

# Daftar Isi

|                                                                                                    |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| KATA PENGANTAR                                                                                     | v     |
| DAFTAR ISI                                                                                         | vii   |
| DAFTAR GAMBAR                                                                                      | xiii  |
| DAFTAR TABEL                                                                                       | xix   |
| DAFTAR SIMBOL                                                                                      | xxiii |
| BAB 1 PEMODELAN DAN ANALISA SISTEM KENDALI                                                         | 1     |
| 1.1 Pendahuluan                                                                                    | 1     |
| 1.2 Pemodelan Matematis Sistem Kendali                                                             | 2     |
| 1.3 Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Waktu                                          | 3     |
| 1.3.1 Analisa Kesalahan                                                                            | 4     |
| 1.3.2 Analisa Peralihan                                                                            | 11    |
| 1.4 Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Frekuensi                                      | 22    |
| 1.4.1 Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Frekuensi untuk Fungsi Alih Lingkar Terbuka  | 22    |
| 1.4.2 Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Frekuensi untuk Fungsi Alih Lingkar Tertutup | 26    |
| 1.5 Analisa Kestabilan                                                                             | 30    |
| 1.5.1 Persamaan Karakteristik                                                                      | 30    |
| 1.5.2 Kriteria Routh                                                                               | 33    |
| 1.5.3 Kriteria Hurwitz                                                                             | 37    |
| 1.5.4 Kriteria Nyquist                                                                             | 40    |

|              |                                                                                                           |           |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.5.5        | Kriteria Bode                                                                                             | 44        |
| 1.6          | Analisa Kekokohan                                                                                         | 45        |
| 1.7          | Kode-Kode Matlab                                                                                          | 47        |
| 1.7.1        | Kode Matlab untuk Analisa Kesalahan                                                                       | 48        |
| 1.7.2        | Kode Matlab untuk Kriteria Routh                                                                          | 49        |
| 1.7.3        | Kode Matlab untuk Kriteria Hurwitz                                                                        | 49        |
| 1.7.4        | Kode Matlab untuk Kriteria Nyquist                                                                        | 50        |
| 1.8          | Rangkuman                                                                                                 | 52        |
| <b>BAB 2</b> | <b>PIDTOOL MODEL PARALEL</b>                                                                              | <b>55</b> |
| 2.1          | Pendahuluan                                                                                               | 55        |
| 2.2          | Fitur-Fitur PIDTool                                                                                       | 55        |
| 2.3          | Perancangan Pengendali dengan PIDTool Model Paralel                                                       | 68        |
| 2.4          | Rangkuman                                                                                                 | 71        |
| <b>BAB 3</b> | <b>MODEL SISTEM KENDALI</b>                                                                               | <b>73</b> |
| 3.1          | Pendahuluan                                                                                               | 73        |
| 3.2          | Pemodelan Sistem Kendali                                                                                  | 73        |
| 3.3          | Analisa Sistem Kendali                                                                                    | 75        |
| 3.3.1        | Analisa Performansi dalam Domain Waktu                                                                    | 75        |
| 3.3.2        | Analisa Performansi dalam Domain Frekuensi                                                                | 79        |
| 3.3.3        | Analisa Kestabilan                                                                                        | 82        |
| 3.3.4        | Analisa Kekokohan                                                                                         | 88        |
| 3.4          | Rangkuman                                                                                                 | 91        |
| <b>BAB 4</b> | <b>PERANCANGAN SISTEM KENDALI DENGAN PIDTOOL MODEL PARALEL</b>                                            | <b>93</b> |
| 4.1          | Pendahuluan                                                                                               | 93        |
| 4.2          | Kriteria Perancangan Pengendali                                                                           | 93        |
| 4.3          | Perancangan Pengendali Proporsional (P)                                                                   | 96        |
| 4.4          | Perancangan Pengendali Integral (I)                                                                       | 100       |
| 4.5          | Perancangan Pengendali Proporsional Integral (PI)                                                         | 105       |
| 4.6          | Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial (PD)                                                      | 109       |
| 4.7          | Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)                                            | 113       |
| 4.8          | Perancangan Pengendali Proporsional Diferensial dengan Filter Orde4 Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF) | 118       |

|              |                                                                                                                    |            |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.9          | Perancangan Pengendali Proporsional Integral Diferensial dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF) | 122        |
| 4.10         | Rangkuman                                                                                                          | 127        |
| <b>BAB 5</b> | <b>ANALISA PERFORMANSI SISTEM KENDALI DALAM DOMAIN WAKTU</b>                                                       | <b>129</b> |
| 5.1          | Pendahuluan                                                                                                        | 129        |
| 5.2          | Pengendali Proporsional (P)                                                                                        | 130        |
| 5.3          | Pengendali Integral (I)                                                                                            | 134        |
| 5.4          | Pengendali Proporsional Integral (PI)                                                                              | 139        |
| 5.5          | Pengendali Proporsional Diferensial (PD)                                                                           | 145        |
| 5.6          | Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)                                                                 | 150        |
| 5.7          | Pengendali Proporsional Diferensial dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF)                       | 155        |
| 5.8          | Pengendali Proporsional Integral Diferensial dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF)             | 161        |
| 5.9          | Rangkuman                                                                                                          | 166        |
| <b>BAB 6</b> | <b>ANALISA PERFORMANSI SISTEM KENDALI DALAM DOMAIN FREKUENSI</b>                                                   | <b>169</b> |
| 6.1          | Pendahuluan                                                                                                        | 169        |
| 6.2          | Pengendali Proporsional (P)                                                                                        | 169        |
| 6.3          | Pengendali Integral (I)                                                                                            | 175        |
| 6.4          | Pengendali Proporsional Integral (PI)                                                                              | 180        |
| 6.5          | Pengendali Proporsional Diferensial (PD)                                                                           | 186        |
| 6.6          | Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)                                                                 | 191        |
| 6.7          | Pengendali Proporsional Diferensial dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF)                       | 197        |
| 6.8          | Pengendali Proporsional Integral Diferensial dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF)             | 203        |
| 6.9          | Rangkuman                                                                                                          | 210        |
| <b>BAB 7</b> | <b>ANALISA KESTABILAN SISTEM KENDALI</b>                                                                           | <b>213</b> |
| 7.1          | Pendahuluan                                                                                                        | 213        |
| 7.2          | Pengendali Proporsional (P)                                                                                        | 213        |
| 7.3          | Pengendali Integral (I)                                                                                            | 220        |

|              |                                                                                                        |            |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.4          | Pengendali Proporsional Integral (PI)                                                                  | 227        |
| 7.5          | Pengendali Proporsional Diferensial (PD)                                                               | 235        |
| 7.6          | Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)                                                     | 243        |
| 7.7          | Pengendali Proporsional Diferensial dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF)           | 250        |
| 7.8          | Pengendali Proporsional Integral Diferensial dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF) | 258        |
| 7.9          | Rangkuman                                                                                              | 267        |
| <b>BAB 8</b> | <b>ANALISA KEKOKOAHAN SISTEM KENDALI</b>                                                               | <b>271</b> |
| 8.1          | Pendahuluan                                                                                            | 271        |
| 8.2          | Pengendali Proporsional (P)                                                                            | 271        |
| 8.3          | Pengendali Integral (I)                                                                                | 274        |
| 8.4          | Pengendali Proporsional Integral (PI)                                                                  | 278        |
| 8.5          | Pengendali Proporsional Diferensial (PD)                                                               | 281        |
| 8.6          | Pengendali Proporsional Integral Diferensial (PID)                                                     | 284        |
| 8.7          | Pengendali Proporsional Diferensial dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PDF)           | 288        |
| 8.8          | Pengendali Proporsional Integral Diferensial dengan Filter Orde Pertama Pada Bagian Diferensial (PIDF) | 291        |
| 8.9          | Rangkuman                                                                                              | 295        |
| <b>BAB 9</b> | <b>STUDI KASUS</b>                                                                                     | <b>297</b> |
| 9.1          | Pendahuluan                                                                                            | 297        |
| 9.2          | Sistem <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) Tipe Arus Searah                                       | 297        |
| 9.2.1        | Pemodelan Sistem <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) Tipe Arus Searah                             | 298        |
| 9.2.2        | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Waktu Tanpa Pengendali                                 | 299        |
| 9.2.3        | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Frekuensi Tanpa Pengendali                             | 299        |
| 9.2.4        | Analisa Kestabilan Tanpa Pengendali                                                                    | 300        |
| 9.2.5        | Analisa Kekokohan Tanpa Pengendali                                                                     | 300        |
| 9.2.6        | Kriteria Perancangan Pengendali Sistem <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) Tipe Arus Searah       | 300        |

|        |                                                                                         |     |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.2.7  | Perancangan Pengendali Sistem <i>Automatic Voltage Regulator</i> (AVR) Tipe Arus Searah | 300 |
| 9.2.8  | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Waktu dengan Pengendali                 | 301 |
| 9.2.9  | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Frekuensi dengan Pengendali             | 301 |
| 9.2.10 | Analisa Kestabilan dengan Pengendali                                                    | 302 |
| 9.2.11 | Analisa Kekokohan dengan Pengendali                                                     | 302 |
| 9.2.12 | Rangkuman                                                                               | 302 |
| 9.3    | Sistem Autopilot Pesawat Terbang                                                        | 302 |
| 9.3.1  | Pemodelan Sistem Autopilot Pesawat Terbang                                              | 302 |
| 9.3.2  | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Waktu Tanpa Pengendali                  | 304 |
| 9.3.3  | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Frekuensi Tanpa Pengendali              | 304 |
| 9.3.4  | Analisa Kestabilan Tanpa Pengendali                                                     | 305 |
| 9.3.5  | Analisa Kekokohan Tanpa Pengendali                                                      | 305 |
| 9.3.6  | Kriteria Perancangan Pengendali Sistem Autopilot Pesawat Terbang                        | 305 |
| 9.3.7  | Perancangan Pengendali Sistem Autopilot Pesawat Terbang                                 | 305 |
| 9.3.8  | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Waktu dengan Pengendali                 | 306 |
| 9.3.9  | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Frekuensi dengan Pengendali             | 306 |
| 9.3.10 | Analisa Kestabilan dengan Pengendali                                                    | 307 |
| 9.3.11 | Analisa Kekokohan dengan Pengendali                                                     | 307 |
| 9.3.12 | Rangkuman                                                                               | 307 |
| 9.4    | Sistem Suspensi Mobil                                                                   | 307 |
| 9.4.1  | Pemodelan Sistem Suspensi Mobil                                                         | 308 |
| 9.4.2  | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Waktu Tanpa Pengendali                  | 308 |
| 9.4.3  | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Frekuensi Tanpa Pengendali              | 309 |
| 9.4.4  | Analisa Kestabilan Tanpa Pengendali                                                     | 309 |
| 9.4.5  | Analisa Kekokohan Tanpa Pengendali                                                      | 309 |

|        |                                                                             |            |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 9.4.6  | Kriteria Perancangan Pengendali Sistem Suspensi Mobil                       | 310        |
| 9.4.7  | Perancangan Pengendali Sistem Suspensi Mobil                                | 310        |
| 9.4.8  | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Waktu dengan Pengendali     | 310        |
| 9.4.9  | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Frekuensi dengan Pengendali | 311        |
| 9.4.10 | Analisa Kestabilan dengan Pengendali                                        | 311        |
| 9.4.11 | Analisa Kekokohan dengan Pengendali                                         | 311        |
| 9.4.12 | Rangkuman                                                                   | 311        |
| 9.5    | Sistem Kendali Kecepatan Motor Arus Searah                                  | 312        |
| 9.5.1  | Pemodelan Sistem Kendali Kecepatan Motor Arus Searah                        | 312        |
| 9.5.2  | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Waktu Tanpa Pengendali      | 314        |
| 9.5.3  | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Frekuensi Tanpa Pengendali  | 314        |
| 9.5.4  | Analisa Kestabilan Tanpa Pengendali                                         | 314        |
| 9.5.5  | Analisa Kekokohan Tanpa Pengendali                                          | 315        |
| 9.5.6  | Kriteria Perancangan Pengendali Sistem Kendali Kecepatan Motor Arus Searah  | 315        |
| 9.5.7  | Perancangan Pengendali Sistem Kendali Kecepatan Motor Arus Searah           | 315        |
| 9.5.8  | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Waktu dengan Pengendali     | 316        |
| 9.5.9  | Analisa Performansi Sistem Kendali dalam Domain Frekuensi dengan Pengendali | 316        |
| 9.5.10 | Analisa Kestabilan dengan Pengendali                                        | 317        |
| 9.5.11 | Analisa Kekokohan dengan Pengendali                                         | 317        |
| 9.5.12 | Rangkuman                                                                   | 317        |
|        | <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                                                       | <b>319</b> |
|        | <b>GLOSARIUM</b>                                                            | <b>321</b> |
|        | <b>DAFTAR INDEKS</b>                                                        | <b>325</b> |