

## DAFTAR ISI

|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....       | <b>i</b>     |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....  | <b>ii</b>    |
| <b>SURAT PERNYATAAN</b> .....    | <b>iii</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....      | <b>iv</b>    |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....          | <b>vi</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....        | <b>xii</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....       | <b>xv</b>    |
| <b>ABSTRAK</b> .....             | <b>xviii</b> |
| <b>ABSTRACT</b> .....            | <b>xix</b>   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....   | <b>1</b>     |
| 1.1. Latar belakang .....        | 1            |
| 1.2. Rumusan Masalah .....       | 2            |
| 1.3. Keaslian Penelitian.....    | 2            |
| 1.4. Tujuan Penelitian .....     | 4            |
| 1.5. Manfaat Penelitian .....    | 4            |
| 1.6. Batasan Masalah .....       | 4            |
| 1.7. Kontribusi tesis .....      | 5            |
| 1.8. Sistematika Penulisan ..... | 5            |

|  |          |
|--|----------|
| <b>BAB II KAJIAN PUSTAKA .....</b>         | <b>7</b> |
| 2.1. Tinjauan Pustaka .....                | 7        |
| 2.1.1. Muhliddin.....                      | 7        |
| 2.1.2. Totok Budioko .....                 | 7        |
| 2.1.3. Mashaler Suradam.....               | 8        |
| 2.1.4. Manik Alit Whastarini .....         | 8        |
| 2.1.5. Siti Wahyuni .....                  | 8        |
| 2.1.6. Kashmir Tanjung.....                | 9        |
| 2.1.7. Evrita Lustiana Utara .....         | 9        |
| 2.1.8. Cyrilla Indira Parwati.....         | 9        |
| 2.1.9. Frima Setiawan .....                | 10       |
| 2.1.10. Sofyan Shafiuddin.....             | 10       |
| 2.2 Landasan Teori.....                    | 10       |
| 2.2.1. Sistem Telemetry .....              | 10       |
| 2.2.2. Sistem Pemancar FM .....            | 11       |
| 2.2.3. Modulasi Frekuensi.....             | 13       |
| 2.2.3. 1 Fase Locked Loop.....             | 14       |
| 2.2.3. 2 Operasi Fase Locked.....          | 16       |
| 2.2.3. 3 Fase Detektor .....               | 17       |
| 2.2.3. 4 Voltage Controlled Osciator ..... | 19       |

|  |    |
|--|----|
| 2.2.3. 5 Low Fase Filter .....                             | 20 |
| 2.2.3. 6 Driver .....                                      | 21 |
| 2.2.4 Komunikasi Data.....                                 | 21 |
| 2.2.4.1 Model Komunikasi Data .....                        | 22 |
| 2.2.5 Gangguan Transmisi .....                             | 23 |
| 2.2.6 Transmisi Analog dan Digital .....                   | 24 |
| 2.2.6.1 Sinyal Analog.....                                 | 24 |
| 2.2.6.2 Sinyal Digital .....                               | 25 |
| 2.2.7 Sistem Transmisi Radio Untuk Komunikasi Digital..... | 25 |
| 2.2.8 Teknik Pengkodean.....                               | 26 |
| 2.2.8.1 Data Digital dan Sinyal Digital.....               | 27 |
| 2.2.8.2 Data Digital dan Sinyal Analog .....               | 28 |
| 2.2.8.3 Data Analog dan Sinyal Digital .....               | 30 |
| 2.2.8.4 Data Analog dan sinyal Analog .....                | 31 |
| 2.2.9 Teknik Komunikasi Data Digital .....                 | 32 |
| 2.2.9.1 Transmisi Asinkron.....                            | 32 |
| 2.2.9.2 Transmisi Sinkron.....                             | 32 |
| 2.2.9.3 Transmisi Isokron .....                            | 33 |
| 2.2.9.4 Format Data.....                                   | 33 |
| 2.2.10 Protokol Komunikasi Data.....                       | 34 |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.10.1 Deteksi dan Koneksi Kesalahan Pengiriman Data.....   | 34        |
| 2.2.10.2 Konfigurasi Line.....                                | 35        |
| 2.2.10.3 Metode Pengiriman Data Point To Point Link .....     | 36        |
| 2.2.11 Mikrokontroler.....                                    | 38        |
| 2.2.12 Relay.....   | 42        |
| 2.2.13 Sensor Suhu .....                                      | 42        |
| 2.2.14 Antena Dipole.....                                     | 43        |
| 2.2.15 Path Loss .....  | 45        |
| 2.2.16 Delphi .....   | 45        |
| 2.3 Hipotesis .....   | 46        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>                         | <b>47</b> |
| 3.1. Cara Penelitian .....                                    | 47        |
| 3.1.1. Bahan dan Materi Penelitian .....                      | 47        |
| 3.1.2. Alur Penelitian.....                                   | 47        |
| 3.1.3. Model Penelitian.....                                  | 47        |
| 3.1.4. Skema Rangkaian Mikrokontroler dan Modulator FSK ..... | 50        |
| 3.1.5. Spesifikasi Antena.....                                | 53        |
| 3.1.6. Perencanaan Piranti untk Mikrokontroler .....          | 55        |
| 3.1.7. Pengujian Alat .....                                   | 56        |
| 3.2. Analisa Model Komunikasi.....                            | 56        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                | <b>61</b> |
| 4.1. Hasil Perancangan .....                            | 61        |
| 4.1.1. Perangkat Sensor Suhu dan Telemetry Data .....   | 61        |
| 4.1.2. Pemancar FM .....                                | 62        |
| 4.1.3. Mikrokontroler Arduino .....                     | 63        |
| 4.1.4. FSK Modulator .....                              | 63        |
| 4.1.5. Piranti Lunak Delpi .....                        | 64        |
| 4.2. Pengujian .....                                    | 67        |
| 4.2.1 Pengujian Frekuensi .....                         | 67        |
| 4.2.1.1. Pengujian Frekuensi Sebelum Termodulasi .....  | 67        |
| 4.2.1.2. Pengujian Frekuensi Setelah Termodulasi .....  | 69        |
| 4.2.2 Pengujian Alat .....                              | 72        |
| 4.2.2.1 Pengujian dengan Jarak Penerima 1 Meter .....   | 72        |
| 4.2.2.2 Pengujian dengan Jarak Penerima 5 Meter .....   | 72        |
| 4.2.2.3 Pengujian dengan Jarak Penerima 10 Meter .....  | 73        |
| 4.2.2.4 Pengujian dengan Jarak Penerima 30 Meter .....  | 74        |
| 4.2.2.5 Pengujian dengan Jarak Penerima 70 Meter .....  | 74        |
| 4.2.2.6 Pengujian dengan Jarak Penerima 100 Meter ..... | 75        |
| 4.2.2.7 Pengujian dengan Jarak Penerima 300 Meter ..... | 75        |
| 4.2.2.8 Pengujian dengan Jarak Penerima 500 Meter ..... | 76        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.2.2.9 Pengujian dengan Jarak Penerima 510 Meter ..... | 77        |
| 4.3 Analisa Data Pengujian .....                        | 78        |
| 4.4 Pengujian Path Loss .....                           | 79        |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>                              | <b>81</b> |
| 5.1. Kesimpulan.....                                    | 81        |
| 5.2. Saran.....   | 82        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                             | <b>83</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                                   | <b>85</b> |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1. Akselerasi Arah Gaya dan Sumbu Koordinat .....          | 11 |
| Tabel 2.2. Tabel Kebenaran XOR .....                               | 18 |
| Tabel. 2.3. Format Pengiriman Data.....                            | 34 |
| Tabel. 3.1. Spesifikasi Antena di Sisi Pemancar dan Penerima ..... | 55 |
| Tabel. 4.1. Pengujian Jarak 1 meter.....                           | 72 |
| Tabel. 4.2. Pengujian Jarak 5 meter.....                           | 73 |
| Tabel. 4.3. Pengujian Jarak 10 meter.....                          | 73 |
| Tabel. 4.4. Pengujian Jarak 30 meter.....                          | 74 |
| Tabel. 4.5. Pengujian Jarak 50 meter.....                          | 75 |
| Tabel. 4.6. Pengujian Jarak 100 meter.....                         | 76 |
| Tabel. 4.7. Pengujian Jarak 300 meter.....                         | 76 |
| Tabel. 4.8. Pengujian Jarak 500 meter.....                         | 77 |
| Tabel. 4.9. Pengujian Jarak 510 meter.....                         | 77 |
| Tabel. 4.10. Perhitungan Selisih Hasil Pengukuran Suhu .....       | 78 |
| Tabel. 4.11. Pengukuran Kekuatan Daya Pancar dan Penerima .....    | 79 |
| Tabel. 4.12. Hasil Perhitungan Path Loss.....                      | 80 |
| Tabel. 4.2. Statistik Deskriptif Pengujian Jarak 1 meter .....     | 62 |
| Tabel. 4.3. Paired Sample t Test Pengujian Jarak 1 meter .....     | 63 |
| Tabel. 4.4. Pengujian Jarak 5 meter.....                           | 64 |

|   |    |
|---|----|
| Tabel. 4.5. Statistik Deskriptif Pengujian Jarak 5 meter .....    | 64 |
| Tabel. 4.6. Paired Sample t Test Pengujian Jarak 5 meter .....    | 64 |
| Tabel. 4.7. Pengujian Jarak 10 meter.....                         | 65 |
| Tabel. 4.8. Statistik Deskriptif Pengujian Jarak 10 meter .....   | 65 |
| Tabel. 4.9. Paired Sample t Test Pengujian Jarak 10 meter .....   | 66 |
| Tabel. 4.10. Pengujian Jarak 30 meter.....                        | 67 |
| Tabel. 4.11. Statistik Deskriptif Pengujian Jarak 30 meter .....  | 67 |
| Tabel. 4.12. Paired Sample t Test Pengujian Jarak 30 meter .....  | 67 |
| Tabel. 4.13. Pengujian Jarak 50 meter.....                        | 68 |
| Tabel. 4.14. Statistik Deskriptif Pengujian Jarak 50 meter .....  | 69 |
| Tabel. 4.15. Paired Sample t Test Pengujian Jarak 50 meter .....  | 69 |
| Tabel. 4.16. Pengujian Jarak 100 meter.....                       | 70 |
| Tabel. 4.17. Statistik Deskriptif Pengujian Jarak 100 meter ..... | 70 |
| Tabel. 4.18. Paired Sample t Test Pengujian Jarak 100 meter ..... | 70 |
| Tabel. 4.19. Pengujian Jarak 300 meter.....                       | 71 |
| Tabel. 4.20. Statistik Deskriptif Pengujian Jarak 300 meter ..... | 72 |
| Tabel. 4.21. Paired Sample t Test Pengujian Jarak 300 meter ..... | 72 |
| Tabel. 4.22. Pengujian Jarak 5 meter.....                         | 72 |
| Tabel. 4.23. Statistik Deskriptif Pengujian Jarak 500 meter ..... | 73 |
| Tabel. 4.24. Paired Sample t Test Pengujian Jarak 500 meter ..... | 73 |



|   |    |
|---|----|
| Tabel. 4.25. Pengujian Jarak 510 meter.....                       | 74 |
| Tabel. 4.26. Statistik Deskriptif Pengujian Jarak 510 meter ..... | 74 |
| Tabel. 4.27. Paired Sample t Test Pengujian Jarak 510 meter ..... | 75 |
| Tabel. 4.28. Perhitungan Selisih Hasil Pengukuran .....           | 75 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar. 2.1. Koordinat Tiga Dimensi Percepatan Benda .....  | 11 |
| Gambar 2.2. Diagram Blok System Pemancar Radio FM.....      | 12 |
| Gambar 2.3. Sinyal Informasi dan Carrier .....              | 14 |
| Gambar 2.4. Diagram Blok PLL .....                          | 15 |
| Gambar 2.5. Karakteristik Ideal Komponen Loop .....         | 16 |
| Gambar 2.6. Beda Fasa.....                                  | 17 |
| Gambar 2.7. Gerbang Logika XOR .....                        | 17 |
| Gambar 2.8. Sinyal input dan output phase detector .....    | 18 |
| Gambar 2.9. Karakteristik phase detector .....              | 19 |
| Gambar 2.10. Kurva tanggapan frekuensi .....                | 20 |
| Gambar 2.11. Grafik Beban AC dan DC Penguat Klas A.....     | 21 |
| Gambar 2.12. Diagram Blok Komunikasi Sederhana .....        | 22 |
| Gambar 2.13. Proses Modulasi ke Bentuk Sinyal Digital ..... | 27 |
| Gambar 2.14. Proses Modulasi ke Bentuk Sinyal Analog .....  | 27 |
| Gambar 2.15. Format Penyandian Sinyal Digital.....          | 28 |
| Gambar 2.16. Sinyal Frekuensi FSK dan GFSK .....            | 30 |
| Gambar 2.17. Modulasi Sinyal Analog .....                   | 32 |
| Gambar 2.18. Sinyal Modulasi Digital.....                   | 34 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.19. Cyclic Redundance Check .....                           | 35 |
| Gambar 2.20. Konfigurasi Terminal.....                               | 36 |
| Gambar 2.21. Protokol Komunikasi Stop and Wait ARQ.....              | 38 |
| Gambar 2.22. Mikrokontoller ATMega 16 .....                          | 40 |
| Gambar 2.23. Konfigurasi Pin Mikrokontoller ATMega 16.....           | 41 |
| Gambar 2.24. Relay .....   | 42 |
| Gambar 2.25. Delphi 7 .....  | 45 |
| Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....                             | 48 |
| Gambar 3.2. Diagram Model Penelitian.....                            | 48 |
| Gambar 3.3 Diagram Alir Prototipe Alat .....                         | 49 |
| Gambar 3.4. Diagram Blok Sistem Pengirim Data .....                  | 50 |
| Gambar 3.5. Diagram Blok Sistem Penerima Data .....                  | 50 |
| Gambar 3.6. Skema Elektronik Pengirim Data .....                     | 50 |
| Gambar 3.7. Skema Elektronik Pemancar FM.....                        | 51 |
| Gambar 3.8. Skema Elektronik Penerima FM.....                        | 51 |
| Gambar 3.9. Desain Antenna.....                                      | 53 |
| Gambar 3.10. Antenna dan Balun .....                                 | 53 |
| Gambar 3.11. Sistem Uji Coba Antenna dan Modul.....                  | 54 |
| Gambar 3.12. Pola Radiasi Antenna Dari Pemancar hingga Penerima..... | 54 |
| Gambar 3.13. Metode Pengujian Alat .....                             | 56 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 3.14. Sistem Protokol Komunikasi Data.....                                    | 56 |
| Gambar 4.1. Alat Keseluruhan .....   | 62 |
| Gambar 4.2. Pemancar FM.....   | 62 |
| Gambar 4.3. Arduino Nano .....   | 63 |
| Gambar 4.4. FSK Modulator .....  | 64 |
| Gambar 4.5. Tampilan Program Delpi .....   | 64 |
| Gambar 4.6. Diagram Blok Sistem Pengujian Sinyal .....                               | 68 |
| Gambar 4.7. Modulasi Frekuensi dengan Sinyal Carrier 99 MHz .....                    | 68 |
| Gambar 4.8. Modulasi Frekuensi dengan Sinyal carrier 97 MHz .....                    | 68 |
| Gambar 4.9. Modulasi Frekuensi dengan Sinyal carrier 103 MHz .....                   | 69 |
| Gambar 4.10. Sinyal Informasi 5 KHz.....   | 70 |
| Gambar 4.11.Sinyal Frekuensi 97 MHz Termodulasi.....                                 | 70 |
| Gambar 4.12.Spectrum Frekuensi Modulasi 99 MHz Termodulasi.....                      | 70 |
| Gambar 4.13.Spectrum Frekuensi Modulasi 101 MHz termodulasi .....                    | 71 |
| Gambar 4.14.Spectrum Frekuensi Modulasi 103 MHz termodulasi .....                    | 71 |
| Gambar 4.15.Grafik Selisih Nilai Rata-rata Pengukuran Suhu Pada Beberapa Uji Coba... | 78 |