

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Gambar II- 1. Dimensi Rel UIC R54 .....                         | 6  |
| Gambar II- 2. Bagian Dasar Rel Kereta Api.....                  | 7  |
| Gambar II- 3. Rel Patah.....                                    | 7  |
| Gambar II- 4. Sambungan Rel .....                               | 8  |
| Gambar II- 5. Struktur Penyusun Atom .....                      | 11 |
| Gambar II- 6. Ilustrasi <i>Stimulated Absorption</i> .....      | 12 |
| Gambar II- 7. Ilustrasi <i>Spontaneous Emission</i> .....       | 14 |
| Gambar II- 8. Ilustrasi <i>Stimulated Emission</i> .....        | 14 |
| Gambar II- 9. Skema Percobaan Laser Ruby .....                  | 15 |
| Gambar II- 10. Spektrum Gelombang Elektromagnetik .....         | 16 |
| Gambar II- 11. Sinar Laser Bersifat Monokromatik .....          | 17 |
| Gambar II- 12. Perbandingan Koherensi Sinar Laser dan LED ..... | 18 |
| Gambar II- 13. Ilustrasi Lidar .....                            | 19 |
| Gambar II- 14. Sensor VL53L0X .....                             | 20 |
| Gambar II- 15. Arduino Mega 2560.....                           | 21 |
| Gambar II- 16. Komponen Alarm / <i>Buzzer</i> .....             | 21 |
| Gambar II- 17. Komponen Lampu LED .....                         | 22 |
| Gambar III- 1. Diagram Alir Sistem.....                         | 24 |
| Gambar III- 2. Diagram Blok Sistem Deteksi Rel Patah.....       | 25 |
| Gambar III- 3. <i>Noise</i> pada Sensor VL53L0X .....           | 26 |
| Gambar III- 4. Purwarupa Keseluruhan .....                      | 27 |
| Gambar III- 5. Purwarupa Tampak Depan .....                     | 28 |
| Gambar III- 6. Sensor VL53L0X Menghadap Samping Rel.....        | 28 |
| Gambar III- 7. Celah Rel .....                                  | 29 |
| Gambar III- 8. Sensor VL53L0X .....                             | 29 |

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar III- 9. Arduino Mega 2560 Pada Purwarupa .....                             | 30 |
| Gambar III- 10. Skematik Rangkaian <i>Hardware</i> Sistem Deteksi Celah Rel ..... | 30 |
| Gambar III- 11. Tampilan Hasil Pengukuran pada Serial Monitor.....                | 33 |
| Gambar IV- 1. Contoh Pengambilan Sampel Celah .....                               | 35 |
| Gambar IV- 2. Histogram Awal Rel Tanpa Celah.....                                 | 37 |
| Gambar IV- 3. Grafik Nilai Pf Semua Celah.....                                    | 39 |
| Gambar IV- 4. Salah Satu Sampel Pengujian Celah Rel 2 mm.....                     | 40 |
| Gambar IV- 5. Histogram Celah Rel 2 mm dengan Probabilitas Kemungkinan...         | 42 |
| Gambar IV- 6. Perbandingan Probabilitas Rel Normal dan Rel Bercelah 2 mm ..       | 43 |
| Gambar IV- 7. Grafik Nilai Pd dan Pf Rel Bercelah 2 mm.....                       | 44 |
| Gambar IV- 8. Salah Satu Sampel Pengujian Celah Rel 3 mm.....                     | 45 |
| Gambar IV- 9. Histogram Celah Rel 3 mm dengan Probabilitas Kemungkinan...         | 47 |
| Gambar IV- 10. Perbandingan Probabilitas Rel Normal dan Rel Bercelah 3 mm.        | 47 |
| Gambar IV- 11. Grafik Nilai Pd dan Pf Rel Bercelah 3 mm.....                      | 48 |
| Gambar IV- 12. Salah Satu Sampel Pengujian Celah Rel 4 mm.....                    | 49 |
| Gambar IV- 13. Histogram Celah Rel 4 mm dengan Probabilitas Kemungkinan .         | 51 |
| Gambar IV- 14. Perbandingan Probabilitas Rel Normal dan Rel Bercelah 4 mm.        | 51 |
| Gambar IV- 15. Grafik Nilai Pd dan Pf Rel Bercelah 4 mm.....                      | 52 |
| Gambar IV- 16. Salah Satu Sampel Pengujian Celah Rel 5 mm.....                    | 53 |
| Gambar IV- 17. Histogram Celah Rel 5 mm dengan Probabilitas Kemungkinan .         | 55 |
| Gambar IV- 18. Perbandingan Probabilitas Rel Normal dan Rel Bercelah 5 mm.        | 55 |
| Gambar IV- 19. Grafik Nilai Pd dan Pf Rel Bercelah 5 mm.....                      | 56 |
| Gambar IV- 20. Salah Satu Sampel Pengujian Celah Rel 10 mm.....                   | 57 |
| Gambar IV- 21. Histogram Celah Rel 10 mm dengan Probabilitas Kemungkinan          | 59 |
| Gambar IV- 22. Perbandingan Probabilitas Rel Normal dan Rel Bercelah 10 mm        | 59 |
| Gambar IV- 23. Grafik Nilai Pd dan Pf Rel Bercelah 10 mm.....                     | 60 |

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar IV- 24. Salah Satu Sampel Pengujian Celah Rel 15 mm .....            | 61 |
| Gambar IV- 25. Histogram Celah Rel 15 mm dengan Probabilitas Kemungkinan    | 63 |
| Gambar IV- 26. Perbandingan Probabilitas Rel Normal dan Rel Bercelah 15 mm  | 63 |
| Gambar IV- 27. Grafik Nilai Pd dan Pf Rel Bercelah 15 mm .....              | 64 |
| Gambar IV- 28. Salah Satu Sampel Pengujian Celah Rel 20 mm .....            | 65 |
| Gambar IV- 29. Histogram Celah Rel 20 mm dengan Probabilitas Kemungkinan    | 67 |
| Gambar IV- 30. Perbandingan Probabilitas Rel Normal dan Rel Bercelah 20 mm  | 67 |
| Gambar IV- 31. Grafik Nilai Pd dan Pf Rel Bercelah 20 mm .....              | 68 |
| Gambar IV- 32. Salah Satu Sampel Pengujian Akhir Celah Rel 2 mm .....       | 69 |
| Gambar IV- 33. Salah Satu Sampel Pengujian Akhir Celah Rel 3 mm .....       | 69 |
| Gambar IV- 34. Salah Satu Sampel Pengujian Akhir Celah Rel 4 mm .....       | 70 |
| Gambar IV- 35. Salah Satu Sampel Pengujian Akhir Celah Rel 5 mm .....       | 70 |
| Gambar IV- 36. Salah Satu Sampel Pengujian Akhir Celah Rel 10 mm .....      | 71 |
| Gambar IV- 37. Salah Satu Sampel Pengujian Akhir Celah Rel 15 mm .....      | 71 |
| Gambar IV- 38. Salah Satu Sampel Pengujian Akhir Celah Rel 20 mm .....      | 72 |
| Gambar IV- 39. Grafik Pd dan Pf Semua Celah saat Sensor Berjarak 50 mm..... | 74 |
| Gambar IV- 40. Grafik Pd dan Pf Semua Celah saat Sensor Berjarak 30 mm..... | 74 |
| Gambar IV- 41. Grafik Pd dan Pf Semua Celah saat Sensor Berjarak 70 mm..... | 75 |