

## DAFTAR ISI

|   |   |
|---|---|
| <b>HALAMAN JUDUL (Bahasa Indonesia)</b>                 | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| <b>HALAMAN JUDUL (Bahasa Inggris)</b>                   | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING</b> .....               | <b>iii</b>                                      |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI</b>                        | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| <b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN</b>             | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| <b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH</b>    | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....                        | <b>vii</b>                                      |
| <b>HALAMAN MOTTO</b> .....                              | <b>viii</b>                                     |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                             | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                 | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                               | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                              | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                            | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| <b>DAFTAR ISTILAH</b> .....                             | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| <b>ABSTRAK</b> .....                                    | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                   | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....                          | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| 1.1 Latar Belakang.....                                 | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| 1.2 Perumusan Masalah.....                              | <b>2</b>  |
| 1.3 Pembatasan Masalah.....                             | <b>2</b>  |
| 1.4 Tujuan.....   | <b>3</b>  |
| 1.5 Sistematika Laporan.....                            | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b> ..... | <b>5</b>  |
| 2.1 Tinjauan Pustaka.....                               | <b>5</b>  |
| 2.2 <i>Photovoltaic</i> .....                           | <b>6</b>  |
| 2.3 <i>Solar Tracker</i> .....                          | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| 2.4 Posisi Matahari.....                                | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| 2.5 Sensor CMPS 10.....                                 | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |
| 2.6 Motor DC .....                                      | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |

|  |  |  |
|--|--|--|
| 2.7  | Kontrol Logika Fuzzy.....  | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b>  |
| 2.8  | Fuzzy Sugeno.....  | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b>  |
| 2.9  | Parameter Respon Transient.....                                    | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.9</b> |
| 2.10   | <i>Cascade kontrol</i> .....                                       | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b>  |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b> |  |  |
| 3.1  | Diagram Alir.....  | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b>  |
| 3.2  | Studi literatur.....   | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b>  |
| 3.3  | Pengambilan Data.....  | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b>  |
| 3.4  | Pemodelan <i>Passive Solar Tracker</i>                             | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b>  |
| 3.5  | Perancangan Sistem Kontrol Bertingkat                              | <b>Kesalahan! Bookmark tidak didefinisikan.</b>  |
| 3.6  | Sistem Kontrol Fuzzy.....  | 33   |
| 3.7  | Sistem Kontrol Bertingkat Menggunakan <i>Fuzzy Algorithm</i> ..... | 37   |
| 3.8  | Uji Setpoint.....  | 42   |
| 3.9  | Uji Performansi.....   | 44   |
| 3.10   | Uji Tracking.....  | 44   |
| <b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....45</b>                                     |  |  |
| 4.1  | Validasi.....  | 45   |
| 4.2  | Hasil Uji <i>Setpoint</i> .....                                    | 52   |
| 4.2  | Hasil Uji <i>Tracking</i> .....                                    | 56   |
| 4.3  | Hasil Uji Performansi.....   | 58   |
| <b>BAB V PENUTUP.....61</b>  |  |  |
| 5.1  | Kesimpulan.....  | 61   |
| 5.2  | Saran.....   | 61   |
| <b>DAFTAR PUSTAKA..... 62</b>  |  |  |
| <b>LAMPIRAN</b>  |  |  |
| <b>LEMBAR REVISI SEMINAR KEMAJUAN</b>  |  |  |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabel 2.1</b> Parameter Respon Dinamik.....                                    | 22 |
| <b>Tabel 3.1</b> Parameter-parameter Motor DC.....                                | 28 |
| <b>Tabel 3.2</b> Spesifikasi Modul PV.....  | 29 |
| <b>Tabel 3.3</b> <i>Rule Base MF 3</i> .....                                      | 36 |
| <b>Tabel 3.4</b> <i>Rule Base MF 5</i> .....                                      | 36 |
| <b>Tabel 3.5</b> <i>Rule base fuzzy – posisi matahari sudut altitude</i> .....    | 39 |
| <b>Tabel 3.6</b> <i>Rule base fuzzy – posisi matahari sudut azimuth</i> .....     | 39 |
| <b>Tabel 3.7</b> Batas MF3 Fuzzy.....   | 42 |
| <b>Tabel 3.8</b> Batas MF5 Fuzzy.....   | 42 |
| <b>Tabel 4.1</b> Hasil Validasi Model Posisi Matahari Sudut <i>Azimuth</i> .....  | 47 |
| <b>Tabel 4.2</b> Hasil Validasi Model Posisi Matahari Sudut <i>Altitude</i> ..... | 48 |
| <b>Tabel 4.3</b> Validasi Motor DC.....   | 49 |
| <b>Tabel 4.4</b> Validasi Tegangan <i>Output PV</i> .....                         | 50 |
| <b>Tabel 4.5</b> Validasi Arus <i>Output PV</i> .....                             | 51 |
| <b>Tabel 4.6</b> Perbandingan Indeks Performansi Sudut <i>Pitch</i> .....         | 54 |
| <b>Tabel 4.7</b> Perbandingan Indeks Performansi Sudut <i>Yaw</i> .....           | 56 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| <b>Gambar 2.1</b> Rangkaian Ekuivalensi Sel PV Dengan Dua Dioda.....                            | 7  |
| <b>Gambar 2.2</b> (a) Kurva P-V dengan variasi iradiasi, (b) kurva P-V dengan variasi suhu..... | 9  |
| <b>Gambar 2.3</b> <i>Single-Axis Solar Tracker</i> .....  | 10 |
| <b>Gambar 2.4</b> <i>Dual-Axis Solar Tracking sistem</i> .....                                  | 11 |
| <b>Gambar 2.5</b> Sistem Koordinat Horizon.....   | 12 |
| <b>Gambar 2.6</b> Sensor Posisi CMPS10.....   | 14 |
| <b>Gambar 2.7</b> Rangkaian Motor DC.....   | 15 |
| <b>Gambar 2.8</b> Struktur Model Fuzzy.....   | 18 |
| <b>Gambar 2.9</b> Respon Dinamik.....   | 21 |
| <b>Gambar 2.10</b> Diagram Blok <i>Cascade kontrol</i> .....                                    | 22 |
| <b>Gambar 2.11</b> Diagram Blok <i>Cascade kontrol Fungsi Alih</i> .....                        | 23 |
| <b>Gambar 2.12</b> Diagram Blok <i>Slave Loop Cascade kontrol</i> .....                         | 23 |
| <b>Gambar 2.13</b> Diagram Blok <i>Master Loop Cascade kontrol</i> .....                        | 24 |
| <b>Gambar 2.14</b> Diagram Blok <i>Akhir Cascade kontrol sistem</i> .....                       | 24 |
| <b>Gambar 3.1</b> <i>Flow Chart</i> Pengerjaan Penelitian.....                                  | 25 |
| <b>Gambar 3.2</b> Lintang dan Bujur dengan <i>Suncalc org</i> .....                             | 27 |
| <b>Gambar 3.3</b> Pengambilan Data Motor DC yang terhubung dengan DC Power Supply.....          | 27 |
| <b>Gambar 3.4</b> Model Simulink Posisi Matahari.....   | 30 |
| <b>Gambar 3.5</b> Model Simulink Motor DC.....  | 30 |
| <b>Gambar 3.6</b> Model Simulink <i>Photovoltaic</i> .....                                      | 32 |
| <b>Gambar 3.7</b> Diagram Blok Kontrol Bertingkat.....  | 32 |
| <b>Gambar 3.8</b> MF 3 sudut <i>pitch error</i> .....   | 34 |
| <b>Gambar 3.9</b> MF 3 sudut <i>pitch delta error</i> .....                                     | 34 |
| <b>Gambar 3.10</b> MF 5 sudut <i>pitch error</i> .....  | 34 |
| <b>Gambar 3.11</b> MF 5 sudut <i>pitch delta error</i> .....                                    | 34 |
| <b>Gambar 3.12</b> MF 3 sudut <i>yaw error</i> .....  | 35 |
| <b>Gambar 3.13</b> MF 3 sudut <i>yaw delta error</i> .....                                      | 35 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 3.14</b> <i>MF 5 sudut yaw error</i> .....   | 35 |
| <b>Gambar 3.15</b> <i>MF 5 sudut yaw delta error</i> .....                                       | 35 |
| <b>Gambar 3.16</b> <i>Defuzzifikasi pada sudut pitch dan yaw MF3</i> .....                       | 36 |
| <b>Gambar 3.17</b> <i>Defuzzifikasi pada sudut pitch dan yaw MF 5</i> .....                      | 36 |
| <b>Gambar 3.18</b> <i>Fungsi keanggotaan error altitude</i> .....                                | 37 |
| <b>Gambar 3.19</b> <i>Fungsi keanggotaan error azimuth</i> .....                                 | 38 |
| <b>Gambar 3.20</b> <i>Defuzzifikasi pada fuzzy – posisi matahari sudut altitude</i> .....        | 38 |
| <b>Gambar 3.21</b> <i>Defuzzifikasi pada fuzzy – posisi matahari sudut azimuth</i> .....         | 39 |
| <b>Gambar 3.22</b> <i>error Dan Delta error MF3 Fuzzy Pitch</i> .....                            | 40 |
| <b>Gambar 3.23</b> <i>error Dan Delta error MF3 Fuzzy Yaw</i> .....                              | 40 |
| <b>Gambar 3.24</b> <i>error Dan Delta error MF5 Fuzzy Pitch</i> .....                            | 40 |
| <b>Gambar 3.25</b> <i>error Dan Delta error MF5 Fuzzy Yaw</i> .....                              | 41 |
| <b>Gambar 3.26</b> <i>Output MF3 Fuzzy Pitch dan Yaw</i> .....                                   | 41 |
| <b>Gambar 3.27</b> <i>Output MF5 Fuzzy Pitch dan Yaw</i> .....                                   | 42 |
| <b>Gambar 3.28</b> <i>Simulasi Matlab Uji Setpoint Sumbu Pitch MF 3 MF 5</i> .....               | 43 |
| <b>Gambar 3.29</b> <i>Simulasi Matlab Uji Setpoint Sumbu Yaw MF 3 MF 5</i> .....                 | 43 |
| <b>Gambar 3.30</b> <i>Model Solar Tracker Pada Simulasi Matlab</i> .....                         | 44 |
| <b>Gambar 3.31</b> <i>Simulasi Matlab Uji Tracking Sudut Altitude Terhadap Sudut Pitch</i> ..... | 45 |
| <b>Gambar 3.32</b> <i>Simulasi Matlab Uji Tracking Sudut Azimuth Terhadap Sudut Yaw</i> .....    | 45 |
| <b>Gambar 4.1</b> <i>Validasi Model Posisi Matahari Sudut Azimuth</i> .....                      | 47 |
| <b>Gambar 4.2</b> <i>Validasi Model Posisi Matahari Sudut Azimuth</i> .....                      | 48 |
| <b>Gambar 4.3</b> <i>Validasi Tegangan Motor DC</i> .....  | 49 |
| <b>Gambar 4.4</b> <i>Validasi Tegangan Output PV</i> .....                                       | 51 |
| <b>Gambar 4.5</b> <i>Validasi Arus Output PV</i> .....   | 52 |
| <b>Gambar 4.6</b> <i>Respon Sudut Pitch Pada Setpoint (a) 30° (b) 60° (c) 90°</i> .....          | 53 |
| <b>Gambar 4.7</b> <i>Respon Sudut Yaw Pada Setpoint (a) 90° (b) 180° (c) 270°</i> .....          | 55 |
| <b>Gambar 4.8</b> <i>Respon Uji Tracking Sudut Altitude Terhadap Sudut Pitch</i> .....           | 57 |
| <b>Gambar 4.9</b> <i>Respon Uji Tracking Sudut Azimuth Terhadap Sudut Yaw</i> .....              | 57 |
| <b>Gambar 4.10</b> <i>Hasil Keluaran Tegangan</i> .....  | 59 |
| <b>Gambar 4.11</b> <i>Hasil Keluaran Arus</i> .....  | 59 |
| <b>Gambar 4.12</b> <i>Hasil Keluaran Daya</i> .....  | 59 |

## DAFTAR LAMPIRAN



## DAFTAR ISTILAH



|             |   |
|-------------|---|
| $\alpha$    | = <i>Azimuth</i> (derajat)                      |
| $\beta$     | = Sudut <i>pitch</i> (derajat)                  |
| $\gamma$    | = <i>Altitude</i> (derajat)                     |
| $\gamma_s$  | = Sudut <i>yaw</i> (derajat)                    |
| $\delta$    | = sudut deklinasi (derajat)                     |
| $\omega$    | = sudut jam (derajat)                           |
| $\emptyset$ | = Latitude (derajat)                            |
| $\theta_z$  | = Sudut zenith (derajat)                        |
| $\theta_i$  | = Sudut datang (derajat)                        |
| V           | = Tegangan <i>input</i> motor (V)               |
| Ra          | = Resistansi Armatur (R)                        |
| La          | = Induktansi Armatur (H)                        |
| Ia          | = Arus Armatur (A)                              |
| Eb          | = <i>Electro motor force</i> e.m.f (V)          |
| $\omega$    | = Kecepatan Angular (rad/s)                     |
| Tm          | = Torsi Motor DC (Nm)                           |
| Jm          | = Inersia Motor DC (Nm.s <sup>2</sup> )         |
| Bm          | = Konstanta Peredaman (Nm.sec/rad)              |
| Kt          | = Konstanta Torsi motor DC (Nm/A)               |
| Kb          | = Konstanta e.m.f motor DC (Vs/rad)             |
| Va          | = Tegangan Masukan (V)                          |
| Ra          | = Resistansi Elektrik (Ohm)                     |
| Ia          | = Arus (A)                                      |
| La          | = Induktansi Elektrik (H)                       |
| $\omega$    | = Kecepatan Angular Motor DC (rad/sec)          |
| Jm          | = Inersia Motor (Nm.sec <sup>2</sup> )          |
| Kt          | = Konstanta Torsi Motor (N.m/Amp)               |
| B           | = <i>Viscous Friction</i> (Nm.sec/rad)          |
| I           | = Arus yang keluar dari <i>photovoltaic</i> (A) |

$I_{ph}$  = *Photocurrent* (A)

$I_d$  = Arus dioda

$I_{sh}$  = Arus shunt

$I_{sc}$ ,  $V_{oc}$ =Arus *short-circuit*, tegangan *open-circuit*

