

Makalah Seminar Tugas Akhir

PERANCANGAN PROSES OTOMATIS PADA SISTEM KONTROL SERVO VALVE UNTUK PENCAMPURAN FLUIDA WARNA BERBASIS MIKROKONTROLER

Satria M Nuswantara^[1], Sumardi, ST, MT^[2], Iwan Setiawan, ST, MT^[2]
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

ABSTRAK

Pada saat ini, hampir semua proses industri cat telah berjalan secara otomatis. Dengan adanya proses otomatisasi industri, kinerja karyawan dapat berjalan secara efektif begitu juga dengan tingkat produksi suatu perusahaan. Oleh karena itu proses otomatisasi industri terus dikembangkan hingga saat ini. Namun beberapa alat industri cat terutama alat pencampur warna justru memerlukan human resources berkemampuan khusus yang mampu untuk mengoperasikannya, selain itu dibutuhkan pengetahuan yang detail karena alat bersifat rumit. Hal ini bertolak belakang dengan prinsip otomatisasi yang mengedepankan prinsip user friendly. Dunia industri membutuhkan alat pencampur warna yang mampu dioperasikan oleh semua orang, praktis, dan user friendly.

Tugas akhir ini bertujuan untuk menciptakan alat otomatisasi industri pada industri cat berbasis mikrokontroler yang berguna untuk menghasilkan warna baru dari variasi warna dasar dengan jumlah volume yang diinginkan dapat diatur oleh pengguna (user). Tugas akhir ini memanfaatkan sensor PING)))TM sebagai indikator untuk mengatur volume dan motor servo yang berfungsi sebagai keran (valve) otomatis. Sebagai perangkat input, dilengkapi pula keypad sehingga semua orang bisa menggunakannya

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa alat ini mampu menghasilkan warna baru sesuai dengan yang diinginkan oleh pengguna dengan menerapkan prinsip rasio warna. Alat ini mampu menghasilkan volume yang dikehendaki oleh pengguna, prinsip pengoperasiannya sangat mudah, dan user friendly. Berdasarkan pengujian volume diperoleh rata-rata error masing-masing tabung merah, kuning dan biru adalah 2,53%, 3,64%, dan 5,8% serta rata-rata error volume akhir 1,54%. Error pembacaan sensor untuk tabung merah, kuning, dan biru adalah 0,26 cm, 0,12 cm, dan 0,26 cm.

Kata kunci : Sensor PING)))TM, Motor Servo, Warna, Mikrokontroler

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak abad ke-20 inovasi di dalam teknologi instrumentasi dan kendali berkembang dengan cepat, hal ini selaras dengan perkembangan karakteristik masyarakat yang memiliki mobilitas tinggi yang menginginkan layanan yang fleksibel, mudah, memuaskan, efisien, dan aman tak terkecuali di bidang industri.

Dalam industri cat saat ini telah dikembangkan proses pencampuran warna secara otomatis dari beberapa warna dasar. Proses ini dapat menghasilkan beberapa variasi warna baru dari hasil pencampuran warna dasar, namun untuk mengoperasikannya membutuhkan komputer dan tenaga yang ahli di bidangnya.

Pada tugas akhir ini dibuat alat pencampur fluida yang lebih praktis dan user friendly,

mikrokontroler digunakan untuk melakukan pencampuran dari 3 jenis fluida menjadi fluida baru dengan volume yang diharapkan oleh pemakai. Fluida yang digunakan adalah berupa cairan cat 3 warna. Cairan 3 warna tersebut merupakan warna primer atau sering disebut warna *substraktif* yang terdiri dari warna merah, biru dan kuning. Dalam tugas akhir ini, *plant* dapat menghasilkan 9 warna baru terdiri dari 3 warna primer itu sendiri dan 9 warna sekunder dengan berbagai komposisi. *Plant* ini juga dapat mengatur volume yang diharapkan pemakai, untuk menentukan volume yang diinginkan digunakan sensor PING)))TM yang dapat mendeteksi tabung tempat fluida.

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNDIP

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro UNDIP

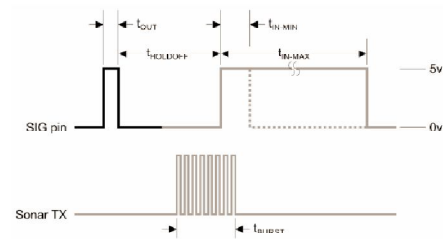
1.2 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah merancang alat yang dapat menghasilkan fluida warna baru dari kombinasi warna dasar dan volume yang diinginkan.

1.3 Pembatasan Masalah

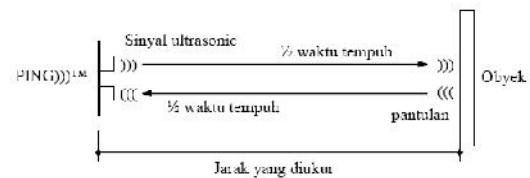
Dalam pembuatan tugas akhir ini, terdapat pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Pengendalian volume dilakukan pada tiap tangki penampungan cat dengan menggunakan sensor *PING)))*TM.
2. Fluida yang digunakan adalah cat poster dengan 3 warna dasar dan tidak membahas mengenai karakteristik cat (massa jenis, kekentalan, dan laju aliran fluida).
3. Aksi pengontrolan melalui *aktuator* yaitu *valve* yang dikontrol menggunakan mekanisme servoposisi (motor servo).
4. *Output valve* adalah bukaan *valve* 3 posisi yaitu kecil, sedang, dan besar.
5. Dalam membuat program pada mikrokontroler digunakan diagram *state* (*statechart*) dalam perancangan.
6. Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler ATmega 8535.
7. Perangkat lunak yang digunakan untuk memprogram mikrokontroler adalah *Code Vision AVR*.
8. Bahasa pemrograman pada mikrokontroler ATmega 8535 menggunakan bahasa C standar ANSI.



Gambar 2.2 Diagram pewaktuan sensor *Ping)))*TM.

Sensor *Ping)))*TM dapat digunakan untuk mengukur jarak dibutuhkan sebuah mikrokontroler untuk mengukur waktu tempuh sinyal ultrasonik dari sensor, memantul pada benda yang akan diukur, dan diterima kembali oleh sensor. Ilustrasi cara kerja sensor dijelaskan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Ilustrasi cara kerja *Ping)))*TM.

Besarnya jarak yang diukur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

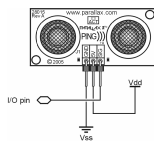
$$s = \frac{v \cdot t}{2}$$

dengan: s = jarak yang diukur (meter)
 v = kecepatan suara (344 m/detik)
 t = waktu tempuh (detik)

II DASAR TEORI

2.1 Sensor Jarak Ultrasonik *PING)))*TM

Sensor yang digunakan adalah "*PING)))*TM *Ultrasonic Range Finder*", buatan Parallax. Sensor jarak dapat dilihat pada Gambar 2.1



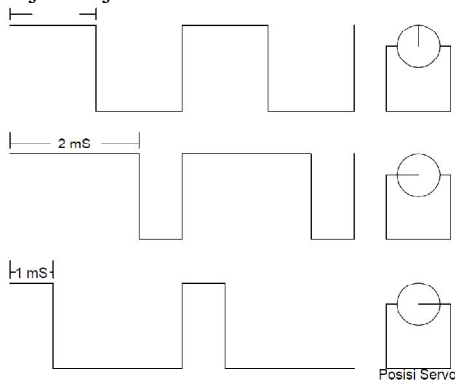
Gambar 2.1 Sensor *PING)))*TM *Ultrasonic Range Finder*.

Diagram pewaktuan sensor dapat dilihat pada Gambar 2.2.

2.2 Motor Servo

Berbeda dengan motor DC dan motor stepper, motor servo adalah sebuah motor dengan *system closed feedback* di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian *gear*, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Tampak pada Gambar 2.4 dengan pulsa 1,5 ms pada periode selebar 20 ms maka sudut dari sumbu motor akan berada pada posisi tengah. Semakin lebar pulsa *off* maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah jarum jam dan semakin kecil pulsa *off* maka akan semakin

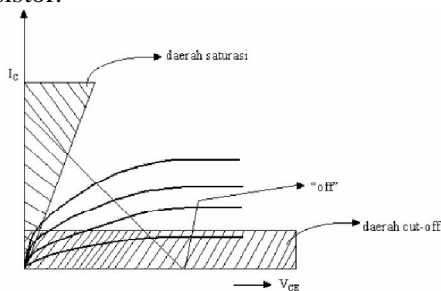
besar gerakan sumbu ke arah yang berlawanan dengan jarum jam.



Gambar 2.4. Teknik PWM mengatur servo.

2.3 Transistor sebagai saklar

Komponen transistor dapat berfungsi sebagai switch. Untuk dapat berfungsi sebagai *switch*, maka titik kerja transistor harus dapat berpindah pindah dari daerah saturasi (*switch* dalam keadaan “on”) ke daerah *cut-off* (*switch* dalam keadaan “off”). Komponen transistor dapat berfungsi sebagai *switch*, walaupun bukan sebagai *switch* ideal. Gambar 2.5 menjelaskan tentang daerah kerja transistor.



Gambar 2.5 Daerah kerja transistor.

2.4 Teori Warna Brewster

Teori Brewster pertama kali dikemukakan pada tahun 1831. 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. Lingkaran warna Brewster mampu menjelaskan teori kontras warna (komplementer), split komplementer, *triad*, dan *tetrad*. Warna primer merupakan warna dasar yang tidak merupakan campuran dari warna-warna lain. Warna yang termasuk dalam golongan warna primer adalah merah, biru, dan kuning. Gambar 2.6 menjelaskan tentang lingkaran warna Brewster.



Gambar 2.6Lingkaran Warna Brewster.

Rumus yang diperoleh dari Teori Brewster tersebut oleh Herbert Ives disempurnakan menjadi skema lingkaran warna. Dari Lingkaran diatas untuk dapat diperoleh 9 warna baru dari kombinasi warna primer.

- 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.

Sampai sekarang skema/diagram lingkaran warna banyak digunakan oleh orang-orang yang berkecimpung di dunia seni rupa.

2.5 Diagram keadaan

Diagram keadaan (*state diagram*) adalah salah satu metode untuk menggambarkan proses operasi sebuah sistem. Sistem berbasis keadaan dapat digambarkan dengan keadaan keadaan sistem

tersebut dan transisi di antaranya (transisi ini hanya terjadi sesaat).

Statechart adalah salah satu varian *state* diagram yang diusulkan oleh David Harel sekitar tahun 1983. *Statechart* pada awalnya digunakan sebagai “bahasa” atau media komunikasi antar *engineer* dengan latar belakang ilmu yang berbeda pada perusahaan pesawat terbang di Israel. Dalam perkembangan selanjutnya, *statechart* banyak diadopsi sebagai basis perancangan sistem-sistem *embedded* yang lebih luas.

Dengan menggunakan *statechart*, lebih mudah menangani perancangan sekaligus pengembangan sistem-sistem kompleks yang umum dijumpai pada aplikasi *embedded* (hal ini disebabkan *statechart* bersifat sangat ringkas, aplikasi yang *relative* kompleks dapat direpresentasikan hanya melewati satu gambar diagram). *Statechart* juga mempunyai kemudahan mengkoreksi aplikasi jika terjadi kesalahan logika ataupun *bugs* (hal ini disebabkan *statechart* bersifat visual).

Keunggulan *statechart* yang lain yaitu lebih mudah mengkomunikasikan aplikasi yang sedang dibangun dengan pihak lain (hal ini disebabkan *statechart* bersifat *intuitive*, mudah dipahami oleh “orang awam” sekalipun). Transformasi *statechart* kedalam realisasi bahasa program (*coding*) *relative* mudah untuk dilakukan, yaitu hanya menggunakan statemen-statementen semacam *switch case* atau *if-else*.

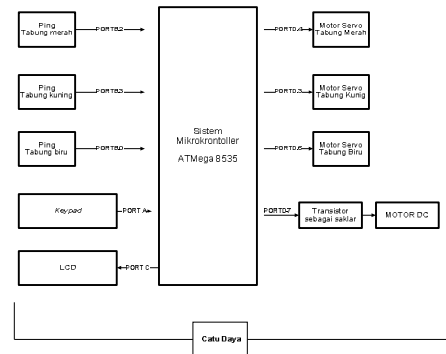
2.6 Mikrokontroler ATmega 8535

AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) merupakan seri mikrokontroler CMOS 8 bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. Berbeda dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan 12 siklus *clock*. AVR mempunyai 32 *register* serbaguna, *Timer/Counter* fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt* internal dan eksternal, serial UART, *Programmable Watchdog Timer*, dan mode *power saving*. Beberapa diantaranya memiliki ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash* on-chip yang memungkinkan memori program untuk deprogram ulang dalam *system* menggunakan hubungan serial SPI.

III PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perancangan Perangkat Keras

Secara umum perancangan sistem yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem.

Pada Tugas Akhir ini digunakan satu buah mikrokontroler ATmega 8535 yang berfungsi sebagai penerima data masukan dari sensor, mengakuisisi data sensor, melakukan perintah pencampuran warna yang ditindaklanjuti oleh motor servo. Dalam melakukan fungsi-fungsinya tersebut di atas, maka dilakukan pengalokasian penggunaan *port* yang ada pada mikrokontroler ATmega 8535.

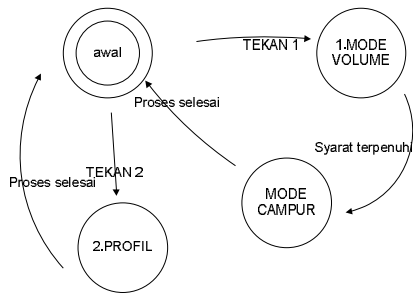
PORT A digunakan sebagai masukan dari keypad. *PORT B.2*, *PORT B.3*, dan *PORT B.0* digunakan sebagai input dari sensor *PING*)).TM. *PORT C* digunakan sebagai penampill data di LCD. *PORT D.3*, *PORT D.4*, dan *PORT D.6* difungsikan untuk mengatur motor servo. *PORT D.7* digunakan untuk mengatur motor *mixer*.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada Tugas Akhir ini meliputi, perancangan program utama, pemindaian keypad, pembacaan sensor *PING*)).TM, perilaku motor servo, perancangan mode campur, perancangan transisi warna, dan perancangan program kendali motor stepper.

3.2.1 Program Utama

Secara umum diagram *state* perancangan program keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.2, dapat terlihat bahwa program dimulai dengan melakukan inisialisasi semua variabel-variabel utama dari proses akuisisi data dan komunikasi nirkabel melalui mikrokontroler.



Gambar 3.2 Diagram State Program Utama.

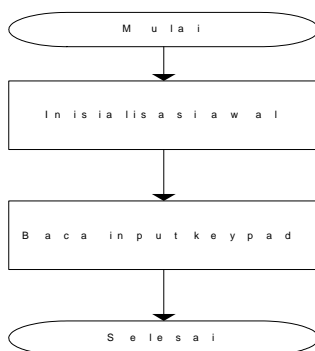
Pada program utama terdapat beberapa keadaan yaitu mode volume, mode campur dan profil. Ketika sistem dihidupkan, sistem akan berada pada kondisi awal. Terdapat 2 pilihan mode yaitu mode volume dan profil. Kedua mode ini dapat diakses jika *keypad* ditekan angka 1 atau 2.

Jika kondisi berada pada mode volume, maka *plant* akan mengakses $PING))^{TM}$ pada tiap tabung. Jika volume dalam tabung memenuhi batas minimal syarat pencampuran maka secara otomatis sistem akan berpindah ke *state* mode campur, namun jika syarat tak terpenuhi maka $PING))^{TM}$ akan ada tampilan dalam LCD dan sistem tidak akan masuk ke mode campur sampai syarat pencampuran dipenuhi.

3.2.2 Pemindaian (*scanning keypad*)

Tugas Akhir ini menggunakan *keypad* 4x4. Dalam hal ini *keypad* difungsikan untuk memilih mode yang diinginkan, memasukan referensi volume dan menentukan warna yang diinginkan.

Gambar 3.3 menjelaskan tentang diagram alir pembacaan *keypad*. Terdapat dua fungsi utama dalam penggunaan *keypad*, yaitu pembacaan *keypad* dan pengubahan nilai masukan menjadi nilai *integer*. Gambar 3.3 menjelaskan tentang diagram alir pembacaan *keypad*. Gambar 3.4 menjelaskan tentang diagram alir masukan *keypad*.



Gambar 3.3 Diagram alir pembacaan *keypad*



Gambar 3.4 Diagram alir masukan *keypad*.

3.2.3 Pembacaan Sensor $PING))^{TM}$

Sensor tabung merah, tabung kuning, dan tabung biru diletakkan masing-masing pada PIN B.2, PIN B.3, dan PIN B.0. Perhitungan jarak dalam satuan cm dilakukan pada interupsi *timer* 0. Nilai TCNT adalah nilai awal perhitungan cacah. Dengan asumsi kecepatan suara sebesar 344 m/s, maka berikut adalah waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak 1 cm bolak-balik.

$$1 \text{ cm} = \frac{t_{in} \times 34400 \text{ cm/s}}{2} \text{ cm}$$

$$t_{in} = \frac{2 \times 1 \text{ cm}}{34400 \text{ cm/s}}$$

$$t_{in} = 58.14 \text{ us}$$

Dengan demikian, untuk mengukur jarak tempuh gelombang ultrasonik per centimeter, diperlukan *timer* dengan waktu *overflow* sebesar 58.14µs. Perhitungan jarak akan dihentikan apabila terjadi perubahan logika *low* pada masing – masing PINB.2, PINB.3, dan PINB.0 sebagai tanda bahwa terdeteksi pantulan gelombang ultrasonik.

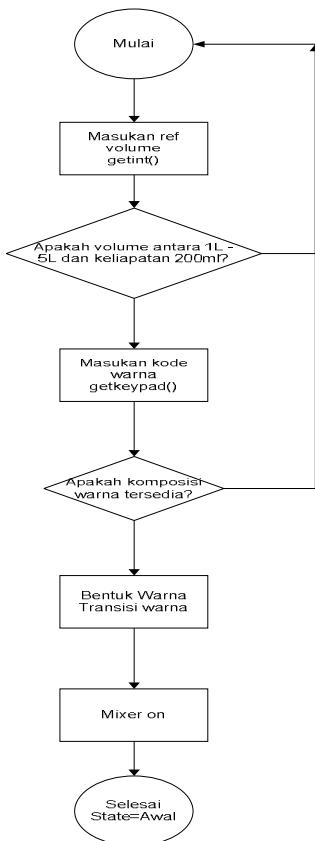
3.2.4 Perilaku motor servo

Pada perancangan ini, pengendalian motor servo digunakan teknik PWM. Besarnya nilai pulsa *on* pada teknik PWM akan mempengaruhi gerak daripada motor servo untuk membentuk sudut tertentu.

Pada *plant* tugas akhir ini, motor servo diberi 3 perilaku yaitu membuka penuh, membuka sedang, dan membuka kecil sesuai dengan kondisi yang ada.

3.2.5 Perancangan mode campur

Sistem akan masuk ke mode campur jika prasyarat pertama dalam mode volume dipenuhi. Gambar 3.5 menjelaskan tentang diagram alir mode campur.



Gambar 3.5 Diagram alir mode campur.

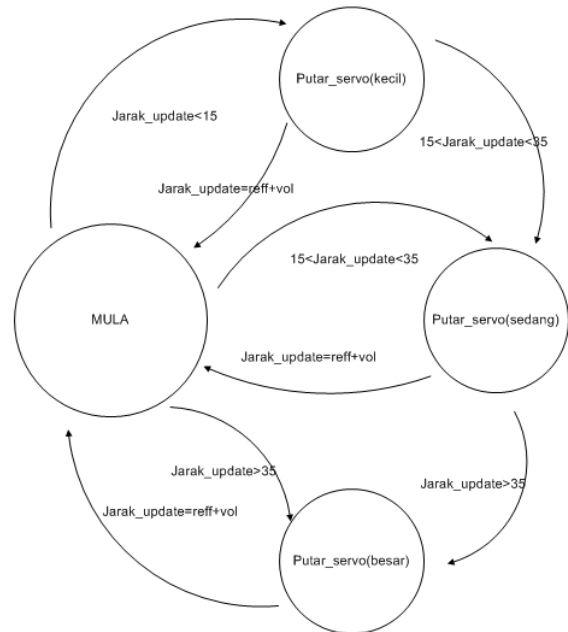
Referensi volume yang dimasukkan melalui penekanan *keypad* adalah berupa data volume. Oleh program volume tersebut akan dikonversikan ke ketinggian. Dengan prinsip rumus volume tabung didapatkan bahwa

$$\begin{aligned}
 V \text{ tiap } 1 \text{ cm pada tabung} &= L \cdot \text{alas tabung} \times 1 \text{ cm} \\
 &= \pi r^2 \times 1 \text{ cm} \\
 &= (3.14 \times (8)^2 \times 1) \text{ cm}^3 \\
 &= 200.96 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

3.2.5 Perancangan transisi warna

Pada listing mode campur, terdapat perintah transisi warna yaitu *transisi_red*, *transisi_yellow*, dan *transisi_blue*. Masing-masing warna akan

melakukan perintah transisi warna sesuai dengan komposisi warna pembentuknya. Dengan perintah transisi warna, masing-masing tabung akan mengatur jumlah volume yang harus dikeluarkan dan selanjutnya motor servo akan bergerak sesuai dengan perilaku yang telah ditentukan. Gambar 3.6 menjelaskan tentang diagram keadaan transisi warna.



Gambar 3.6 diagram keadaan transisi warna.

Dari Gambar 3.6, sensor *PING*)TM akan meng-*update* ketinggian *PING*)TM dan akan terus dicocokkan dengan ketinggian yang seharusnya (ketinggian awal + ketinggian yang harus dikurangi). Dari jarak_*update* sensor *PING*)TM, servo akan menyesuaikan kondisi bukaan *valve* sesuai dengan perilaku yang diberikan. Dengan melihat diagram keadaan diatas dapat diterjemahkan ke dalam listing program untuk *transisi_red*, *transisi_yellow*, dan *transisi_blue*.

IV PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian sensor *PING*)TM

Pengujian terhadap sensor *PING*)TM dilakukan dengan mengukur kedalaman setiap tabung warna dengan pelampung yang terdapat di dalam tabung. Pengujian dengan sensor *PING*)TM membandingkan kedalaman yang terukur oleh sensor *PING*)TM yang ditampilkan di LCD dengan alat ukur yang terdapat di dalam tabung. Tabel 4.1 menjelaskan tentang hasil pengujian sensor *PING*)TM

Tabel 4.1 Hasil pengujian sensor *PING)))*TM.

No.	Jarak Uji (cm)	Jarak Terdeteksi <i>PING)))</i> TM		
		<i>PING</i> TM merah (cm)	<i>PING</i> TM kuning (cm)	<i>PING</i> TM biru (cm)
1	20	19,81	19,81	19,26
2	21	20,92	20,92	20,92
3	23	23,12	22,57	22,57
4	25	24,77	24,77	24,77
5	27	26,42	26,97	26,42
6	29	29,17	29,17	29,17
7	31	30,27	30,82	30,82
8	33	32,47	33,02	33,02
<i>error</i>		0,26	0,12	0,26

Dari Tabel 4.1, terlihat bahwa sensor *PING)))*TM tidak sesuai terhadap jarak sesungguhnya. Rata-rata *error* yang didapatkan untuk tabung merah adalah 0,26 cm, untuk tabung kuning sebesar 0,12 cm, dan untuk tabung biru sebesar 0,26 cm. Hal ini dapat disebabkan karena pengukuran atau adanya pembulatan dalam pemrograman. Proses pembacaan dari sensor *PING)))*TM akan sangat mempengaruhi jumlah *error* volume yang dihasilkan.

4.2 Pengujian Motor servo

Dalam pengujian diberikan 4 variasi kondisi yang kemudian menjadi perilaku keran dalam *plant*.

1. Pemberian pulsa *on* 185 x 10 us.

Pemberian pulsa *on* 185 x 10 us akan menyebabkan motor servo mempunyai perilaku untuk menutup keran. Perilaku keran menutup akan menyebabkan keran mempunyai sudut 0° terhadap posisi awal (posisi menutup).

2. Pemberian pulsa *on* 150 x 10 us.

Pemberian pulsa *on* 150 x 10 us akan menyebabkan motor servo mempunyai perilaku untuk membuka keran dengan bukaan sudut kecil. Perilaku keran dengan bukaan sudut kecil akan menyebabkan keran membuka sebesar 35° terhadap posisi awal.

3. Pemberian pulsa *on* 130 x 10 us.

Pemberian pulsa *on* 130 x 10 us akan menyebabkan motor servo mempunyai perilaku untuk membuka keran dengan bukaan

sudut sedang. Perilaku keran dengan bukaan sudut sedang akan menyebabkan keran membuka sebesar 55° terhadap posisi awal.

4. Pemberian pulsa *on* 100 x 10 us.

Pemberian pulsa *on* 100 x 10 us akan menyebabkan motor servo mempunyai perilaku untuk membuka keran secara penuh. Perilaku keran membuka penuh akan menyebabkan keran membuka sebesar 90° terhadap posisi keran awal.

4.3 Pengujian rasio volume

Pengujian rasio volume dilakukan dengan melihat volume yang dikeluarkan oleh masing-masing tabung warna dasar. Jumlah volume yang dikeluarkan oleh tiap tabung dilihat melalui LCD berdasarkan pembacaan sensor *PING)))*TM bahwa setiap 1cm yang tertera pada LCD nilainya sama dengan 200,96 ml. Tabel 4.2 menjelaskan tentang hasil pengujian rasio volume.

Tabel 4.2 hasil pengujian rasio volume.

Kode	Perhitungan (mL)				Percobaan (mL)			
	Vol. Ref	Vol. Merah	Vol. Kuning	Vol. Biru	Vol. Akhir	Vol. Merah	Vol. Kuning	Vol. Biru
1	1600	1066,67	533,33	-	1489,11	1067,10	422,02	-
2	1600	800	800	-	1603,23	803,41	799,82	-
3	1600	533,33	1066,67	-	1491,12	534,55	956,57	-
4	1600	-	1066,67	533,33	1587,58	-	1165,57	422,02
5	1600	-	800	800	1601,65	-	801,83	799,82
6	1600	-	533,33	1066,67	1599,64	-	532,54	1067,10
7	1600	533,33	-	1066,67	1606,33	539,23	-	1067,10
8	1600	800	-	800	1583,49	894,20	-	689,29
9	1600	1066,67	-	533,33	1615,99	1083,45	-	532,54
<i>error</i>					1,54%	2,53%	3,64%	5,80%

Dari perbandingan rasio volume antara perhitungan dan percobaan didapatkan ketidaksesuaian dengan data perhitungan. Dari tabel didapatkan hasil *error* (rata-rata *error*) rasio volume untuk tabung merah sebesar 2,53%, untuk tabung kuning sebesar 3,64%, dan untuk tabung biru sebesar 5,80%. Hasil pengujian volume akhir didapatkan *error* sebesar 1,54%.

4.4 Pengujian warna

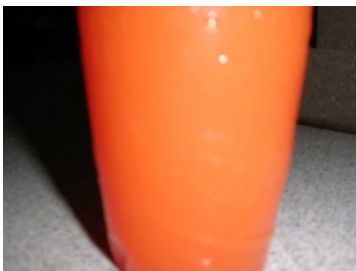
Dalam pengujian warna, akan dilihat warna keluaran yang dihasilkan oleh *plant* Tugas Akhir. Dalam proses pembentukan warna, *plant* Tugas Akhir mengacu pada teori Brewster dengan mengatur komposisi / perbandingan dari 2 warna dasar.

- Ketika *keypad* ditekan tombol 1, maka warna yang terbentuk adalah warna “ORANGE-RED”. Gambar 4.1 menjelaskan tentang hasil dari warna “ORANGE-RED”



Gambar 4.1 Warna “ORANGE-RED”.

- Ketika *keypad* ditekan tombol 2, maka warna yang terbentuk adalah warna “PURE-ORANGE”. Gambar 4.2 menjelaskan tentang hasil dari warna “PURE-ORANGE”.



Gambar 4.2 Warna “PURE-ORANGE”.

- Ketika *keypad* ditekan tombol 3, maka warna yang terbentuk adalah warna “ORANGE-YELLOW”. Gambar 4.3 menjelaskan tentang hasil dari warna “ORANGE-YELLOW”.



Gambar 4.3 Warna “ORANGE-YELLOW”.

- Ketika *keypad* ditekan tombol 4, maka warna yang terbentuk adalah warna “GREEN-YELLOW”. Gambar 4.4 menjelaskan tentang hasil dari warna “GREEN-YELLOW”.



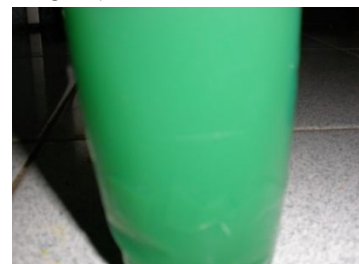
Gambar 4.4 Warna “GREEN-YELLOW”.

- Ketika *keypad* ditekan tombol 5, maka warna yang terbentuk adalah warna “PURE-GREEN”. Gambar 4.5 menjelaskan tentang hasil dari warna “PURE-GREEN”.



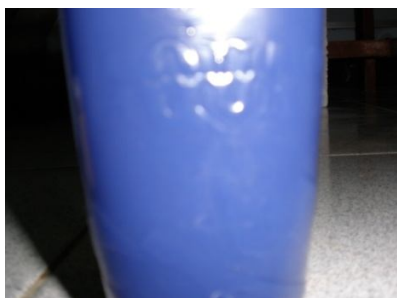
Gambar 4.5 Warna “PURE-GREEN”.

- Ketika *keypad* ditekan tombol 6, maka warna yang terbentuk adalah warna “GREEN-BLUE”. Gambar 4.6 menjelaskan tentang hasil dari warna “GREEN-BLUE”.



Gambar 4.6 Warna “GREEN-BLUE”.

- Ketika *keypad* ditekan tombol 7, maka warna yang terbentuk adalah warna “PURPLE-BLUE”. Gambar 4.7 menjelaskan tentang hasil dari warna “PURPLE-BLUE”.



Gambar 4.7 Warna “PURPLE-BLUE”.

- Ketika *keypad* ditekan tombol 8, maka warna yang terbentuk adalah warna “PURE-PURPLE”. Gambar 4.8 menjelaskan hasil dari warna “PURE-PURPLE”.



Gambar 4.8 Warna “PURE-PURPLE”.

- Ketika *keypad* ditekan tombol 9, maka warna yang terbentuk adalah warna “PURPLE-RED”. Gambar 4.9 menjelaskan hasil dari warna “PURPLE-RED”.



Gambar 4.9 Warna “PURPLE-RED”.

Dari pencampuran diatas dapat dilihat bahwa warna baru berbeda dari warna dasarnya, sehingga dapat dikatakan pencampuran berhasil. Warna yang dihasilkan agak berbeda dengan teori warna Brewster karena jika ingin mendapatkan hal yang sama, harus sangat detail diperhatikan komposisi warna dasar.

V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian sensor *PING*)))TM, rata-rata *error* yang didapatkan untuk tabung merah adalah 0,26 cm, untuk tabung kuning 0,12 cm, dan untuk tabung biru 0,26 cm.
2. Dari hasil pengujian perilaku motor servo, motor servo dapat bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan yaitu perintah menutup, keran membuka kecil (membuka 35⁰ terhadap posisi awal), keran membuka sedang (membuka 55⁰ terhadap posisi awal), dan keran membuka penuh (membuka 90⁰ terhadap posisi awal.).
3. Dari hasil pengujian rasio volume, antara perhitungan dan percobaan didapatkan ketidaksesuaian dengan data perhitungan. Hasil rata-rata *error* rasio volume untuk tabung merah sebesar 2,53%, untuk tabung kuning sebesar 3,64%, dan untuk tabung biru sebesar 5,80%. Hasil pengujian volume akhir didapatkan rata-rata *error* sebesar 1,54%.
4. Dari hasil pengujian sistem keseluruhan, warna yang dihasilkan berbeda dari warna dasarnya dan berhasil membentuk warna baru namun sedikit berbeda dengan teori Brewster, hal ini karena warna dasar yang dipakai dalam pengujian bersifat subyektif dan juga karena sisa warna yang masih menempel pada tabung *mixer*.

5.2 Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, maka penulis memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Perlu dikembangkan proses kontrol cerdas atau yang lebih tinggi untuk mengatur bukaan *valve* agar lebih presisi.
2. Perlu adanya penetapan warna dasar yang baku agar warna yang dihasilkan sesuai dengan teori Brewster.
3. Perlu ditambahkan 1 tabung berisi cairan tak berwarna (*aquades*) yang berfungsi sebagai pembersih tabung *mixer* agar cairan yang tertinggal dalam *mixer* dapat dinetralisir agar tidak mempengaruhi proses selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Heryanto, M.Ary & Wisnu Adi P., *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2008.
- [2] Joni, I Made & Budi Raharjo, *Pemrograman C dan Implementasinya*, Penerbit Informatika, Bandung, 2006.
- [3] Ogata, Katsuhiko, *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1-2*, Diterjemahkan Oleh Ir. Edi Leksono, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1996.
- [4] Wibowo, *Teori Warna*, Universitas Indonesia, <http://telaga.cs.ui.ac.id/~wibowo/publik/color.pdf>, Agustus 2009
- [5] -----, *ATmega8535 Data Sheet*, <http://www.atmel.com>, Maret 2004.
- [6] -----, *Design of embedded Control System Using Statechart One-Picture is Worth a Thousand of Words*, <http://iwan.blog.undip.ac.id>, Mei 2009.
- [7] -----, *Fungsi Soft Timer untuk Keperluan Operasi Tundaan dan Penjadwalan (Scheduling) Pada Sistem Embedded*, <http://iwan.blog.undip.ac.id>, Juni 2009.
- [8] -----, *PING)))™ Ultrasonic Distance Sensor Data Sheet*, <http://www.parallax.com>, Maret 2009.
- [9] -----, *Pengendalian Motor DC PWM*, <http://www.mikron123.com>, Agustus 2009.
- [10] -----, *Teori Brewster*, <http://www.wikipedia.com>, Juni 2009.



SATRIA M NUSWANTARA
(L2F 005 579)

Dilahirkan di Salatiga, 26 November 1988. Menempuh pendidikan dasar di SDN 05 Salatiga selama 6 tahun dan melanjutkan pendidikannya di SLTPN 1 Salatiga. Kemudian menempuh pendidikan akslerasi di SMU Muhammadiyah 1 Jogjakarta lulus tahun 2005. Dari tahun 2005 sampai saat ini masih menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, konsentrasi Instrumentasi Kontrol.

Mengetahui / Mengesahkan :

Dosen Pembimbing I

Sumardi, ST., MT.

NIP. 19681111 199412 1 001

Dosen Pembimbing II

Iwan Setiawan, ST, MT

NIP . 19730926 200012 1 001