

PERANCANGAN *PLANT* MESIN *MIXER* PELEMBUT DAN PEWANGI PAKAIAN OTOMATIS MENGGUNAKAN KONTROL *FUZZY* UNTUK PENGATURAN *LEVEL* CAIRAN BERBASIS ATMEGA16

Berlianta Syiamora Dekrita^{*)}, Budi Setiyono, and Sumardi

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail : berlianta_d@yahoo.com

Abstrak

Pelembut dan pewangi pakaian sangat dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia. Beragam wangi dari berbagai jenis parfum telah tersedia di pasaran. Namun, kesenjangan antara pelaku industri pelembut dan pewangi pakaian masih terjadi, disaat industri modern telah memanfaatkan alat canggih dalam proses produksinya, industri rumah tangga masih memanfaatkan cara manual mulai dari pembuatan, takaran hingga pengadukan, sehingga tidak mampu menyangi produksi dari industri modern. Pada penelitian ini, dibuat prototype alat mixer pelembut dan pewangi pakaian otomatis untuk skala industri rumah tangga. Otomatisasi sistem pada alat ini mencakup proses penakaran bahan utama, dan pengadukan bahan dengan dua variasi kualitas. Metode kontrol yang digunakan dalam pengendalian level takaran bahan adalah kendali Fuzzy. Settling point takaran yang diinginkan pada proses penakaran kualitas satu adalah 1500 ml pada masing-masing tangki dan untuk kualitas dua settling point pada tangki takaran 1 sebesar 900 ml dan pada tangki takaran dua sebesar 1800 ml. Hasil pengujian diperoleh bahwa pengendalian level takaran menggunakan teknik kendali Fuzzy pada alat mixer pelembut dan pewangi pakaian otomatis menghasilkan respon sistem dengan error yang kecil serta nilai maksimum overshoot yang masih dalam batas toleransi yakni 1%.

Kata kunci: Mixer, kontrol level, Fuzzy

Abstract

Softener and fragrance clothes is needed by Indonesian people. Various kind and fragrance of perfume are available on the market. However, discrepancy amongst softener and fragrance clothes industries is still exist. Modern industries are capable of using sophisticated machine for production process while home industries are still using manual process, started from producing, measuring, until packaging. Therefore, home industries cannot compete with the modern one. At this final project, a prototype of mixer system for plant of softener and fragrance clothing is made for household industrial scale. Automation systems in this final project include of the main ingredient dosing and mixing ingredients with two variation quality. Fuzzy control is applied in the controlling of dose level. Settling point of dose that is desired in the process of ingredient dosing in quality one is 1500 ml in each tank and for quality two settling point needed 900 ml and 1800 ml in each tank. The test results obtained that the level control using Fuzzy control techniques in mixer system for plant of softener and fragrance clothing generates the system's response that have small error and the maximum overshoot value is still within the tolerance limit of 1%.

Keyword : Mixer, level Control, Fuzzy

1. Pendahuluan

Salah satu dari jenis produk industri kebutuhan rumah tangga yang mengalami persaingan cukup tinggi yaitu produk pewangi dan pelembut pakaian. Berdasarkan ICSA (Indeks Customer Satisfaction Award) industri

pewangi dan pelembut pakaian berada di posisi ketiga memperoleh nilai QSS (Quality Satisfaction Score) sebesar 4,050, VSS (Value Satisfaction Score) sebesar 3,930, untuk perolehan PBS (Perceived Best Score) sebesar 4,077, ES (Expectation Score) sebesar 3,654 dan terakhir untuk perolehan TSS (Total Satisfaction Score)

sebesar 3,910[2]. Kesenjangan antara pelaku industri masih terjadi, disaat industri modern telah memanfaatkan alat-alat canggih dalam proses produksinya, industri rumah tangga masih memanfaatkan cara manual mulai dari pembuatan, takaran hingga pengepakan, sehingga tidak mampu menyangi produksi dari industri modern. Ditambah lagi, alat produksi otomatis berharga mahal dipasaaran, sehingga sulit untuk industri rumah tangga yang sebagian bermodal kecil[1].

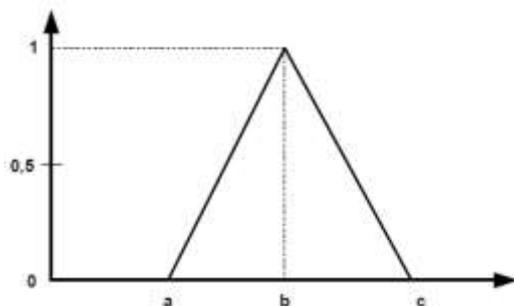
Keakurasian pengukuran level cairan merupakan aspek terpenting dalam beberapa proses aplikasi, seperti industri minyak, indsutri kimia dan indsutri meteorological. Beberapa cara digunakan untuk megukur ketinggian level seperti menggunakan mekanik, elektrik, elektronika, elektromagnetik dan metode ultrasonik. Beberapa metode ini mencapai tujuan tertentu dalam perkembangan pengukuran level cairan. Metode ultrasonic adalah metode yang banyak digunakan dalam pendeteksian level cairan karena mempunyai kinerja yang tinggi[3]. Dalam penilitian ini digunakan sensor ultrasonic HCSR-04 sebagai pendeteksi level cairan.

Pada penelitian ini akan dibuat implementasi kendali fuzzy pada pengaturan level cairan pada tangki takaran plant alat mixer pelembut dan pewangi pakaian otomatis. Mikrokontroler ATmega16 digunakan sebagai perangkat keras pengendali utama. Masukan dari kendali fuzzy ini adalah error dan perubahan nilai error sistem. Kendali fuzzy ini diharapkan dapat menghasilkan respon sistem yang ideal dengan rise time dan settling time yang kecil serta nilai maksimum overshoot yang masih dalam batas toleransi.

2 Metode

2.1. Logika Fuzzy (Fuzzy Logic)

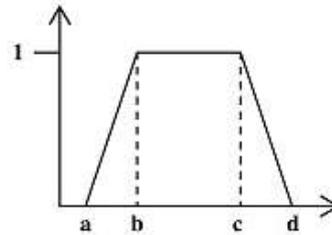
Terdapat beberapa fungsi keanggotaan yang sering digunakan dalam aplikasi logika fuzzy diantaranya adalah fungsi keanggotaan segitiga dan fungsi keanggotaan trapesium.



Gambar 1. Fungsi keanggotaan segitiga

Fungsi keanggotaan segitiga mempunyai persamaan matematis yang ditunjukkan pada persamaan 1.

$$\mu_f(u) = \begin{cases} 0 & u < a \\ \frac{(u-a)}{(b-a)} & a \leq u < b \\ \frac{(c-u)}{(c-b)} & b \leq u < c \\ 0 & x \geq c \end{cases} \quad (1)$$



Gambar 2. Fungsi keanggotaan trapesium

Fungsi keanggotaan trapesium mempunyai persamaan matematis yang ditunjukkan pada persamaan 2

$$T(u; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & u < a \\ \frac{(u-a)}{(b-a)} & a \leq u < b \\ \frac{(c-u)}{(c-d)} & c \leq u < d \\ 0 & x \geq d \end{cases} \quad (2)$$

2.2. Pengendali Logika Fuzzy (Fuzzy Logic Controller)

Mekanisme kendali logika fuzzy kalang tertutup ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sistem loop tertutup dengan kendali fuzzy

Pada gambar 1 terdapat dua masukan berbentuk crisp (tegas), yaitu masukan error dan perubahan error yang diperoleh dari nilai referensi, keluaran plant, dan error sebelumnya. Dua masukan tersebut akan diolah oleh pengendali logika fuzzy. Nilai keluaran yang dihasilkan pengendali logika fuzzy berupa crisp. Struktur dasar sebuah pengendali logika fuzzy ditunjukkan pada Gambar 2, yang meliputi empat bagian utama yaitu fuzzifikasi, basis pengetahuan, logika pengambilan keputusan, dan defuzzifikasi.

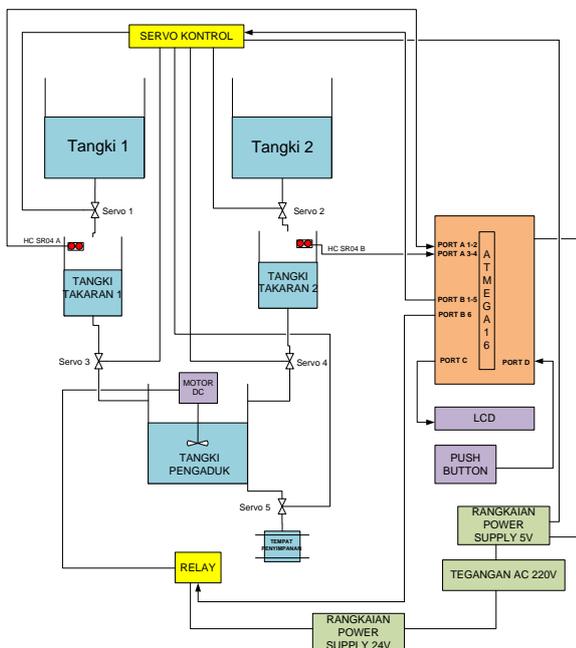


Gambar 4. Struktur dasar pengendali fuzzy

2.3. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

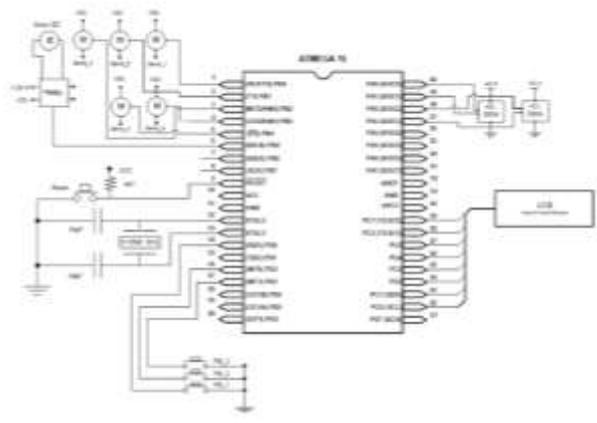
Perancangan perangkat keras sistem pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 5. Penjelasan dari masing-masing blok alat *mixer* pelembut dan pewangi pakaian otomatis pada Gambar 4 adalah sebagai berikut :

1. Mikrokontroler ATmega16 yang berfungsi sebagai pusat pengendalian pada sistem pengaturan suhu cairan ini dapat diprogram dengan menggunakan bahasa *C embedded*.
2. *Push Button* berfungsi sebagai masukan untuk mengatur *set point* suhu cairan dan sebagai tombol untuk menjalankan proses pengendalian.
3. LCD (*Lyquid Crystal Display*) digunakan sebagai media tampilan (*display*) selama proses pengendalian berlangsung
4. Sensor jarak HC-SR04 difungsikan sebagai sensor *level* yang digunakan untuk mendeteksi ketinggian cairan pada tangki takaran.
5. Motor servo sebagai aktuator penggerak keran air
6. Relay berguna sebagai kendali *on-off* pada motor listrik yang difungsikan sebagai pengaduk cairan pada saat pemanasan.
7. Catu daya berfungsi sebagai suplai sistem secara keseluruhan.
8. PC (*Personal Computer*)
Dalam hal ini, PC digunakan untuk komunikasi serial dengan mikrokontroler.



Gambar 5. Diagram blok perancangan perangkat keras

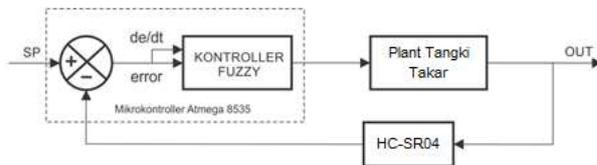
Adapun alokasi penggunaan *port* pada rangkaian ATmega16 dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini:



Gambar 6. Skematik perancangan perangkat keras.

2.4. Perancangan Pengendali Fuzzy (FLC)

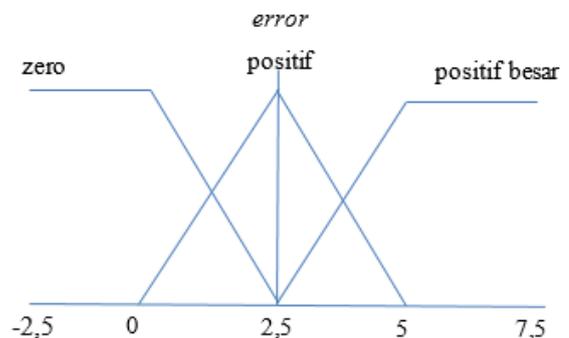
Masukan dari pengendali *fuzzy logic* adalah *error* dan $\Delta Error$ sedangkan keluarannya adalah berupa sinyal kontrol dengan *range* 0% - 100%. Diagram blok pengendali *fuzzy* dapat dilihat seperti Gambar 6 dibawah ini.



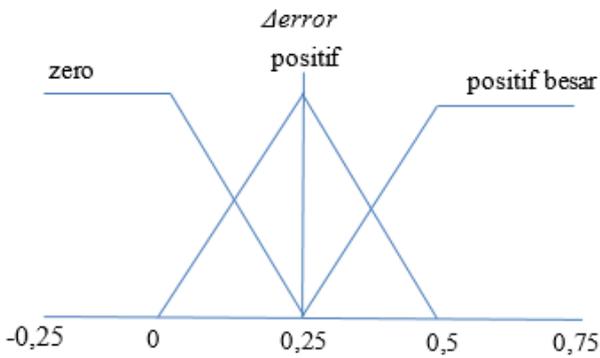
Gambar 7. Diagram blok sistem kendali fuzzy

2.4.1. Perancangan Mekanisme Fuzzifikasi

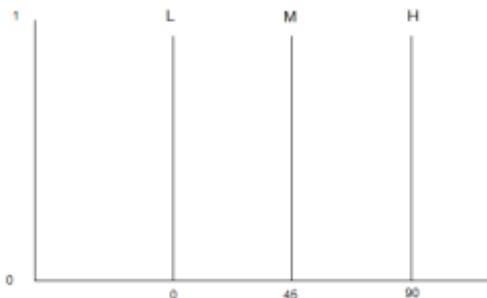
Kontroler *fuzzy* mendapat masukan dari data sensor HC-SR04 berupa jarak. Masukan yang digunakan sebagai *membership function* digambarkan dalam gambar himpunan keanggotaan sebagai berikut :



Gambar 8. Perancangan keanggotaan error



Gambar 9. perancangan keanggotaan $\Delta error$



Gambar 10. perancangan keanggotaan himpunan keluaran fuzzy

2.4.2. Perancangan Rule Base

Pada tugas akhir ini perancangan *rule base* dan pengambilan keputusan terdiri dari dua masukan dan satu keluaran. Eksekusi aturan diproses menggunakan model inferensi Mamdani. Perancangan *rule base* ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Perancangan aturan fuzzy dengan keluaran sinyal control

| Error $\Delta Error$ | PB | P | Z |
|-------------------------|----|---|---|
| PB | L | L | H |
| P | L | M | H |
| Z | L | M | H |

Keterangan: L = Low
M = Medium
H = High

2.4.3. Defuzzifikasi

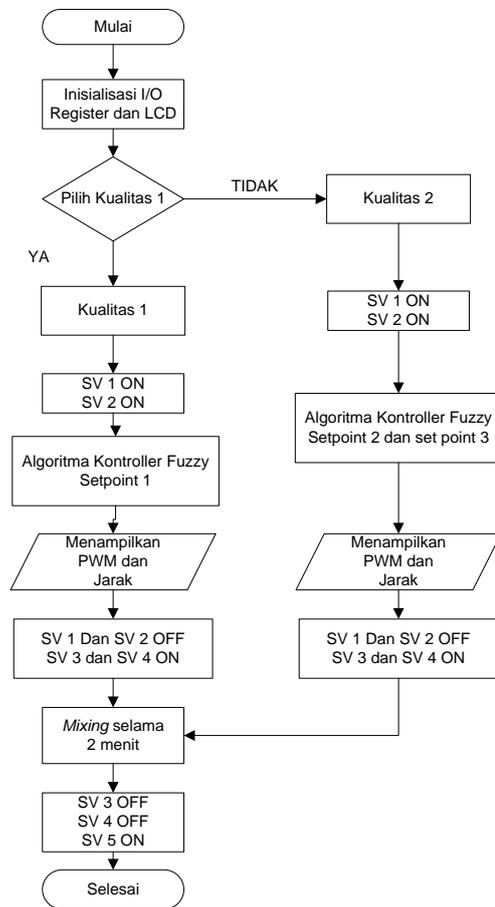
Untuk mendapatkan nilai *crisp output* dari himpunan fuzzy ini digunakan metode rata-rata berbobot (*Center average defuzzifier*) yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Output = \frac{\sum_{i=1}^N w_i CO_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad (3)$$

Output dari proses defuzzifikasi ini akan menghasilkan sinyal kontrol dengan range antara 0 sampai 90. Hasil defuzzifikasi inilah yang nantinya akan digunakan untuk mengatur besarnya nilai pulsa motor servo untuk mengendalikan *level* cairan pada takaran.

2.5. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Pemrograman mikrokontroler Atmega16 dapat dilakukan dengan bahasa C. Perancangan *software* pada tugas akhir ini juga menggunakan bahasa C dengan kompilator Code Vision AVR versi 2.04.4a. Flowchart sistem dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Diagram alir *plant mixer* pelembut dan pewangi pakaian otomatis

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Sensor HC-SR04

Pengujian sensor HC-SR04 dilakukan dengan mengukur *level* cairan pada tangki setiap tangki takaran, yaitu dengan membandingkan *level* terbaca sensor HC-SR04

dengan mistar. Pengujian HC-SR04 dilakukan dengan mengkonversikan jarak ke level dengan listing program berikut:

```
tinggi[i] = (jarak[i]>23) ? 0 : (23 - jarak[i]);
```

Tabel 2. Hasil perbandingan jarak sensor HC-SR04 dengan mistar

| No. | Level Uji (cm) | Level Terdeteksi HCSR-04 | | Error | |
|-----|----------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| | | Tangki Takaran I (cm) | Tangki Takaran II (cm) | Tangki Takaran I (cm) | Tangki Takaran II (cm) |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 2,1 | 2,2 | 0,1 | 0,2 |
| 4 | 3 | 2,9 | 3,2 | 0,1 | 0,2 |
| 5 | 4 | 4,2 | 4,2 | 0,2 | 0,2 |
| 6 | 5 | 4,9 | 5,2 | 0,1 | 0,2 |
| 7 | 6 | 6 | 6 | 0 | 0 |
| 8 | 7 | 7 | 7,1 | 0 | 0,1 |
| 9 | 8 | 7,8 | 8,2 | 0,2 | 0,2 |
| 10 | 9 | 8,7 | 9,3 | 0,3 | 0,3 |
| 11 | 10 | 10 | 10,3 | 0 | 0,3 |
| 12 | 11 | 10,8 | 11,5 | 0,2 | 0,5 |
| 13 | 12 | 11,7 | 12,3 | 0,3 | 0,3 |
| 14 | 13 | 13 | 13,5 | 0 | 0,5 |
| 15 | 14 | 13,6 | 14,4 | 0,4 | 0,4 |
| 16 | 15 | 15,1 | 15,6 | 0,1 | 0,6 |
| | | Σ | | 2 | 4 |
| | | Rata-Rata | | 0,125 | 0,25 |

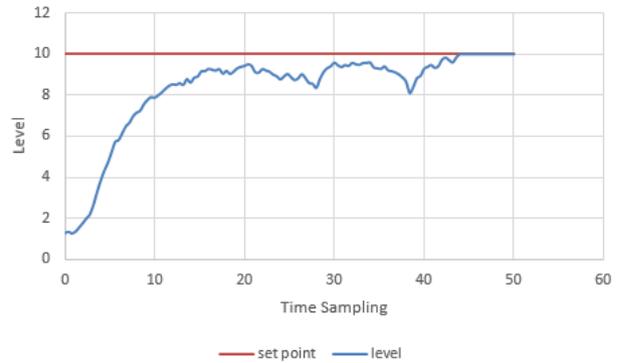
Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa pembacaan sensor jarak HC-SR04 memiliki rata-rata *error* total sebesar 0,187cm.

3.2. Pengujian Sistem Pengendalian pada Tangki Takaran

Pengujian yang dilakukan akan menghasilkan grafik respon yang nantinya akan digunakan untuk menganalisa kestabilan sistem. Parameter kestabilan sistem tersebut dapat dilihat dari besarnya *dead time*, *Ts* (*settling time*), *Tr* (*Rise Time*) dan *overshoot* yang dihasilkan.

3.2.1 Pengujian Sistem pada Tangki Takaran 1 Kualitas 1

Pada pengujian ini menggunakan masukan tetap yaitu 10cm. Jarak awal cairan yang terbaca adalah 1,25cm.

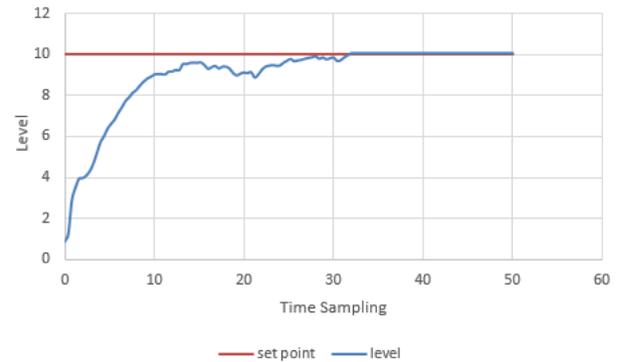


Gambar 12. Respon sistem metode Fuzzy pada tangki takaran 1 kualitas 1

Respon sistem pada pengujian dengan referensi tetap menghasilkan *Tr* (waktu naik) sebesar 9,6 detik, *Ts* sebesar 44 detik, *dead time* 1,2 detik dan tidak terdapat *overshoot*.

3.2.2 Pengujian Sistem pada Tangki Takaran 2 Kualitas 1

Pada pengujian ini menggunakan masukan tetap yaitu 10cm. Jarak awal cairan yang terbaca adalah 0,88cm.

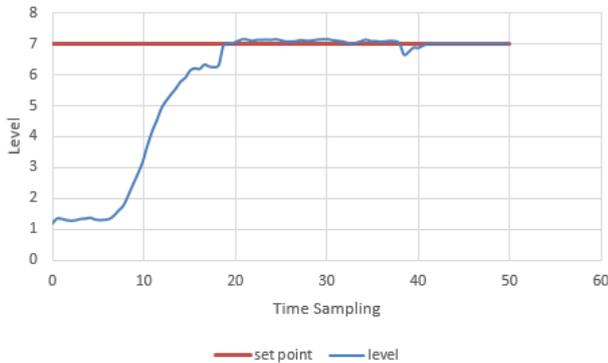


Gambar 13. Respon sistem metode Fuzzy pada tangki takaran 2 kualitas 1

Respon sistem pada pengujian dengan referensi tetap menghasilkan *Tr* (waktu naik) sebesar 9,6 detik, *Ts* sebesar 32 detik, tidak terdapat *dead time* dan *overshoot*.

3.2.3 Pengujian Sistem pada Tangki Takaran 1 Kualitas 2

Pada pengujian ini menggunakan masukan tetap yaitu 7cm. Jarak awal cairan yang terbaca adalah 1,2cm.

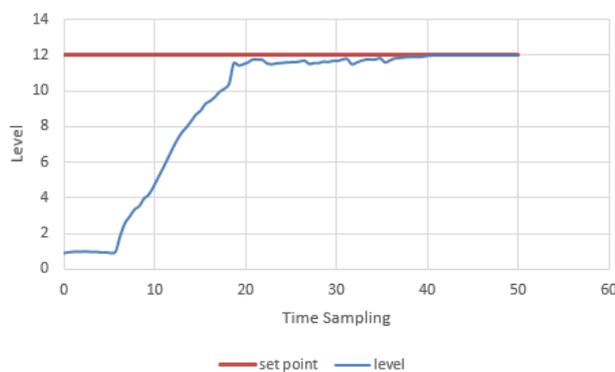


Gambar 14. Respon sistem metode Fuzzy pada tangki takaran 1 kualitas 2

Respon sistem pada pengujian dengan referensi tetap menghasilkan T_r (waktu naik) sebesar 15,6 detik, T_s sebesar 41,08 detik, $dead\ time$ 6,24 detik dan $overshoot$ sebesar 16,64 detik.

3.2.4 Pengujian Sistem pada Tangki Takaran 2 Kualitas 2

Pada pengujian ini menggunakan masukan tetap yaitu 12cm. Jarak awal cairan yang terbaca adalah 0,89cm.



Gambar 15. Respon sistem metode Fuzzy pada tangki takaran 2 kualitas 2

Respon sistem pada pengujian dengan referensi tetap menghasilkan T_r (waktu naik) sebesar 18,2 detik, T_s sebesar 40,56 detik, $dead\ time$ 5,72 detik dan tidak terdapat overshoot.

3.3 Pengujian Aplikasi Alat Mixer Pelembut dan Pewangi Pakaian Otomatis

Langkah-langkah pembuatan pelembut dan pewangi pakaian dengan alat pelembut dan pewangi pakaian otomatis dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Proses pembuatan bahan pelembut
2. Proses pembuatan bahan pewangi
3. Proses otomatisasi pencampuran (*mixing*) pelembut dan pewangi

Langkah awal dalam tahapan ini adalah proses penakaran pada tangki takaran 1 dan tangki takaran 2. Pada Kualitas 1 nilai set point 10cm pada masing-masing tangki. Nilai set point 10cm dalam volume tangki takaran setara dengan 1500ml, sedangkan pada kualitas 2 nilai set point 7cm setara dengan 900ml dan 12cm setara dengan 1800ml. Setelah proses penakaran selanjutnya kedua bahan akan memasuki proses pengadukan selama 2 menit. Kemudian hasil pencampuran kedua bahan tersebut akan keluar menuju tangki hasil.

Setelah melakukan proses pengadukan, bahan-bahan yang sudah tercampur dengan baik akan dialirkan ke dalam tangki hasil. Pengisian ke dalam tangki hasil dilakukan oleh valve 5 setelah mixer mengaduk bahan setelah 2 menit maka valve 5 akan otomatis membuka untuk mengalirkan bahan ke tangki hasil. Pada saat penakaran dilakukan lima kali percobaan dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Tabel hasil pengujian hasil akhir kualitas 1

| Pengujian | Set Point (ml) | Hasil Pengujian (ml) | Error |
|-----------|----------------|----------------------|-------|
| Ke-1 | 3000 | 3030 | 30 |
| Ke-2 | 3000 | 2880 | 120 |
| Ke-3 | 3000 | 2940 | 60 |
| Ke-4 | 3000 | 2910 | 90 |
| Ke-5 | 3000 | 3000 | 0 |
| Σ | | | 240 |
| Rata-Rata | | 2952 | 48 |

Hasil pengujian didapatkan hasil takaran rata-rata yaitu 2952 ml. Set point pada tangki hasil yaitu 3000 ml, dengan demikian hasil pengujian sedikit berbeda dengan *set point*. Perbedaan hasil antara *set point* dengan hasil pengujian dikarenakan masih adanya hasil pada proses pengisian pada tangki takaran masih terdapat *error*.

Tabel 4. hasil pengujian hasil akhir kualitas 2

| Pengujian | Set Point (ml) | Hasil Pengujian (ml) | Error |
|-----------|----------------|----------------------|-------|
| Ke-1 | 2700 | 2700 | 0 |
| Ke-2 | 2700 | 2760 | 60 |
| Ke-3 | 2700 | 2730 | 30 |
| Ke-4 | 2700 | 2700 | 0 |
| Ke-5 | 2700 | 2760 | 60 |
| Σ | | | 150 |
| Rata-Rata | | 2730 | 30 |

Hasil pengujian didapatkan hasil takaran rata-rata yaitu 2730 ml. Set point pada tangki hasil yaitu 2700 ml, dengan demikian hasil pengujian berbeda 30ml dengan *set point*. Perbedaan hasil antara set point dengan hasil pengujian dikarenakan masih adanya hasil pada proses pengisian pada tangki takaran masih terdapat *error*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan didapatkan hal-hal penting diantaranya pada pengujian sistem pengaturan level cairan menggunakan kendali fuzzy didapat rata-rata Tr (waktu naik) sebesar 13,25 detik, Ts sebesar 39,41 detik, dead time sebesar 3,29 detik, dan overshoot sebesar 4,16 detik. Rata-rata tersebut didapat dari pengujian sistem pada tangki takaran 1 kualitas 1 dengan setting point tetap yaitu 10cm dan jarak awal sebesar 1,25cm didapatkan Tr 9,6 detik, Ts 44 detik, *dead time* 1,2 detik dan tidak terdapat overshoot, pengujian sistem pada tangki takaran 2 kualitas 1 dengan setting point tetap yaitu 10cm dan jarak awal sebesar 0,88cm didapatkan Tr 9,6 detik, Ts 32 detik, pada respon sistem ini tidak terdapat overshoot dan dead time, pengujian sistem pada tangki takaran 1 kualitas 2 dengan setting point tetap yaitu 7cm dan jarak awal sebesar 1,2cm didapatkan Tr 15,6 detik, Ts 41,08 detik, *dead time* 6,24 detik dan *overshoot* 16,64 detik, dan pengujian sistem pada tangki takaran 2 kualitas 2 dengan setting point tetap yaitu 12cm dan jarak awal sebesar 0,89cm didapatkan Tr 18,2 detik, Ts 40,56 detik, *dead time* 5,72 detik dan tidak terdapat *overshoot*. Pada setiap pengujian memiliki Ts yang cukup lama dikarenakan adanya gangguan berupa gelombang air/ riak sehingga untuk mencapai set point memerlukan waktu yang cukup lama. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah Sensor jarak HC-SR04. Sensor ini dapat berfungsi dengan baik dan dapat digunakan pada tangki takaran bahan karena memiliki rata-rata kesalahan (*error*) pembacaan jarak yang relatif kecil yakni sebesar 0,25 cm

Referensi

- [1]. ---, <http://irmadevita.com/2009/usaha-home-industry-makanan-minuman-dan-obat-obatan/>, Juli 2015.
- [2]. ---, <http://swa.co.id/event/indonesian-customer-satisfaction-award-icsa-2014>, Juli 2015.
- [3]. P. Li, Y. Cai, and J. Li, "An Accurate Detection for Dynamic Liquid Level Based on MIMO Ultrasonic Transducer Array", *IEEE Transactions On Instrumentation And Measurement*, vol. 64, no. 3, hal. 582, Maret. 2015.
- [4]. ---, <http://www.mataharicourse.com/pelembut-baju-cair.html>, Juli 2015
- [5]. Sutojo, T, dkk, "Kecerdasan Buatan", ANDI, Yogyakarta, 2011.
- [6]. Setiawan, Iwan, "Perancangan Sistem Embedded Berbasis Statechart: Studi Kasus Pada Line Follower Mobile Robot", <http://iwan.blog.undip.ac.id>. Juni 2009.
- [7]. -----, ATmega16 Data Sheet, <http://www.atmel.com>, diakses Maret 2014.
- [8]. -----, Sensor Ultrasonic HC-SR04, <http://christianto.tjahyadi.com/belajar-mikrokontroler/sensor-ultrasonik-hc-sr04.html>, Agustus 2015.
- [9]. -----, Motor Servo, <http://achyarnur.blogspot.com/2013/07/servo-motor-bagian-1-pengenalan-dan.html>, Agustus, 2015.
- [10]. -----, Relay, <http://www.oddwires.com/>, Agustus 2015.
- [11]. -----, Liquid Crystal Display Module M1632 : User Manual, Seiko Instrument Inc., Japan, 1987.