

Rancang Bangun Sistem Pencampuran Warna Tekstil Otomatis dengan Parameter Volume Fluida pewarna

Agus Supriyadi, Viktor Vekky Ronald Repi, Fitria Hidayanti

Program studi Teknik Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional
Jalan Sawo Manila, Pasar Minggu, Jakarta 12520

Korespondensi : vekky2000@gmail.com

Abstrak. Proses pewarnaan celup kain/benang membutuhkan alat pencampuran warna otomatis yang cepat dan akurat. Akan tetapi alat pencampuran warna masih memiliki *error* yang besar, maka desain sistem ini harus dikembangkan agar diperoleh desain dengan *error* yang kecil. Rancang bangun alat pencampuran warna pada penelitian ini dirancang untuk fluida pewarna tekstil yang berbasis Arduino dengan GUI *Processing*, sensor ultrasonik HC-SR04, dan aktuator motor servo MG996R. Pada penelitian ini *flowrate* pewarna yang keluar dari tangki dipengaruhi oleh level tangki. Maka dibuat sistem dengan input komposisi campuran dari GUI *Processing* dan perhitungan *flowrate* diperoleh dari pembacaan level oleh sensor ultrasonik. Selain itu, karakteristik aktuator *motorized control valve* membuat alat ini diberikan dua mode yaitu *fast* dan *slow*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mode *fast* memiliki *error* lebih besar dari mode *slow*, tetapi mode *slow* membutuhkan waktu proses dua kali lebih lama. Dari pengamatan pewarna hasil pencampuran yang diaplikasikan pada kain, dapat dilihat pola susunan memiliki degradasi warna yang sistematis. Hal ini menunjukkan bahwa alat pencampuran warna otomatis yang dibuat pada penelitian ini dapat bekerja dengan baik.

Kata kunci : Pencampuran warna, *error volume*, *flowrate*, level

PENDAHULUAN

Pada industri tekstil, pewarnaan kain/benang dilakukan melalui proses pencelupan bahan kedalam larutan pewarna. Pencelupan dapat dilakukan pada berbagai bentuk bahan. Bahan yang dimaksud adalah bahan tekstil yang mana mencakup serat, benang, kain dan garmen. teknik pencelupan ini biasa diterapkan di skala industri dan rumahan [1]. Akan tetapi karena kebutuhan warna kain yang berbeda membuat proses pewarnaan relatif lama karena harus dibuat larutan pewarna baru secara manual. Karena itu dibutuhkan suatu alat yang dalam melakukan pencampuran warna secara otomatis.

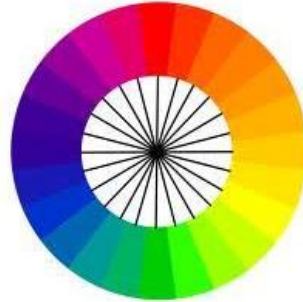
Dengan penggunaan alat pencampuran warna ini, proses pewarnaan akan lebih cepat. Alat pencampuran warna seperti ini dituntut untuk bekerja secara cepat dan akurat. Prinsip kerja alat ini adalah secara otomatis mencampur fluida-fluida pewarna dengan warna yang berbeda dari setiap tangki sesuai rasio tertentu sehingga menghasilkan warna yang baru. Oleh karena itu, keakuratan rasio volume yang keluar dari masing – masing tangki menjadi parameter yang paling penting demi keakuratan warna hasil pencampuran.

Rancang bangun alat pencampuran warna berbasis mikrokontroler Arduino telah dibuat sebelumnya [2]. Penelitian ini memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai input untuk menentukan output volume setiap tangki. *Error volume* yang dikeluarkan tiap tangki pada penelitian ini masih besar, yaitu rata-rata 23.65 %. Pada penelitian lain [3], *error volume* yang didapat kecil yaitu 1.65% tetapi dilakukan dengan pengkondisian *flowrate* yang konstan. Hal ini menyebabkan sistem ini kurang efektif karena hanya bisa digunakan dengan pengkondisian tertentu. Sistem alat pencampuran warna ini harus dikembangkan, agar keakuratan dapat lebih bagus dan tetap dapat digunakan tanpa pengkondisian yang sulit. Selain itu, pada penelitian ini rancang bangun alat harus disesuaikan dengan peruntukan pada penelitian ini yaitu pewarna tekstil.

STUDI LITERATUR

Pencampuran Warna

Bahan pemberi warna disebut pikmen. Pikmen dapat dicampur untuk mendapatkan efek warna. Warna yang dihasilkan dari pencampuran disebut warna substraksi, sedangkan warna-warna yang dicampurkan disebut warna adisi [4].



Gambar 1. Lingkaran Warna Breswter [4]

Pencampuran warna ini sering ditampilkan dalam lingkaran warna, yang dikenal sebagai lingkaran warna Brewster pada gambar 1 [5]. Rumus penggunaan lingkaran warna Brewster adalah mencampur warna merah, biru, dan kuning dengan perbandingan tertentu. Contohnya warna hijau, diperoleh dari warna biru dan kuning. Semakin besar komposisi biru terhadap kuning, warna hijau yang dihasilkan akan lebih dekat dengan warna biru. Begitu juga sebaliknya, semakin besar komposisi kuning terhadap biru, warna hijau yang dihasilkan akan lebih dekat dengan warna kuning [6].

Sistem Pencampuran Warna Otomatis

Sistem pencampuran warna otomatis biasanya menggunakan Arduino karena Arduino kompatibel dengan banyak perangkat yang umum di pasaran. Pemrograman Arduino juga mudah yaitu menggunakan Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang merupakan *open source software* untuk menulis kode dan meng-*upload* ke *board* Arduino [7].

Perangkat keras yang digunakan untuk output adalah yang dapat mengatur *valve* dalam mengendalikan aliran fluida pewarna ke wadah hasil pencampuran. Perangkat keras output yang digunakan dapat berupa *solenoid valve* maupun motor servo. Penggunaan *solenoid valve* yang hanya bisa buka penuh dan tutup penuh [8], Sedangkan motor servo memiliki kelebihan yaitu dapat diatur besar bukannya [9].

Interface berfungsi untuk memasukkan perintah kepada sistem dan menerima informasi dari sistem melalui *display*. *Interface* dapat berupa *hardware* maupun *software*. Yang berupa *Hardware* dapat digunakantombol pemilih dan sensor berupa *micro switch* dan *seven segment display* [10]. Untuk *software*, tentunya yang dipakai harus memiliki kemampuan komunikasi dengan mikrokontroler, seperti *Delphi 7* [7], *Visual Studio* [11], dan *Processing*. *Processing* dan Arduino dapat berkomunikasi secara serial melalui port USB ketika *board* Arduino telah dikoneksikan dengan komputer melalui kabel USB [12].

Pengendalian Flowrate

Pengendalian *flowrate* sangat menentukan *error volume* akhir. Biasanya digunakan pompa untuk menambah tekanan fluida kemudian dikombinasikan dengan *throttling valve* untuk mengendalikan *flowrate* [13]. Untuk pengendalian tanpa pompa, sesuai teorema Torricelli, level suatu fluida pada suatu tangki (*l*) akan mempengaruhi *flowrate* fluida yang keluar dari lubang tangki (*Q*) [14]. Dirumuskan :

$$Q = A\sqrt{2gl} \quad (1)$$

Dari persamaan (1) diketahui bahwa hubungan *flowrate* dengan level adalah bukan berupa kurva linier melainkan parabolik.

Error Volume

Untuk perhitungan volume dengan cara (a) digunakan persamaan berikut :

$$V = Qx t \tag{2}$$

Cara ini memiliki kelemahan yaitu perubahan level akan menyebabkan perubahan *flowrate* sehingga menjadi *error volume*. Cara (a) hanya akan baik jika level selalu dijaga konstan sehingga memiliki *flowrate* yang konstan..

Untuk perhitungan volume dengan cara (a) digunakan persamaan berikut :

$$V = A(h_2 - h_1) \tag{3}$$

dimana h_1 adalah level awal saat *valve* dibuka dan h_2 adalah level target. Misalkan volume yang diinginkan adalah 500 mL dengan luas penampang (A) sebesar 125 cm², dengan level awal adalah 15 cm. Maka *valve* akan dibuka sampai level mencapai 11 cm, kemudian *valve* ditutup. Cara ini hanya akan baik jika sensor level memiliki akurasi yang sangat bagus, karena *error* pembacaan sensor level akan menjadi penentu *error volume* yang dihasilkan. Pada penelitian ini, *error* sistem diperkirakan dengan perhitungan ketidakpastian [15] sesuai persamaan berikut :

$$\Delta v = \sqrt{\left(\frac{dv}{dx_1}\right)^2 (\Delta x_1)^2 + \left(\frac{dv}{dx_2}\right)^2 (\Delta x_2)^2 + \dots} \tag{4}$$

Pada penelitian ini, cara yang digunakan penulis adalah dengan cara (a) tetapi dengan perhitungan *flowrate* berdasarkan perubahan level.

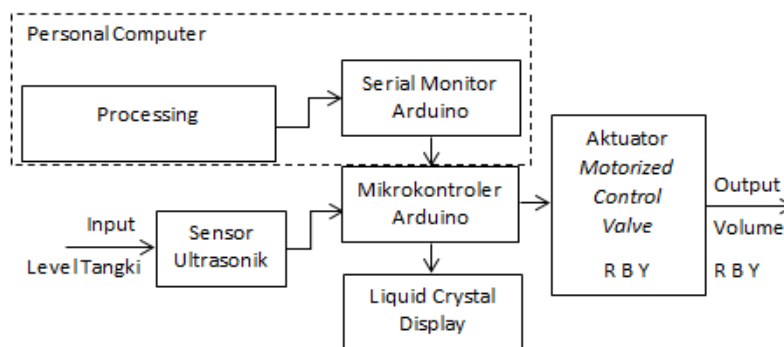
METODE PENELITIAN

Desain Sistem

Pada penelitian ini, digunakan Arduino mega 2560, *push switch*, *on/off switch*, 3 buah *valve* merek “ONDA”, 3 buah motor servo MG996R, 3 buah sensor ultrasonik SR-HC04, 3 buah tangki berkapasitas 8 liter, gelas ukur 250 mL, larutan pewarna tekstil merek “NILON” merah, kuning, dan Biru dengan molaritas 1.33 gram/liter.

Sensor ultrasonik dipasang diatas setiap tangki. Sedangkan aktuator *motorised control valve* yang telah dibuat dipasang pada pipa output setiap tangki. Aktuator *motorized control valve* dibuat dengan memasang motor servo MG996R pada *valve*. Pemasangan ini dapat dilakukan karena *valve* memiliki tipe *rotary* dengan buka 100% pada sudut 90°, sehingga motor servo dapat dipasang sebagai penggerak.

Software yang digunakan pada penelitian ini adalah *Processing* dan Arduino IDE. *Processing* digunakan untuk pembuatan GUI (*Graphycal User Interface*), sedangkan Arduino IDE untuk penulisan program algoritma.



Gambar 2. Skema kerja dari perancangan alat.

Pada penelitian ini *Processing* memberikan target yaitu 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10. Setiap target memiliki hak atas 10% warna dari pencampuran, dengan total nilai 100%. Misal *Processing* mengirimkan data merah = 3, biru = 2, dan kuning = 5, maka artinya alat menerima perintah untuk melakukan pencampuran dengan komposisi fluida pewarna merah 30%, biru 20%, dan kuning 50%. Atau dengan kata lain melakukan pencampuran

dengan komposisi warna merah 75 ml, biru 100mL, dan kuning 125 ml. Pada akhirnya Arduino menerima input ini, kemudian data komposisi warna ditampilkan pada LCD dan data volume diolah lebih lanjut.

Sensor ultrasonik memberikan input berupa level setiap tangki untuk dihitung dan mendapatkan *flowrate* setiap tangki. Dari input *Processing* dan sensor ultrasonik, Arduino menghitung lama waktu buka *valve* berdasarkan data volume dari *Processing* dan data *flowrate* dari sensor ultrasonik dengan menggunakan persamaan (2). Kemudian informasi lama waktu bukaan *valve* kepada aktuator *motorized control valve* sebagai perintah yang harus dijalankan. Pada gambar 3 adalah sistem perancangan yang telah dibuat.



Gambar 3. Hasil perancangan alat.

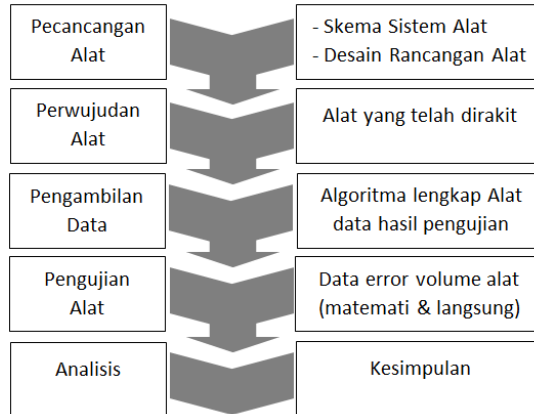
Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan untuk membandingkan bukaan *valve* dengan *flowrate* yang keluar dari setiap tangki tangki sehingga karakteristik aktuator *motorized control valve* dapat diketahui. Caranya adalah motor servo memberikan variasi persentase sudut buka *valve* yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, dan 100% pada level tetap yaitu 20 cm. Sensor ultrasonik digunakan untuk *sensing* level pada setiap tangki. Level yang diambil datanya adalah 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm, 7 cm, 8 cm, 9 cm, 10 cm, 11 cm, 12 cm, 13 cm, 14 cm, 15 cm, 16 cm, 17 cm, 18 cm, 19 cm, 20 cm. Pengambilan data dilakukan untuk membandingkan level yang sesungguhnya (menggunakan *deepstick*) dengan level yang terbaca pada sensor ultrasonik. Pengambilan data ini dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara level dengan *flowrate*. Cara dilakukan adalah sama dengan pengambilan data pada bukaan *valve* 100%, tetapi level yang bervariasi.

Pengujian Alat

Pengujian dilakukan untuk memperkirakan *error* volume yang akan dihasilkan sistem, dengan metode perhitungan ketidakpastian. Selain pengujian secara matematik, dilakukan juga pengujian dengan cara pengambilan data volume secara langsung pada level acak. Kemudian dilihat bagaimana *error* volume yang dihasilkan terhadap volume target. Analisis dilakukan untuk mendapatkan kesimpulan. Selain dianalisa secara kuantitatif dengan melihat *error* volume, dilakukan juga analisa secara kualitatif dengan

mengaplikasikan pewarna pada kain katun dengan proses pencelupan sebagai data pendukung. Pewarna yang digunakan adalah hasil pencampuran warna merah, biru, dan kuning dengan perbandingan tertentu.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

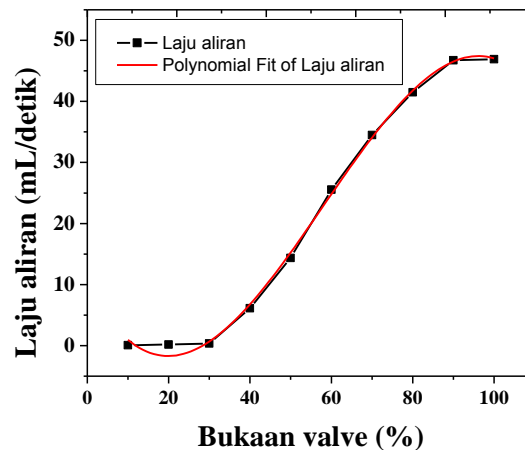
Karakteristik Aktuator Motorized Control Valve

Pengambilan data aktuator *motorized control valve* didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengambilan Data Aktuator *Motorized Control Valve*.

Bukaan valve (%)	Flowrate (ml/detik)
10	0.08
20	0.17
30	0.34
40	6.12
50	14.34
60	25.54
70	34.47
80	41.47
90	46.72
100	46.89

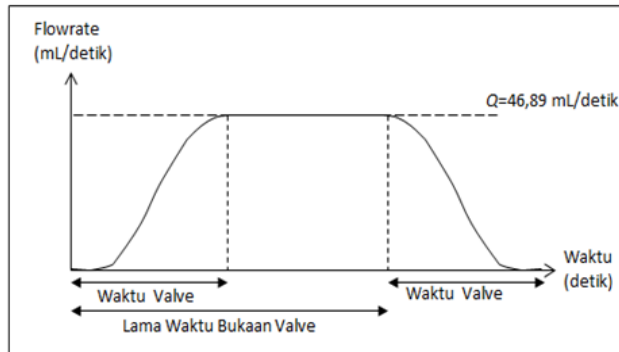
Data diplot dan didekati diregresi dengan persamaan polinomial untuk menemukan grafik karakteristik hubungan antara *flowrate* yang keluar dari tangki (Q) dengan besar bukaan *valve* (y).



Gambar 5. Grafik Karakteristik Aktuator *Motorized Control Valve*.

Dari gambar 5, dapat terlihat bahwa karakter aktuator *motorized control valve* ini adalah buka dan tutup *valve* yang lambat. Perubahan *flowrate* tidak akan jauh berbeda pada bukaan 90% - 100% dan 10% - 30%.

Aktuator *Motorized Control Valve* ini memiliki waktu *valve* (waktu yang dibutuhkan dari buka 0% sampai 100% atau dari 100% sampai 0%) ± 1.1 detik.



Gambar 6. Grafik Pergerakan Aktuator *Motorized Control Valve* terhadap waktu

Dengan melihat grafik pada gambar 6, jika digunakan untuk target volume kecil *error* diprediksi akan besar., karena lama waktu waktu bukaan *valve* lebih cepat dari waktu *valve*. Misalkan target volume 25 mL, maka dengan persamaan (2) didapat lama bukaan *valve* didapat 0.53 detik. Dengan waktu 0.53 detik ini *valve* tidak akan punya cukup waktu untuk buka 100%, dimana *valve* hanya akan sampai pada buka 48.18% sehingga volume akan < 15 mL. Untuk mengatasi hal ini, penggunaan alat ini dibagi menjadi 2 mode yaitu *fast* dan *Slow*.

Mode *fast* adalah kecepatan maksimal yaitu *valve* dibuka 100% (*flowrate* 46.89 ml/detik), sedangkan *slow* adalah kecepatan setengah yaitu *valve* dibuka 58.88 % (*flowrate* 23.45 mL/detik).

Pembacaan Level Tangki dengan Sensor Ultrasonik

Pengambilan data sensor ultrasonik didapat data hasil pembacaan level tangki sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pembacaan Level.

No	Level (cm)		Error (cm)	Error (%)
	Deep stick	ultrasonik		
1	1	0.01	0.99	99.00
2	2	1.32	0.68	34.00
3	3	2.60	0.4	13.33
4	4	3.84	0.16	4.00
5	5	5.05	0.05	1.00
6	6	6.23	0.23	3.83
7	7	7.37	0.37	5.29
8	8	8.47	0.47	5.88
9	9	9.54	0.54	6.00
10	10	10.58	0.58	5.80
11	11	11.58	0.58	5.27
12	12	12.54	0.54	4.50
13	13	13.47	0.47	3.62
14	14	14.37	0.37	2.64
15	15	15.23	0.23	1.53
16	16	16.05	0.05	0.31
17	17	16.85	0.15	0.88
18	18	17.60	0.4	2.22
19	19	18.32	0.68	3.58
20	20	19.01	0.99	4.95

Dari tabel 2, terlihat *error* pembacaan level pada level kritis ($l \leq 2$ dan $l \geq 19$) sangat besar yaitu ≥ 0.68 cm dan *error* rata-rata pembacaan level adalah 0.45 cm. Sedangkan jika

level kritis tidak dimasukkan, data hanya diambil pada *range* level 3-18 cm, maka *error* rata-rata pembacaan level menjadi 0.35 cm. Sehingga, pengujian alat dengan pengambilan data volume secara langsung dilakukan pada *range* level 3-18 cm.

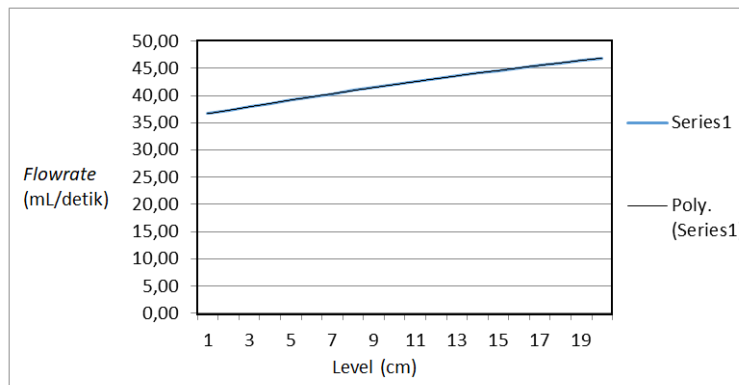
Perubahan Flowrate karena Perubahan Level

Pengambilan data pengaruh level terhadap *flowrate* didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 3. Perubahan *Flowrate* karena Perubahan Level

Level (cm)	Flowrate (ml/s)	Selisih (ml/s)	Error (%)
1	36.65	10.24	21.83
2	37.92	9.60	20.47
3	37.92	8.97	19.12
4	38.54	8.35	17.80
5	39.15	7.74	16.51
6	39.15	6.56	15.24
7	40.33	6.56	13.99
8	40.90	5.99	12.77
9	41.46	5.43	11.57
10	42.01	4.88	10.40
11	42.55	4.34	9.25
12	43.08	3.81	8.12
13	43.60	3.29	7.02
14	44.10	2.79	5.95
15	44.59	2.30	4.90
16	45.08	1.81	3.87
17	45.55	1.34	2.87
18	46.01	0.88	1.89
19	46.45	0.44	0.93
20	46.89	0.00	0.00

Data pada tabel 3 kemudian diplot dan didekati diregresi dengan persamaan polinomial untuk menemukan rumusan matematik hubungan antara *flowrate* yang keluar dari tangki (*Q*) dengan level (*l*), sehingga diperoleh grafik sebagai berikut :

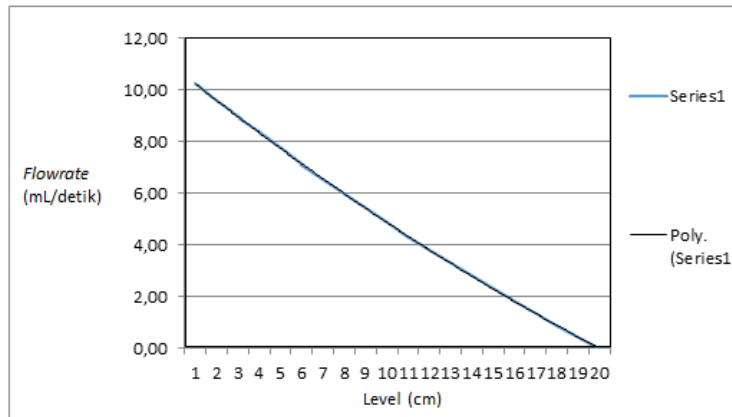


Gambar 7. Grafik hubungan *flowrate* dengan level tangki.

Pada gambar 7 menunjukkan hubungan antara *flowrate* yang keluar dari tangki dengan level yaitu merupakan persamaan polinomial, sesuai dengan teorema Torricelli. Rumusan matematik hubungan antara *flowrate* yang keluar dari tangki (*Q*) dengan level (*l*) adalah sebagai berikut :

$$Q = -0.0057l^2 + 0.6585l + 35.999 \tag{5}$$

Sedangkan hubungan antara selisih *flowrate* dengan level ditunjukkan pada grafik pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hubungan Selisih Flowrate dengan Level 1.

Pada gambar 8 menunjukkan rumusan matematik hubungan antara selisih flowrate yang keluar dari tangki (Q) dengan level (l) hasil regresi, yaitu:

$$\Delta Q = 0.0057l^2 - 0.6585l + 10.901 \tag{6}$$

Dari gambar 8 dan persamaan (6) maka dapat dihitung lama waktu buka valve digunakan persamaan (2). Karena flowrate berubah saat level berubah, maka terlebih dahulu membaca level menggunakan sensor ultrasonik kemudian menghitung flowrate menggunakan persamaan (6). Maka akhirnya dapat dihitung lama waktu bukaan valve digunakan persamaan (2).

Hasil Pengujian Alat

Pengujian Secara matematik dilakukan untuk membandingkan berbagai cara yang digunakan. Untuk menghitung rambatan kesalahan digunakan persamaan (2) dan (4) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V &= Q \times t \\
 \Delta V &= \sqrt{\left(\frac{dv}{dQ}\right)^2 (\Delta Q)^2} \\
 \Delta V &= \sqrt{(t)^2 (\Delta Q)^2} \\
 \Delta V &= \Delta Q \times t \tag{7}
 \end{aligned}$$

Dari persamaan (7) dapat disimpulkan bahwa error volume untuk cara (a) sebanding dengan error flowrate, yang dapat dilihat pada tabel 3 dan grafik pada gambar 8. Sedangkan untuk menghitung rambatan kesalahan cara (b) digunakan persamaan (3) dan (4) :

$$\begin{aligned}
 V &= A(h_2 - h_1) \\
 \Delta V &= \sqrt{\left(\frac{dv}{dh_1}\right)^2 (\Delta h_1)^2 + \left(\frac{dv}{dh_2}\right)^2 (\Delta h_2)^2} \\
 \Delta V &= A\sqrt{(\Delta h_1)^2 + (\Delta h_2)^2}
 \end{aligned}$$

Dimana Δh_1 dan Δh_2 adalah sama yaitu error sensor level, maka :

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= A\sqrt{2(\Delta h)^2} \\
 \Delta V &= 1.414 A \Delta h \\
 \Delta V &= 155.39 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa error volume untuk cara (b) sangat besar untuk volume target pada penelitian ini, untuk volume target paling besar saja (250 mL) error volume sebesar 60.94%.

Kemudian untuk menghitung rambatan kesalahan cara penulis pada penelitian ini, Persamaan (6) disubstitusikan ke persamaan (2) sehingga didapat $t = V/(-0.0057l^2 + 0.6585l + 35.999)$.

Kemudian persamaan diolah menggunakan rambatan kesalahan dengan persamaan (4) :

$$\Delta t = \sqrt{\left(\frac{dt}{dl}\right)^2 (\Delta l)^2}, \quad \frac{dt}{dl} = \frac{V(0,0057l+0,6585)}{(-0,0057l^2+0,6585l+35,999)^2}$$

$$\Delta t = \sqrt{\left(\frac{0,0057Vl + 0,6585V}{(-0,0057l^2 + 0,6585l + 35,999)^2}\right)^2 (0,35)^2}$$

$$\Delta t = \sqrt{0,1225V^2 \left(\frac{0,0057l + 0,6585}{(-0,0057l^2 + 0,6585l + 35,999)^2}\right)^2}$$

Untuk mencari ΔV kembali digunakan persamaan (2) Sehingga rambatan kesalahannya adalah :

$$\Delta V = \sqrt{\left(\frac{dV}{dQ}\right)^2 (\Delta Q)^2 + \left(\frac{dV}{dt}\right)^2 (\Delta t)^2}$$

$$\Delta V = \sqrt{(t)^2(0,4)^2 + (Q)^2 \left(\sqrt{0,1225V^2 \left(\frac{0,0057l+0,6585}{(-0,0057l^2+0,6585l+35,999)^2}\right)^2}\right)^2}$$

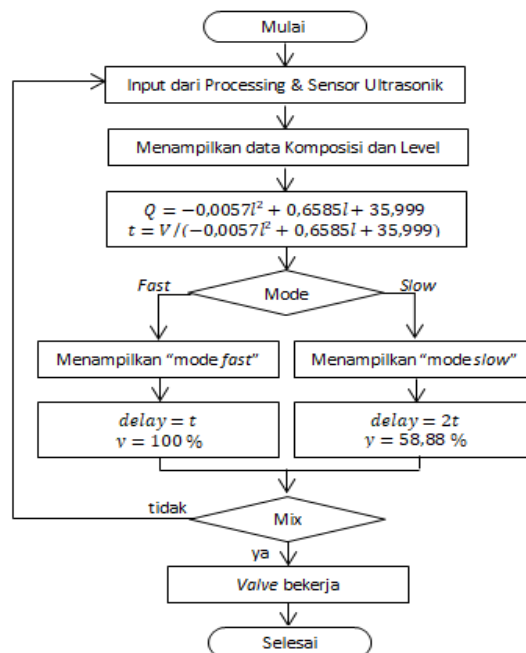
$$\Delta V = \sqrt{0,16t^2 + (Q)^2 \left(\sqrt{0,1225V^2 \left(\frac{0,0057l+0,6585}{(-0,0057l^2+0,6585l+35,999)^2}\right)^2}\right)^2}$$

$$\Delta V = \sqrt{\left(\frac{V}{-0,0057l^2+0,6585l+35,999}\right)^2 [0,16 + 0,1225(0,0057l + 0,6585)^2]}$$

Hasil diatas merupakan rumusan rambatan kesalahan pada penelitian ini. Jika rumusan diatas dimasukkan nilai V dan l maka akan didapat rata-rata *error* adalah 1.1025%.

Hasil Pengujian Secara Langsung

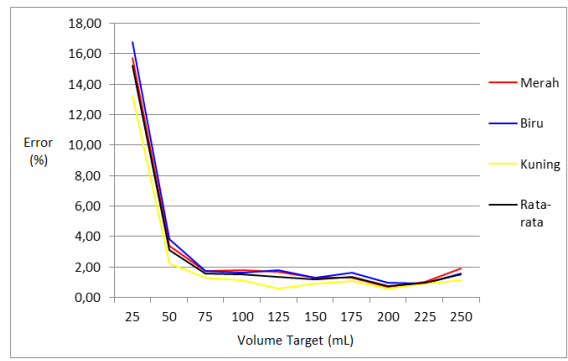
Pengujian ini dilakukan dengan cara pengambilan data volume secara langsung. Sebelum pengujian ini dilakukan, terlebih dahulu algoritma lengkap alat ini harus terdefinisi. Algoritma lengkap alat ini didapat setelah pengambilan data-data dan diimplementasikan kedalam skema kerja alat.



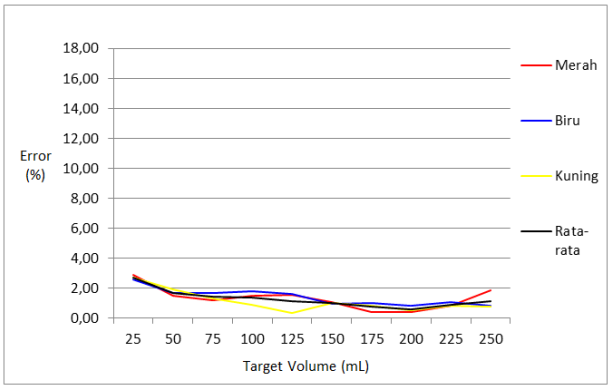
Gambar 9. Algoritma Sistem Alat Pencampuran Warna.

Berdasarkan algoritma pada gambar 9, dapat diketahui cara kerja dan penggunaan alat. *Processing* memberikan input untuk menjadi target komposisi setiap warna sedangkan sensor ultrasonik membaca level setiap tangki yang mana ditampilkan pada LCD. Level lalu dihitung oleh Arduino dengan menggunakan persamaan (6) sehingga memberikan informasi berapa *flowrate* yang akan keluar dari setiap tangki. Kemudian data diolah untuk menjadi lama waktu bukaan *valve* menggunakan persamaan (2), untuk mode *fast* dan *slow*. Tombol *fast/slow* digunakan untuk memilih (pilihan tampil pada LCD), lalu tekan tombol "Mix" untuk memulai proses pencampuran.

Setelah algoritma telah terdefinisi, selanjutnya dilakukan pengujian dengan pengambilan data volume secara langsung.



Gambar 10. Grafik Pengujian Mode *Fast*.



Gambar 11. Grafik Pengujian Mode *Slow*.

Dari data diatas dapat dilihat bahwa untuk mode *fast*, *error* rata-rata terbesar adalah 15.22 % dan rata-rata *error* rata-rata pada semua target volume sebesar 2.85 %. Sedangkan untuk mode *slow*, *error* rata-rata terbesar adalah 2.74 % dan rata-rata *error* rata-rata pada semua target volume sebesar 1.29 %.

Selain analisa secara kuantitatif, dilakukan juga analisa secara kualitatif dengan melihat pola gradasi warna pada kain. Hasilnya didapatkan pola susunan memiliki degradasi warna yang sistematis. Susunan warna terlihat semakin keatas warna semakin dekat dengan warna merah, kekiri semakin dekat dengan warna kuning, kekanan dekat dengan warna biru, serta semakin ketengah warna mendekati coklat. Pola yang sistematis ini menunjukkan keberhasilan pencampuran warna yang dilakukan oleh alat ini.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini, alat pencampur pewarna tekstil berbasis Arduino telah dibuat dengan fitur GUI *Processing*, yang dapat dioperasikan dalam mode *fast/slow*. Mode *fast* memiliki proses yang lebih cepat dari mode *slow*, tetapi memiliki *error* volume yang lebih besar. Sistem yang dibuat pada penelitian ini beroperasi dengan baik, dimana dapat mengeluarkan output volume dengan *error* rata-rata yang kecil yaitu 1.1025 % berdasarkan perhitungan

matematik serta 2.85 % untuk mode *fast* dan 1.29 % untuk mode *slow* berdasarkan pengambilan data volume secara langsung, selain itu dapat dilihat dari degradasi warna yang sistematis pada susunan kain hasil proses pencelupan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jalakapas. (2017, Agustus 21). *Sekilas Teknik Pencelupan Bahan Tekstil*. Retrieved Juni 24, 2018, from <http://www.jalakapas.com>: <http://www.jalakapas.com/?p=343>
- [2] Lazuardi, F., Susanto, E., & Suratman, F. y. (2015). Realisasi dan Mekanisme Uji Ukur Volume Sistem Pencampur Tangki otomatis Berbasis Mikrokontroler. *e-Proceeding of Engineering*, 1957.
- [3] Evana, Y., Indriaty, F., & Hugeng. (2008). Sistem Pencampur Cat Menggunakan Mikrokontroler dengan Interface PC. *TESLA*, Vol.10 No.2.
- [4] Priyadi, B. (2012). Aplikasi Sensor Warna Jenis TCS 230 Sebagai Alat penentu komposisi Warna pada Cat Mobil. *ELTEK*, 47-61.
- [5] Supriani, E., Rintayati, p., & Sujana, Y. (2014). Penerapan Pengetahuan Tentang Pencampuran Warna Melalui Metode Bermain untuk Meningkatkan Kreativitas Anak Kelompok B TK Mutiara Tahun Ajaran 2013/ 2014. *Jurnal FKIP UNS*.
- [6] Nuswantara, S. M., Sumardi, & Setiawan, I. (2011). *Perancangan Proses Otomatis pada Sistem Kontrol Servo Valve untuk Pencampuran Fluida Warna Berbasis Mikrokontroler*. Salatiga: Universitas Diponegoro.
- [7] Prameswary, D. A. (2016). *Rancang Bangun Alat Pencampur Cat Tembok Otomatis Berbasis Personal Computer (PC)*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- [8] Syahid, A. A., Widodo, D. T., Pandhega, H., & Senja, R. P. (2013). Rancang Bangun Miniatur Pencampuran Warna Primer Cat Menjadi Warna Sekunder Secara Otomatis Berbasis PLC dan SCADA. *JTET*, 187 – 194.
- [9] Siregar, B. S., Jati, A. N., & Darlis, D. (2015). Analisis Logika Fuzzy Sebagai Metode Kendali pada Mesin Pencampuran Zat Cair. *e-Proceeding of Engineering : Vol.2, No.1*, 625.
- [10] Saptaji. (2014, Maret 6). *Tutorial Arduino : 5 Menit Bikin Alat Ukur Jarak dengan Sensor Ultrasonik dan Arduino*. Retrieved Mei 5, 2018, from saptaji.com: <http://saptaji.com/2014/03/06/tutorial-arduino-5-menit-bikin-alat-ukur-jarak-dengan-sensor-ultrasonik-dan-arduino/>
- [11] Fadlillah, U., Al Irsyadi, F. Y., & Pratikto, A. H. (2009). Prototype Pencampur Warna Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S51. *Simposium Nasional RAPI VIII*.
- [12] Sutarno, Fasilah, E., Ubaya, H., Passarella, R., & Zakarsih, A. (2017). Rancang Bangun Sistem Pencampur Warna Berbasis Pengolahan Citra dan Euclidean Distance. *Prosiding Annual Research Seminar 2017* (p. Vol.3 No.1). Palembang: ARS 2017.
- [13] Narin Laboratory. (2018, Maret 28). *Tutorial Menghubungkan Processing dengan Arduino*. Retrieved Juli 6, 2018, from Tutor Keren: <https://tutorkeren.com/artikel/tutorial-menghubungkan-processing-dengan-arduino.htm>
- [14] Hadi, G. M. (2017). *Analisa Indicon Hydrosulphite Control Sistem dengan Pewarna Bahan Jeans di PT. Galanusa Teknik Kreasitama*. Jakarta: PT. Galanusa Teknik Kreasitama.
- [15] Djonoputro, B. D. (1987). *Teori Ketidakpastian*. Bandung: ITB.