

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Proyek Akhir.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Proyek Akhir .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Studi Pustaka .....	6
2.2 Dasar Teori.....	9
2.2.1 Distribusi Tenaga listrik.....	9
2.2.2 Transformator Distribusi.....	10
2.2.3 Keseimbangan beban trafo .....	11
2.2.4 <i>Internet of Things</i> .....	12
2.2.5 LoRaWAN (Long Range Wide Area Network).....	13
2.2.6 Gateway LoRaWAN.....	15

2.2.7	Broker MQTT.....	16
2.2.8	Mikrokontroler Arduino Uno .....	17
2.2.9	Development Board ESP32 + RFM-95.....	20
2.2.10	Sensor ZMPT101B .....	24
2.2.11	Sensor SCT-013.....	24
2.2.12	LCD 20 x 4.....	26
2.2.13	Baterai Lippo 3S .....	26
2.2.14	Antares .....	27
2.2.15	Node-RED .....	29
2.2.16	Arduino Ide.....	30
2.2	Hipotesis .....	31
<b>BAB III METODE PROYEK AKHIR.....</b>		<b>33</b>
3.1	Bahan .....	33
3.2	Peralatan.....	33
3.2.1	Laptop .....	33
3.3	Tahapan Proyek Akhir .....	34
3.4	Perancangan Alat.....	36
3.4.1	Perancangan Sistem.....	36
3.4.2	Perancangan Perangkat Keras.....	37
3.4.3	Perancangan Perangkat Lunak.....	39
3.4.4	Perancangan <i>Dashboard</i> .....	42
3.5	Analisis Data.....	45
3.5.1	Analisis Pengukuran Besaran Arus dan Tegangan Listrik .....	45
3.5.2	Analisis <i>Packet Loss</i> .....	45
3.5.3	Analisis <i>Received Signal Strength Indicator</i> (RSSI) .....	46
3.5.4	Analisis <i>Signal Noise Ratio</i> (SNR) .....	46
3.5.5	Analisis Pembebanan Transformator ( <i>Full Load</i> ) .....	47
3.5.6	Analisis Penyaluran dan Susut Daya .....	47
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>49</b>
4.1	Hasil .....	49
4.2	Pengujian Perangkat Keras .....	50
4.2.1	Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B.....	50

4.2.2	Pengujian Sensor Arus SCT-013 .....	51
4.3	Hasil Pengujian Perangkat Lunak .....	52
4.3.1	Pengujian LoRa.....	52
4.3.2	Pengujian Visualisasi <i>Dashboard</i> .....	55
4.3.3	Pengujian Pengambilan Data Transformator .....	56
4.4	Pembahasan .....	62
4.4.1	Pembahasan Keakuratan Sensor ZMPT101B .....	62
4.4.2	Pembahasan Keakuratan Sensor SCT013.....	63
4.4.3	Pembahasan Pengiriman Data dari Alat Sistem Monitoring ke <i>Gateway</i> LoRa .....	64
4.4.4	Pembahasan Nilai <i>Packet Loss</i> Menggunakan komunikasi LoRa .....	64
4.4.5	Pembahasan Nilai RSSI Menggunakan Komunikasi LoRa.....	65
4.4.6	Pembahasan Nilai <i>Signal Noise Ratio</i> Menggunakan Komunikasi LoRa.....	66
4.4.7	Pembahasan Pengiriman Data dari <i>Gateway</i> ke <i>Website</i> .....	67
4.4.8	Pembahasan Data Transformator 50 kVA.....	67
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>		<b>70</b>
5.1	KESIMPULAN .....	70
5.2	SARAN .....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>71</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>74</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1. Distribusi Tenaga Listrik .....</b>	<b>9</b>
<b>Gambar 2.2. Transformator Distribusi .....</b>	<b>10</b>
<b>Gambar 2.3. Vektor Diagram Arus .....</b>	<b>12</b>
<b>Gambar 2.4. Internet of Things.....</b>	<b>12</b>
<b>Gambar 2.5. LoRaWAN .....</b>	<b>13</b>
<b>Gambar 2.6. Kelas LoRaWAN .....</b>	<b>14</b>
<b>Gambar 2.7. Gateway LoRaWAN .....</b>	<b>15</b>
<b>Gambar 2.8. Antares MQTT .....</b>	<b>16</b>
<b>Gambar 2.9. Arduino Uno .....</b>	<b>18</b>
<b>Gambar 2.10. Atmega328P .....</b>	<b>18</b>
<b>Gambar 2.11. Pin Out Arduino Uno.....</b>	<b>19</b>
<b>Gambar 2.12. Antares Lynx 32 DevBoard .....</b>	<b>20</b>
<b>Gambar 2.13. ESP32 PinOut .....</b>	<b>21</b>
<b>Gambar 2.14. RFM-95 .....</b>	<b>22</b>
<b>Gambar 2.15. Sensor ZMPT101B .....</b>	<b>24</b>
<b>Gambar 2.16. Sensor SCT-013 .....</b>	<b>25</b>
<b>Gambar 2.17. LCD 20 x 4 .....</b>	<b>26</b>
<b>Gambar 2.18. Lippo 3s .....</b>	<b>26</b>
<b>Gambar 2.19. Webiste Antares.id .....</b>	<b>27</b>
<b>Gambar 2.20. Jangkauan LoRa Antares.....</b>	<b>29</b>
<b>Gambar 2.21. Flow diagram Nod-RED .....</b>	<b>29</b>
<b>Gambar 2.22. Arduino IDE .....</b>	<b>30</b>
<b>Gambar 3.1. Laptop Macbook Air M1.....</b>	<b>33</b>
<b>Gambar 3.2. Diagram alir Alur Penelitian.....</b>	<b>34</b>
<b>Gambar 3.3. Lanjutan Diagram alir Alur Penelitian.....</b>	<b>35</b>
<b>Gambar 3.4. Diagram Blok Perancangan Sistem .....</b>	<b>36</b>
<b>Gambar 3.5. Diagram Blok Perancangan Perangkat Keras .....</b>	<b>37</b>
<b>Gambar 3.6. Perancangan Perangkat Keras .....</b>	<b>37</b>
<b>Gambar 3.7. Skematik Perancangan Perangkat Keras .....</b>	<b>38</b>
<b>Gambar 3.8. Diagram Pengkabelan Perangan Perangkat Keras .....</b>	<b>38</b>
<b>Gambar 3.9. Diagram Alir Program Pembacaan Sensor, Komunikasi Mikrokontroler, dan Pengiriman LoRa .....</b>	<b>40</b>



<b>Gambar 3.10. Data Uplink LoRa .....</b>	<b>42</b>
<b>Gambar 3.11. Diagram Alir Perancangan Dashboard .....</b>	<b>42</b>
<b>Gambar 3.12. SSH Ubuntu Virtual.....</b>	<b>43</b>
<b>Gambar 3.13. Login Node-RED .....</b>	<b>43</b>
<b>Gambar 3.14. Flow Node-RED.....</b>	<b>44</b>
<b>Gambar 3.15. Monitor data di Node-RED .....</b>	<b>44</b>
<b>Gambar 3.16. Tampilan Dashboard .....</b>	<b>44</b>
<b>Gambar 4.1. Hasil Rancangan Alat Sistem Monitoring Transformator .....</b>	<b>49</b>
<b>Gambar 4.2. Jarak Transformator Dengan Gateway LoRa .....</b>	<b>52</b>
<b>Gambar 4.3. Jarak Ketinggian Transformator dengan Gateway dari Google Earth..</b>	<b>52</b>
<b>Gambar 4.4. Tampilan Dashboard Main Menu .....</b>	<b>55</b>
<b>Gambar 4.5. Tampilan Dashboard Tegangan dan Arus .....</b>	<b>55</b>
<b>Gambar 4.6. Grafik Arus Hari ke-1 .....</b>	<b>58</b>
<b>Gambar 4.7. Grafik Arus Hari ke-2 .....</b>	<b>58</b>
<b>Gambar 4.8. Grafik Arus Hari ke-3 .....</b>	<b>58</b>
<b>Gambar 4.9. Grafik Arus Hari ke-4 .....</b>	<b>58</b>
<b>Gambar 4.10. Grafik Arus Hari ke-5 .....</b>	<b>58</b>
<b>Gambar 4.11. Grafik Arus Hari ke-6 .....</b>	<b>58</b>
<b>Gambar 4.12. Grafik Arus Hari ke-7 .....</b>	<b>58</b>
<b>Gambar 4.13. Grafik Tegangan Hari ke-1 .....</b>	<b>61</b>
<b>Gambar 4.14. Grafik Tegangan Hari ke-2 .....</b>	<b>61</b>
<b>Gambar 4.15. Grafik Tegangan Hari ke-3 .....</b>	<b>61</b>
<b>Gambar 4.16. Grafik Tegangan Hari ke-4 .....</b>	<b>61</b>
<b>Gambar 4.17. Grafik Tegangan Hari ke-5 .....</b>	<b>61</b>
<b>Gambar 4.18. Grafik Tegangan Hari ke-6 .....</b>	<b>61</b>
<b>Gambar 4.19. Grafik Tegangan Hari ke-7 .....</b>	<b>61</b>
<b>Gambar 4.20. Grafik Packet Loss .....</b>	<b>65</b>
<b>Gambar 4.21. Grafik Hasil Pengujian RSSI .....</b>	<b>66</b>
<b>Gambar 4.22. Grafik Hasil Pengujian SNR .....</b>	<b>66</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1. Perbandingan Referensi Jurnal.....</b>	<b>7</b>
<b>Tabel 2.2. Lanjutan Perbandingan Referensi Jurnal.....</b>	<b>8</b>
<b>Tabel 3.1. Bahan Alat Sistem Monitoring.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabel 3.2. Kategori Packet Loss.....</b>	<b>46</b>
<b>Tabel 3.3. Level Sinyal RSSI.....</b>	<b>46</b>
<b>Tabel 4.1. Hasil Tegangan ZMPT101B pada Fasa R.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabel 4.2. Hasil Tegangan ZMPT101B pada Fasa S.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabel 4.3. Hasil Tegangan ZMPT101B pada Fasa T.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabel 4.4. Hasil Arus SCT013 pada Fasa R.....</b>	<b>51</b>
<b>Tabel 4.5. Hasil Arus SCT013 pada Fasa S.....</b>	<b>51</b>
<b>Tabel 4.6. Arus SCT013 pada Fasa T.....</b>	<b>51</b>
<b>Tabel 4.7. Hasil Pengujian Pengiriman Pada Lokasi Transformator.....</b>	<b>53</b>
<b>Tabel 4.8. Pengujian Packet Loss.....</b>	<b>54</b>
<b>Tabel 4.9. Pengujian Nilai Rata-Rata RSSI.....</b>	<b>54</b>
<b>Tabel 4.10. Pengujian Nilai Rata-Rata SNR.....</b>	<b>55</b>
<b>Tabel 4.11. Pengujian Arus Beban Tranformator.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabel 4.12. Pengujian Tegangan Beban Tranformator.....</b>	<b>59</b>
<b>Tabel 4.13. Nilai Rata-rata error ZMPT101B.....</b>	<b>62</b>
<b>Tabel 4.14. Nilai Rata-rata error SCT013.....</b>	<b>63</b>
<b>Tabel 4.15. Nilai Rata-rata Packet Loss.....</b>	<b>64</b>
<b>Tabel 4.16. Nilai Rata-rata RSSI.....</b>	<b>65</b>
<b>Tabel 4.17. Nilai Perhitungan Hari ke-2 sampai Hari ke-7.....</b>	<b>69</b>

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN 1. Hasil Rancangan Alat Sistem Monitoring Transforamtor .....</b>	<b>74</b>
<b>LAMPIRAN 2. Schematic dan Board Sistem Monitoring Transformator .....</b>	<b>75</b>
<b>LAMPIRAN 3. Gambar mekanik Alat Sistem monitorng Transformator .....</b>	<b>76</b>
<b>LAMPIRAN 4. Data yang diterima Gateway .....</b>	<b>77</b>
<b>LAMPIRAN 5. Data yang diterima Node-RED .....</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN 6. Flow Diagram Node-RED .....</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN 7. Penyedia Ubuntu Publik (Digital Ocean) .....</b>	<b>81</b>
<b>LAMPIRAN 8. Datasheet Sensor ZMPT101B.....</b>	<b>82</b>
<b>LAMPIRAN 9. Datasheet Sensor SCT013 .....</b>	<b>86</b>
<b>LAMPIRAN 10. Datasheet RFM95 .....</b>	<b>87</b>
<b>LAMPIRAN 11. Datasheet Lynx32 .....</b>	<b>90</b>
<b>LAMPIRAN 12. Program Arduino UNO.....</b>	<b>91</b>
<b>LAMPIRAN 13. Program ESP32.....</b>	<b>96</b>
<b>LAMPIRAN 14. Program Node-RED .....</b>	<b>101</b>
<b>LAMPIRAN 15. Data Terkirim Pada Gateway .....</b>	<b>140</b>