

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

Yustian Bayu Prihandika^{*)}, Budi Setiyono, and Sumardi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

^{*)}*Email*: bayuprihandika@gmail.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 home industry. 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 PID. Settling point takaran yang diinginkan pada proses penakaran kualitas satu adalah 10 cm pada masing-masing tangki dan untuk kualitas dua settling point pada tangki takaran satu adalah 7 cm dan pada tangki takaran dua 12 cm. Hasil pengujian diperoleh bahwa pengendalian level takaran menggunakan teknik kendali PID 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, PID

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. PID 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 10 cm in each tank and for quality two settling point needed 7 cm and 12 cm in each tank. The test results obtained that the level control using PID 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, PID

1. Pendahuluan

Teknologi Industri semakin berkembang pesat, pelaku industri fokus menghasilkan produk dengan kualitas bagus dan produksi yang cepat[1]. Pembangunan sector industry merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pembangunan nasional jangka panjang. Visi pembangunan industry sebagaimana diatur di dalam Perpres No. 28 tahun 2008 tentang Kebijakan Industri Nasional (KIN) adalah menjadikan Indonesia sebagai

negara industry tangguh di dunia pada 2025. Kebijakan pemerintah yang selaras dan terpadu dalam bidang Industri dan Ilmu Pengetahuan & Teknologi adalah merupakan alat yang ampuh di dalam mewujudkan program Industrialisasi, dimana pada akhirnya melalui program Industrialisasi dan ketrampilan yang dimiliki dapat menghantarkan bangsa ke dalam penemuan-penemuan baru baik dalam "product technology", "technology manufacturing" maupun dalam "production process technology". Sehingga dapat

mengangkat harkat dan martabat bangsa di dunia Internasional[2].

Salah satu dari jenis produk industri kebutuhan rumah tangga yang mengalami persaingan cukup tinggi yaitu produk pewangi dan pelembut pakaian. Berdasarkan ICASA (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. Kesenjangan antara pelaku industri masih terjadi, disaat industri modern telah memanfaatkan alat-alat canggih dalam proses produksinya, industry 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 dipasaran, sehingga sulit untuk industry rumah tangga yang sebagian bermodal kecil[2].

Berdasarkan alasan di atas, maka dalam penelitian penelitian ini akan dilakukan perancangan mesin mixer pembuat pelembut dan pewangi pakaian otomatis untuk skala home industry. Otomatisasi sistem pada alat ini mencakup proses penakaran bahan utama, pencampuran bahan, pengadukan bahan, sistem pewaktuan (timer) pada masing-masing tahapan proses. Diharapkan, dengan diterapkannya sistem otomatisasi ini, maka dapat meningkatkan produktivitas kerja pada proses pembuatan produk. Keakuratan pengukuran level cairan merupakan aspek terpenting dalam beberapa proses aplikasi, seperti industry minyak, indsturi kimia dan indsturi meteorological. Beberapa cara digunakan untuk mengukur 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]

Pada penelitian ini akan dibuat implementasi kendali PID pada pengaturan level cairan pada tangki takaran plant alat mixer pelembut dan pewangi pakaian otomatis. Mikrokontroler ATmega16 digunakan sebagai perangkat keras pengendali utama. Kendali PID 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 Pengendali PID (Proporsional- Integral-Derivative)

Pengendali PID adalah suatu system pengendali yang merupakan gabungan antara pengendali proporsional,

integral, dan turunan (derivative). Dalam waktu kontinyu, sinyal keluaran pengendali PID dapat dirumuskan pada persamaan 1.

$$u(t) = K_p(e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t)dt) + T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

atau

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

Dengan :

$u(t)$ = sinyal keluaran pengendali PID

K_p = konstanta proporsional

T_i = waktu integral

T_d = waktu turunan

K_i = konstanta integral

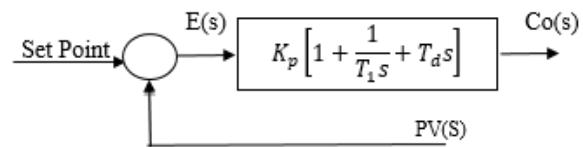
d = konstanta turunan

$e(t)$ = sinyal kesalahan ($e(t)$ = referensi - keluaran plan)

Jadi, fungsi alih pengendali PID (dalam domain S) dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$G_c(s) = K_p \left[1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right] \quad (3)$$

Diagram blok pengendali PID dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok pengendali PID^[8].

Untuk kemudahan mendapatkan bentuk persamaan dalam kawasan diskret, persamaan (1) disusun ulang menjadi persamaan (4).

$$CO(t) = CO_p(t) + CO_I(t) + CO_d(t) \quad (4)$$

dengan

$$CO_p(t) = K_p \cdot e(t) \quad (5)$$

$$CO_I(t) = \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) \cdot dt \quad (6)$$

$$CO_d(t) = K_p T_d \cdot \frac{de(t)}{dt} \quad (7)$$

Dengan mengacu pada persamaan (1) bentuk persamaan kontrol PID ideal dalam kawasan diskret dapat diperoleh melalui persamaan diskret masing-masing suku penyusun yaitu pada persamaan (5), (6) dan (7).

Untuk suku persamaan sinyal kontrol proporsional yaitu persamaan (1), bentuk persamaannya statis sehingga dapat diperoleh dalam kawasan diskretnya persamaan (2) tanpa memerlukan pendekatan numerik.

$$CO_p(k) = K_p \cdot e(k) \quad (8)$$

Untuk suku sinyal kontrol integral pada persamaan (6) dan suku sinyal kontrol derivatif pada persamaan (7) bentuk persamaannya dinamis sehingga memerlukan pendekatan numerik untuk memperoleh persamaan kawasan diskretnya.

Realisasi kontrol PID digital akan ditemukan dalam sistem berbasis mikroprosesor. Sistem kontrol PID digital

bekerja dalam basis-basis waktu diskret, sehingga persamaan matematis diskret diperlukan untuk aplikasi kontrol PID ke dalam sistem mikroprosesor. Dari persamaan (1), kontrol PID ideal dalam kawasan diskret yang ditanam ke dalam sistem mikroprosesor memiliki bentuk seperti pada persamaan (9).

$$CO(k) = CO_p(k) + CO_I(k) + CO_d(k) \quad (9)$$

Dengan

$$CO_p(k) = K_p \cdot e(k) \quad (10)$$

$$CO_I(k) = CO_I(k-1) + \frac{K_p T_c}{T} e(k) \quad (11)$$

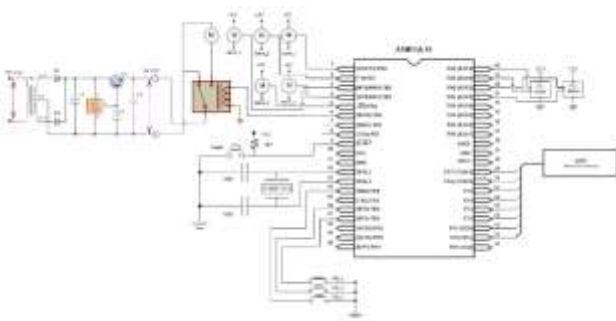
$$CO_d(k) = K_p T_d \frac{(e(k) - e(k-1))}{T_c} \quad (12)$$

2.2 Perancangan Hardware

Perancangan plant terdiri dari beberapa komponen utama diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Mikrokontroler ATmega16 yang berfungsi sebagai pusat pengendalian pada sistem pengaturan *level* cairan ini dapat diprogram dengan menggunakan bahasa C embedded.
2. Push Button berfungsi sebagai tombol untuk menjalankan proses pengendalian.
3. LCD (Liquid 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 yang digunakan untuk membuka dan menutup ball valve.
6. Relay berguna sebagai kendali on-off pada motor listrik yang difungsikan sebagai pengaduk.
7. Catu daya berfungsi sebagai suplai sistem secara keseluruhan..

Adapun alokasi penggunaan port pada mikrokontroler atmega 16 dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 2. Skematik Perancangan Hardware

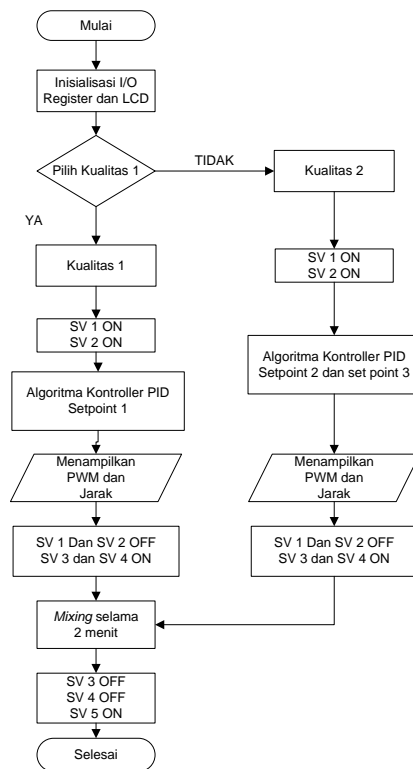
2.3 Perancangan Pengendali PID

Pada penelitian ini digunakan metode kontrol PID untuk mengendalikan cairan pada tangki takaran. Sesuai dengan

persamaan PID yang telah dijelaskan maka dapat direalisasikan kendali PID dalam bahasa C, dimana kendali PID tersebut diperoleh dari diskretisasi persamaan 1 hingga menjadi 12. Persamaan 10-12 inilah yang direalisasikan kedalam bahasa C. Kendali PID akan menghasilkan sinyal kontrol antara 0 % sampai 100%, dimana sinyal control digunakan untuk menggerakkan motor *servo*. Nilai parameter K_p , K_i , dan K_d didapatkan dari *setting* yang telah ditentukan oleh *user*. *Error* digunakan sebagai masukan pada kontrol PID

2.4 Perancangan Software

Pemrograman mikrokontroler ATmega16 dapat dilakukan dengan bahasa C. Perancangan *software* pada penelitian ini juga menggunakan bahasa C dengan kompiler *Code Vision AVR* versi 2.04.4a Flowchart sistem dapat dilihat pada gambar



Gambar 3. Diagram alir *plant mixer* pelembut dan pewangi pakaian otomatis

Secara umum perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler ATmega16 ini terdiri atas :

1. Perancangan Program Utama
2. Program Inisialisasi I/O dan Variabel
3. Program Pengambilan Data ADC (sensor jarak HC-SR04)
4. Program Tampilan LCD 16x2
5. Program Pengendali PID

3. Hasil dan Analisa

3.1 Pengujian sensor HCSR-04

Pengujian sensor ini dilakukan dengan membandingkan pembacaan *level* sensor HCSR-04 dengan pembacaan dengan mistar.

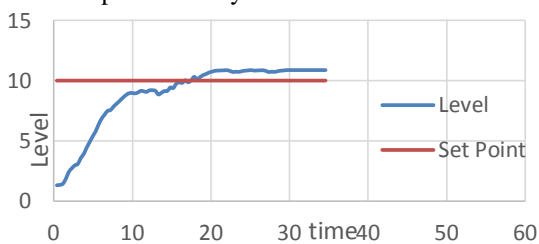
Tabel 1. Hasil Pengujian sensor HCSR-04

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
$\Sigma Error$				1,96	4
Error Rata-Rata				0,1225	0,25

Dari Tabel 1. terlihat bahwa terdapat perbedaan hasil antara jarak sebenarnya dengan jarak hasil pembacaan sensor jarak HC-SR04. Rata-rata kesalahan (*error*) yang didapatkan untuk sensor HC-SR04 pada tangki 1 adalah 0,1225 cm dan rata-rata error pada tangki 2 adalah 0.25 cm.

3.2 Respon Sistem Kp=100

Pada pengujian berikut ini memberika gain PID secara acak dengan maksud agar diperoleh hasil respon sistem terbaik, yang nantinya akan diaplikasikan dalam *plant* Pada pengujian sistem ini, digunakan kontroler Kp = 100 atau yang memberikan sinyal co merupakan error yang terjadi antara *level* dengan set point. Gambar 4 merupakan hasil dari respon sistemnya.



Gambar 4. Respon sistem dengan Kp=100

Dari Gambar 4. dapat dilihat bahwa sistem dapat dikatakan masih buruk. Karena dari respon sistem tersebut nilai aktual / pv masih dibawah dari set point yang diberikan. Dengan demikian, dibutuhkan penalaan gain PID untuk memperbaiki respon sistem dari Gambar 4.

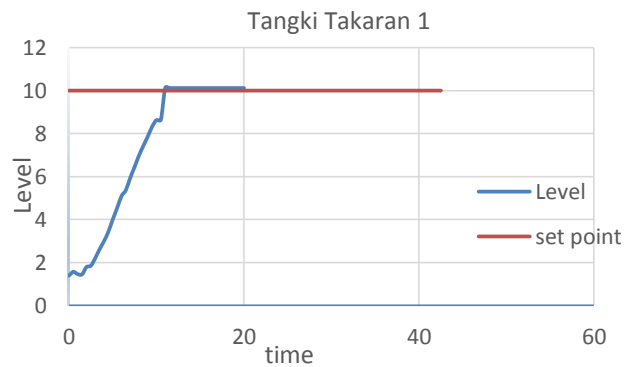
3.3 Pengujian Penalaan P,I dan D

Pengujian sistem dengan menggunakan controller PID ini dilakukan dengan memberikan parameter PID dalam hal ini Kp, Ti, dan Td kedalam sistem sehingga dari pemberian parameter *gain* tersebut diharapkan respon sistem dapat lebih baik lagi. Pada pengujian ini dilakukan penalaan PID secara *trial and error* yaitu dengan memberikan parameter *gain* kontroler secara acak, sehingga dari pemberian *gain* tersebut dapat menghasilkan hasil respon sistem yang kiranya terbaik, dengan parameter penentuan berdasarkan *overshoot* respon sistem. Pengujian ini dilakukan secara kontinyu dengan variasi data sebanyak 4 data parameter

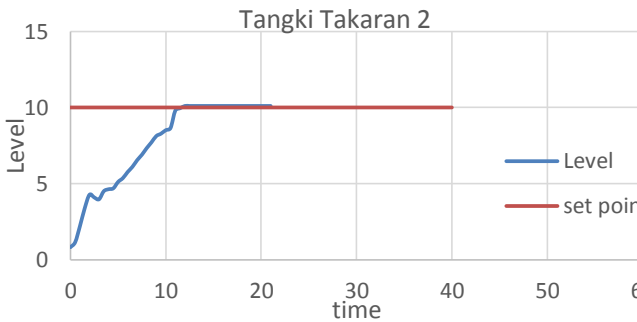
Tabel 2. Variasi data parameter gain PID

No.	Kp	Ki	Kd
1	150	0	0
2	150	50	0
3	150	10	20
4	150	0	20

Dengan mengacu dari tabel 2. maka grafik respon sistem dapat dilihat pada gambar 5 – 12 berikut ini.



Gambar 5. Grafik Respon sistem dengan Kp = 150 pada tangki takaran 1



Gambar 6. Grafik respon sistem dengan $K_p = 150$ pada tangki takaran 2

Dari gambar 5. nilai K_p 150 mmenghasilkan T_r sebesar 9,5 detik, T_p sebesar 11 detik, dan M_p sebesar 0,013% sedangkan untuk gambar 6. menghasilkan T_r sebesar 9 detik, T_p sebesar 12 detik dan M_p sebesar 0,01%. Nilai overshoot masih sedikit melewati setpoint sehingga perlu mencoba apabila sistem diberi gain K_i .



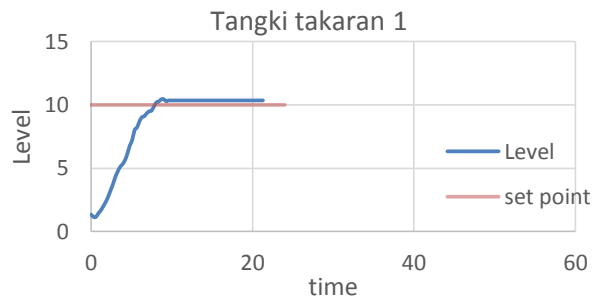
Gambar 7. Grafik respon sistem dengan $K_p = 150$ $K_i = 50$ pada tangki takaran 1



Gambar 8. Grafik respon sistem dengan $K_p = 150$ $K_i = 50$ pada tangki takaran 2

Pada gambar 7. nilai K_p 150 K_i 50 grafik respon menunjukkan sebesar T_r sebesar 8,5 detik, T_p sebesar 14 detik, dan M_p sebesar 0,047% sedangkan untuk gambar 8. menghasilkan T_r sebesar 8 detik, T_p sebesar 10,5 detik dan M_p sebesar 0,049%. Nilai overshoot masih sedikit

melewati setpoint sehingga perlu mencoba apabila sistem diberi gain K_i dan K_d .

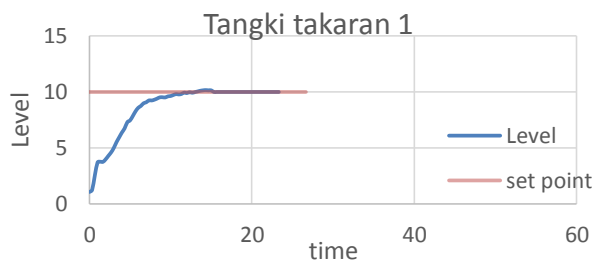


Gambar 9. Grafik respon sistem dengan $K_p=150$ $K_i = 50$ $K_d =20$ pada tangki takaran 1

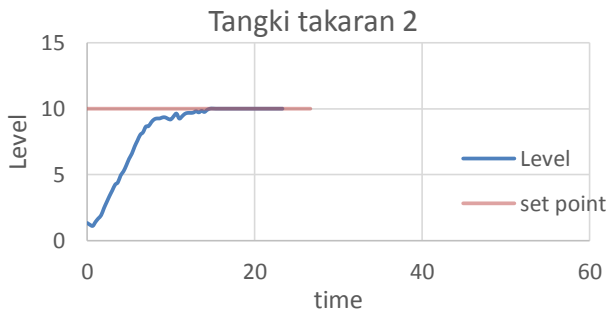


Gambar 10. Grafik respon sistem dengan $K_p=150$ $K_i = 50$ $K_d =20$ pada tangki takaran 2

Pada gambar 9. nilai K_p 150 K_i 50 dan K_d 20 grafik respon menunjukkan sebesar T_r sebesar 5 detik, T_p sebesar 9 detik, dan M_p sebesar 0,045% sedangkan untuk gambar 10. menghasilkan T_r sebesar 5 detik, T_p sebesar 9,6 detik dan M_p sebesar 0,02%. Nilai overshoot masih sedikit melewati setpoint sehingga perlu dihilangkan gain K_d untuk mengurangi overshoot dan hanya menggunakan gain K_p dan K_d untuk meningkatkan stabilitas sistem mencapai *setpoint*.



Gambar 11. Grafik respon sistem dengan $K_p = 150$ $K_d = 20$ pada tangki takaran 1



Gambar 12. Grafik respon sistem dengan $K_p = 150$ $K_d = 20$ pada tangki takaran 2

Pada gambar 11. grafik respon menunjukkan sebesar T_r sebesar 5 detik, T_p sebesar 14 detik, dan M_p sebesar 0,017% sedangkan untuk gambar 12. menghasilkan T_r sebesar 7 detik, T_p sebesar 15 detik dan M_p sebesar 0,001%. Berikut ini adalah tabel hasil respon penalaan PID dengan variasi gain terbaik.

Tabel 3. Respon Sistem dengan Gain PID

No.	K_p	K_i	K_d	Keterangan
1	150	0	0	Overshoot besar, jarak masih melebihi set point
2	150	50	0	Overshoot besar, jarak masih melebihi set point
3	150	10	20	Overshoot, jarak sedikit melewati set point.
4	150	0	20	Overshoot kecil, sistem stabil

Berdasarkan hasil respon yang telah ditampilkan dalam tabel 3. Diperoleh kesimpulan hasil terbaik ada pada gain PID dengan parameter $K_p = 150$, $K_i = 0$, dan $K_d = 20$. Respon yang diperoleh adalah sistem respon *overshoot* kecil dan tanpa *error steady state* serta jarak sesuai dengan set point sehingga sistem dapat berjalan lebih stabil.

3.4 Pengujian Aplikasi Alat Mixer Pelembut dan Pewangi Pakaian Otomatis

Pada pengujian ini akan dilakukan pengujian pembuatan pelembut dan pewangi pakaian otomatis yang telah dirancang. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsistensi volume saat penakaran produk pelembut dan pewangi pakaian. Langkah-langkah pembuatan pelembut dan pewangi pakaian dengan alat pelembut dan pewangi pakaian otomatis dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Proses pembuatan bahan pelembut

Bahan pelembut yang digunakan pada proses ini adalah supersoft. Cara membuatnya yaitu dengan mencampur bahan supersoft dengan air hangat sedikit lebih sedikit dan aduk hingga merata.

2. Proses pembuatan bahan pewangi

Bahan yang digunakan untuk membuat pewangi adalah air, parfum, *fixative*, dan *metanol*. *Fixative* merupakan bahan kimia yang berfungsi untuk melekatkan parfum ke serat kain dan *methanol/ alcohol* berfungsi agar parfum larut dalam bahan softener.

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 10 cm pada masing-masing tangki. Nilai set point 10 cm dalam volume tangki takaran setara dengan 1500 ml. Pada saat penakaran dilakukan lima kali percobaan dan didapatkan hasil sebagai berikut. Pada kualitas 2 nilai set point pada tangki takaran 1 sebesar 9 cm dan pada tangki takaran 2 sebesar 12 cm.

3.5 Pengujian Proses Pengisian (*Filling Process*)

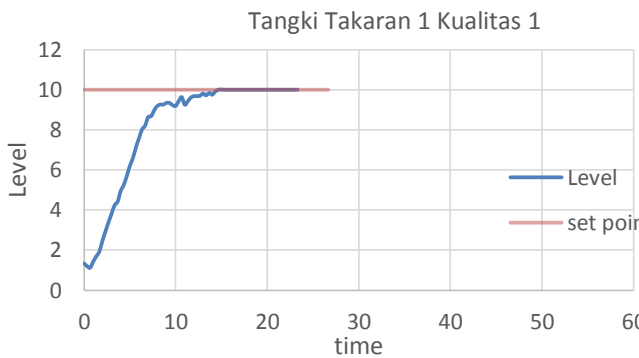
Proses pengisian dibagi menjadi dua yaitu pengisian pada tangki takaran dengan kualitas 1 dan pengisian tangki takaran dengan kualitas 2. Masing-masing proses pengisian dilakukan 5 kali pengujian. Pengisian pada tangki takaran dilakukan oleh *valve* 1 dan *valve* 2. Proses pengisian takaran ini menggunakan pengendali PID dengan K_p 150 K_i 0 dan K_d 20.

a. Pengisian pada tangki takaran 1 kualitas 1

Tabel 4. pengisian pada tangki takaran 1 dengan kualitas 1

Pengujian	Setpoint (cm)	Pengujian (cm)	Error (cm)
Ke-1	10	10,8	0,8
Ke-2	10	10,17	0,17
Ke-3	10	10,78	0,78
Ke-4	10	10,15	0,15
Ke-5	10	10,15	0,15
		Σ Error	2,05
		Error rata-rata	0,41

Tabel 4. merupakan hasil pengujian pengisian pada tangki takaran 1 kualitas 1. Hasil pengujian didapatkan hasil tinggi *level* rata-rata yaitu 10,41 cm. Set point pada tangki takaran yaitu 10 cm, dengan demikian hasil pengujian sedikit melebihi set point pada sensor HC-SR04 dengan error $\pm 4,1\%$. Gambar 13 Adalah gambar grafik keluaran respon sistem.



Gambar 13 Grafik respon sistem pada kualitas 1 tangki takaran 1

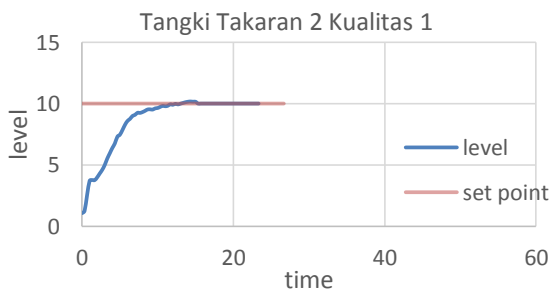
Dari gambar 13 hasil pengujian takaran 1 kualitas 1 dengan nilai K_p sebesar 150 dan K_d sebesar 20 sudah sesuai dengan *set point*, dengan waktu naik 15 detik.

b. Pengisian pada Tangki Takaran 2 Kualitas 1

Tabel 5. pengisian pada tangki takaran 2 dengan kualitas 1

Pengujian	Setpoint (cm)	Pengujian (cm)	Error (cm)
Ke-1	10	10	0
Ke-2	10	10	0
Ke-3	10	10,15	0,15
Ke-4	10	10	0
Ke-5	10	10,17	0,17
$\Sigma Error$			0,32
Error rata rata			0,064

Tabel 5. merupakan hasil pengujian pengisian pada tangki takaran 2 kualitas 1. Hasil pengujian didapatkan hasil tinggi *level* rata-rata yaitu 10,064 cm. Set point pada tangki takaran yaitu 10 cm, dengan demikian hasil pengujian melebihi set point pada sensor HC-SR04 dengan error $\pm 0,64\%$. Gambar 14. Adalah gambar grafik keluaran respon sistem.



Gambar 14. Gambar respon sistem pada kualitas 1 tangki takaran 2

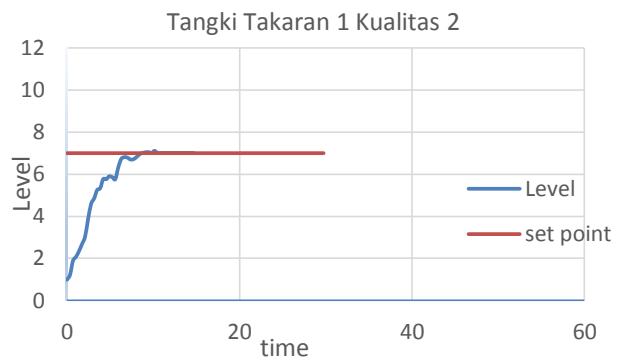
Dari gambar 14. hasil pengujian takaran 1 kualitas 2 dengan nilai K_p sebesar 150 dan K_d sebesar 20 sudah sesuai dengan set point, dengan waktu naik 15 detik

c. Pengisian pada Tangki Takaran 1 Kualitas 2

Tabel 6. pengisian pada tangki takaran 1 dengan kualitas 2

Pengujian	Setpoint (cm)	Pengujian (cm)	Error (cm)
Ke-1	7	7,05	0,05
Ke-2	7	7,15	0,15
Ke-3	7	7	0
Ke-4	7	7	0
Ke-5	7	7,17	0,17
$\Sigma Error$			0,37
Error rata-rata			0,074

Tabel 6. merupakan hasil pengujian pengisian pada tangki takaran 1 kualitas 2. Hasil pengujian didapatkan hasil tinggi *level* rata-rata yaitu 7,074 cm. Set point pada tangki takaran yaitu 7 cm, dengan demikian hasil pengujian sedikit melebihi set point pada sensor HC-SR04 dengan error $\pm 1,05\%$. Gambar 15. Adalah gambar grafik keluaran respon sistem.



Gambar 15. Gambar respon sistem pada kualitas 2 tangki takaran 1

Dari gambar 15. hasil pengujian takaran 1 kualitas 2 dengan nilai K_p sebesar 150 dan K_d sebesar 20 sudah sesuai dengan *set point*, dengan waktu naik 17 detik. Terdapat gangguan berupa riak air atau cipratan air sehingga sensor sedikit tidak susai mendeteksi perubahan *level*.

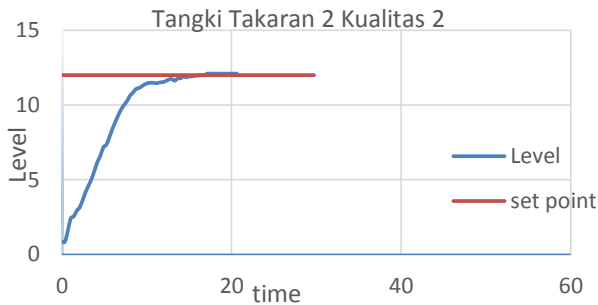
d. Pengisian pada Tangki Takaran 2 Kualitas 2

Tabel 7. pengisian pada tangki takaran 2 dengan kualitas 2

Pengujian	Setpoint (cm)	Pengujian (cm)	Error (cm)
Ke-1	12	12,04	0,04
Ke-2	12	12,35	0,35
Ke-3	12	12,15	0,15
Ke-4	12	12,02	0,02
Ke-5	12	12,04	0,04
$\Sigma Error$			0,6
Error rata-rata			0,12

Tabel 7. merupakan hasil pengujian valve pada tangki takaran 2 Hasil pengujian didapatkan hasil tinggi *level* rata-rata yaitu 12,12 cm. Set point pada tangki takaran yaitu 12 cm, dengan demikian hasil pengujian sedikit melebihi set point pada sensor HC-SR04 dengan error \pm

1%. Gambar 16. Adalah gambar grafik keluaran respon sistem.



Gambar 16. Gambar respon sistem pada kualitas 2 tangki takaran 2

Dari gambar 16 hasil pengujian takaran 1 kualitas 1 dengan nilai K_p sebesar 150 dan K_d sebesar 20 sedikit melewati *set point* dengan waktu naik 17 detik.

3.6 Pengujian 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.

Tabel 8. Hasil pengujian hasil akhir cairan pelembut dan pewangi kualitas 1

Pengujian	Set Point (ml)	Hasil Pengujian (ml)	Error (ml)
Ke-1	3000	3090	90
Ke-2	3000	3030	30
Ke-3	3000	3120	120
Ke-4	3000	3030	30
Ke-5	3000	3030	30
ΣError			300
Error rata-rata			60

Tabel 8. merupakan hasil pengujian pengisian ke dalam tangki hasil. Hasil pengujian didapatkan hasil takaran rata-rata yaitu 3060 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 ada hasil pada proses pengisian pada tangki takaran masih terdapat error. Begitu pula pada pengisian tangki hasil masih terdapat error dengan toleransi yaitu $\pm 2\%$ dikarenakan adanya gangguan riak air dan error pada saat pengisian takaran

Tabel 9. Hasil pengujian hasil akhir cairan pelembut dan pewangi kualitas 2

Pengujian	Set Point (ml)	Hasil Pengujian (ml)	Error (ml)
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
ΣError			150
Error rata-rata			30

Tabel 9. merupakan hasil pengujian pengisian ke dalam tangki hasil. Hasil pengujian didapatkan hasil takaran rata-rata yaitu 2730 ml. *Set point* pada tangki hasil yaitu 2700 ml, dengan demikian hasil pengujian sedikit berbeda dengan *set point*. Perbedaan hasil antara *set point* dengan hasil pengujian dikarenakan masih ada hasil pada proses pengisian pada tangki takaran masih terdapat error. Begitu pula pada pengisian tangki hasil masih terdapat error dengan toleransi yaitu $\pm 1\%$ dikarenakan adanya gangguan riak air dan *error* pada saat pengisian takaran.

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini, pembuatan pelembut dan pewangi otomatis berbasis control PID atmega16 dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya sensor HCSR-04 pada sistem ini berjalan dengan baik dimana error rata-rata sebesar 0,1225 pada tangki 1 dan 0,25 pada tangki 2. Pada penalaan controller PID dengan metode trial and error diperoleh gain terbaik dengan gain tersebut adalah $K_p=150$ $K_i=0$ dan $K_d=20$, respon tersebut dapat dilihat pada gambar 11 dengan *rise time* 5 detik, *time peak* 14 detik, dan M_p sebesar 0,017%. Hasil pengujian pada proses pengisian takaran dengan lima kali percobaan menggunakan pengendali PID dengan $K_p=150$ $K_i=0$ dan $K_d=20$ diperoleh error rata rata sebesar 4,1% pada kualitas 1 tangki takaran 1 dan 0,64% pada tangki takaran 2 kualitas 1 sedangkan untuk kualitas 2 didapatkan error rata rata sebesar 0,74% pada tangki takaran 1 dan 1% untuk tangki takaran 2. Sistem yang dibuat sudah mampu digunakan untuk mengisi dan melakukan pengadukan dengan hasil pengujian didapatkan hasil takaran rata-rata pada kualitas 1 yaitu 3060 ml. dan takaran rata-rata pada kualitas 2 yaitu 2730 ml.

Referensi

- [1]. ---, <http://irmadevita.com/2009/usaha-home-industry-makanan-minuman-dan-obat-obatan/>, Februari 2009
- [2]. ---, <http://swa.co.id/event/indonesian-customer-satisfaction-award-icsa-2014>, Mei 2014.
- [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, March, 2015.

- [4]. --, <http://www.mataharicourse.com/pelembut-baju-cair.html>, Juli 2015
- [5]. Ogata, Katsuhiko, "Teknik Kontrol Otomatik Jilid 1", diterjemahkan oleh Edi Leksono, Erlangga, Jakarta, 1994
- [6]. Sutojo, T, dkk, "Kecerdasan Buatan", ANDI, Yogyakarta, 2011.
- [7]. Wicaksono, Hendry, "Catatan Kuliah Automasi 1", Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra, Surabaya, 2012.
- [8]. Setiawan, Iwan, "Perancangan Sistem Embedded Berbasis Statechart: Studi Kasus Pada Line Follower Mobile Robot", <http://iwan.blog.undip.ac.id>. Juni 2009.
- [9]. Hamzah, Muhammad Abbie, " *Perancangan Plant Alat Pembuat Sirup Buah Otomatis Dengan Kontrol PI Sebagai Pengendali Suhu Cairan Berbasis Atmega16*", Skripsi S-I, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.
- [10]. Ogata, Katsuhiko, "*Teknik Kontrol Otomatik Jilid 2*", diterjemahkan oleh Edi Leksono, Erlangga, Jakarta, 1994.
- [11]. Puspo, Jezzy Dwi, " *Prototype Sistem Pengendalian Mesin Mixer Pelembut dan Pewangi Pakaian Berbasis PLC Omron CPM1A*", Skripsi S-I, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.
- [12]. Rachmad, Lutfi Nur, " *Pengendalian Tekanan Dengan Kendali PID Pada Sistem Pembuat VCO Yang Terautomatisasi Berbasis Atmega 8535*", Skripsi S-I, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.
- [13]. Sumardi, "*Belajar AVR Mulai Dari Nol*", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2013
- [14]. Yu Yuan, "*International Conference On Electrical, Control And Automation (ICECA 20114)*", Destech Publications, pennsylvania, 2014.