarkan Tabel 4.8 didapatkan hasil rata-rata komunikasi data keseluruhan dari *Anchor Node 2* menuju *Central Node* dan melalui jalur alternatif *Anchor Node 1* yaitu sebagai berikut: *Packet Delivery Ratio* sebesar 100% dan *Packet Loss* sebesar 0%.

#### 4.4 Pengujian *Anchor Node 3*

Pada pengujian ini merupakan pengujian *Anchor Node 2* terhadap *node* yang lain dalam proses pengiriman paket menuju *Central Node*. dalam keseluruhan percobaan didapatkan hasil sebagai berikut:

##### 1. *Anchor Node 3* Alternatif *Anchor Node 1*.

Tabel 4.9 *Anchor Node 3* Alternatif *Anchor Node 1*

Anchor Node 3 Menuju Anchor Node 1							
No.	Percobaan ke-	Paket Kirim	Paket Terima	PDR (%)	Packet Loss (%)	Rerata RSSI Respon (dBm)	Rerata RSSI Permintaan (dBm)
1	1	122	82	67,21	32,79	-87,1	-87,3
2	2	121	81	66,94	33,06	-87,3	-87,7
3	3	121	80	66,11	33,89	-87,5	-87,6
4	4	121	79	65,29	34,71	-87,2	-87,6
5	5	122	82	67,21	32,79	-87,6	-88,0
6	6	122	79	65,29	34,71	-90,0	-90,4
7	7	121	80	66,12	33,88	-89,2	-89,5
8	8	120	79	65,83	34,17	-88,8	-88,9
9	9	121	80	66,12	33,88	-89,6	-89,5
10	10	120	68	56,67	43,33	-90,0	-89,9
	Rerata			65,28	34,72	-88,4	-88,6

Berdasarkan Tabel 4.9 didapatkan hasil rata-rata komunikasi data antara *Anchor Node 3* menuju *Central Node* melalui alternatif *Anchor Node 1* yaitu sebagai berikut: *Packet Delivery Ratio* sebesar 65,28%, *Packet Loss* sebesar 34,72%, RSSI Respon sebesar -88,4 dBm, dan RSSI Permintaan sebesar -88,6 dBm.

Hasil pengiriman paket dari *Anchor Node 3* melalui alternatif *Anchor Node 1* didapatkan *Packet Loss* yang lebih besar dan *Packet Delivery Ratio* lebih kecil dikarenakan dalam setiap periode kirim *Anchor Node 3* menuju ke *Central Node* selalu melalui alternatif pertama yaitu *Anchor Node 1*, sedangkan *Anchor Node 1* dalam sistematika pengujinya sengaja tidak diaktifkan dalam 40 menit. Oleh karena itu didapatkan *Packet Loss* yang besar terhadap *Anchor Node 1*, namun paket yang hilang tersebut akan dialihkan melalui alternatif kedua yaitu *Anchor Node 2* untuk diteruskan menuju *Central Node*.

## 2. *Anchor Node 1* Meneruskan *Anchor Node 3* ke *Central Node*.

Tabel 4.10 AN-1 Meneruskan AN-3 ke *Central Node*

Anchor Node 1 Meneruskan ke Central Node								
No.	Percobaan ke-	Paket Kirim	Paket Terima	PDR (%)	Packet Loss (%)	Rerata RSSI Respon (dBm)	Rerata RSSI Permintaan (dBm)	
1	1	82	82	100,00	0,00	-81,5	-80,1	
2	2	81	81	100,00	0,00	-81,8	-80,5	
3	3	80	80	100,00	0,00	-81,2	-79,7	
4	4	79	79	100,00	0,00	-82,1	-81,1	
5	5	82	82	100,00	0,00	-85,1	-83,8	
6	6	79	78	98,73	1,27	-85,7	-84,7	
7	7	80	80	100,00	0,00	-86,6	-85,3	
8	8	79	79	100,00	0,00	-85,4	-83,9	
9	9	80	80	100,00	0,00	-83,2	-81,9	
10	10	68	68	100,00	0,00	-83,7	-82,2	
Rerata				99,87	0,13	-83,6	-82,3	

Berdasarkan Tabel 4.10 didapatkan hasil rata-rata komunikasi data antara *Anchor Node 1* meneruskan menuju *Central Node* yaitu sebagai berikut: *Packet Delivery Ratio* sebesar 99,87%, *Packet Loss* sebesar 0,13%, RSSI Respon sebesar -83,6 dBm, dan RSSI Permintaan sebesar -82,3 dBm.

### 3. Anchor Node 3 Alternatif Anchor Node 2.

Tabel 4.11 Anchor Node 3 Alternatif Anchor Node 2

Anchor Node 3 Alternatif Anchor Node 2								
No.	Percobaan ke-	Paket Kirim	Paket Terima	PDR (%)	Packet Loss (%)	Rerata RSSI Respon (dBm)	Rerata RSSI Permintaan (dBm)	
1	1	40	40	100,00	0,00	-72,2	-72,8	
2	2	40	40	100,00	0,00	-63,0	-63,7	
3	3	41	41	100,00	0,00	-63,7	-64,3	
4	4	42	42	100,00	0,00	-63,6	-64,6	
5	5	40	40	100,00	0,00	-64,8	-65,6	
6	6	42	42	100,00	0,00	-72,5	-73,0	
7	7	41	41	100,00	0,00	-71,2	-72,8	
8	8	41	41	100,00	0,00	-72,2	-71,1	
9	9	41	41	100,00	0,00	-58,9	-59,2	
10	10	52	52	100,00	0,00	-57,9	-58,0	
Rerata				100,00	0,00	-66,0	-66,5	

Berdasarkan Tabel 4.11 didapatkan hasil rata-rata komunikasi data antara *Anchor Node 3* menuju *Central Node* melalui alternatif *Anchor Node 2* yaitu sebagai berikut: *Packet Delivery Ratio* sebesar 100%, *Packet Loss* sebesar 0%, *RSSI Respon* sebesar -66,0 dBm, dan *RSSI Permintaan* sebesar -66,5 dBm.

### 4. Anchor Node 2 Meneruskan Anchor Node 3 ke Central Node.

Tabel 4.12 AN-2 Meneruskan AN-3 ke Central Node

Anchor Node 2 Meneruskan ke Central Node								
No.	Percobaan ke-	Paket Kirim	Paket Terima	PDR (%)	Packet Loss (%)	Rerata RSSI Respon (dBm)	Rerata RSSI Permintaan (dBm)	
1	1	40	40	100,00	0,00	-93,8	-97,0	
2	2	40	40	100,00	0,00	-87,3	-90,9	
3	3	41	41	100,00	0,00	-88,0	-91,4	
4	4	42	41	97,62	2,38	-96,9	-99,8	
5	5	40	40	100,00	0,00	-93,6	-97,3	
6	6	42	42	100,00	0,00	-94,8	-98,6	
7	7	41	41	100,00	0,00	-95,6	-99,3	
8	8	41	41	100,00	0,00	-92,2	-96,1	
9	9	41	39	95,12	4,88	-94,6	-98,5	
10	10	52	52	100,00	0,00	-89,0	-93,1	
Rerata				99,27	0,73	-92,6	-96,2	

Berdasarkan Tabel 4.12 didapatkan hasil rata-rata komunikasi data antara *Anchor Node 2* meneruskan menuju *Central Node* yaitu sebagai berikut: *Packet Delivery Ratio* sebesar 99,87%, *Packet Loss* sebesar 0,13%, RSSI Respon sebesar -83,6 dBm, dan RSSI Permintaan sebesar -82,3 dBm.

##### 5. Paket *Anchor Node 3* Diterima *Central Node*.

**Tabel 4.13 Paket *Anchor Node 3* Diterima *Central Node***

Paket <i>Anchor Node 3</i> Diterima <i>Central Node</i>					
No.	Percobaan ke-	Paket Kirim	Paket Terima	PDR (%)	Packet Loss (%)
1	1	122	122	100,00	0,00
2	2	122	121	100,00	0,00
3	3	121	121	100,00	0,00
4	4	121	120	99,17	0,83
5	5	122	122	100,00	0,00
6	6	121	120	99,17	0,83
7	7	121	121	100,00	0,00
8	8	120	120	100,00	0,00
9	9	121	119	98,35	1,15
10	10	120	120	100,00	0,00
		Rerata		99,67	0,28

Berdasarkan Tabel 4.13 didapatkan hasil rata-rata komunikasi data keseluruhan dari *Anchor Node 3* menuju *Central Node* atau komunikasi data *end-to-end* setelah melalui jalur alternatif *Anchor Node 1* sebagai prioritas pertama dan alternatif *Anchor Node 2* sebagai prioritas kedua yaitu sebagai berikut: *Packet Delivery Ratio* sebesar 99,67% dan *Packet Loss* sebesar 0,28%.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Hasil dari beberapa pengujian unjuk kerja *node LoRa* yang telah dilakukan terdapat beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Perbandingan hasil pengiriman paket *hop-to-hop* yang dilakukan oleh *Anchor Node 3* menuju *Central Node* melalui alternatif pertama *Anchor Node 1* didapatkan hasil persentase *Packet Loss* lebih besar yaitu 34,72% dan persentase *Packet Delivery Ratio* lebih kecil yaitu 65,28%. Sedangkan pengiriman paket *end-to-end* setelah melalui alternatif kedua *Anchor Node 2* atau seluruh paket *Anchor Node 3* yang diterima oleh *Central Node* didapatkan hasil persentase *Packet Loss* lebih kecil yaitu 0,28% dan persentase *Packet Delivery Ratio* lebih besar yaitu 99,67%.
2. Pada hasil pengiriman paket yang dilakukan oleh *Anchor Node 1* dan *Anchor Node 2* didapatkan rata-rata persentase *Packet Loss* sebesar 0,06% dan persentase *Packet Delivery Ratio* sebesar 99,94%.
3. Dari hasil pengujian yang dilakukan setiap *Anchor Node* terhadap *Central Node* didapatkan rata-rata RSSI sebesar -87,38 dBm.
4. Alternatif *node* dapat bekerja dengan baik apabila terjadi kegagalan pengiriman paket menuju *node tujuan*.

#### 5.2 Saran

Saran untuk pengembangan penelitian yang lebih baik. Terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Memperbarui sistem komunikasi dengan topologi *full Mesh*.
2. Menambahkan sistem penyimpanan data pada perangkat memori sehingga *Node LoRa* dapat beroperasi tanpa terhubung pada komputer atau laptop menggunakan kabel serial.
3. Dalam sistem komunikasi pada penelitian ini tidak dapat mengetahui apabila terjadi kerusakan data yang ditransmisikan, akan lebih baik jika dapat ditambahkan pengaturan untuk mengetahui kerusakan data atau *Checking Error*.

4. Dalam penelitian ini menggunakan protokol komunikasi statis, yang memiliki kelemahan rumitnya pengaturan *node* apabila dilakukan penambahan *node* yang jauh lebih banyak. Sehingga akan lebih mudah apabila menggunakan protokol komunikasi dinamis.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adiono, T., Putra, R. V. W., Fathany, M. Y. & Adijarto, W., 2015. Desain Sistem Rumah Cerdas berbasis Topologi Mesh dan Protokol Wireless Sensor Network yang Efisien. *Informatika, Sistem Kendali, dan Komputer*, pp. 65-72.
- Ajie, 2019. *Cara Penggunaan Sensor INA219 pada Arduino*. [Online] Available at: <http://indomaker.com/index.php/2019/08/28/cara-penggunaan-sensor-in219-pada-arduino/> [Diakses 26 Juni 2021].
- Arifin, J., Zulita, L. N. & Hermawansyah, 2016. Perancangan Muottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroller Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Infotama*, pp. 89-98.
- Bor, M., Vidler, J. & Roedig, U., 2016. LoRa for the Internet of Things. *Embedded Wireless Systems and Networks (EWSN)*, pp. 361-366.
- Dy, J. F., Jusak & Triwidayastuti, Y., 2015. Analisis Perbandingan Protocol Routing AD HOC untuk Jaringan Berskala Besar. *Journal of Control Network Systems (JCONES)*, pp. 100-105.
- Eril, 2020. *Pengertian Topologi Mesh Serta Kelebihan dan Kekurangannya*. [Online] Available at: <https://qwords.com/blog/pengertian-topologi-mesh-serta-kelebihan-dan-kekurangannya/>
- Huh, H. & Kim, J. Y., 2019. LoRa-based Mesh Network for IoT Applications. *IEEE*, pp. 533-536.
- Istiana, T., Mardyansyah, R. Y. & Dharmawan, G. S. B., 2020. Kajian Pemanfaatan IoT Berbasis LPWAN untuk Jaringan Akuisisi Data ARG. *Elektron Jurnal Ilmiah*, pp. 1-6.
- Khutsoane, O., Isong, B. & Abu-Mahfouz, A. M., 2018. IoT Devices and Applications based on. *IEEE*, pp. 1-6.
- Puspitasari, N. F., 2014. Analisis RSSI (Receive Signal Strength Indicator) Terhadap Ketinggian Perangkat Wi-Fi di Lingkungan Indoor. *Jurnal Ilmiah Dasi*, pp. 32-38.
- Putra, D. S., Bogi, N. & Mayasari, R., 2019. Rancang Bangun Smart Lighting dan Monitoring Kondisi Lampu Jalan Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan LoRa. *e-Proceeding of Engineering*, pp. 4748-4755.

- Rahman, F., Myson & Yandra, F. E., 2019. Rancang Bangun Buka Tutup Pintu Otomatis dengan Menggunakan Arduino UNO/MEGA 2560. *Journal of Electrical Power Control and Automation*, pp. 6-10.
- Sahu, P. K., Wu, E. H.-K. & Sahoo, J., 2013. DuRT: Dual RSSI Trend Based Localization for Wireless Sensor Networks. *IEEE*, pp. 3115-3123.
- Sukmandhani, A. A., 2020. *QoS (Quality of Services)*. [Online] Available at: <https://onlinelearning.binus.ac.id/computer-science/post/qos-quality-of-services/>

