

PERANCANGAN DAN ANALISA KINERJA SISTEM AKUISISI DATA SENSOR TCS34725 DAN PEGELIAN POMPA MOTOR DC PADA ALAT PENCAMPUR WARNA

Mutiari Dianing Utami^{*)}, Ajub Ajulian Zahra dan Sudjadi

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: mutiari63@gmail.com

Abstrak

Pada penelitian ini penulis merancang dan menganalisis kinerja sensor TCS34725 dan Pompa Motor DC yang berguna untuk membaca warna dalam bentuk RGB (Red, Green, Blue) dan pengendalian pompa motor DC yang berguna untuk mengatur nilai PWM pada masing-masing pompa. Sensor TCS34725 mendeteksi warna yang dihasilkan dengan memberikan pembacaan nilai RGB dari rentang 0 hingga 255. Warna yang terbaca oleh sensor kemudian akan dikonversi ke dalam bentuk CMY (Cyan, Magenta, Yellow) yang memiliki rentang nilai 0 hingga 100. Pengkonversian ini bertujuan untuk memberikan nilai feedback kepada mikrokontroler untuk dibandingkan dengan nilai set point awal yang diinputkan pada sistem. Jika masih terdapat error, mikrokontroler akan mengolah data ulang yang akan mempengaruhi kinerja pompa motor DC. Pada keadaan inilah nilai PWM diatur agar debit yang keluar dari masing-masing pompa CMY dapat sesuai dengan komposisi tiap warna yang dibutuhkan sehingga menghasilkan warna yang diinginkan.

Kata kunci: Sensor TCS34725, RGB, CMY, Pompa Motor DC, PWM

Abstract

In this study the authors designed and analyzed the performance of TCS34725 sensor and DC Motor Pumps that are useful for reading colors in the form of RGB (Red, Green, Blue) and controlling DC motor pumps that are useful for regulating the value of PWM at each pump. The TCS34725 sensor detects the color produced by giving an RGB reading from a range of 0 to 255. The RGB value color will be converted to CMY (Cyan, Magenta, Yellow) which has a range of value of 0 to 100. This conversion aims to provide a feedback to the microcontroller to be compared with the initial setpoint value inputted to the system. If there is still an error, the microcontroller will reprocess the data which will affect the performance of the DC motor pump. In these circumstances, the PWM value is set so that the discharge coming out of each CMY pump can match the composition of each color needed to produce the desired color.

Keywords: Sensor TCS34725, RGB, CMY, DC Motor Pump, PWM

1. Pendahuluan

Pada era modern saat ini masih ditemukan penggunaan teknologi konvensional pada beberapa perusahaan seperti perusahaan tekstil khususnya pada alat pencampur warna yang dilakukan secara manual sehingga terdapat ketidakakuratan pada presentase takaran warna tinta. Di samping itu kebutuhan akan ragam warna juga terus meningkat terutama pada perusahaan di bidang pencampuran warna seperti membuat warna baru dari berbagai warna yang ada, sedangkan ragam warna yang terdapat dipasaran masih menggunakan standar warna yang mendasar, serta proses pencampuran warna yang manual dan membutuhkan waktu yang lama untuk menghasilkan warna dengan tingkat keakuratan yang tinggi karena dilakukan oleh para ahli dalam bidangnya [1].

Maka untuk bisa menghasilkan pencampuran warna yang tepat, diperlukan sistem pencampur warna otomatis dengan menggunakan bantuan sensor TCS34725 dalam mendeteksi kesesuaian warna yang dihasilkan dengan warna yang diinginkan. Sensor TCS34725 ini memiliki IR blocking filter dimana dia menangkap pantulan cahaya yang mengenai chip pada sensor tersebut [2]. Selain bantuan sensor TCS34725, dalam mengontrol cairan tinta yang keluar perlu adanya pengaturan debit yang keluar dari pompa dengan cara mengatur nilai PWM. Nilai PWM ini memiliki rentang nilai dari 0 hingga 255 yang berpengaruh pada kecepatan motor [3]. Maka dari itu penulis berinovasi untuk merancang alat pencampur warna dengan sensor TCS34725 dengan pengontrolan nilai PWM pada pompa motor DC.

Masukan alat pencampur warna ini berupa presentase warna tinta CMY. Terdapat aktuator berupa motor pompa DC yang berfungsi untuk mengalirkan cairan tinta. Dan *driver* motor L298N yang berfungsi untuk menggerakkan motor pompa DC [4]. Mikrokontroler Arduino Nano untuk membaca perintah dan memproses data, serta sensor TCS34725 untuk pembacaan warna RGB (*Red, Green, Blue*) yang kemudian akan dikonversi ke CMY (*Cyan, Magenta, yellow*) dan diumpan balikkan ke mikrokontroler.

Pada penelitian perancangan alat pencampur warna dengan sensor TCS34725 ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi warna yang dihasilkan dengan warna yang diinginkan dengan cara mengendalikan nilai PWM yang berpengaruh pada debit yang keluar melalui pompa motor DC sehingga diharapkan dapat menghasilkan pencampuran warna yang akurat [5]. Produk ini diharapkan dapat membantu produsen pencampuran warna untuk mendapatkan varian warna yang baru secara otomatis, serta menggantikan sistem pencampuran warna yang masih dikerjakan secara manual.

2. Metode

2.1. Model Warna RGB

RGB adalah suatu pemodelan warna yang terdiri dari 3 buah warna: merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*), yang ditambahkan dengan berbagai cara agar dapat menghasilkan bermacam-macam warna. Model warna RGB adalah pemodelan warna yang memiliki konsep penambahan kuat cahaya primer yaitu *red, green, dan blue*. Ketika berada di dalam suara ruangan yang sama sekali tidak ada cahaya, maka tidak ada signal gelombang cahaya yang diserap oleh mata kita atau RGB (0, 0, 0).

RGB atau *Red, Green, Blue* merupakan sistem pewarnaan yang digunakan untuk *digital appearance* dan sering digunakan pada monitor komputer, video, layar ponsel dan lain-lain. Sistem warna RGB terdiri atas 100% *Red*, 100% *Green*, dan 100% *Blue* dimana akan menghasilkan 100% putih dan pada sistem pewarnaan RGB ini tidak ada warna hitam.

Apabila kita mencampurkan 2 macam cahaya primer dalam ruangan seperti (merah dan hijau), atau (merah dan biru), atau (hijau dan biru), maka warna yang terbentuk adalah *yellow*, atau *magenta*, atau *cyan*. Warna-warna yang dibentuk dari kombinasi dua macam cahaya disebut warna sekunder [3].

2.2. Warna CMYK

Cyan, Magenta, dan Yellow merupakan warna sekunder dari warna RGB (*Red, Green, Blue*) yang bertumpu pada cahaya yang diserap serta kualitas tinta yang digunakan untuk kebutuhan cetak. Namun, CMY tidak dapat menghasilkan warna hitam dengan baik. Maka dari itu,

adanya penambahan *key/black* sebagai warna keempat untuk menghasilkan warna hitam yang baik [4]. Sehingga disempurnakan menjadi model CMYK yang dipergunakan dalam pencetakan berwarna. Keempat warna tersebut disebut tinta/warna proses yang dipergunakan untuk mencetak citra berwarna seperti sablon atau hasil proses pencetakan printer [5].

2.3. Pompa Motor DC 12 Volt

Pompa merupakan peralatan mekanis yang berguna untuk memindahkan fluida dari satu tempat ketempat lainnya yang bekerja dengan menggunakan energi kinetik. Selain itu, pompa ini sangat mudah dan praktis dalam penggunaannya sehingga tidak perlu memancing hisapan awal pompa dengan air. Keunggulan lainnya yaitu tidak membutuhkan daya listrik yang cukup besar, hanya membutuhkan daya listrik sekitar 12 volt ketika bekerja dan 6 volt ketika tidak digunakan dan juga hanya membutuhkan sekitar 0,5 hingga 0,7 ampere ketika pompa air sedang bekerja dan bilamana pompa air ini tidak bekerja hanya membutuhkan daya sekitar 0,18 ampere [6].

2.4. Sensor Warna TCS34725

Sensor TCS34725 merupakan sensor penginderaan warna digital yang memiliki elemen cahaya RGB. Sensor ini dilengkapi dengan filter blok IR, on-chip yang terintegrasi dan dilokalisasi ke foto sensor warna, dapat meminimalkan komponen spektrum IR dari cahaya yang masuk dan menyediakan pengaturan warna agar dapat dihasilkan secara tepat atau akurat. Sensitivitas yang tinggi dan filter blok IR membuat sensor ini menjadi sebuah sensor ideal untuk penggunaan pada berbagai macam kondisi pencahayaan. Sensor warna TCS34725 memiliki ruang lingkup pengaplikasian yang luas termasuk pengaturan RGB LED, pencahayaan benda padat, pengontrolan proses industri, dan peralatan diagnosa kesehatan. Filter blok IR memungkinkan sensor TCS34725 untuk melakukan *Ambient Light Sensing (ALS)* [7].

2.5. Driver Motor L298N

L298N merupakan *driver* motor H-Bridge yang didesain mampu menggerakkan sepasang motor DC. Modul ini menggunakan metode PWM untuk mengontrol kecepatan motor DC. Driver Motor L298N dilengkapi dengan 2 *direction control* pin yang digunakan untuk mengontrol motor A dan B dalam gerak maju atau mundur. Driver motor ini dapat digunakan dengan tegangan berkisar antara 5V – 35V. Arus yang dibutuhkan yaitu 2A. Modul ini mempunyai regulator dalam memberikan tegangan output 5V [8].

2.6. Perhitungan Nilai Konversi RGB ke CMY

Perancangan perhitungan ini berfungsi sebagai pengkonversian nilai RGB yang terbaca oleh sensor ke

dalam bentuk CMY. Pengkonversian ini dilakukan agar nilai yang terbaca sensor dapat diumpan balikkan ke sistem sebagai nilai *error*. Nilai tersebut akan dibandingkan dengan nilai *set point* awal yang diinputkan ke dalam sistem. Pada penelitian ini, range yang digunakan pada warna RGB adalah 0 hingga 255, sedangkan CMY memiliki rentang nilai 0 hingga 100, sehingga harus ada proses konversi dari warna RGB ke warna CMY. Proses konversi tersebut menggunakan rumus matematis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Red &= Red * 100 / 255 \\ Green &= Green * 100 / 255 \\ Blue &= Blue * 100 / 255 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cyan &= Red / (Red + Green + Blue) * 100 \\ Magenta &= Green / (Red + Green + Blue) * 100 \\ Yellow &= Blue / (Red + Green + Blue) * 100 \end{aligned}$$

Dalam proses pendeteksian warna, nilai masing-masing RGB akan mengalami kalibrasi dengan penambahan nilai pada masing-masing warna *Red*, *Green*, *Blue* [9].

Pengaplikasian pembacaan sensor TCS34725 pada sistem pendeteksian warna dibantu dengan adanya pantulan cahaya LED putih. Chip pada sensor akan membaca warna yang dipantulkan dari LED putih tersebut. Sebelum warna dihasilkan, terlebih dahulu menginput nilai *set point* pada sistem. *Set point* merupakan nilai ideal atau nilai yang ingin dicapai dan sudah ditentukan pada awal. Lalu, pada bagian kontroler terdapat *error* yang digunakan sebagai masukan dari proses awal, *error* merupakan selisih dari *set point* dengan umpan balik [10].

2.7. Perancangan Pengaturan Nilai PWM

Pada penelitian ini digunakan 3 buah pompa motor DC yang masing-masing mengalirkan tinta *Cyan*, *Magenta*, *Yellow*. Setiap pompa motor DC memiliki karakteristik yang berbeda-beda, terutama dalam hal debit yang dikeluarkan. Maka dari itu, penulis merancang alat pencampur warna dengan mengatur nilai PWM pada setiap pompa motor DC dengan tujuan debit yang dikeluarkan pompa dapat sesuai dengan komposisi tinta yang dibutuhkan.

PWM (*Pulse Width Modulation*) itu sendiri adalah suatu teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa (*pulse width*) dengan nilai frekuensi dan amplitudanya yang tetap. PWM dapat dianggap sebagai kebalikan dari ADC (*Analog to Digital Converter*) yang mengkonversi sinyal Analog ke Digital, PWM ini digunakan untuk menghasilkan sinyal analog dari perangkat Digital (contohnya mikrokontroler). Nilai PWM dapat menetapkan berapa lama kondisi ON harus bertahan dengan cara mengendalikan siklus kerja atau *Duty Cycle* PWM. [11]

Persentase waktu dimana sinyal PWM tetap pada kondisi tinggi disebut dengan "siklus kerja" atau "*Duty Cycle*". Kondisi yang sinyalnya selalu dalam kondisi ON disebut

sebagai 100% *Duty Cycle*, sedangkan kondisi yang sinyalnya selalu dalam kondisi OFF disebut dengan 0% *Duty Cycle*. Rumus untuk menghitung siklus kerja atau *duty cycle* dapat ditunjukkan seperti persamaan di bawah ini:

$$Duty\ Cycle = ton / (ton + toff)$$

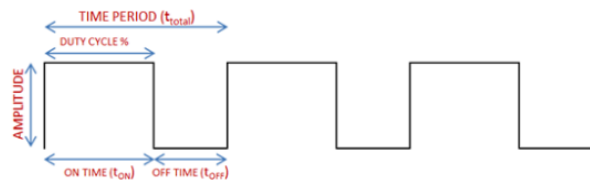
Dimana :

Ton = waktu ON atau waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi (*high* atau 1).

Toff = Waktu OFF atau waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi rendah (*low* atau 0)

Ttotal = waktu satu siklus atau penjumlahan antara ton dengan toff atau disebut juga dengan "periode satu gelombang".

Gambar berikut ini mewakili sinyal PWM dengan siklus kerja 60% yang berarti sinyal PWM hanya mengalami keadaan ON untuk 60% dari suatu periode waktu. [12]



Gambar 1. Pengaturan Nilai PWM

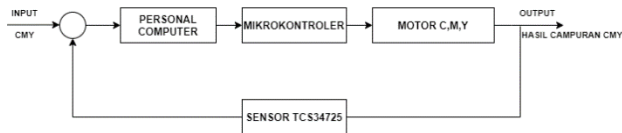
Pada penelitian ini, nilai PWM minimum dan nilai PWM maksimum akan mempengaruhi debit yang keluar dari tiap pompa dan akan mempengaruhi besar komposisi warna yang keluar.

2.8. Perancangan Hardware

Perancangan perangkat keras dari *prototype* alat pencampur warna pada tugas akhir ini terdiri dari modul mikrokontroler Arduino Nano yang terhubung dengan beberapa komponen lainnya, seperti Driver Motor L298N, Sensor tcs34725, Stepdown DC-DC, dan pompa motor DC. Arduino Nano mampu mengoperasikan *prototype* alat pencampur warna karena memiliki 14 pin digital *input/output*, 6 masukan analog, sebuah osilator Kristal 16MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP *header*, dan sebuah tombol reset. Arduino Nano memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang pemrosesan data dengan mikrokontroler.

Prototype alat pencampur warna pada penelitian ini memiliki 3 buah tabung yang menampung masing-masing tinta CMY (*Cyan*, *Magenta*, *Yellow*) yang terhubung dengan pompa motor DC untuk menghasilkan warna yang diinginkan berdasarkan besar volume untuk masing-masing komposisi. Terdapat sensor TCS34725 yang diletakkan di bawah wadah penampung warna yang dihasilkan dan terdapat penambahan LED putih yang

terletak di atas wadah penampung warna dengan tujuan memperjelas warna yang akan dibaca oleh sensor. Berikut dapat dilihat diagram blok alat pencampur warna pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram sistem alat pencampur warna

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa sistem bekerja dengan memberikan masukan *set point* warna pada PC. *Set point* berupa nilai warna CMY dengan *range* 0 hingga 100%, kemudian data tersebut akan diolah mikrokontroler Arduino Nano untuk dilakukan pengontrolan terhadap pompa motor DC yang akan mengatur keluaran debit yang dibutuhkan. Hasil pencampuran warna akan dibaca oleh sensor TCS34725 dalam bentuk RGB, sehingga data yang didapat harus dikonversi ke dalam bentuk CMY terlebih dahulu untuk diumpun balikkan dan diolah oleh mikrokontroler Arduino nano sebagai nilai *feedback*. *Prototype* ini menggunakan adaptor 12V sebagai catu daya dan modul *stepdown* DC-DC LM2596 yang berfungsi untuk mengatur keluaran tegangan sehingga mampu menyediakan pasokan listrik yang stabil untuk penggunaannya [13] dan bantuan cahaya LED putih untuk membantu sensor TCS34725 dalam proses pembacaan warna agar lebih terlihat jelas.

2.9. Perancangan Sensor TCS34725

Pengambilan data sensor TCS34725 dilakukan untuk memperoleh nilai RGB yang dibutuhkan. Data yang dibutuhkan yaitu nilai RGB (*Red, Green, Blue*) dengan *range* 0 hingga 255. Data tersebut kemudian akan dikonversi menjadi bentuk CMY (*Cyan, Magenta, Yellow*) dengan *range* 0 hingga 100% agar dapat diumpun balikkan ke sistem untuk diolah kembali oleh mikrokontroler.

Proses pembacaan sensor ini mengalami perhitungan atau pengkalibrasian ulang agar nilai RGB yang terbaca dapat lebih tepat. Untuk nilai *red*, nilai yang dibaca sensor akan ditambah dengan 42. Untuk nilai *Green*, nilai yang dibaca sensor akan ditambahkan dengan 50. Untuk nilai *Blue*, nilai yang dibaca sensor akan ditambahkan dengan 42.

Setelah mendapatkan nilai RGB secara otomatis dari sensor, nilai-nilai tersebut akan dikonversikan ke dalam bentuk CMY menggunakan rumus matematis yaitu [14]:

$$Red = Red * 100 / 255$$

$$Green = Green * 100 / 255$$

$$Blue = Blue * 100 / 255$$

$$Cyan = Red / (Red + Green + Blue) * 100$$

$$Magenta = Green / (Red + Green + Blue) * 100$$

$$Yellow = Blue / (Red + Green + Blue) * 100$$

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan secara langsung dengan menggunakan standar pencampuran warna yang telah ditentukan oleh peneliti. Berikut hasil pengujian pencampuran warna dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

3.1. Pengujian Pembacaan nilai RGB

Tabel 1. Hasil pengujian dengan pembacaan sensor

No	Warna set point	Hasil Pembacaan Sensor			Warna yang terbaca
		R	G	B	
1		204	0	2 4 2	
2		77	179	2 4	
3		77	179	7 7	
4		230	25	5 1	
5		25	77	1 7 9	
6		51	204	1 7 9	
7		179	51	3 8	
8		230	204	2 5	
9		13	230	1 3	
10		204	13	1 0 2	

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa warna yang diinputkan di awal pada sistem dengan warna yang dihasilkan dan terbaca oleh sensor sudah sesuai. Dari percobaan 10 variasi warna, data pengujian menunjukkan 9 warna berhasil yaitu warna ungu, merah muda, hijau tua, merah, biru tua, biru toska, merah marun, hijau muda, dan pink. Serta terdapat 1 warna yang kurang tepat pembacaannya yaitu warna kuning. Hal ini disebabkan karena kurangnya kepresisian pembacaan data pada sensor TCS3725 untuk warna kuning.

Pada pengujian ini, volume maksimum yang digunakan pada pencampuran warna sebesar 50 ml untuk setiap warna CMY dalam setiap *looping*.

3.2. Pengujian Konversi RGB ke CMY

Setelah mendapatkan nilai RGB (*Red, Green, Blue*) pada warna yang dihasilkan, langkah selanjutnya adalah

mengkonversi nilai RGB (*Red, Green, Blue*) tersebut ke dalam bentuk CMY (*Cyan, Magenta, Yellow*) dengan rumus matematis. Pengkonversian ini dilakukan karena RGB memiliki rentang nilai dari 0 hingga 255, sedangkan CMY memiliki rentang nilai 0 hingga 100. Rumus matematis yang digunakan adalah [15]:

$$\begin{aligned} Red' &= Red * 100 / 255 \\ Green' &= Green * 100 / 255 \\ Blue' &= Blue * 100 / 255 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cyan &= Red' / (Red' + Green' + Blue') * 100 \\ Magenta &= Green' / (Red' + Green' + Blue') * 100 \\ Yellow &= Blue' / (Red' + Green' + Blue') * 100 \end{aligned}$$

Pengkonversian ini dilakukan karena nilai *set point* yang dimasukkan pada sistem berupa nilai CMY. Nilai yang telah dikonversi ke dalam bentuk CMY akan dijadikan sebagai nilai *feedback* yang akan dibandingkan dengan nilai *set point*, sehingga menghasilkan nilai *error*. Nilai *error* inilah yang akan diberikan kepada mikrokontroler untuk diolah kembali sampai tidak ditemukan lagi nilai *error* pada sistem. Berikut contoh pengkonversian nilai RGB ke CMY [16]:

Set point awal :

Warna : Hijau

C = 70%

M = 30%

Y = 20%

Nilai RGB yang terbaca oleh sensor:

R = 95

G = 180

B = 123

Konversi RGB ke CMY:

$$\begin{aligned} Red' &= Red * 100 / 255 \\ &= 95 * 100 / 255 \\ &= 37,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Green' &= Green * 100 / 255 \\ &= 180 * 100 / 255 \\ &= 70,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Blue' &= Blue * 100 / 255 \\ &= 123 * 100 / 255 \\ &= 48,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, Cyan} &= Red' / (Red' + Green' + Blue') * 100 \\ &= 37,2 / (37,2 + 70,5 + 48,2) * 100 \\ &= 23,87 \\ \text{Magenta} &= Green' / (Red' + Green' + Blue') * 100 \\ &= 70,5 / (37,2 + 70,5 + 48,2) * 100 \\ &= 45,23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Yellow &= Blue' / (Red' + Green' + Blue') * 100 \\ &= 48,2 / (37,2 + 70,5 + 48,2) * 100 \\ &= 30,90 \end{aligned}$$

3.3. Pengujian Pompa Motor DC

Pada penelitian *prototipe* alat pencampur warna ini digunakan sebanyak tiga buah pompa motor DC yang masing-masing mengatur keluaran debit tinta *Cyan, Magenta, dan Yellow*. Setiap pompa motor DC memiliki karakteristik yang berbeda-beda terutama dalam hal ukuran debit yang dikeluarkan dari masing-masing pompa. Untuk itu pada pengujian ini dilakukan pengaturan nilai PWM pada setiap pompa motor DC agar keluaran volume dari setiap pompa dapat diatur sesuai *set point* yang diinginkan [17].

Nilai PWM berkisar dari rentang 0 hingga 255 [18]. Volume yang dikeluarkan masing-masing pompa saat pertama kali cairan tinta keluar memiliki nilai PWM minimum yang berbeda-beda [19]. Berikut ini data Pompa Motor DC yang dimiliki oleh tinta *Cyan* ditunjukkan oleh Tabel 2:

Tabel 2 Data Pompa motor DC Tinta *Cyan*

MOTOR CYAN				
No	Tegangan Ukur	Tegangan Perhitungan	Debit	PWM
1	1,85	1,85	0,1	120
2	2,04	2,11	0,3	130
3	2,22	2,38	0,6	140
4	2,4	2,64	1,4	150
5	2,88	2,90	3,4	160
6	2,93	3,16	4	170
7	3,47	3,42	5	180
8	3,66	3,68	5,7	190
9	3,77	3,94	6,2	200
10	4,08	4,20	6,5	210
11	4,27	4,46	7	220
12	4,46	4,72	7,8	230
13	4,76	4,99	8,4	240
14	5,26	5,25	9,5	250
15	5,37	5,37	9,7	255

Dapat dilihat bahwa pengaturan nilai PWM pada pompa motor DC untuk tinta *Cyan* adalah kelipatan 10. hal ini dilakukan agar nilai debit yang didapat bisa lebih presisi. Menurut tabel di atas, pompa motor DC untuk tinta *Cyan* memiliki nilai PWM minimum sebesar 120 dengan mengeluarkan debit 0,1 ml/detik dan memiliki nilai PWM maksimum sebesar 255 dengan mengeluarkan debit 9,7 ml/detik.

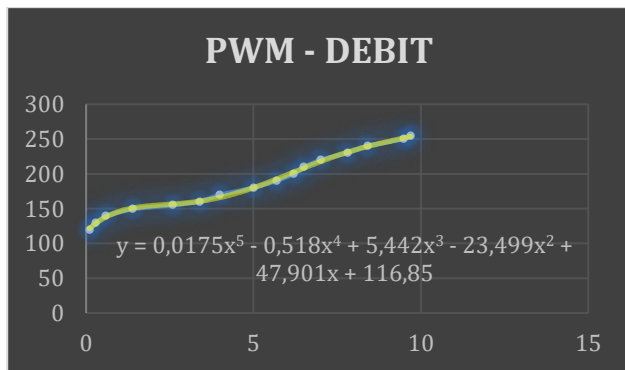
Selanjutnya, dilakukan validasi ulang dengan data yang ada dengan menguji debit yang keluar dengan memasukkan nilai PWM yang sudah didapat sebelumnya.

Hasil pengujian pemvalidasian pompa motor DC untuk tinta *Cyan* dapat dilihat tabel 3 di bawah ini

Tabel 3. Data Validasi Pengujian Pompa Motor DC *Cyan*

Set Point	PWM	HASIL	Error
7	217	6,8	0,2
2	154	2	0
6	198	6,2	0,2
3	158	3,2	0,2
5	180	5	0
6,5	208	6,4	0,1
8,3	238	8	0,3
9	246	9	0
1,2	148	1	0,2
9,4	250	9,4	0
2,4	155	2	0,4
Rata Rata Error :			0,07

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai *error* terbesar terjadi ketika memasukkan nilai debit sebesar 2 ml/detik dengan nilai PWM 155 yaitu *error* sebesar 0,4 ml/detik. Sedangkan nilai *error* terkecil terjadi ketika memasukkan nilai debit sebesar 2 ml/detik dengan nilai PWM 254 yaitu tidak terdapat *error*. Sehingga didapat kesimpulan bahwa rata-rata nilai *error* yang dimiliki pompa motor DC untuk tinta *Cyan* sebesar 0,07 ml/detik.



Gambar 3 Hubungan Antara Nilai PWM dan Debit

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara nilai PWM dengan debit yang dihasilkan. Dapat ditarik kesimpulan bahwa keluaran debit pada pompa motor DC untuk tinta *Cyan* sudah stabil karena debit yang didapat berkisar dari 0,1 ml/detik hingga 9,7 ml/detik.

Setelah pompa motor DC untuk tinta *Cyan*, pengujian yang dilakukan adalah mendata karakteristik pompa motor DC untuk tinta *Magenta*. Selain pompa motor DC tinta *Cyan*, pompa motor DC tinta *Magenta* juga memiliki karakteristik yang berbeda pula. Data pompa motor DC untuk tinta *Magenta* dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4. Data Validasi Pengujian Pompa Motor DC Tinta *Magenta*

MOTOR MAGENTA				
No	Tegangan Ukur	Tegangan Perhitungan	Debit	PWM
1	1,52	1,5145	0,0055	2,8
2	2,17	1,8515	0,3185	3,5
3	2,41	2,1885	0,2215	4
4	2,62	2,5255	0,0945	4,7
5	2,85	2,8625	0,0125	5,3
6	3,05	3,1995	0,1495	5,8
7	3,24	3,5365	0,2965	6,3
8	3,44	3,8735	0,4335	7
9	3,67	4,2105	0,5405	7,5
10	4,05	4,5475	0,4975	8,7
11	4,72	4,8845	0,1645	9,8
12	5,26	5,2215	0,0385	10,9
13	5,4	5,39	0,01	11,3

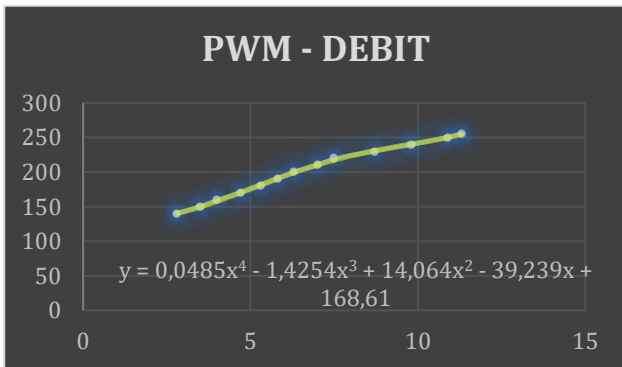
Dapat dilihat bahwa pengaturan nilai PWM pada pompa motor DC untuk tinta *Cyan* adalah kelipatan 10. Hal ini dilakukan agar nilai debit yang didapat bisa lebih presisi. Menurut tabel di atas, pompa motor DC untuk tinta *Cyan* memiliki nilai PWM minimum sebesar 140 dengan mengeluarkan debit 2,8 ml/detik dan memiliki nilai PWM maksimum sebesar 255 dengan mengeluarkan debit 11,3 ml/detik.

Selanjutnya, dilakukan validasi ulang dengan data yang ada dengan menguji debit yang keluar dengan memasukkan nilai PWM yang sudah didapat sebelumnya. Hasil pengujian pemvalidasian pompa motor DC untuk tinta *Magenta* dapat dilihat tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5. Data Validasi Pengujian Pompa Motor DC Tinta *Magenta*

Set Point	PWM	HASIL	Error
4	158	3,4	0,6
7	209	6,6	0,4
9,5	238	9,4	0,1
5	176	4,8	0,2
6,2	197	6,6	0,4
10	243	10,4	0,4
8,25	226	8,4	0,15
5,7	189	5,8	0,1
11	251	11	0
11,3	254	11,6	0,3
4	158	3,4	0,3
Rata Rata Error :			0,3

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai *error* terbesar terjadi ketika memasukkan nilai debit sebesar 4 ml/detik dengan nilai PWM 158 yaitu *error* sebesar 0,6 ml/detik. Sedangkan nilai *error* terkecil terjadi ketika memasukkan nilai debit sebesar 11 ml/detik dengan nilai PWM 251 yaitu tidak terdapat *error*. Sehingga didapat kesimpulan bahwa rata-rata nilai *error* yang dimiliki pompa motor DC untuk tinta *Cyan* sebesar 0,3 ml/detik.



Gambar 4 Hubungan Antara Nilai PWM dan Debit

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara nilai PWM dengan debit yang dihasilkan. Dapat ditarik kesimpulan bahwa keluaran debit pada pompa motor DC untuk tinta Cyan sudah stabil karena debit yang didapat berkisar dari 3,4 ml/detik hingga 11,6 ml/detik.

Setelah pompa motor DC untuk tinta Magenta, pengujian yang dilakukan adalah mendata karakteristik pompa motor DC untuk tinta Yellow. Selain pompa motor DC tinta Cyan dan Magenta, pompa motor DC tinta Yellow juga memiliki karakteristik yang berbeda pula. Data pompa motor DC untuk tinta Yellow dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini:

Tabel 6. Data Validasi Pengujian Pompa Motor DC Tinta Yellow

MOTOR YELLOW				
No	Tegangan Ukur	Tegangan Perhitungan	Debit	PWM
1	1,52	2,06	0,2	160
2	2,17	2,44	1,2	170
3	2,41	2,77	2,8	180
4	2,62	2,97	3,6	190
5	2,85	3,21	4	200
6	3,05	3,44	4,6	210
7	3,24	3,76	6,2	220
8	3,44	4,27	7,4	230
9	3,67	4,76	8,4	240
10	4,05	5,22	9,4	250
11	4,72	5,44	10,4	255

Dapat dilihat bahwa pengaturan nilai PWM pada pompa motor DC untuk tinta Yellow adalah kelipatan 10. Hal ini dilakukan agar nilai debit yang didapat bisa lebih presisi. Menurut tabel di atas, pompa motor DC untuk tinta Yellow memiliki nilai PWM minimum sebesar 160 dengan mengeluarkan debit 0,2 ml/detik dan memiliki nilai PWM maksimum sebesar 255 dengan mengeluarkan debit 10,4 ml/detik.

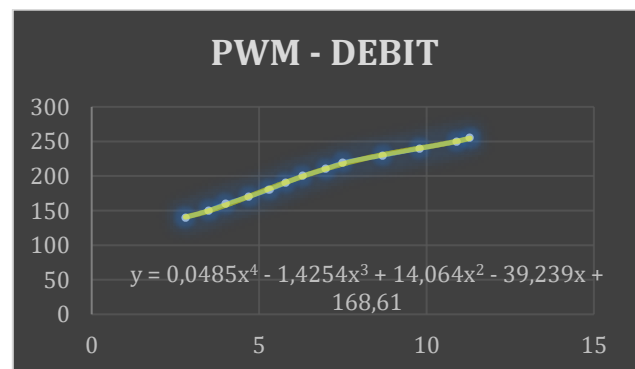
Selanjutnya, dilakukan validasi ulang dengan data yang ada dengan menguji debit yang keluar dengan memasukkan nilai PWM yang sudah didapat sebelumnya.

Hasil pengujian pemvalidasian pompa motor DC untuk tinta Yellow dapat dilihat tabel 7 di bawah ini:

Tabel 7. Data Validasi Pengujian Pompa Motor DC Tinta Magenta

Set Point	PWM	HASIL	Error
1	169	1,3	0,3
2,0	178	2,4	0,4
3,0	184	3,6	0,6
4,0	193	3,8	0,2
5,0	205	5,1	0,1
6,0	218	6	0
7,0	229	7,5	0,5
8,0	235	8,1	0,1
9,0	240	8,5	0,5
10,0	254	10	0
2,5	181	3,3	0,8
Rata Rata Error :			0,3

Tabel 7 menunjukkan bahwa nilai error terbesar terjadi ketika memasukkan nilai debit sebesar 3,3 ml/detik dengan nilai PWM 181 yaitu error sebesar 0,8 ml/detik. Sedangkan nilai error terkecil terjadi ketika memasukkan nilai debit sebesar 10 ml/detik dengan nilai PWM 254 yaitu tidak terdapat error. Sehingga didapat kesimpulan bahwa rata-rata nilai error yang dimiliki pompa motor DC untuk tinta Yellow sebesar 0,3 ml/detik.



Gambar 5. Hubungan Antara Nilai PWM dan Debit

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara nilai PWM dengan debit yang dihasilkan. Dapat ditarik kesimpulan bahwa keluaran debit pada pompa motor DC untuk tinta Yellow sudah stabil karena debit yang didapat berkisar dari 3,4 ml/detik hingga 11,6 ml/detik

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu telah berhasil dirancang prototipe alat pencampur warna yang menghasilkan 9 variasi warna yang akurat yaitu ungu, biru muda, hijau tua, merah, biru tua, biru toska, merah marun, hijau muda, dan pink, serta 1 variasi warna yang kurang akurat yaitu kuning. Pembacaan warna dengan Sensor TCS34725 memiliki tingkat akurasi yang tinggi apabila

diberikan bantuan cahaya LED putih. Pengujian nilai PWM dengan pompa motor DC tinta cyan memiliki tingkat akurasi yang paling tinggi bila dibandingkan dengan pengujian pada pompa motor DC tinta magenta dan yellow dengan nilai error 0,07 ml/detik. Berdasarkan hasil pengujian dihasilkan nilai PWM minimum yang dipakai untuk pengaturan pompa motor DC adalah 120 untuk cyan, 140 untuk magenta, 160 untuk yellow. Hasil perbandingan antara perhitungan tegangan pengukuran dengan tegangan perhitungan pada pengujian pompa motor DC pengujian memiliki error yang relatif kecil. Untuk pompa cyan, error tegangan yang dihasilkan sebesar 0,27 Volt. Untuk pompa magenta, error tegangan yang dihasilkan sebesar 0,21 Volt. Untuk pompa yellow, error tegangan yang dihasilkan sebesar 0,14 Volt.

Referensi

- [1]. Author1 A, Author2 B. Title of Manuscript. *Name of Journal or its Abbreviation*. year; Vol.(Issue): pages. --- contoh referensi dari artikel jurnal
- [2]. Hari. P, Aryanto. 2009. Prototype Pencampuran Warna Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S51. Tugas Akhir S-1, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [3]. Casadei D, Serra G, Tani K. Implementation of a Direct Control Algorithm for Induction Motors Based on Discrete Space Vector Modulation. *IEEE Transactions on Power Electronics*. 2007; 15(4): 769-777.
- [4]. Author1 A, Author2 B. Title of Manuscript. Name of Conference of Seminar. City. Year; volume: pages. --- contoh artikel dari proceeding seminar/conference
- [5]. Calero C, Piatini M, Pascual C, Serrano MA. *Towards Data Warehouse Quality Metrics*. Proceedings of the 3rd Intl. Workshop on Design and Management of Data Warehouses (DMDW). Interlaken. 2009; 39: 2-11. (in this case, city: Interlaken, year: 2009, Vol.39, page: 2-11)
- [6]. Author1 A, Author2 B. Title of Manuscript. Name of Conference or Seminar. City. year: pages.
- [7]. Yamin L, Wanming C. *Implementation of Single Precision Floating Point Square Root on FPGAs*. IEEE Symposium on FPGA for Custom Computing Machines. Napa. 2008: 226-232.
- [8]. Author1 A, Author2 B. The Title of the Book. Edition. City: Publishert. year: pages. --- contoh refefensi dari buku
- [9]. H. Kebapci, B. Yanikoglu, and G. Unal. 2011. Plant Image no.9
- [10]. Ward J, Peppard J. Strategic planning for Information Systems. Fourth Edition. West Susse: John Willey & Sons Ltd. 2007: 102-104.
- [11]. Author1 A, Author2 B. Judul Buku. City: Publisher. Year.
- [12]. Mohan N, Undeland TM, Robbins WP. Power Electronics. New York: John Wiley & Sons. 2005.
- [13]. Ward J, Peppard J. Strategic planning for Information Systems. Fourth Edition. West Susse: John Willey & Sons Ltd. 2007.
- [14]. Fraden , Jacob.2016. "Hand of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications".UK : AmazonBook Publishing. Pabla. 2004. Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Abdul Hadi. Jakarta: Erlangga. 2007.
- [15]. Author. Title of Thesis/Disertation. Thesis/Disertation. City & Name of University/Institute/College; Year.
- [16]. Rusdi M. A Novel *Fuzzy ARMA* Model for Rain Prediction in Surabaya. PhD Thesis. Surabaya: Postgraduate ITS; 2009.
- [17]. Name of Standard Body/Institution. Standard number. *Title (this should be in italics)*. Place of publication. Publisher. Year of publication.
- [18]. IEEE Standards Association. 1076.3-2009. *IEEE Standard VHDL Synthesis Packages*. New York: IEEE Press; 2009.
- [19]. James S, Whales D. *The Framework of Electronic Goverment*. U.S. Dept. of Information Technology. Report number: 63. 2005.