

ABSTRAK

Semakin berkembangnya peralatan teknik maka dibutuhkan sebuah pengendali. Model-model ini semakin rumit, sehingga sulit untuk menggunakan pengontrol konvensional untuk memproses model-model tersebut. Pengendali *fuzzy* dapat digunakan untuk mengatasi hal tersebut, terutama untuk sistem dengan model matematika yang sulit diperoleh. Namun pada kenyataannya dalam kendali *fuzzy logic*, bagian yang tersulit adalah menentukan aturan-aturan dan metode yang dapat diterapkan guna memandu perancangan sistem logika *fuzzy* pada setiap tipe sistem dari sebuah model *plant*.

Hal-hal yang harus dilakukan pada perancangan pengendali *fuzzy* adalah menentukan metoda penalaran yang akan digunakan (Mamdani / Sugeno), kemudian menentukan variabel *input* dan *output* pengendali, menentukan himpunan *fuzzy* dan fungsi keanggotaan tiap variabel, kemudian dilanjutkan dengan penentuan aturan *fuzzy*. Pengendali *fuzzy* yang telah dirancang, direalisasikan dengan menggunakan model yang dibangun dengan *simulink*.

Data pengamatan akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan plot respon. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pengendali *fuzzy* mampu menghasilkan respon dengan persen lewat maksimum (*overshoot*) yang sangat kecil ($\bullet 0$) dan waktu puncak antara 103.9-192.5 detik; pengendali *fuzzy* dengan metoda penalaran sugeno secara umum menghasilkan respon yang lebih baik dibandingkan metoda penalaran mamdani, baik diterapkan pada *plant* tipe 0, tipe 1, maupun tipe 2; perubahan parameter *input* dan *output*, perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan, perubahan jumlah aturan, dan perubahan jenis *input* mempengaruhi waktu respon.

ABSTRACT

Progressively expanding equipments of technique hence required a controller. This models progressively more complicated, so that difficult to use conventional controller to process the models. Fuzzy controller can be used as the solution, especially for the system with mathematics model which is difficult to be obtained. But practically in conducting logic fuzzy, part of difficult is to determine method and order able to be applied to utilize to guide fuzzy logic system scheme in each system type from a plant model.

Things which must be done at fuzzy controller scheme is to determine brain method to be used (Mamdani / Sugeno), then we determine input variable and controller output, determining fuzzy gathering and membership function every variable, then we continued with determination of fuzzy order. Fuzzy controller which have been designed, to be realized by using woke up model with simulink. Experiment result will be shown in graphic and tables. Experiment result indicate that fuzzy controller can yield respond with maximum gratuity (overshoot) which very small (• 0) and time culminate between 103.9-192.5 second; fuzzy controller with brain method of sugeno in general yield better respond which compared to brain method of mamdani, goodness applied by at type plant 0, type 1, and also type 2; friction of input and output parameter, change sum and form of membership function, change sum of order, and change input type influence respon time.

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| LEMBAR PENGESAHAN | |
| SURAT PERNYATAAN | |
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR PERSAMAAN | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 LATAR BELAKANG | 1 |
| 1.2 IDENTIFIKASI MASALAH | 2 |
| 1.3 PERUMUSAN MASALAH | 2 |
| 1.4 TUJUAN | 2 |
| 1.5 PEMBATAAN MASALAH | 3 |
| 1.6 SPESIFIKASI ALAT | 3 |
| 1.7 SISTEMATIKA PEMBAHASAN..... | 4 |
| | |
| BAB II TEORI PENUNJANG | |
| 2.1 PENGENDALI (<i>CONTROLLER</i>)..... | 5 |
| 2.1.1 PENGONTROL RESPON..... | 6 |
| 2.1.1.1 PENGONTROL ON/OFF..... | 6 |
| 2.1.1.2 PENGONTROL PROPORSIONAL (P)..... | 6 |
| 2.1.1.3 PENGONTROL INTEGRAL (I) DAN DERIVATIF (D)..... | 7 |
| 2.1.1.4 PENGONTROL PROPORSIONAL INTEGRAL (PI)..... | 7 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.1.1.5 | PENGONTROL PROPORSIONAL DERIVATIF (PD)..... | 8 |
| 2.1.1.6 | PENGONTROL PROPORSIONAL INTREGRAL DERIVATIF (PID)..... | 8 |
| 2.1.1.7 | KONTROL <i>FUZZY</i> LOGIC | 9 |
| 2.2 | RESPON TRANSIEN..... | 10 |
| 2.3 | TIPE SISTEM..... | 11 |
| 2.3.1 | KESALAHAN KEADAAN TUNAK | 12 |
| 2.4 | LOGIKA <i>FUZZY</i> | 14 |
| 2.4.1 | ALASAN MENGGUNAKAN LOGIKA <i>FUZZY</i> | 15 |
| 2.4.2 | HIMPUNAN <i>FUZZY</i> | 15 |
| 2.4.3 | OPERASI HIMPUNAN <i>FUZZY</i> | 17 |
| 2.4.4 | FUNGSI KEANGGOTAAN <i>FUZZY</i> | 18 |
| 2.4.4.1 | Trimf | 18 |
| 2.4.4.2 | Trapmf | 19 |
| 2.4.4.3 | Gaussmf | 20 |
| 2.5 | SISTEM INFERENSI <i>FUZZY</i> (FIS) | 20 |
| 2.5.1 | METODA PENALARAN <i>FUZZY</i> | 21 |
| 2.5.2 | FUZZIFIKASI | 22 |
| 2.5.3 | OPERATOR <i>FUZZY</i> | 22 |
| 2.5.4 | METODA IMPLIKASI | 23 |
| 2.5.5 | AGREGASI OUTPUT | 24 |
| 2.5.6 | METODA DEFUZZIFIKASI | 25 |

BAB III PERANCANGAN DAN SIMULASI

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | DIAGRAM ALIR (<i>FLOWCHART</i>) DESAIN DAN ANALISA PENGENDALI BERDASARKAN TIPE <i>PLANT</i> .. | 27 |
| 3.2 | MODEL <i>PLANT</i> | 28 |
| 3.3 | PERANCANGAN PENGENDALI <i>FUZZY</i> | 30 |
| 3.3.1 | HIMPUNAN <i>FUZZY</i> | 31 |
| 3.4 | SIMULASI..... | 33 |

BAB IV PERCOBAAN DAN ANALISA

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.1 | MENGUBAH PARAMETER INPUT..... | 36 |
| 4.1.1 | MAMDANI..... | 37 |
| 4.1.2 | SUGENO..... | 46 |
| 4.2 | MENGUBAH PARAMETER OUTPUT..... | 50 |
| 4.2.1 | MAMDANI..... | 51 |
| 4.2 | PERUBAHAN JUMLAH DAN BENTUK FUNGSI KEANGGOTAAN | 56 |
| 4.2.1 | MAMDANI..... | 56 |
| 4.2.2 | SUGENO | 68 |
| 4.4 | MENGUBAH JUMLAH ATURAN | 82 |
| 4.2.1 | MAMDANI..... | 82 |
| 4.2.2 | SUGENO | 86 |
| 4.5 | MENGUBAH SINYAL MASUKAN | 90 |
| 4.2.1 | MAMDANI..... | 90 |
| 4.2.2 | SUGENO | 102 |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

| | | |
|-----|------------------|-----|
| 5.1 | KESIMPULAN | 113 |
| 5.2 | SARAN | 116 |

| | |
|----------------------|----|
| DAFTAR PUSTAKA | xv |
|----------------------|----|

LAMPIRAN

| | | |
|---|--------------------------|----|
| A | Fungsi Keanggotaan | A1 |
| B | Plot Respon | B1 |
| C | Rule View | C1 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 3.1 | Parameter yang digunakan..... | 29 |
| Tabel 4.1 | Data pengamatan mengubah parameter <i>input</i> dengan metoda penalaran Mamdani (1 <i>rule</i>) untuk sistem tipe 0 | 37 |
| Tabel 4.2 | Data pengamatan mengubah parameter <i>input</i> dengan metoda penalaran Mamdani (1 <i>rule</i>) untuk sistem tipe 1 | 37 |
| Tabel 4.3 | Data pengamatan mengubah parameter <i>input</i> dengan metoda penalaran Mamdani (1 <i>rule</i>) untuk sistem tipe 2 | 38 |
| Tabel 4.4 | Data pengamatan mengubah parameter <i>input</i> dengan metoda penalaran Mamdani (2 <i>rule</i>) untuk sistem tipe 0 | 42 |
| Tabel 4.5 | Data pengamatan mengubah parameter <i>input</i> dengan metoda penalaran Mamdani (2 <i>rule</i>) untuk sistem tipe 1 | 42 |
| Tabel 4.6 | Data pengamatan mengubah parameter <i>input</i> dengan metoda penalaran Mamdani (2 <i>rule</i>) untuk sistem tipe | 43 |
| Tabel 4.7 | Data pengamatan pergeseran parameter <i>input</i> dengan metoda penalaran Sugeno (2 <i>rule</i>) untuk sistem tipe 0 | 46 |
| Tabel 4.8 | Data pengamatan mengubah parameter <i>input</i> dengan metoda penalaran Sugeno (2 <i>rule</i>) untuk sistem tipe 1 | 46 |
| Tabel 4.9 | Data pengamatan mengubah parameter <i>input</i> dengan metoda penalaran Sugeno (2 <i>rule</i>) untuk sistem tipe 2 | 47 |
| Tabel 4.10 | Data pengamatan mengubah parameter <i>output</i> dengan metoda penalaran Mamdani (2 <i>rule</i>) untuk sistem tipe 0 | 51 |
| Tabel 4.11 | Data pengamatan mengubah parameter output dengan metoda penalaran Mamdani (2 <i>rule</i>) untuk sistem tipe 1 | 51 |
| Tabel 4.12 | Data pengamatan mengubah parameter output dengan metoda penalaran Mamdani (2 <i>rule</i>) untuk sistem tipe 2 | 52 |
| Tabel 4.13 | Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan dengan metoda penalaran Mamdani (2 <i>rule</i>) untuk sistem tipe 0 | 56 |

| | |
|---|----|
| Tabel 4.14 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan dengan metoda penalaran Mamdani (2 rule) untuk sistem tipe 1 | 56 |
| Tabel 4.15 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan dengan metoda penalaran Mamdani (2 rule) untuk sistem tipe 2 | 57 |
| Tabel 4.16 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan Trimf dengan metoda penalaran Mamdani (2 rule) untuk sistem tipe 0 | 60 |
| Tabel 4.17 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan Trimf dengan metoda penalaran Mamdani (2 rule) untuk sistem tipe 1 | 60 |
| Tabel 4.18 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan Trimf dengan metoda penalaran Mamdani (2 rule) untuk sistem tipe 2 | 61 |
| Tabel 4.19 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan Trapmf dengan metoda penalaran Mamdani (2 rule) untuk sistem tipe 0 | 64 |
| Tabel 4.20 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan Trapmf dengan metoda penalaran Mamdani (2 rule) untuk sistem tipe 1 | 64 |
| Tabel 4.21 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan Trapmf dengan metoda penalaran Mamdani (2 rule) untuk sistem tipe 2 | 65 |
| Tabel 4.22 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan Gaussmf dengan metoda penalaran Sugeno (2 rule) untuk sistem tipe 0 | 68 |
| Tabel 4.23 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan Gaussmf dengan metoda penalaran Sugeno (2 rule) untuk sistem tipe 1 | 68 |
| Tabel 4.24 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan Gaussmf dengan metoda penalaran Sugeno (2 rule) untuk sistem tipe 2 | 69 |
| Tabel 4.25 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan Trimf dengan metoda penalaran Sugeno (2 rule) untuk sistem tipe 0 | 72 |
| Tabel 4.26 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan Trimf dengan metoda penalaran Sugeno (2 rule) untuk sistem tipe 1 | 72 |
| Tabel 4.27 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan Trimf dengan metoda penalaran Sugeno (2 rule) untuk sistem tipe | 73 |
| Tabel 4.28 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan Trapmf dengan metoda penalaran Sugeno (2 rule) untuk sistem tipe 0 | 76 |
| Tabel 4.29 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan Trapmf dengan metoda penalaran Sugeno (2 rule) untuk sistem tipe 1 | 76 |

| | |
|--|----|
| Tabel 4.30 Data pengamatan perubahan jumlah dan bentuk fungsi keanggotaan Trapmf dengan metoda penalaran Sugeno (2 rule) untuk sistem tipe 2 | 77 |
| Tabel 4.31 Data pengamatan mengubah jumlah aturan dengan metoda penalaran Mamdani untuk sistem tipe 0 | 81 |
| Tabel 4.32 Data pengamatan mengubah jumlah aturan dengan metoda penalaran Mamdani untuk sistem tipe 1 | 81 |
| Tabel 4.33 Data pengamatan mengubah jumlah aturan dengan metoda penalaran Mamdani untuk sistem tipe 2 | 82 |
| Tabel 4.34 Data pengamatan mengubah jumlah aturan dengan metoda penalaran Sugeno untuk sistem tipe 0 | 82 |
| Tabel 4.35 Data pengamatan mengubah jumlah aturan dengan metoda penalaran Sugeno untuk sistem tipe 1 | 85 |
| Tabel 4.36 Data pengamatan mengubah jumlah aturan dengan metoda penalaran Sugeno untuk sistem tipe 2 | 85 |
| Tabel 4.37 Data pengamatan jenis masukan step dengan metoda penalaran Mamdani untuk sistem tipe 0 | 89 |
| Tabel 4.38 Data pengamatan jenis masukan step dengan metoda penalaran Mamdani untuk sistem tipe 1 | 89 |
| Tabel 4.39 Data pengamatan jenis masukan step dengan metoda penalaran Mamdani untuk sistem tipe 2 | 89 |
| Tabel 4.40 Data pengamatan jenis masukan ramp dengan metoda penalaran Mamdani untuk sistem tipe 0 | 90 |
| Tabel 4.41 Data pengamatan jenis masukan ramp dengan metoda penalaran Mamdani untuk sistem tipe 1 | 90 |
| Tabel 4.42 Data pengamatan jenis masukan ramp dengan metoda penalaran Mamdani untuk sistem tipe 2 | 90 |
| Tabel 4.43 Data pengamatan jenis masukan gelombang sinus dengan metoda penalaran Mamdani untuk sistem tipe 0 | 96 |
| Tabel 4.44 Data pengamatan jenis masukan gelombang sinus dengan metoda penalaran Mamdani untuk sistem tipe 1 | 96 |
| Tabel 4.45 Data pengamatan jenis masukan gelombang sinus dengan metoda penalaran Mamdani untuk sistem tipe 2 | 96 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 4.46 Data pengamatan jenis masukan unit step dengan metoda penalaran Sugeno untuk sistem tipe 0..... | 101 |
| Tabel 4.47 Data pengamatan jenis masukan unit step dengan metoda penalaran Sugeno untuk sistem tipe 1..... | 101 |
| Tabel 4.48 Data pengamatan jenis masukan unit step dengan metoda penalaran Sugeno untuk sistem tipe 2..... | 101 |
| Tabel 4.49 Data pengamatan jenis masukan ramp dengan metoda penalaran Sugeno untuk sistem tipe 0 | 102 |
| Tabel 4.50 Data pengamatan jenis masukan ramp dengan metoda penalaran Sugeno untuk sistem tipe 1..... | 102 |
| Tabel 4.51 Data pengamatan jenis masukan ramp dengan metoda penalaran Sugeno untuk sistem tipe 2 | 102 |
| Tabel 4.52 Data pengamatan jenis masukan gelombang sinus dengan metoda penalaran Sugeno untuk sistem tipe 0..... | 106 |
| Tabel 4.53 Data pengamatan jenis masukan gelombang sinus dengan metoda penalaran Sugeno untuk sistem tipe 1..... | 106 |
| Tabel 4.54 Data pengamatan jenis masukan gelombang sinus dengan metoda penalaran Sugeno untuk sistem tipe 2..... | 106 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Kurva respon tangga satuan yang menunjukkan t_d , t_r , t_p , M_p , dan t_s ... | 11 |
| Gambar 2.2 | Fungsi keanggotaan dari himpunan <i>fuzzy</i> A..... | 16 |
| Gambar 2.3 | <i>Union</i> dari himpunan <i>fuzzy</i> A dan B..... | 17 |
| Gambar 2.4 | <i>Intersection</i> dari himpunan <i>fuzzy</i> A dan B..... | 17 |
| Gambar 2.5 | <i>Complement</i> dari himpunan <i>fuzzy</i> A dan B..... | 18 |
| Gambar 2.6 | Grafik fungsi <i>trimf</i> | 19 |
| Gambar 2.7 | Grafik fungsi <i>trapmf</i> | 19 |
| Gambar 2.8 | Grafik fungsi <i>gaussmf</i> | 20 |
| Gambar 2.9 | Ilustrasi Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i> | 21 |
| Gambar 2.10 | Fuzzifikasi input..... | 22 |
| Gambar 2.11 | Aplikasi operator OR dengan metoda Max..... | 23 |
| Gambar 2.12 | Metoda Implikasi (Min)..... | 24 |
| Gambar 2.13 | Agregasi output (Max)..... | 25 |
| Gambar 3.1 | Diagram alir desain dan analisa pengendali berdasarkan tipe <i>plant</i> | 27 |
| Gambar 3.2 | Model <i>plant</i> 2 buah tangki..... | 28 |
| Gambar 3.3 | Fungsi keanggotaan (<i>trimf</i>) <i>output valve</i> Mamdani pada percobaan 1.. | 32 |
| Gambar 3.4 | Fungsi keanggotaan (<i>gaussmf</i>) <i>input</i> h_2 pada percobaan 2..... | 32 |
| Gambar 3.5 | Fungsi keanggotaan (<i>gaussmf</i>) <i>input</i> h_2 pada percobaan 4..... | 32 |
| Gambar 3.6 | Fungsi keanggotaan (<i>gaussmf</i>) <i>input rate</i> pada percobaan 4..... | 32 |
| Gambar 3.7 | Fungsi keanggotaan (<i>trimf</i>) <i>output valve</i> Mamdani pada percobaan 4.. | 32 |
| Gambar 3.8 | Blok sinyal masukan yang digunakan..... | 33 |
| Gambar 3.9 | Rangkaian dalam TANGKI AIR pada <i>plant</i> tipe 0..... | 33 |
| Gambar 3.10 | Rangkaian dalam TANGKI AIR pada <i>plant</i> tipe 1..... | 34 |
| Gambar 3.11 | Rangkaian dalam TANGKI AIR pada <i>plant</i> tipe 2..... | 34 |
| Gambar 3.12 | Simulasi sistem percobaan dengan input step..... | 35 |

DAFTAR PERSAMAAN

| | |
|---------------------|----|
| Persamaan 2.1..... | 8 |
| Persamaan 2.2..... | 10 |
| Persamaan 2.3..... | 12 |
| Persamaan 2.4..... | 12 |
| Persamaan 2.5..... | 12 |
| Persamaan 2.6..... | 12 |
| Persamaan 2.7..... | 12 |
| Persamaan 2.8..... | 12 |
| Persamaan 2.9..... | 13 |
| Persamaan 2.10..... | 13 |
| Persamaan 2.11..... | 13 |
| Persamaan 2.12..... | 13 |
| Persamaan 2.13..... | 13 |
| Persamaan 2.14..... | 13 |
| Persamaan 2.15..... | 14 |
| Persamaan 2.16..... | 14 |
| Persamaan 2.17..... | 14 |
| Persamaan 2.18..... | 16 |
| Persamaan 2.19..... | 16 |
| Persamaan 2.20..... | 17 |
| Persamaan 2.21..... | 17 |
| Persamaan 2.22..... | 18 |
| Persamaan 2.23..... | 19 |
| Persamaan 2.24..... | 20 |
| Persamaan 2.25..... | 20 |
| Persamaan 2.26..... | 22 |
| Persamaan 2.27..... | 22 |
| Persamaan 2.28..... | 23 |

| | | |
|---------------------|-------|----|
| Persamaan 2.29..... | | 23 |
| Persamaan 2.30..... | | 25 |
| Persamaan 2.31..... | | 25 |
| Persamaan 2.32..... | | 25 |
| Persamaan 2.33..... | | 26 |
| Persamaan 2.34..... | | 26 |
| Persamaan 3.1 | | 28 |
| Persamaan 3.2 | | 28 |
| Persamaan 3.3 | | 28 |
| Persamaan 3.4 | | 28 |
| Persamaan 3.5 | | 29 |
| Persamaan 3.6 | | 29 |
| Persamaan 3.7 | ... | 29 |
| Persamaan 3.8 | | 29 |