

# Penerapan Rasio Kontrol Untuk Pewarnaan Susu Pada *Mini Plant* Pengolahan Susu Menggunakan DCS (*Distributed Control System*) PCS 7 Siemens

I Putu Ari Kristiawan<sup>1</sup>, Muhamad Rifa'i<sup>2</sup>, Denda Dewatama<sup>3</sup>

[Submission: 07-05-2021, Accepted: 30-05-2021]

**Abstract** — Development of technology in the industrial world is so fast and the control system currently being used is DCS (*Distributed Control System*). DCS (*Distributed Control System*) is a control system oriented to create a distributed and integrated control system. In an industry, the use of DCS control can be implemented in various industrial plants, one of which is milk coloring to add to the fresh taste of food. Designing a milk coloring system using DCS using the Ratio Control method. Process of coloring milk using a control ratio with 10x experiments to obtain a ratio of milk with dye liquid of 10000 milliliters of milk compared to 10 milliliters of coloring liquid with an ability level of 80 % results of brown color validation with RGB value of 128.64.32 and validation of red color with a value RGB 195,30,123 and the time required for the milk coloring process is 8 minutes.

**Abstrak** — Perkembangan teknologi di dunia industri begitu cepat dan sistem kontrol yang saat ini sedang marak digunakan yaitu DCS (*Distributed Control System*). DCS (*Distributed Control System*) merupakan sebuah sistem kontrol yang berorientasi untuk membuat suatu sistem pengendali yang terdistribusi dan terintegrasi. Dalam sebuah industri, penggunaan kontrol DCS dapat diimplementasikan dalam berbagai *plant industry*, salah satu adalah pewarnaan susu guna menambah cita rasa segar bahan baku makanan. Pada perancangan sistem pewarnaan susu menggunakan DCS ini menggunakan metode Rasio Kontrol. Hasil Proses pewarnaan susu menggunakan rasio kontrol dengan 10x percobaan didapatkan perbandingan susu dengan cairan pewarna sebesar 10000 mililiter susu dibandingkan dengan 10 mililiter cairan pewarna dengan tingkat keberhasilan 80 % hasil validasi warna coklat dengan nilai RGB 128,64,32 dan validasi warna merah dengan nilai RGB 195,30,123 dan waktu yang dibutuhkan untuk proses pewarnaan susu adalah sebesar 8 menit.

**Kata Kunci**— DCS (*Distributed Control System*), Rasio Kontrol, RGB

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di dunia industri begitu cepat. Perkembangan tersebut terus diikuti dengan tingkat persaingan yang semakin tinggi pula. Salah satu bidang yang terus mengalami kemajuan adalah bidang otomasi industri. Berkembangnya sistem otomasi bertujuan untuk menjamin kualitas produk yang di hasilkan, mengurangi waktu produksi dan mengurangi biaya untuk tenaga kerja manusia,

Salah satu sistem industri yang terus mengalami perkembangan adalah bidang manufaktur, khususnya sistem kontrol. Sistem kontrol yang saat ini sedang marak digunakan yaitu DCS (*Distributed Control System*) dan SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*).

DCS (*Distributed Control System*) merupakan sebuah sistem kontrol yang berorientasi untuk membuat suatu sistem pengendali yang terdistribusi dan terintegrasi. Dalam sebuah industri, penggunaan kontrol DCS dapat diimplementasikan dalam berbagai *plant industry*, salah satu adalah pewarnaan susu. Pewarnaan merupakan salah satu proses yang sangat umum digunakan dalam sebuah industri pengolahan bahan makanan dan minuman karena proses ini memiliki peranan sebagai penambahan cita rasa segar bahan baku makanan dan minuman dalam sebuah industri[1].

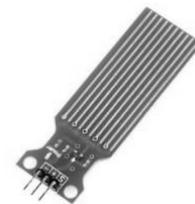
Pewarnaan berfungsi untuk memberikan warna tertentu, sehingga dapat meningkatkan minat konsumen terhadap produk tersebut. Pewarna juga digunakan sebagai bahan tambahan dalam proses pembuatan susu. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan sebuah sensor water level yang dapat mendeteksi volume susu dan sensor yang dapat mendeteksi warna dari pada percampuran cairan pewarnaan susu dan metode kontrol yang digunakan adalah Rasio kontrol. Rasio kontrol adalah sistem pengendalian yang di gunakan pada suatu proses yang membutuhkan komposisi dua komponen atau lebih dengan suatu perbandingan tertentu[2].

Berdasarkan permasalahan diatas, penulis bermaksud membuat “Penerapan Rasio Kontrol untuk Pewarnaan Susu pada Mini Plant Pengolahan Susu menggunakan DCS (*Distributed Control System*) PCS 7 Siemens” sebagai judul penelitian.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Sensor Water Level

Water Level sensor ini dapat menentukan ukuran ketinggian air dengan merubah menjadi sinyal analog, sensor ini memiliki konsumsi daya rendah dan sensitivitas yang tinggi.



Gambar 1. Sensor Water Level

Water level sensor ini prinsip kerjanya sama seperti potensiometer yang menggunakan *variable resistor* yaitu

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195

<sup>1</sup>Mahasiswa, Program Studi Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9 (telp: 0341-404424 ; e-mail: arikristiawan2@gmail.com)

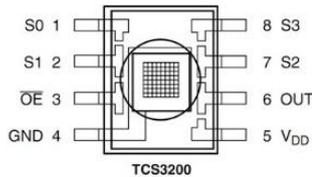
<sup>2,3</sup>Dosen, Program Studi Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9 (telp: 0341-404424 ; e-mail: muh.rifai@polinema.ac.id , e-mail: denda.dewatama@polinema.ac.id )



apabila permukaan jalur sedikit maka resistansi akan tinggi yang menyebabkan tegangan terbaca dengan nilai kecil, namun apabila air di permukaan jalur tinggi maka resistansi akan rendah sehingga nilai yang terbaca akan tinggi.

**B. Sensor Warna TCS3200**

TCS 3200 merupakan *converter* yang diprogram untuk mengubah warna menjadi frekuensi yang tersusun atas konfigurasi *silicon photodiode* dan *converter arus ke frekuensi* dalam IC CMOS *monolithic* yang tunggal. Keluaran dari sensor ini adalah gelombang kotak (*duty cycle* 50%) frekuensi yang berbanding lurus dengan intensitas cahaya.



Gambar 2. Konfigurasi Pin Sensor Warna

TABEL 1  
 FUNGSI PIN SENSOR

Pin	Kaki IC	I/O	Fungsi Pin
GND	4	-	Ground Power Supply
OE	3	I	Input Frekuensi rendah
OUT	6	O	Output Frekuensi
S0,S1	1,2	I	Saklar pemilih frekuensi output skala tinggi
S2,S3	7,8	I	Saklar pemilih 4 diode
Vdd	5	-	Suplly tegangan

**C. DCS SIEMENS PCS 7**

Siemens PCS 7 merupakan salah satu controller keluaran dari perusahaan Siemens, Jerman yang didesain dalam bentuk modular, sehingga penggunaanya dapat menciptakan suatu sistem, yaitu dengan menggabungkan Beberapa komponen-komponen atau susunan modul modul PCS 7, Penggunaan dari Simens Simatic PCS7 yaitu sebagai sistem kontrol proses dari sebuah plant yang umumnya ada di industri. Karena didesain dalam bentuk modular, sistem kontrol proses dapat digunakan secara fleksible.



Gambar 3. DCS Siemes PCS7 [4]

Siemens Simatic PCS7 dapat membentuk sebuah sistem kontrol apabila berbagai komponen modular telah disusun dan digabungkan adapun komponen-komponen tersebut diantaranya adalah:

- a. PS (*Power Supply*)
- b. CPU (*Central Processing Unit*)
- c. CP (*Communication Processor*)

- d. Analog/Digital Input
- e. Analog/Digital Output

Fungsi DCS:

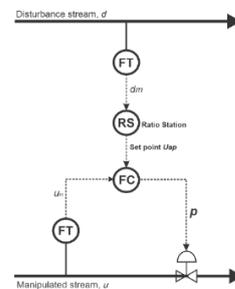
1. DCS berfungsi sebagai alat untuk melakukan kontrol suatu *loop system* dimana satu *loop* bisa terjadi beberapa proses kontrol.
2. Sebagai pengganti alat kontrol manual dan auto yang terpisah - pisah menjadi suatu kesatuan.
3. Sarana pengumpul data dan pengolah data agar didapat suatu proses yang benar-benar diinginkan.

Cara Kerja DCS sebagai suatu system control otomatis bekerja dengan cara :

1. Mengumpulkan data yang diterima dari lapangan.
2. Mengolah data tersebut menjadi sebuah signal standart.
3. Mengolah data signal standart yang didapat dengan system pengontrolan yang berlaku sehingga bisa tetap untuk mendapatkan nilai yang cocok untuk koreksi signal.
4. Bila terjadi *error* atau simpangan data maka dilakukan koreksi dari data yang dapat guna mencapai nilai standar yang di tuju.
5. Setelah terjadi koreksi dari simpangan data dilakukan pengukuran atau pengumpulan data ulang dari lapangan.

**D. Rasio Kontrol**

Rasio kontrol adalah sistem pengendalian yang digunakan pada suatu proses yang membutuhkan komposisi dua komponen atau lebih dengan suatu perbandingan tertentu. Rasio kontrol adalah jenis *feedforward* kontrol khusus dengan dua *disturbance (load)* diukur dan dijaga perbandingan yang konstan satu sama lain.



Gambar 4. Konfigurasi 2 Rasio Kontrol [2]

Konfigurasi ke 2 rasio kontrol digunakan untuk menjaga agar rasio dua laju alir tetap, pada konfigurasi ke 2 ini, laju aliran yang dimanipulasi dan laju aliran gangguan diukur dan dikirimkan ke *Ratio Station* (RS), yang mana akan mengalikan sinyal ini dan mengatur *gain Kr*, yang menghasilkan nilai rasio yang ditentukan. Sinyal keluaran dari rasio station kemudian digunakan menajadi *setpoint* (*Usp*) untuk *flow controller* yang mengatur laju aliran termanipulasi. Keuntungan utama dengan konfigurasi 2 ini adalah proses *gain* tetap konstan.



$R = PVB/PVA = \text{konstan}$

Konfigurasi ke 2 rasio kontrol digunakan untuk menjaga agar rasio dua lajur alir tetap. Pada konfigurasi ke 2 ini, laju aliran yang dimanipulasi dan laju aliran diukur dan dikirimkan ke *Ratio Station (RS)*.

**E. Driver**

Penggerak elektronik daya atau biasa disebut dengan driver merupakan suatu rangkaian sistem elektronik yang berfungsi untuk menggerakkan motor listrik DC. TB6600 adalah PWM *chopper-type, single chip biopolar sinusoidal*. Penggerak motor step, *micro step*. Kontrol rotasi depan dan belakang tersedia 2 fase, fase 1-2 fase W1-2 fase, dan fase 4W1-2 tersedia dengan step 2-fase biopolar-stepping dapat digerakkan hanya dengan sinyal *clock* dan getaran rendah dan efisiensi tinggi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

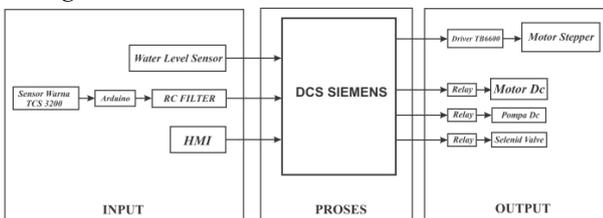
1) Kerangka Konsep Penelitian Skripsi

Dalam skripsi ini ada beberapa kerangka konsep yang akan dilakukan untuk melakukan pelaksanaan penelitian. Kerangka konsep tersebut antara lain sebagai berikut :



Gambar 5. Diagram Penelitian

2) Diagram Blok Sistem



Gambar 6. Diagram Blok Sistem

1. Sensor water level

Berfungsi untuk mendeteksi volume susu di dalam tanki pemcampuran susu.

2. Sensor warna TCS3200

Berfungsi untuk mendeteksi warna susu hasil pencampuran. Output Sensor warna diubah menjadi tegangan. PWM yang dihasilkan oleh Arduino diubah menjadi tegangan dengan menggunakan rangkaian RC Filter.

3. HMI (Human Machine Interface)

Berfungsi sebagai tampilan visual dari mini plant pengolahan susu, sehingga dapat mengetahui proses yang sedang berlangsung.

4. DCS (Distributed Control System)

Berfungsi sebagai kontroller utama untuk memproses data-data hasil pembacaan sensor.

5. Driver

Digunakan untuk memicu titik kerja dan berfungsi untuk menggerakkan motor stepper.

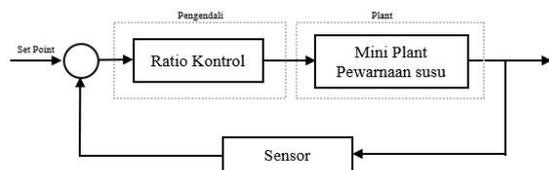
6. Motor Stepper

Berfungsi untuk mengontrol *Syringe pump* untuk mengeluarkan cairan pewarna melalui input *pulse* yang digunakan untuk menggerakkan stepper motor.

7. Motor DC

Berfungsi sebagai penggerak pengaduk pada proses pewarnaan agar pencampuran merata.

3) Diagram Blok Kontrol



Gambar 7. Diagram Blok Kontrol

Sistem kontrol yang dipakai pada mini plant pewarnaan susu adalah rasio kontrol dengan metode 2, yaitu menggunakan rasio station. Aliran *disturbance* (d) adalah volume susu pada tangka *mini plant* pewarnaan susu, sedangkan laju aliran yang dimanipulasi (u) adalah volume cairan pewarna yang dikontrol oleh stepper motor dengan *feedback* berupa *pulse* yang di inputkan untuk menggerakkan *syringe pump*.

4) Prinsip Kerja

Prinsip kerja dari alat ini adalah dengan menentukan jumlah cairan pewarna yang di dikeluarkan oleh *Syringe pump* pada proses pewarnaan. *Syringe pump* akan mulai bekerja dan mengalirkan cairan pewarna saat Motor Stepper mendapatkan supply berupa pulse dari driver motor stepper TB6600. Selama proses berlangsung, sensor water level akan mendeteksi volume susu di dalam tanki mixing pencampuran yang digunakan selama proses pewarnaan susu dan digunakan acuan untuk mentukan nilai *set point*. Sensor warna akan mendeteksi warna pada proses pewarnaan susu dan data dari pembacaan sensor akan diolah dan di kontroller yaitu DCS (*Distributed Control System*).

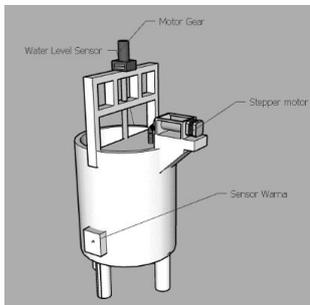


Data dari hasil pembacaan sensor yang diolah kontroller akan dibandingkan dengan set point yang telah ditentukan melalui kontroller. Apabila hasil pembacaan sensor water level dan sensor warna TCS3200 kurang dari *set point* maka kontroler akan memerintahkan *syringe pump* untuk mengalirkan cairan pewarna sesuai yang ditentukan. Namun apabila hasil pembacaan sensor Water level dan sensor TCS3200 melebihi dari pada *set point* yang telah ditentukan maka kontroler akan memerintahkan syringe pump untuk berhenti mengalirkan cairan pewarna agar sesuai dengan *set point*. Dan apabila hasil pembacaan sensor Water Level telah memenuhi *set point* maka kontroler akan memerintahkan *syringe pump* untuk berhenti (*stop*) untuk mengalirkan cairan pewarna.

Sistem ini di lengkapi motor DC yang bergerak secara konstan untuk menggerakkan pengaduk pada *mixing* pewarnaan susu. Motor DC akan mulai berkerja jika sensor water level telah mendeteksi volume susu di dalam *mixing* pewarnaan. Dalam pengontrolan ini menggunakan Rasio kontrol yang berfungsi untuk mestabilkan atau mempertahankan nilai volume cairan yang dideteksi sensor dan cairan pewarna yang dialirkan agar sesuai dengan *set point*.

5) Perancangan dan Pembuatan Sistem

Perancangan dan pembuatan *mini plant* ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu perancangan dan pembuatan mekanik, *hardware*, *software*, dan sistem kontrol yang digunakan ditunjukkan dalam gambar 8 dan gambar 9 realisasi perancangan *mini plant*.



Gambar 8. Perancangan Sistem 3D



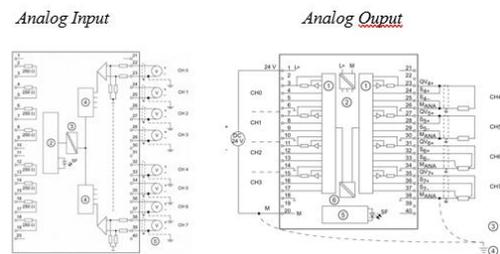
Gambar 9. Perancangan Sistem Mini Plant

Selanjutnya melakukan koneksi masing-masing blok ke DCS-PCS7, dimana DCS-PCS7 ini memiliki peran penting yang akan menerima daya berupa tegangan dari sensor dengan *Range* 1-5VDC. *Range* 1-5VDC diatur melalui *software* SIMATIC MANAGER agar sesuai dengan kebutuhan komponen yang digunakan.

TABEL 2  
 KONFIGURASI *HARDWARE* [4]

No.	Komponen Hardware	Nomor Serial
1	User Application	SW V6.3
2	IE General	SW V7.1
3	PS 407 10A	6ES7 407-0KR02-0AA0
4	CPU 416-2	6ES7 416-2XN05-0AB0
5	CP 443-1	6ES7 443-1EX20-0XE0
6	Digital Input	6ES7 321-1BL00-0AA0
7	Digital Output	6ES7 322-1HH01-0AA0
8	Analog Input	6ES7 331-7NF00-0AB0
9	Analog Output	6ES7 332-5HF00-0AB0

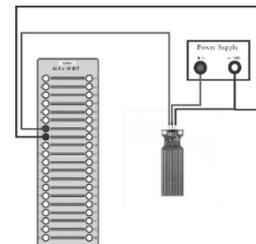
Pin yang akan digunakan pada DCS-PCS7 dalam perancangan *mini plant* ditunjukkan dalam gambar 10.



Gambar 10. Konfigurasi Pin *Analog Input* dan *Analog Output* [5]

6) Perancangan Elektrik

1) Perancangan DCS-PCS7 Sensor Water Level

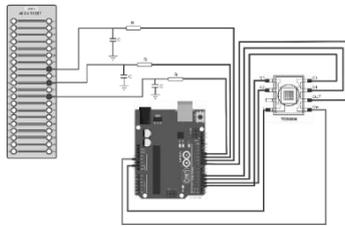


Gambar 11. Wiring DCS-PCS7 Sensor Water Level

Output dari sensor water level menjadi input kontroler DCS-PCS7 yang masuk pada *analog input* 7. Sensor Water level akan diolah dan dikontrol langsung oleh DCS. Pin 8 merupakan pin ground. Pada DCS membutuhkan input tegangan sebesar 1 ~ 5VDC.

2) Perancangan DCS-PCS7 Sensor Warna

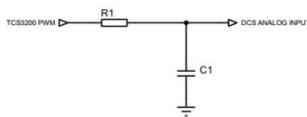




Gambar 12. Wiring DCS-PCS7 Sensor Warna

Sebelum sensor masuk ke kontroler, sensor akan diolah terlebih dahulu oleh arduino UNO untuk merubah tegangan sensor sesuai dengan kebutuhan kontroler DCS-PCS7. Karena sensor Warna ini memiliki tegangan output sebesar 1~5VDC. Pin DCS 28, 30 dan 32 akan masuk ke pin mikrokontroler pin 9,10 dan 11, sedangkan pin DCS 29, 31 dan 33 atau pin ground akan masuk ke pin *ground*.

3) Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal RC Filter



Gambar 13. Pengkondisi Sinyal RC Filter

Sebelum sinyal keluaran PWM modul minimum system diolah oleh modul analog input kontroler. Rangkaian yang digunakan adalah RC Filter (lihat gambar 13), yang terdiri dari rangkaian resistor dan kapasitor. Dengan menggunakan persamaan berikut maka diperoleh :

$$x_c = \frac{1}{2\pi f c} \tag{1}$$

$$x_c = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50000 \times 100 \times 10^{-6}} \tag{2}$$

$$x_c = \frac{1}{1,57} \tag{3}$$

Untuk mengetahui nilai R, dengan mengetahui  $V_{out}$  dan  $V_{in}$ , maka diperoleh :

$$V_o(t) = \left[ \frac{Z_c}{R+Z_c} \right] V_i(t) \tag{4}$$

$$V_o(t) = \left[ \frac{1}{1+j2\pi f RC} \right] V_i(t) \tag{5}$$

Dengan menerapkan nilai  $X_c$  maka diperoleh turunan sebagai berikut :

$$V_o(t) = \left[ \frac{x_c}{R+jx_c} \right] V_i(t) \tag{6}$$

Setelah itu, untuk mengetahui nilai R yang tepat dengan menentukan keluaran yang diinginkan. Ketika PWM bernilai 120 dengan pengukuran avo meter diperoleh nilai sebesar 2.3 volt, maka di harapkan keluaran mencapai 2.5 volt, sehingga dengan mensubtitusikan  $V_{in}$  dan  $v_{out}$  maka diperoleh :

$$2,3 = \left[ \frac{\frac{1}{1,57}}{R + \sqrt{-1} \frac{1}{1,57}} \right] 2,5 \tag{7}$$

$$R = 0,93 = 1$$

Maka diperoleh nilai resistor sebesar 1Ω untuk perancangan rangkaian RC Filter.

Keterangan :

$X_c$  = Kapasitansi

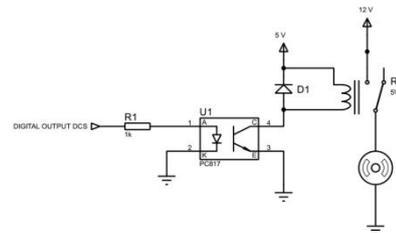
$f$  = Frekuensi yang digunakan pada Arduino 50Khz

$\pi$  = 3,14

C = Kapasitor

$j^2$  = Unit Imajiner -1

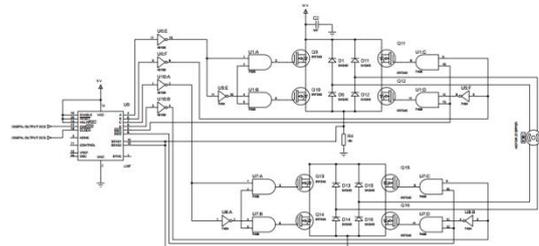
4) Perancangan DCS-PCS7 Relay Motor DC



Gambar 14. Wiring DCS-PCS7 Relay Motor DC

Rangkaian relay ini nantinya digunakan sebagai switch. Untuk dapat mengaktifkan relay ini kontroler harus mengirimkan data sinyal '1' (high) dan sinyal '0' (low) untuk menonaktifka relay. Diode berfungsi untuk menahan tegangan balik dari relay saat perubahan dari kondisi aktif ke kondisi tidak aktif.

5) Perancangan DCS-PCS7 Driver Motor Stepper

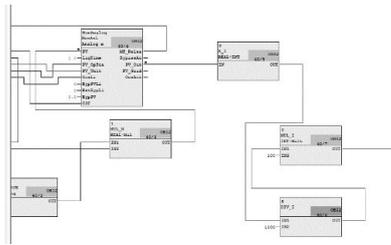


Gambar 15. Wiring DCS-PCS7 Driver Motor Stepper

Gambar 16 diatas merupakan perancangan *Driver Stepper Motor*, output dari *Driver Stepper Motor* menjadi input kontroler DCS-PCS7 yang masuk pada *Digital Output* Q1.1 pin *Step*, Q1.2 pin *Direction*, Q1.3 pin *Eneble*.

6) Perancangan Rasio Kontrol pada CFC





Gambar 16. Perancangan Rasio Kontrol

Pada *function block* rasio kontrol yaitu dengan memasukkan nilai parameter rasio kontrol yang sudah dirancang menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$R = \frac{VA}{VB} = \text{Konstan} \quad (1)$$

$$SPB = R \cdot PVA$$

Keterangan :

PVB = susu

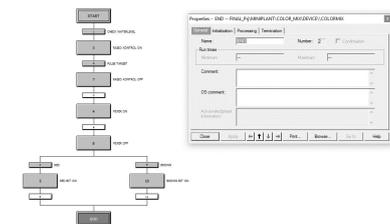
PVA = cairan pewarna

$$R = 100/1000 \quad (2)$$

Maka didapatkan nilai rasio dari pada pencampuran susu dan cairan pewarna sebagai berikut :

Rasio Kontrol = 1liter susu : 1ml

### 7) Perancangan SFC (*Sequential Function Chart*)



Gambar 17. Perancangan Program SFC

Program SFC ini dibuat untuk menjalankan otomatis dari seluruh plant. Program SFC ini juga dapat mengontrol dan memonitoring plant. Pada program ini di setiap bagian harus diberikan *Tag parameter* nilai yang dibutuhkan sehingga program SFC akan mengeksekusi langkah demi langkah secara berurutan.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pengujian Pin Analog DCS-PCS7

Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan dari power supply ke pin *analog input*.

TABEL 3  
 HASIL PENGUJIAN *ANALOG INPUT*

No	Vin (Power Supply)	AI Modify (Hexa)	AI Modify (Desimal)
1	1V	01D6	470
2	1.5V	0E9F	3743
3	2V	1CF7	7415
4	2.5V	2963	10595
5	3V	377F	14207

6	3.5V	44A3	17571
7	4V	5347	21319
8	4.5V	60BD	24765
9	5V	6B4A	27466

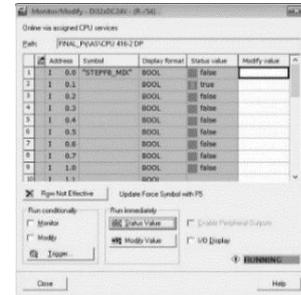
TABEL 4  
 HASIL PENGUJIAN *ANALOG OUTPUT*

No	AO Modify	AO Modify (Desimal)
1	6BF9	27641
2	5E7F	24191
3	50FF	20735
4	4382	17282
5	3641	13889
6	288A	10378
7	1B2E	6958
8	0DD2	3538
9	0029	41

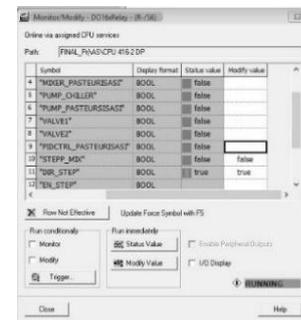
Sesuai hasil pada tabel 3 dan tabel 4 data *analog output* berbanding terbalik dengan data *Analog input*. Semua nilai *analog* sesuai tabel memiliki selisih 0.1VDC dimana pada saat tegangan 4.9VDC seharusnya 5V.

### 2. Pengujian Pin Digital DCS-PCS7

Pengujian digital input dilakukan agar dapat diketahui bahwa port *digital input* yang akan digunakan masih bekerja dan berfungsi dengan baik. Sehingga, input yang diberikan pada port *digital input* dapat di proses atau diolah oleh DCS yang kemudian memberikan keluaran yang sesuai.



Gambar 18. Hasil Pengujian *Digital Input*



Gambar 19. Hasil Pengujian *Digital Output*



3. Pengujian Sensor Water Level

TABEL 5  
 HASIL PENGUJIAN SENSOR WATER LEVEL

No	Volume	Analog Monitor	Tegangan (AVO)	Error
1	7000 ml	7055 ml	1.696 V	0.77 %
2	8000 ml	8027 ml	2.226 V	0.33 %
3	9000 ml	9005 ml	3.032 V	0.05 %
4	10000 ml	10033ml	4.147 V	0.03 %

$$\text{Error} = \frac{\text{Pembacaan Sensor} - \text{Volume Tanki}}{\text{Pembacaan Sensor}} \times 100\%$$

Sedangkan untuk mengetahui error rata-rata dari keseluruhan data pengujian, dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Error rata - rata} = \frac{\sum \text{Error}}{\sum \text{Sampling}}$$

$$\text{Error rata - rata} = \frac{1.18}{4}$$

$$\text{Error rata - rata} = 0.29 \%$$

Hasil dari *Analog Monitor* akan dibandingkan sehingga akan mendapat nilai *error*. Dapat dilihat dari table 5 bahwa nilai *error* terkecil adalah 0.03 % dan error maksimal adalah 0.77%. Nilai *error* tersebut tidak cukup besar, tidak lebih dari 5% sehingga tidak akan mengganggu dari kinerja sistem.

4. Pengujian Sensor Warna

Pengujian sensor warna dilakukan untuk mengetahui apakah sensor ini dapat mengambil data berupa karakteristik warna suatu obyek dengan benar dan akurat. Untuk mengetahui respon sensor terhadap suatu warna, digunakan obyek berupa kertas berwarna. Sensor warna TCS3200 akan di dekatkan pada permukaan kertas berwarna untuk mendapat karakteristik warna dari masing-masing kertas berwarna.

TABEL 6  
 HASIL PENGUJIAN SENSOR WARNA

Warna	Red	Green	Blue
Putih	255	255	255
Biru	78	143	175
Merah	179	49	49
Hijau	92	132	60
Kuning	255	199	80

Pada tabel 6 dapat dilihat bahwa nilai RGB yang dihasilkan oleh sensor warna apabila dibandingkan dengan warna kertas aslinya adalah hampir sama.

5. Pengujian Driver

Pada pengujian *Driver* yang digunakan untuk menggerakkan motor stepper dan respon motor stepper dengan melihat jarak translasi yang dihasilkan oleh motor stepper.

TABEL 7  
 HASIL PENGUJIAN DRIVER

No	Input Driver (V)	Output Motor (V)	Pulse (Driver)	Jarak (mm)	Output (A)
1	4.98 V	12 V	200	2	0.45
2	4.98 V	12 V	400	4	0.45
3	4.98 V	12 V	600	6	0.46
4	4.98 V	12 V	800	8	0.46
5	4.98 V	12 V	1000	10	0.48
6	4.98 V	12 V	1200	12	0.51
7	4.98 V	12 V	1400	14	0.52
8	4.98 V	12 V	1600	16	0.53
9	4.98 V	12 V	1800	18	0.53
10	4.98 V	12 V	2000	20	0.55

Berdasarkan tabel 7 arus motor stepper akan naik apabila diberi beban. Sehingga hubungan antara arus motor stepper dan beban motor berbanding lurus. bahwa semakin berat beban yang digerakkan oleh motor maka semakin naik juga torsi yang dibutuhkan motor untuk memutar beban tersebut.

6. Pengujian Rasio Kontrol dan Keseluruhan Sistem

Pengujian dan analisa keseluruhan dilakukan dengan mengetahui tampilan pada HMI Mini Plant Pengolahan Susu untuk mengetahui apakah sistem sudah menghasilkan output yang sesuai dengan setpoint.

TABEL 8  
 HASIL PENGUJIAN RASIO KONTROL

No	PVA (SUSU)	PVB (PEWARNA)
1	7001 ml	7 ml
2	8003 ml	8 ml
3	9008 ml	9 ml
4	9500 ml	9.5 ml
5	10002 ml	7 ml
6	10000 ml	8 ml
7	10000 ml	10 ml
8	10001 ml	10 ml
9	10000 ml	10 ml
10	10000 ml	10 ml

Berdasarkan hasil pengujian rasio kontrol pada tabel 8 telah dilakukan 10 kali percobaan dan hasil percobaan dengan 8 kali percobaan hasil pencampuran berhasil dan 2 kali percobaan gagal, maka dapat ditentukan nilai persentase tingkat keberhasilan pengujian rasio kontrol yaitu :

$$\begin{aligned} & \frac{\text{Percobaan Berhasil}}{\text{Total Percobaan}} \times 100 \\ & = \frac{8}{10} \times 100 \\ & = 80 \% \text{ Tingkat Keberhasilan} \end{aligned}$$

TABEL 9  
 HASIL PENGUJIAN KESELURUHAN SISTEM SUSU WARNA COKLAT

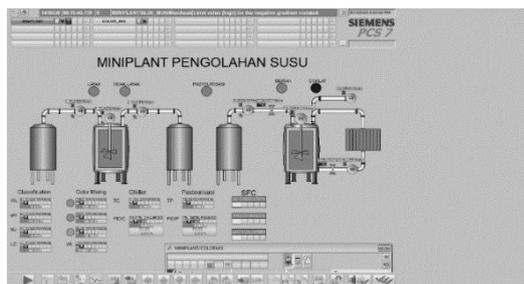
No	Rasio Kontrol		Nilai RGB		
	PV <sub>A</sub> (susu)	PV <sub>B</sub> ( cairan pewarna)	R	G	B



1	7001 ml	7 ml	125	63	33
2	8003 ml	8 ml	125	64	32
3	9008 ml	9 ml	128	64	32
4	10000 ml	10 ml	128	64	32

TABEL 10  
 HASIL PENGUJIAN KESELURUHAN SISTEM SUSU WARNA MERAH

No	Rasio Kontrol		Nilai RGB		
	PV <sub>A</sub> (susu)	PV <sub>B</sub> (cairan pewarna)	R	G	B
1	7001 ml	7 ml	192	22	110
2	8002 ml	8 ml	193	24	121
3	9001 ml	9 ml	195	30	123
4	10000 ml	10 ml	195	30	123



Gambar 20. Tampilan HMI

Pada pengujian dan analisa seluruh sistem pada tabel 9 dan tabel 10 dilakukan percobaan dengan melihat volume susu dan cairan pewarna. Volume susu yang di deteksi menggunakan water level sensor akan dibandingkan dengan *pulse* yang dibutuhkan untuk menggerakkan stepper motor, hasil dari pembacaan sensor water level dan *pulse* yang dibutuhkan untuk menggerakkan motor stepper akan dibandingkan sesuai dengan perencanaan rasio kontrol. Sedangkan pada pembacaan sensor warna TCS 3200 digunakan sebagai validasi warna. Pada tampilan winCC *mini plant* pengolahan susu gambar 20 alat sudah bekerja sesuai dengan *set point*.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengujian dan Analisa pada *mini plant* pengolahan susu, maka dapat dibuat beberapa kesimpulan seperti berikut :

- 1) *Software* yang digunakan untuk pemrograman DCS-PCS7 dengan program CFC (*Continuous Function Chart*) dan SFC (*Sequential Function Chart*) adalah SIMATIC MANAGER dan *Ethernet* yang digunakan pada DCS-PCS7 mampu mengkomunikasikan antara HMI dengan DCS-PCS7 sehingga proses pewarnaan susu dapat dimonitoring dan dikontrol menggunakan HMI sesuai dengan *set point*.
- 2) Pengaturan *Range* 1 – 5VDC dari SIMATIC MANAGER untuk *analog input* mampu menerima output sensor sehingga perubahan volume dan warna

susu dapat diolah oleh DCS-PCS7.

- 3) Pembacaan Sensor water level menunjukkan bahwa pembacaan sensor dapat dikatakan baik karena memiliki rata rata *Error* 0.29 %. Pembacaan RGB yang dihasilkan oleh sensor warna TCS3200 apabila dibandingkan dengan warna kertas aslinya adalah hampir sama. *Error* yang dihasilkan menunjukkan bahwa sensor water level dan sensor warna akurat dan presisi sehingga mampu menampilkan kinerja yang baik pada sistem.
- 4) Proses pewarnaan susu menggunakan rasio kontrol dengan melakukan 10x percobaan maka didapatkan perbandingan susu dengan cairan pewarna sebesar 10000 milliliter susu dibandingkan dengan 10 milliliter cairan pewarna dengan tingkat keberhasilan 80 % dan pada validasi warna COKLAT dengan nilai RGB 128,64,32 dan validasi warna MERAH dengan nilai RGB 195,30,123 dan waktu yang dibutuhkan untuk proses pewarnaan susu adalah sebesar 8 minute.

### B. Saran

Beberapa saran yang dapat penulis berikan kepada peneliti berikutnya dan pengguna/pemakai alat ini antara lain sebagai berikut :

- 1) Penggunaan sensor pada proses *mini plant* pewarnaan susu dapat dibandingkan dengan sensor tipe lainnya guna mendapatkan nilai yang lebih akurat.
- 2) Metode kontrol yang digunakan pada sistem pewarnaan susu dapat dibandingkan dengan metode kontrol lainnya yang bersifat *continue* untuk mengetahui performa terbaik yang didapat, atau dapat dikembangkan dengan metode lain yang terdapat dalam DCS untuk menambah pemahaman tentang sistem kontrol, mengikuti perkembangan teknologi.
- 3) Pemakai alat disarankan menggunakan cairan pewarna yang tipe / merk *REDBEL*, dikarenakan ketika menggunakan cairan pewarna yang berbeda maka akan mempengaruhi perbedaan pembacaan sensor warna dengan nilai RGB yang berbeda.

## REFERENSI

- [1] Asmah Aulia. 2017. *Rancangan Bangun Alat Pencampuran Warna Berbasis Arduino Uno*. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mataram.
- [2] Ali, Muhamad. 2004. *Jurnal Edukasi@Elektro* Vol. 1, No. 1, Oktober 2004
- [3] Dionisius andy Kristianto. 2017. *Perancangan Ratio Control Pada Burner Mini Plant Boiler di workshop instrumentasi*. Jurnal teknik industry Institut teknologi sepuluh November (ITS).
- [4] Jesse, Malvin. 2008. *Perancangan dan Implementasi Pengendalian Model Predictive Control dengan Constraint untuk Pengatur Level pada Coupled Tank Basic Proses RIG 38-100*. Jurnal Teknik Elektro, FTUI.
- [5] Khairul Ramadhan. 2014. *Sistem Kontrol Multivariabel Temperatur dan Level dengan Yokogawa DCS CENTUM VP*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- [6] Maharita. 2018. *Implementasi DCS (Distributed Control System) sebagai Pengontrol Suhu Pada Proses Pemanasan Air Dengan Metode MPC (Model Predictive Control)*. Skripsi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang.
- [7] SIMATIC PCS 7 Manual Book. *Process Control System Getting Started, Part1 and Part 2*. 2005. SIMENS.



- [8] Tarmukan. 2003. *Sistem Pengatur Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Model Predictive Control*. Penelitian Politeknik Negeri Malang.
- [9] Tri Kurniawati. 2018. *IMPLEMENTASI DCS (DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM) SEBAGAI PENGONTROL SUHU PADA PROSES PEMANASAN AIR DENGAN METODE*. Skripsi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang
- [10] Ramadhan Khairul. (2014). *Sistem Kontrol Multivariable Suhu dan Lavel dengan Yokogawa DCS Centum VP*. Jurnal Teknik Elektro. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Brawijaya.

