

REALISASI DAN MEKANISME UJI UKUR VOLUME SISTEM PENCAMPUR WARNA PRIMER OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER

REALIZATION AND VOLUME MEASURING TEST MECHANISM OF THE MICROCONTROLLER BASED AUTOMATIC PRIMARY COLOR MIXING SYSTEM

Fikry Lazuardi¹, Erwin Susanto, Ph.D², Fiky Yosef Suratman, Ph.D³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Prodi S2 Teknik Elektro - Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹flazuardi@vmail.com, ²erwinelektro@telkomuniversity.ac.id, ³fvsuratman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Hampir semua proses industri telah berjalan secara otomatis. Dengan adanya proses otomatisasi industri, kinerja karyawan dapat berjalan secara efektif dan efisien begitu juga dengan tingkat produksi suatu perusahaan. Oleh karena itu proses otomatisasi industri terus dikembangkan hingga saat ini. Namun beberapa alat industri seperti pada perusahaan tekstil, terutama dalam proses pencampur warna masih manual menggunakan tenaga manusia. Dunia industri membutuhkan alat pencampur warna yang serba cepat dan tepat secara otomatis.

Tugas akhir ini bertujuan untuk menciptakan alat otomatisasi pada industri tekstil berbasis mikrokontroler yang berguna untuk menghasilkan warna baru dari variasi warna primer dengan input *switch* untuk memilih hasil warna pencampuran yang diinginkan. Dengan metode interpolasi linier, penelitian ini memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pengukur jarak ketinggian cairan dan motor servo yang dikaitkan pada *valve* berfungsi sebagai pembuka serta penutup laju cairan yang dikeluarkan secara otomatis. Kemudian LCD digunakan sebagai tampilan pada proses kerja sistem, baik pengukuran sensor ultrasonik HC-SR04 atau sudut putaran motor servo serta pembacaan volume.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa alat ini mampu menghasilkan warna baru sesuai yang diinginkan oleh pengguna dengan menerapkan prinsip rasio warna Brewster. Alat ini mampu menghasilkan volume yang dikehendaki oleh pengguna, prinsip pengoperasiannya sangat mudah, dan *user friendly*. Berdasarkan pengujian output volume diperoleh rata - rata *error* masing - masing tangki merah, kuning dan biru adalah 4,42 % , 3,67 % , dan 3,81 % serta rata - rata *error* volume akhir 2,64 % . *Error* pembacaan sensor untuk tangki merah, kuning, dan biru adalah - 0,14 cm, - 0,11 cm, dan - 0,12 cm.

Kata Kunci : *pencampur warna, mikrokontroler, interpolasi linier, sensor ultrasonik HC-SR04, motor servo, dan teori brewster*

Abstract

Almost all industrial processes have run automatically. With the automation of industrial processes, employee performance can be run effectively and efficiently as well as the production level of a company. Therefore, the process automation industry continue to be developed until today. But some industry tools such as the textile company, especially in the process of mixing the colors still manually using manpower. The industrialized world needs a color mixer fast-paced and right automatically.

This final project aims to create automation tools in microcontroller-based textile industry that is useful to generate new color of the primary color variations with the input switch to select the desired result of mixing colors. With linear interpolation method, this study utilizes HC-SR04 ultrasonic sensor as distance measuring liquid levels and associated servo motor on the valve serves as the opening and closing rate of fluid removed automatically. Then LCD is used as a display on the work process of the system, both measuring HC-SR04 ultrasonic sensor or servo motor rotation angle and volume readings.

Based on the results of the research showed that the tool is able to generate new colors as desired by the user by applying the principle of the color ratio Brewster. This tool is able to produce the desired volume by the user, the principle of operation is very easy, and user friendly. Based on the obtained test output volume, average error each tank of red, yellow, and blue were 4.42%, 3.67%, and 3.81% and the average error of 2.64% final volume. Error reading sensor for tank red, yellow, and blue are - 0.28 cm - 0.14 cm, and - 0.21 cm.

Keywords : *color mixing, microcontroller, linear interpolation, HC-SR04 ultrasonic sensor, servo motors, and the theory brewster*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

Di era modern sekarang, teknologi sudah tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Hampir semua kegiatan yang dilakukan oleh manusia memanfaatkan teknologi agar efektif dan efisien. Seperti halnya pada industri tekstil membutuhkan suatu teknologi yang bisa memudahkan pekerjaan dalam setiap prosesnya. Salah satu proses kerja di industri tekstil, yaitu dalam hal pewarnaan kain masih membutuhkan teknologi yang dapat menyelesaikan prosesnya secara cepat dan tidak manual menggunakan tenaga manusia. Dalam industri tekstil, pewarna merupakan bahan dasar dan untuk menghasilkan hasil tekstil yang menarik maka dibutuhkan warna yang beragam agar tidak terlihat monoton.

Dalam penelitian ini, dibuat suatu alat yang bisa mencampur warna primer secara otomatis. Warna primer tersebut merupakan warna dasar yang terdiri dari warna merah, kuning, dan biru. Warna primer ini dicampur sehingga menghasilkan warna yang baru, baik warna sekunder maupun tersier.

Penelitian ini menggunakan mikrokontroler arduino sebagai pengontrolnya. Untuk mengukur keakuratan volume keluaran pada masing – masing tangki warna primer, interpolasi linier sebagai metode yang digunakan dan direalisasikan pada sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian cairan dan berdasarkan *delay* yang telah ditentukan pada mikrokontroler, pembacaan sensor ultrasonik akan dihubungkan ke putaran motor servo yang dipasang di tiap *valve* tangki warna primer, sehingga putaran *valve* akan bekerja secara otomatis. Pengukuran sensor ultrasonik dan sudut putaran motor servo pada *valve* diketahui melalui LCD. Berdasarkan volume yang telah ditentukan sesuai teori warna Brewster, hasil keluaran warna primer kemudian dicampur dengan motor listrik.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa keakuratan volume yang dikeluarkan masing – masing tangki warna primer sesuai rasio teori Brewster dan merealisasikan konsep interpolasi linier pada sistem pencampur warna primer otomatis menggunakan motor servo dan sensor ultrasonik HC-SR04.

1.3 Identifikasi Masalah

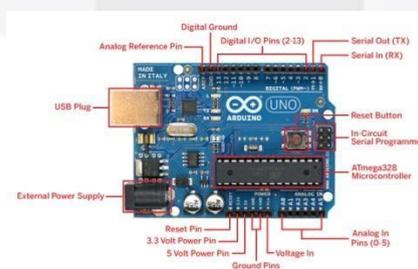
Untuk mengkaji dan mengulas tentang sistem pencampur warna primer otomatis diperlukan bahasan yang saling berhubungan, yaitu mekanisme untuk keakuratan volume (ml) yang dikeluarkan tiap tangki warna primer menggunakan konsep interpolasi linier yang menghasilkan 9 warna baru sesuai lingkaran Brewster dan mikrokontroler arduino untuk mengontrol sistem sebagai batasan masalah.

2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1 Mikrokontroler Arduino

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan *input / output*.

Arduino Uno adalah sebuah board mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin input / output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol *reset*. Arduino Uno mampu mensupport mikrokontroler, dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB.



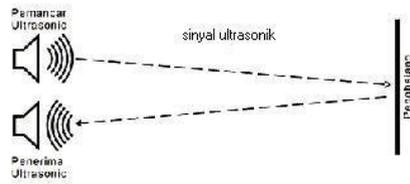
Gambar 1 Arduino Uno

2.2 Sensor Ultrasonik



Gambar 2 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik merupakan sensor yang bekerja dengan cara memancarkan suatu gelombang dan kemudian menghitung waktu pantulan gelombang tersebut.



Gambar 3 Cara Kerja Sensor Ultrasonik

Gelombang ultrasonik bekerja pada frekuensi mulai 20 kHz hingga sekitar 20 MHz. Frekuensi kerja yang digunakan dalam gelombang ultrasonik bervariasi tergantung pada medium yang dilalui, mulai dari kerapatan rendah pada fasa gas, cair hingga padat. Secara matematis gelombang ultrasonik dapat dirumuskan sebagai :

$$s = v.t / 2 \tag{1}$$

dimana s adalah jarak dalam satuan meter, v adalah kecepatan suara yaitu 344 m/detik dan t adalah waktu tempuh dalam satuan detik. Ketika gelombang ultrasonik menumbuk suatu penghalang maka sebagian gelombang tersebut akan dipantulkan sebagian diserap dan sebagian yang lain akan diteruskan. Gelombang yang diserap akan dihitung oleh komparator dan diteruskan menjadi bilangan *binary*.

2.3 Motor Servo

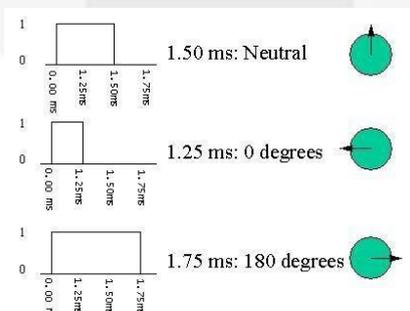
Motor servo disusun dari sebuah motor DC, gearbox, variabel resistor (VR) atau potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas maksimum putaran sumbu (axis) motor servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa pada pin kontrol motor servo.



Gambar 4 Motor Servo

Pulsa Kontrol Motor Servo :

Operasional motor servo dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar ± 20 ms, dimana lebar pulsa antara 0,5 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari range sudut maksimum. Apabila motor servo diberikan pulsa dengan besar 1,5 ms mencapai gerakan 90°, dapat disimpulkan bila diberikan pulsa kurang dari 1,5 ms maka posisi mendekati 0° dan bila diberikan pulsa lebih dari 1,5 ms maka posisi mendekati 180°.

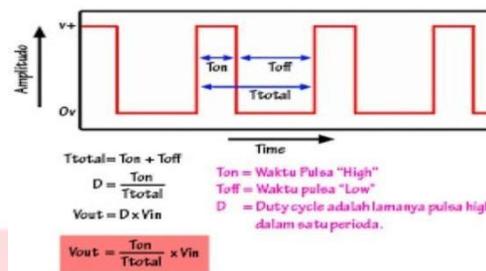


Gambar 5 Pulsa Kendali Motor Servo

2.4 Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata - rata yang

berbeda. Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%).



Gambar 6 Sinyal PWM dan Rumus Perhitungannya

2.5 Teori Warna Brewster

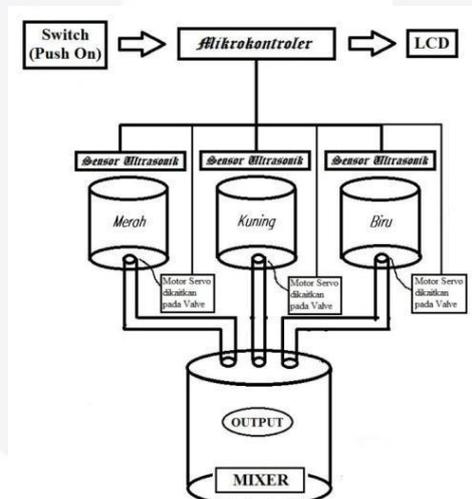
Teori Brewster pertama kali dikemukakan pada tahun 1831 oleh Sir David Brewster. Teori ini menyederhanakan warna - warna yang ada di alam menjadi 4 kelompok warna, yaitu warna primer, sekunder, tersier, dan warna netral. Kelompok warna ini sering disusun dalam lingkaran warna Brewster.

Rumus yang diperoleh dari Teori Brewster tersebut disempurnakan menjadi skema lingkaran warna oleh Herbert Ives (1900), seorang ilmuwan Amerika.

2.6 Interpolasi Linier

Linier Interpolation adalah metode matematis untuk mencari data yang tidak diketahui ditengah data yang diketahui, dengan catatan data - data tersebut tersusun secara linier naik atau turun. Konsep Interpolasi Linier yaitu menentukan titik - titik antara dari 2 buah titik dengan menggunakan garis lurus.

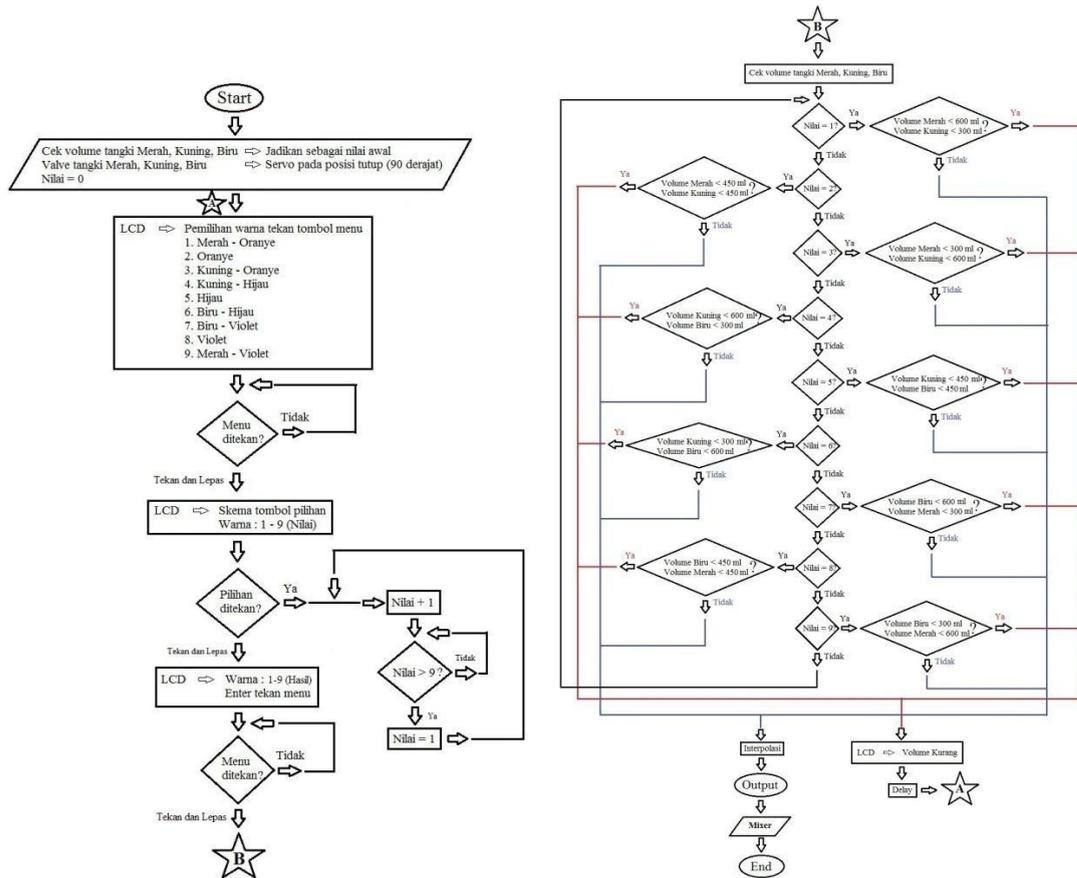
2.7 Penjabaran Umum Sistem



Gambar 7 Desain Alat

Switch sebagai input untuk memilih warna hasil pencampuran yang diinginkan dan menentukan tangki yang akan diproses. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno sebagai pengontrol untuk besar volume pada tiap tangki warna dasar yang dikonfigurasi dengan sensor ultrasonik. Motor servo sebagai pembuka dan penutup otomatis dikaitkan pada *valve* tiap tangki warna primer yang diletakkan pada bagian bawah tangki. Setelah output volume cairan dari tiap tangki warna dasar sudah sesuai teori warna Brewster, kemudian output cairan di *mixer* dan hasil warna yang dihasilkan akan terlihat.

2.8 Diagram Alir Kerja Sistem



Gambar 8 Flowchat Kerja Sistem

Sistem dengan 2 tombol yaitu tombol menu dan tombol pilihan sebagai input. Tombol menu untuk memunculkan pilihan warna 1 – 9 dan sebagai eksekusi sistem, sedangkan tombol pilihan untuk memilih pilihan warna yang akan dihasilkan. Warna 1 – 9 adalah warna yang dihasilkan dari proses interpolasi linier pada perhitungan volume masing – masing tangki merah, kuning, dan biru berdasarkan lingkaran warna Brewster.

3. Pembahasan

3.1 Simulasi Alat



Gambar 9 Lingkaran Warna Brewster

- Untuk membentuk kode warna 1, perbandingan volume antara warna merah dan kuning adalah 2:1.
- Untuk membentuk kode warna 2, perbandingan volume antara warna merah dan kuning adalah 1:1.
- Untuk membentuk kode warna 3, perbandingan volume antara warna merah dan kuning adalah 1:2.
- Untuk membentuk kode warna 4, perbandingan volume antara warna kuning dan biru adalah 2:1.
- Untuk membentuk kode warna 5, perbandingan volume antara warna kuning dan biru adalah 1:1.
- Untuk membentuk kode warna 6, perbandingan volume antara warna kuning dan biru adalah 1:2.
- Untuk membentuk kode warna 7, perbandingan volume antara warna biru dan merah adalah 2:1.
- Untuk membentuk kode warna 8, perbandingan volume antara warna biru dan merah adalah 1:1.
- Untuk membentuk kode warna 9, perbandingan volume antara warna biru dan merah adalah 1:2.

3.2 Pengujian Sensor Ultrasonik

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

No.	Jarak Uji (cm)	Jarak Terdeteksi Sensor Ultrasonik		
		Ultrasonik Merah (cm)	Ultrasonik Kuning (cm)	Ultrasonik Biru (cm)
1	4	4,24	4,20	4,19
2	5	5,29	4,95	5,26
3	6	6,53	6,25	6,12
4	7	7,46	7,18	7,04
5	8	8,04	8,21	8,08
6	9	9,38	8,87	9,25
7	10	9,86	9,79	10,28
8	11	11,24	11,07	10,89
9	12	12,23	12,03	11,85
10	13	13,30	13,37	13,20
11	14	14,40	14,33	14,16
12	15	15,12	15,12	15,29
13	16	15,88	16,22	15,98
14	17	16,72	17,14	17,21
15	18	17,93	18,04	18,08
16	19	18,86	19,11	19,14
17	20	19,82	20,02	20,08
<i>error</i>		-0,1353	-0,1118	-0,1235

Dari Tabel 1, terlihat bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 tidak sesuai terhadap jarak sesungguhnya. Rata - rata *error* yang didapatkan untuk tangki merah adalah - 0,1353 cm, untuk tangki kuning sebesar - 0,1118 cm, dan untuk tangki biru sebesar - 0,1235 cm. Hal ini dapat disebabkan karena pengukuran atau adanya pembulatan dalam pemrograman. Proses pembacaan dari sensor ultrasonik HC-SR04 akan sangat mempengaruhi jumlah *error* volume yang dihasilkan.

3.3 Pengujian Rasio Volume

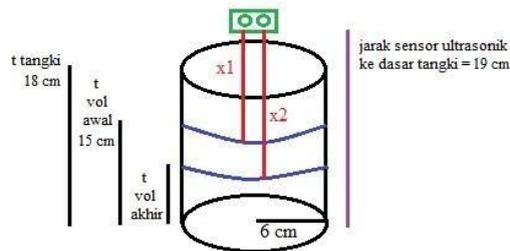
Pengujian rasio volume dilakukan dengan melihat volume yang dikeluarkan oleh masing – masing tangki warna dasar. Jumlah volume yang dikeluarkan oleh tiap tangki dilihat melalui LCD berdasarkan pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04, yaitu dengan melihat selisih antara volume awal dengan volume akhir. Tabel 2 menjelaskan tentang hasil pengujian rasio volume.

Tabel 2 Hasil Pengujian Rasio Volume yang Dikeluarkan

Kode Warna	Perhitungan Output (mL)				Percobaan Output (mL)			
	Vol Akhir Ref	Vol Merah	Vol Kuning	Vol Biru	Vol Akhir	Vol Merah	Vol Kuning	Vol Biru
1	900	600	300	-	701,33	519,76	181,57	-
2	900	450	450	-	724,47	367,1	357,37	-
3	900	300	600	-	628,22	185,38	442,84	-
4	900	-	600	300	726,41	-	481,68	244,73
5	900	-	450	450	800,22	-	435,95	361,27
6	900	-	300	600	753,6	-	205,88	547,72
7	900	300	-	600	572,43	149,02	-	423,41
8	900	450	-	450	710,2	348,94	-	361,26
9	900	600	-	300	558,09	414,36	-	143,73
<i>error</i>					2,64 %	4,42 %	3,67 %	3,81 %

Dari perbandingan rasio volume antara perhitungan dan percobaan didapatkan ketidaksesuaian dengan data perhitungan. Dari tabel didapatkan hasil *error* (rata - rata *error*) rasio volume untuk tangki merah sebesar 4,42 %, untuk tangki kuning sebesar 3,67 %, dan untuk tangki biru sebesar 3,81 %. Hasil pengujian volume akhir didapatkan *error* sebesar 2,64 %.

3.4 Perhitungan Metode Interpolasi Linier
Berikut merupakan perhitungan interpolasi linier salah satu tangki warna dasar.



Gambar 10 Perhitungan Interpolasi Linier pada Sistem

$$\begin{aligned}
 V_{\text{tangki}} &= \pi r^2 t_{\text{tangki}} & (2) \\
 &= 3,14 \times 6 \times 6 \times 18 \\
 &= 2.034,72 \text{ cm}^3 \\
 &= 2.034,72 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{awal}} &= \pi r^2 t_{\text{volume awal}} & (3) \\
 &= 3,14 \times 6 \times 6 \times 15 \\
 &= 1.695,6 \text{ cm}^3 \\
 &= 1.695,6 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

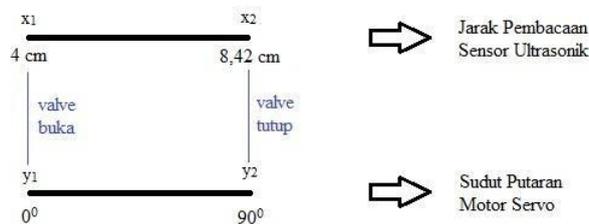
$$\begin{aligned}
 x_1 &= \text{jarak sensor ultrasonik ke volume awal} & (4) \\
 &= \text{jarak sensor ultrasonik ke dasar tangki} - t_{\text{volume awal}} \\
 &= 19 \text{ cm} - 15 \text{ cm} \\
 &= 4 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{akhir}} &= V_{\text{awal}} - V_{\text{yang ingin dikeluarkan}} & (5) \\
 \text{Misal } V_{\text{yang ingin dikeluarkan}} &= 500 \text{ mL, maka} \\
 V_{\text{akhir}} &= 1695,6 - 500 \\
 &= 1195,6 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{akhir}} &= \pi r^2 t_{\text{volume akhir}} & (6) \\
 1195,6 &= 3,14 \times 6 \times 6 \times t_{\text{volume akhir}} \\
 t_{\text{volume akhir}} &= 1195,6 / 113,04 \\
 &= 10,58 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Misal } x_3 &= t_{\text{volume akhir}} & (7) \\
 &= (V_{\text{awal}} - V_{\text{yang ingin dikeluarkan}}) / \pi r^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga didapatkan nilai } x_2 &\text{ sebagai berikut.} & (8) \\
 x_2 &= \text{jarak sensor ultrasonik ke dasar tangki} - x_3 \\
 &= 19 \text{ cm} - 10,58 \text{ cm} \\
 &= 8,42 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 11 Ilustrasi Perhitungan Interpolasi Linier pada Sistem

Dari ilustrasi tersebut didapatkan nilai x diantara x_1 dan x_2 , serta nilai y diantara y_1 dan y_2 . Nilai x dan y digunakan untuk mengatur posisi valve agar bisa mengeluarkan volume yang diinginkan sesuai konsep metode interpolasi linier.

$$(y - y_1) / (y_2 - y_1) = (x - x_1) / (x_2 - x_1) \quad (9)$$

Sehingga

$$y = [(y_2 - y_1) (x_2 - x_1) / (x_2 - x_1)] + y_1 \quad (10)$$

dimana x adalah input dan y adalah output.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

- Dari hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04, rata – rata *error* yang didapatkan untuk tangki merah adalah - 0,14 cm, untuk tangki kuning - 0,11 cm, dan untuk tangki biru - 0,12 cm.
- Motor servo dapat bergerak sesuai perintah, yaitu posisi awal *valve* adalah menutup 90°. Kemudian saat proses interpolasi, motor servo membuka *valve* dengan sudut 0° sampai menutup kembali 90°.
- Dari hasil pengujian rasio volume output masing – masing tangki, antara perhitungan dan percobaan didapatkan ketidaksesuaian dengan data perhitungan. Hasil rata – rata *error* rasio volume untuk tangki merah sebesar 4,42 %, untuk tangki kuning sebesar 3,67 %, dan untuk tangki biru sebesar 3,81 %. Hasil pengujian rasio volume *output* akhir didapatkan rata – rata *error* sebesar 2,64 %.
- Dari hasil pengujian interpolasi di matlab, kurva yang didapatkan dari hasil percobaan penelitian kurang linier. Ini terjadi karena pembacaan jarak yang diukur sensor ultrasonik pada LCD tidak sepenuhnya sesuai dengan jarak asli yang diukur.
- Dari hasil pengujian sistem keseluruhan, warna yang dihasilkan berbeda dengan warna primernya dan berhasil membentuk warna baru namun sedikit berbeda dengan teori warna Brewster, hal ini terjadi karena ukuran bangun ruang tangki berbentuk tabung yang cenderung kurang tepat ukurannya sehingga mempengaruhi keakuratan volume yang dikeluarkan tiap tangki warna primer.

Untuk pengembangan lebih lanjut, penulis memberikan saran - saran sebagai berikut.

- Perlu suatu bangun ruang yang tepat ukurannya, agar hasil volume yang dikeluarkan lebih akurat sesuai perhitungan.
- Penetapan warna primer harus baku, agar warna yang dihasilkan sesuai dengan teori Brewster.
- Sensor yang lebih akurat diperlukan agar hasil pembacaan jarak sesuai dengan jarak uji nyata, sehingga hasil interpolasi menjadi linier.
- Perlu dikembangkan proses kontrol cerdas atau yang lebih tinggi untuk mengatur bukaan *valve* agar lebih presisi.
- Menggunakan tangki tambahan sebagai pembersih *mixer*, agar cairan yang membekas atau tertinggal di tangki *mixer* dapat dinetralisir dan tidak mempengaruhi proses selanjutnya.

Daftar Pustaka :

- [1] Kadir, Abdul. 2013. Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya menggunakan Arduino. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- [2] Irman Nugraha, Gerri. 2013. Perancangan dan Implementasi Alat Parkir Sepeda dengan Sistem Pembayaran Otomatis menggunakan Coin Acceptor. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Komputer / Sistem Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Unikom, Bandung
- [3] Puspitarini, Ayu. 2014. Perancangan Sistem Kendali dan Pemonitoran Keluaran Arus Stabil Pada Generator Sepeda Statis. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Elektro Universitas Telkom, Bandung.
- [4] Ditafrihil Fuadah, Dita dan Sanjaya WS. Ph.D, Mada. 2014. Monitoring dan Kontrol Level Ketinggian Air dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino. Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati, Bandung.
- [5] Nur Iman, S.Si, M.Kom., Budi. Materi BAB 8 Interpolasi Linier, Kuadrat, Polinomial, dan Lagrange. Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – ITS. [Online] Available at: <http://alfaruci.lecturer.pens.ac.id/mnumerik/> [Accessed 27 February 2015]
- [6] https://id.wikipedia.org/wiki/Teori_Brewster [Accessed 20 November 2014]
- [7] <http://www.datasheetcatalog.com/> [Accessed 16 April 2015]
- [8] <http://www.servodatabase.com/> [Accessed 20 April 2015]
- [9] <http://elektronika-dasar.web.id/> [Accessed 24 November 2015]