

## DAFTAR GAMBAR

|                    |                                                                                  |    |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2.1</b>  | Konsep operasi militer masa depan.....                                           | 5  |
| <b>Gambar 2.2</b>  | Arsitektur dari firmware <i>ArduPilot</i> .....                                  | 8  |
| <b>Gambar 2.3</b>  | Blok diagram algoritma PID .....                                                 | 9  |
| <b>Gambar 2.4</b>  | Perbedaan antara kendali PID dan non-PID.....                                    | 9  |
| <b>Gambar 2.5</b>  | Fungsi algoritma EKF .....                                                       | 10 |
| <b>Gambar 2.6</b>  | Perbandingan <i>steering</i> UGV dengan dan tanpa EKF .....                      | 10 |
| <b>Gambar 2.7</b>  | Prinsip operasi VPN .....                                                        | 11 |
| <b>Gambar 2.8</b>  | Perbedaan antara koneksi protokol UDP dan TCP.....                               | 12 |
| <b>Gambar 3.1</b>  | Tampak Unit <i>Unmanned Ground Vehicle</i> .....                                 | 14 |
| <b>Gambar 3.2</b>  | Desain 3D Konsep Sistem.....                                                     | 15 |
| <b>Gambar 3.3</b>  | Sub-sistem <i>existing</i> pada UGV.....                                         | 15 |
| <b>Gambar 3.4</b>  | Ilustrasi implementasi sistem pada UGV .....                                     | 16 |
| <b>Gambar 3.5</b>  | Ilustrasi implementasi sistem pada UGV (2).....                                  | 10 |
| <b>Gambar 3.6</b>  | Blok Diagram Sistem .....                                                        | 17 |
| <b>Gambar 3.7</b>  | Desain Perangkat Keras.....                                                      | 19 |
| <b>Gambar 3.8</b>  | Komponen GPS .....                                                               | 20 |
| <b>Gambar 3.9</b>  | Komponen sensor kompas.....                                                      | 22 |
| <b>Gambar 3.10</b> | Komponen sensor IMU .....                                                        | 23 |
| <b>Gambar 3.11</b> | Komponen <i>motor driver</i> .....                                               | 24 |
| <b>Gambar 3.12</b> | Mikrokontroler STM32F405RG .....                                                 | 25 |
| <b>Gambar 3.13</b> | Komponen mikrokontroler ATmega2560.....                                          | 26 |
| <b>Gambar 3.14</b> | Mikrokomputer <i>Jetson Nano</i> .....                                           | 27 |
| <b>Gambar 3.15</b> | Modem 4G LTE .....                                                               | 28 |
| <b>Gambar 3.16</b> | Desain skematik keseluruhan untuk papan sirkuit cetak.....                       | 29 |
| <b>Gambar 3.17</b> | Desain skematik sistem minimal mikrokontroler untuk papan<br>sirkuit cetak ..... | 30 |
| <b>Gambar 3.18</b> | Desain skematik sensor giroskop dan <i>accelerometer</i> .....                   | 30 |
| <b>Gambar 3.19</b> | Desain skematik sensor kompas .....                                              | 31 |
| <b>Gambar 3.20</b> | Tampak lapisan pada papan sirkuit cetak.....                                     | 31 |
| <b>Gambar 3.21</b> | Flowchart prosesor navigasi .....                                                | 32 |
| <b>Gambar 3.22</b> | Mode operasi otonom pada UGV .....                                               | 32 |

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 3.23</b> Mode operasi manual pada UGV .....                                                                                     | 32 |
| <b>Gambar 3.24</b> Algoritma PID dan EKF .....                                                                                            | 32 |
| <b>Gambar 3.25</b> Flowchart kontroller kendaraan.....                                                                                    | 36 |
| <b>Gambar 3.26</b> Algoritma PID untuk sistem <i>steering</i> dan rem .....                                                               | 37 |
| <b>Gambar 3.27</b> Alur komunikasi data UGV .....                                                                                         | 38 |
| <b>Gambar 4.1</b> Desain papan sirkuit cetak yang akan dimanufaktur oleh JLCPCB<br>.....                                                  | 39 |
| <b>Gambar 4.2</b> Papan sirkuit cetak yang telah dimanufaktur.....                                                                        | 39 |
| <b>Gambar 4.3</b> Bentuk rute <i>Waypoint</i> 1 .....                                                                                     | 40 |
| <b>Gambar 4.4</b> Bentuk rute <i>Waypoint</i> 1.....                                                                                      | 41 |
| <b>Gambar 4.5</b> Bentuk rute <i>Waypoint</i> 3.....                                                                                      | 41 |
| <b>Gambar 4.6</b> Grafik perbandingan antara <i>Waypoint</i> , simulasi SITL, serta<br>percobaan aktual pada rute <i>Waypoint 1</i> ..... | 44 |
| <b>Gambar 4.7</b> Grafik perbandingan antara <i>Waypoint</i> , simulasi SITL, serta<br>percobaan aktual pada rute <i>Waypoint 2</i> ..... | 47 |
| <b>Gambar 4.8</b> Grafik perbandingan antara <i>Waypoint</i> , simulasi SITL, serta<br>percobaan aktual pada rute <i>Waypoint 3</i> ..... | 48 |
| <b>Gambar 4.9</b> Grafik hasil pengumpulan data <i>ping</i> dengan 100 kali pengiriman<br>paket data dari operator menuju UGV .....       | 49 |