

**SISTEM KENDALI ARAH *GIMBAL* 3-AXIS MENGGUNAKAN *GESTURE*  
KEPALA**

**TUGAS AKHIR**

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Program Strata Satu (S-1)  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh :  
**DARU BARRO SAPUTRO**  
(20120120056)

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2016**

**TUGAS AKHIR**

**SISTEM KENDALI ARAH *GIMBAL* 3-AXIS MENGGUNAKAN *GESTURE*  
KEPALA**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2016**

## **HALAMAN PERNYATAAN**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

**Nama : Daru Barro Saputro**

**NIM : 20120120056**

**Jurusan : Teknik Elektro**

Menyatakan bahwa :

Semua yang ditulis dalam naskah skripsi ini merupakan hasil karya tulis saya sendiri dan bukan menjiplak hasil karya orang lain, kecuali dasar teori yang saya cuplik dari buku yang tercantum pada daftar pustaka sebagai referensi saya dalam melengkapi karya tulis ini. Apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak benar, maka saya siap menerima sanksi dari Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 1 Agustus 2016

Yang menyatakan,

Daru Barro Saputro

## KATA PENGANTAR

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

*Assalamu'alaikum Wr.Wb.*

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT tuhan semesta alam yang telah memberikan kenikmatan, kebahagiaan, kecerdasan, dan kesehatan sehingga atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak untuk menyusun tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terimakasih kepada :

- 1) Allah SWT karena atas izin-Nya tugas akhir ini dapat terselesaikan;
- 2) Ir. Agus Jamal, M.Eng, selaku Ketua Jurusan beserta dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah mendidik saya selama dibangku kuliah;
- 3) Dr. Ramadhoni Syahputra, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu, memberikan saran dan bimbingan kepada saya dalam penyusunan tugas akhir ini;
- 4) Rama Okta Wiyagi, S.T., M.Eng, selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, memberikan banyak masukan, semangat dan solusi atas kendala yang saya hadapi dalam penyusunan tugas akhir ini;
- 5) Muhamad Yusvin Mustar, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji yang telah menguji dan memberi masukan kepada saya pada sidang tugas akhir ini;
- 6) Pak Indri sebagai staf Laboratorium Teknik Elektro yang telah memberikan izin peminjaman alat;
- 7) Kedua orang tua tercinta, Drs. Sumanto, M.Pd., dan Almh. Sutiyah, budhe, bulek, kedua kakak Ikha Daru Wati, S.Pd., M.Sc., dan Daru

Romantiyastuti, S.Pd., kedua adik Farras Roihana dan Aziz Abdullah beserta keluarga besar yang telah memberi dukungan moril, materil, dan doa selama ini;

- 8) Siti Nurul Hidayati, S.E., sebagai orang terkasih saya yang telah menjadi teman curhat, berantem, ketawa, sedih, teman main dan penyemangat dari awal kuliah sampai dengan penyelesaian tugas akhir ini;
- 9) Uswatun Hasanah sebagai adik dan sahabat seperjuangan yang telah berbagi masalah, cerita, ilmu, canda, suka, dan duka. Adik yang selalu merepotkan abangnya;
- 10) Dewi Kesuma Handayani sebagai nenek yang selalu bawel kalo lagi cerita, teman seperjuangan dari awal kuliah sampai penyelesaian tugas akhir ini;
- 11) Team Squad (Adis, Ryan, Putra, Afiqoh, Nadya, Amal, dan Muninggar) sebagai penyemangat dan yang selalu menanyakan kapan lulus;
- 12) Kontrakan Barokah (Obi (si tho), Fahmi (kajine), Galih (dobleh), Diva (komar), dan Fathan (bibin)) yang menjadi tempat berkumpul dan bercanda;
- 13) Teman Kuliah (Azhar, Nanda, Mukti, Jarot, Ical, Amin, Widya, Agem, Uswah dan Yulia);
- 14) Team MRC (*Microkontroller & Robotic Club*) yang telah memberi dukungan dan meminjamkan berbagai alat yang dibutuhkan dalam penyelesaian tugas akhir ini;
- 15) Gunawan Eka Prasetyo dan Dwi Verdi Firmansyah yang sangat membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini;
- 16) Teman-teman TE 2012'UMY, KKN 05, dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu dalam pembuatan tugas akhir ini;

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membala segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga juga

tugas akhir ini membawa manfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan bagi rekan-rekan mahasiswa.

*Wassalamu'alaikum Wr.Wb.*

Yogyakarta, 1 Agustus 2016

Penulis

Daru Barro Saputro

## DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>              | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>         | <b>ii</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN I .....</b>       | <b>iii</b>  |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN II.....</b>       | <b>iv</b>   |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>          | <b>v</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>              | <b>vi</b>   |
| <b>INTISARI .....</b>                   | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                  | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>               | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>               | <b>xvii</b> |
| <b>BAB I.....</b>                       | <b>1</b>    |
| <b>PENDAHULUAN.....</b>                 | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....                | 1           |
| 1.2 Permasalahan.....                   | 2           |
| 1.3 Batasan Masalah.....                | 2           |
| 1.4 Tujuan .....                        | 3           |
| 1.5 Manfaat yang Diperoleh.....         | 4           |
| 1.6 Sistematika Penulisan Laporan ..... | 4           |
| <b>BAB II .....</b>                     | <b>6</b>    |
| <b>DASAR TEORI.....</b>                 | <b>6</b>    |
| 2.1 <i>Gesture</i> (Gerak Isyarat)..... | 6           |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.2 Camera Mount (Gimbal) .....  | 7         |
| 2.2.1 Storm32 with 32Bit 3-Axis Brushless .....                        | 8         |
| 2.2.2 Motor DC (Brushless).....  | 10        |
| 2.3 Perangkat Pengendali Gimbal 3-Axis .....                           | 13        |
| 2.3.1 Sensor MPU-6050 ( <i>6 Axis GY-521</i> ) .....                   | 13        |
| 2.3.2 Arduino Pro Micro (5V/16MHz) .....                               | 18        |
| 2.3.3 Radio <i>Telemetry Kit 3DR</i> .....                             | 23        |
| 2.4 Sistem Komunikasi .....  | 25        |
| 2.4.1 PWM ( <i>Pulse Width Modulation</i> ) .....                      | 25        |
| 2.4.2 I <sup>2</sup> C ( <i>Inter-Intergrated Circuit</i> ) .....      | 29        |
| 2.4.3 UART ( <i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</i> )..... | 31        |
| 2.5 Arduino IDE (Integrated Development Environment) .....             | 33        |
| <b>BAB III.....</b>  | <b>35</b> |
| <b>METODE PENELITIAN .....</b>   | <b>35</b> |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian .....                                      | 35        |
| 3.1.1 Penjelasan Blok Diagram.....                                     | 36        |
| 3.2 Rancangan .....  | 37        |
| 3.2.1 Skenario Perancangan .....                                       | 39        |
| 3.2.2 Perancangan Sensor .....   | 40        |
| 3.2.2.1 Perancangan Sensor MPU-6050 ( <i>6 Axis GY-521</i> ).....      | 40        |

|                                      |  |           |
|--------------------------------------|--|-----------|
| 3.2.3                                | Perancangan Modul <i>Telemetry Kit 3DR</i> .....   | 42        |
| 3.2.4                                | Perancangan <i>Shield Board</i> Rangkaian Kontroler.....   | 44        |
| 3.2.4.1                              | Proses Pembuatan <i>Shield Board</i>   |           |
|                                      | Rangkaian Kontroler .....  | 46        |
| 3.2.5                                | Perancangan Perangkat Lunak ( <i>software</i> ).....   | 51        |
| 3.2.6                                | Perancangan Akhir dan Penempatan Komponen.....   | 53        |
| <b>BAB IV</b>                        | .....  | <b>58</b> |
| <b>PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM</b> | .....  | <b>58</b> |
| 4.1                                  | Analisis dan Pengujian.....  | 58        |
| 4.2                                  | Data Pengujian .....   | 58        |
| 4.2.1                                | Pengujian Sensor Sudut (MPU-6050).....   | 59        |
| 4.3                                  | Pengujian Keseluruhan Sistem.....  | 82        |
| 4.3.1                                | Pengujian Pergerakan <i>Gimbal 3-Axis</i> Mengikuti<br><i>Gesture</i> Kepala Secara <i>Real Time</i> ..... | 82        |
| <b>BAB V</b>                         | .....  | <b>95</b> |
| <b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>          | .....  | <b>95</b> |
| 5.1                                  | Kesimpulan .....   | 95        |
| 5.2                                  | Saran.....   | 96        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                | .....  | <b>97</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>                      | .....  | <b>99</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| <b>Gambar 2.1</b> Ilustrasi <i>Gesture</i> Kepala Yaw, Pitch, dan Roll.....     | 7  |
| <b>Gambar 2.2</b> <i>Storm32 with 32Bit 3-Axis Brushless</i> .....              | 9  |
| <b>Gambar 2.3</b> <i>Brushless DC Motor</i> .....                               | 10 |
| <b>Gambar 2.4</b> Bagian-bagian <i>Brushless Motor</i> .....                    | 12 |
| <b>Gambar 2.5</b> Sensor MPU-6050 .....   | 13 |
| <b>Gambar 2.6</b> Skema Rangkaian Modul Sensor MPU-6050.....                    | 14 |
| <b>Gambar 2.7</b> Arduino Pro Micro.....  | 19 |
| <b>Gambar 2.8</b> Konfigurasi <i>Pinout</i> Arduino Pro Micro.....              | 20 |
| <b>Gambar 2.9</b> ATMega32u4 Pin Diagram.....                                   | 22 |
| <b>Gambar 2.10</b> Radio <i>Telemetry Kit 3DR</i> .....                         | 23 |
| <b>Gambar 2.11</b> Sinyal PWM .....   | 25 |
| <b>Gambar 2.12</b> Sinyal PWM dan Persamaan <i>Vout</i> PWM.....                | 26 |
| <b>Gambar 2.13</b> <i>Duty Cycle</i> dan Resolusi PWM.....                      | 27 |
| <b>Gambar 2.14</b> Pulsa Kendali Motor Servo.....                               | 29 |
| <b>Gambar 2.15</b> <i>Start Sequence</i> dan <i>Stop Sequence</i> .....         | 30 |
| <b>Gambar 2.16</b> Parameter Komunikasi UART.....                               | 32 |
| <b>Gambar 2.17</b> Tampilan Arduino IDE .....                                   | 34 |
| <b>Gambar 3.1</b> Diagram Blok Alir Penelitian .....                            | 35 |
| <b>Gambar 3.2</b> Diagram Blok Keseluruhan Sistem.....                          | 38 |
| <b>Gambar 3.3</b> Skenario Perancangan <i>Head Unit</i> dan <i>Gimbal</i> ..... | 40 |
| <b>Gambar 3.4</b> Pin Yang Digunakan Pada MPU6050.....                          | 41 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 3.5</b> Skema Rangkaian MPU-6050 Ke Arduino Pro Micro .....                              | 42 |
| <b>Gambar 3.6</b> Modul <i>Telemetry Kit 3DR</i> .....   | 43 |
| <b>Gambar 3.7</b> Skema Rangkaian <i>Shield Board</i> Untuk <i>Head unit</i> .....                 | 44 |
| <b>Gambar 3.8</b> Skema Rangkaian <i>Shield Board</i> Untuk <i>Gimbal 3-Axis</i> .....             | 45 |
| <b>Gambar 3.9</b> Desain Jalur <i>Shield Board</i> Untuk <i>Head unit</i>                          |    |
| Pada PROTEUS ARES .....  | 48 |
| <b>Gambar 3.10</b> Desain Jalur <i>Shield Board</i> Untuk <i>Gimbal 3-Axis</i>                     |    |
| Pada PROTEUS ARES .....  | 48 |
| <b>Gambar 3.11</b> Proses Pemindahan <i>Layout</i> Jalur Ke <i>Shield Board</i> .....              | 49 |
| <b>Gambar 3.12</b> Proses Pelarutan <i>Shield Board</i> Menggunakan Cairan FeCl <sub>3</sub> ..... | 49 |
| <b>Gambar 3.13</b> Proses Pengeboran <i>Shield Board</i> .....                                     | 50 |
| <b>Gambar 3.14</b> Proses Pemasangan Komponen Pada <i>Shield Board</i> .....                       | 50 |
| <b>Gambar 3.15</b> <i>Flowchart</i> Prinsip Kerja Sistem   |    |
| <i>Software</i> Secara Keseluruhan.....  | 52 |
| <b>Gambar 3.16</b> <i>Head unit</i> Tampak Depan.....  | 54 |
| <b>Gambar 3.17</b> <i>Head unit</i> Tampak Atas .....  | 55 |
| <b>Gambar 3.18</b> <i>Head unit</i> Tampak Kanan.....  | 55 |
| <b>Gambar 3.19</b> <i>Head unit</i> Tampak Kiri.....   | 55 |
| <b>Gambar 3.20</b> <i>Gimbal 3-Axis</i> Tampak Depan.....  | 56 |
| <b>Gambar 3.21</b> <i>Gimbal 3-Axis</i> Tampak Atas .....  | 56 |
| <b>Gambar 3.22</b> <i>Gimbal 3-Axis</i> Tampak Kanan.....  | 57 |
| <b>Gambar 3.23</b> <i>Gimbal 3-Axis</i> Tampak Kiri.....   | 57 |
| <b>Gambar 4.1</b> Alat Pengujian Sensor MPU6050 Sumbu Z ( <i>Yaw</i> ) .....                       | 59 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Gambar 4.2</b> Grafik Perbandingan Nilai Sensor MPU6050 ( <i>Yaw</i> ) yang Diukur<br>Dengan Nilai Busur Derajat Terukur .....   | 67 |
| <b>Gambar 4.3</b> Alat Pengujian Sensor MPU6050 Sumbu Y ( <i>Pitch</i> ) .....  | 67 |
| <b>Gambar 4.4</b> Grafik Perbandingan Nilai Sensor MPU6050 ( <i>Pitch</i> ) yang Diukur<br>Dengan Nilai Busur Derajat Terukur ..... | 74 |
| <b>Gambar 4.5</b> Alat Pengujian Sensor MPU6050 Sumbu X ( <i>Roll</i> ) .....   | 74 |
| <b>Gambar 4.6</b> Grafik Perbandingan Nilai Sensor MPU6050 ( <i>Roll</i> ) yang Diukur<br>Dengan Nilai Busur Derajat Terukur .....  | 82 |
| <b>Gambar 4.7</b> Posisi Sudut Kepala $40^\circ$ Yang Diikuti Oleh <i>Gimbal</i> ( <i>Yaw</i> ) .....                               | 84 |
| <b>Gambar 4.8</b> Data Sudut <i>Gimbal</i> Pada Sumbu <i>Yaw</i> $40^\circ$ .....   | 84 |
| <b>Gambar 4.9</b> Posisi Sudut Kepala $90^\circ$ Yang Diikuti Oleh <i>Gimbal</i> ( <i>Yaw</i> ) .....                               | 85 |
| <b>Gambar 4.10</b> Data Sudut <i>Gimbal</i> Pada Sumbu <i>Yaw</i> $90^\circ$ .....  | 85 |
| <b>Gambar 4.11</b> Posisi Sudut Kepala $140^\circ$ Yang Diikuti<br>Oleh <i>Gimbal</i> ( <i>Yaw</i> ) .....                          | 86 |
| <b>Gambar 4.12</b> Data Sudut <i>Gimbal</i> Pada Sumbu <i>Yaw</i> $140^\circ$ .....   | 86 |
| <b>Gambar 4.13</b> Posisi Sudut Kepala $60^\circ$ Yang Diikuti<br>Oleh <i>Gimbal</i> ( <i>Pitch</i> ).....                          | 87 |
| <b>Gambar 4.14</b> Data Sudut <i>Gimbal</i> Pada Sumbu <i>Pitch</i> $60^\circ$ .....  | 87 |
| <b>Gambar 4.15</b> Posisi Sudut Kepala $90^\circ$ Yang Diikuti<br>Oleh <i>Gimbal</i> ( <i>Pitch</i> ).....                          | 88 |
| <b>Gambar 4.16</b> Data Sudut <i>Gimbal</i> Pada Sumbu <i>Pitch</i> $90^\circ$ .....  | 88 |
| <b>Gambar 4.17</b> Posisi Sudut Kepala $150^\circ$ Yang Diikuti<br>Oleh <i>Gimbal</i> ( <i>Pitch</i> ).....                         | 89 |
| <b>Gambar 4.18</b> Data Sudut <i>Gimbal</i> Pada Sumbu <i>Pitch</i> $150^\circ$ .....   | 89 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 4.19</b> Posisi Sudut Kepala $40^\circ$ Yang Diikuti<br>Oleh <i>Gimbal (Roll)</i> .....  | 90 |
| <b>Gambar 4.20</b> Data Sudut <i>Gimbal</i> Pada Sumbu <i>Roll</i> $40^\circ$ .....                | 90 |
| <b>Gambar 4.21</b> Posisi Sudut Kepala $90^\circ$ Yang Diikuti<br>Oleh <i>Gimbal (Roll)</i> .....  | 91 |
| <b>Gambar 4.22</b> Data Sudut <i>Gimbal</i> Pada Sumbu <i>Roll</i> $90^\circ$ .....                | 91 |
| <b>Gambar 4.23</b> Posisi Sudut Kepala $140^\circ$ Yang Diikuti<br>Oleh <i>Gimbal (Roll)</i> ..... | 92 |
| <b>Gambar 4.24</b> Data Sudut <i>Gimbal</i> Pada Sumbu <i>Roll</i> $140^\circ$ .....               | 92 |

## **DAFTAR TABEL**

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabel 4.1</b> Besar Tegangan Perangkat Keras.....  | 58 |
| <b>Tabel 4.2</b> Tabel Pengujian Nilai <i>Yaw</i> Sensor MPU6050 .....                            | 60 |
| <b>Tabel 4.3</b> Tabel Pengujian Nilai <i>Pitch</i> Sensor MPU6050.....                           | 68 |
| <b>Tabel 4.4</b> Tabel Pengujian Nilai <i>Roll</i> Sensor MPU6050.....                            | 75 |
| <b>Tabel 4.5</b> Tabel Pengujian Gerak <i>Gimbal</i> 3-Axis Mengikuti <i>Gesture</i> Kepala ..... | 83 |