

# Purwarupa Light Meter Menggunakan Sensor Warna untuk Fotografi

## *Light Meter Prototype Using Color Sensor for Photography*

Alam Ega Kumara<sup>1)</sup>, Jans Hendry<sup>2)\*</sup>

<sup>1,2</sup>Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada

<sup>1,2</sup>Jl. Persatuan, Blimbing Sari, Caturtunggal, Kec. Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281, Indonesia

jans.hendry@ugm.ac.id

Diterima : 7 March 2024 || Direvisi : 30 March 2024 || Disetujui: 30 April 2024

**Abstrak** – Cahaya memiliki peran penting dalam seni fotografi yang memberikan pengaruh terhadap kualitas hasil foto. Pencahayaan pada foto dipengaruhi oleh tiga elemen *Triangle Exposure* yaitu, *aperture*, *shutter speed*, dan *ISO* yang terdapat pada pengaturan kamera. Sebuah alat bernama *Light Meter* adalah sebuah alat yang dapat mengukur pencahayaan fotografi dengan cara kerja menghitung intensitas cahaya yang diterima oleh objek foto lalu mengatur ulang elemen *Triangle Exposure* untuk mendapatkan rekomendasi pengaturan kamera yang sesuai. Dalam penelitian ini, *light meter* diimplementasikan dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dikombinasikan dengan sensor warna TCS34725 yang berfungsi untuk mendeteksi intensitas cahaya. Hasil pengujian sensor warna TCS34725 untuk mendeteksi intensitas cahaya dibandingkan dengan *lux meter* pembanding AS803 didapatkan nilai galat sebesar 0.3 di dalam ruangan dan 17.2 di luar ruangan dengan penambahan *diffuser dome*. Analisis menggunakan *third moment* pada acuan  $C = 128$  menunjukkan bahwa purwarupa *light meter* memberikan distribusi histogram lebih baik ketika diuji pada mode *shutter speed* dengan nilai 2.9827 dan 12.6156 yang mendekati 0. Namun, *light meter* memberikan nilai *third moment* cukup besar ketika sensor dikenai sumber cahaya dengan intensitas kuat yang dibuktikan dengan nilai perhitungan sebesar 96.7314, 137.4696, 18.4565 ketika berada pada mode *aperture*. Hasil ini sekaligus menyimpulkan bahwa purwarupa *light meter* ini cocok untuk keadaan *moderate* atau *low light*.

**Kata Kunci:** *light meter*, TCS34725, *diffuser dome*, sensor warna, *third moment*

**Abstract** – *Light plays an important role in the photography that it affects the quality of the photos. The lighting in the photo is influenced by the three elements of Triangle Exposure, namely aperture, shutter speed, and ISO contained in the camera settings. A tool named Light Meter is a tool that can measure photographic lighting by calculating the intensity of light received by the object of the photo to then adjust the Triangle Exposure elements to get recommendations for appropriate camera settings. In this study, the light meter was implemented using an ESP32 microcontroller combined with a TCS34725 color sensor that functions to detect light intensity. The results of the TCS34725 color sensor to detect light intensity compared to the comparison lux meter AS803 obtained an error value of 0.3 indoors and 17.2 outdoors with the addition of a dome diffuser. Analysis based on third moment with reference  $C = 128$  shows that the light meter yields better histogram distributions in shutter speed mode which are 2.9827 and 12.6156 that closes to 0. However, the light meter yields pretty big third moment when it is exposed with strong light source as it gives 96.7314, 137.4696, 18.4565 in aperture mode. These results imply that the light meter suitable for moderate or low ambient light.*

**Keywords:** *light meter*, TCS34725, *diffuser dome*, color sensor, *third moment*

## PENDAHULUAN

Dalam dunia fotografi cahaya merupakan elemen penting dalam menghasilkan sebuah foto yang lebih menarik. Pada fotografi sumber cahaya dapat berasal dari sumber alami maupun buatan (Yunianto, 2021). Pengukuran cahaya menjadi elemen penting pada dunia fotografi dalam menentukan nilai eksposur yang optimal. Eksposur merupakan faktor yang memengaruhi hasil akhir dari sebuah seni fotografi di mana semakin rendah nilai eksposur maka foto yang dihasilkan akan tampak lebih gelap, dan sebaliknya.

Sistem yang umum digunakan untuk mengukur nilai eksposur adalah *reflected light*.

Alat *reflected light meter* memiliki cara kerja dengan mengukur intensitas cahaya yang dipantulkan oleh objek foto untuk menyesuaikan pengaturan kamera. Penggunaan *reflected light meter* memiliki kelemahan pada hasil pengukuran yang dipengaruhi oleh warna serta reflektisitas yang ekstrem dari permukaan objek foto (Hildebrandt, 2022). Dengan demikian pengguna kamera (fotografer) perlu melakukan penyesuaian ulang terhadap pengaturan kamera karena hasil akhir foto yang tidak sesuai.

Penyesuaian pengaturan kamera melibatkan elemen dasar eksposur yang terdiri atas *shutter speed*, *aperture*, dan ISO yang dikenal dengan *The Triangle Exposure* (Wibowo et al., 2015). Sebuah pendekatan yang dapat digunakan mengantisipasi permasalahan alat *reflected light meter* adalah *incident light meter*.

*Incident light meter* menjadi sebuah solusi dalam memberikan panduan untuk fotografer dalam menentukan nilai dari elemen – elemen *The Triangle Exposure* yang sesuai. *Incident light meter* memiliki kelebihan karena tidak terpengaruh oleh reflektansi objek foto yang menjadi penyebab permasalahan pada *reflected light meter* (Allen & Triantaphillidou, 2012).

Perancangan purwarupa *incident light meter* telah dilakukan oleh (Gunawan et al., 2021) dengan memanfaatkan sensor cahaya TSL2561 dan sensor warna TCS34725. Akurasi yang dihasilkan sebesar 90% dibandingkan dengan *incident light meter* terstandar Sekonic L-308X. Namun purwarupa yang mereka hasilkan hanya memiliki satu mode pengaturan otomatis saja yaitu *shutter speed priority*. Selain itu, purwarupa yang dihasilkan hanya bergantung pada sensor cahaya, sedangkan sensor warna digunakan untuk menghasilkan *white balance* saja.

Berdasarkan penelitian (Gunawan et al., 2021) maka dilakukan rancang bangun purwarupa *incident light meter* namun hanya menggunakan sensor warna TCS34725. Pemilihan sensor warna TCS34725 sebagai satu – satunya sensor karena nilai *lux* dapat dikeluarkan dari sensor tersebut tanpa menggunakan sensor cahaya. Berbeda dengan penelitian (Gunawan et al., 2021), sensor warna hanya digunakan untuk perhitungan parameter *white balance* dan tidak dijelaskan lebih detail korelasi parameter tersebut dengan *output* alat. Dapat disimpulkan bahwa alat tersebut hanya bergantung pada sensor cahaya TSL2561. Perbedaan lainnya terdapat pada jumlah fitur mode yang disediakan. Pada penelitian mereka, hanya terdapat satu mode pengaturan, sedangkan *light meter* pada penelitian kami menyediakan tiga mode pengaturan otomatis yaitu mode *shutter speed*, *aperture*, dan ISO. Sebagai tambahan, alat *light meter* ini yang dilengkapi dengan IC ESP32, dan sensor warna TCS34725 diproduksi dengan harga lebih murah karena tidak menggunakan *breakout board* melainkan *dedicated circuit* yang dirancang secara mandiri. Dengan demikian akan dihasilkan sebuah *light meter* dengan harga terjangkau, cukup handal, dimensi lebih kecil, dan siap produksi.

## METODOLOGI PENELITIAN

Alat *light meter* merupakan sebuah alat yang digunakan dalam dunia fotografi untuk mengukur tingkat pencahayaan pada objek foto. Alat ini berfungsi memberikan informasi kepada fotografer dalam menentukan kombinasi pengaturan kamera yaitu *shutter speed*, *aperture*, dan ISO untuk memastikan mendapatkan tingkat eksposur yang diinginkan (Gunawan et al., 2021).

Dalam penelitian ini, purwarupa *light meter* yang dirancang memiliki fitur berupa tiga mode pengaturan otomatis sama halnya dengan pengaturan yang dimiliki oleh kamera digital yaitu mode *shutter speed*, *aperture*, dan ISO. Mode *shutter speed* berarti nilai *aperture* akan dihitung berdasarkan nilai *shutter speed* dan ISO yang diatur secara manual menggunakan *rotary encoder*. Pada mode *aperture*, nilai *shutter speed* dihitung secara otomatis berdasarkan nilai *aperture* dan ISO yang dipilih secara manual. Sedangkan pada mode ISO, nilai yang akan dihitung secara otomatis adalah EV yang akan digunakan untuk perhitungan *aperture* dan *shutter speed* yang sesuai dengan mode terpilih.

Parameter *lux* yang dihasilkan oleh sensor warna diukur pada sudut pandang tertentu (*viewing angle*) dibandingkan dengan *imaging luminance* yang lebih baik karena didukung oleh kelebihan dalam fleksibilitas dan kompleksitas. Namun, metode *imaging luminance* membutuhkan kalibrasi *hardware* dan *software* yang kompleks dibandingkan sensor warna (Škoda et al., 2023).

### *Exposure Value*

Pendekatan *Exposure Value* (EV) pertama kali diusulkan pada tahun 1950-an sebagai alternatif yang mudah untuk mengombinasikan *shutter speed* dan *aperture*. *Exposure Value* tidak dapat disamakan dengan *light value* (LV) yang hanya berupa nilai angka luminansi (Jacobson et al., 2000). Nilai EV digunakan untuk mengetahui seberapa banyak cahaya yang terkandung dalam sebuah objek foto sebagai petunjuk bagi fotografer dalam mengatur parameter kamera. Nilai EV lebih tinggi menunjukkan kondisi intensitas cahaya yang lebih baik, sedangkan nilai lebih rendah menunjukkan kondisi intensitas cahaya terbatas.

Nilai EV digunakan sebagai panduan fotografer dalam mengatur kombinasi *shutter speed* dan *aperture* untuk mendapatkan kondisi pencahayaan yang sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai pada kamera. Secara

matematis nilai EV dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$EV = \log_2 \frac{N^2}{t} \quad (1)$$

di mana N adalah *aperture* dan t adalah *shutter speed*. Nilai EV yang terukur oleh sensor masih dapat ditapis menggunakan filter digital baik FIR maupun IIR seperti Kalman filter (Aryaputra et al., 2023) atau *exponential window moving average* (Setyawan, 2022) untuk memperlambat tanggapan terhadap perubahan intensitas cahaya yang cepat. Namun, dalam penelitian ini belum diterapkan.

### Mode Ambient Shutter Speed

Waktu yang diperlukan oleh *shutter* kamera untuk membuka dan menutup dikenal dengan *shutter speed*. *Shutter speed* diukur dalam satuan detik dengan nilai yang lebih kecil mengindikasikan waktu yang lebih cepat bagi rana kamera untuk membuka dan menutup, sementara nilai lebih besar menunjukkan waktu lebih lama pada proses tersebut. *Shutter speed* merupakan parameter yang dapat memengaruhi jumlah cahaya yang diambil oleh kamera (Daboczi, 2016) dan (Simon et al., 2022).

Mode *shutter speed* di dalam alat yang dikembangkan merupakan mode di mana nilai *shutter speed* dapat diatur secara manual oleh pengguna. Lalu, nilai *aperture* akan dihitung secara otomatis menggunakan persamaan (2) berdasarkan nilai *shutter speed* dan ISO yang telah dipilih.

$$N = \sqrt{t \times 2^{EV_{ISO}}} \quad (2)$$

dengan N adalah *aperture*, t adalah *shutter speed*, dan  $EV_{ISO}$  adalah nilai EV yang tergantung pada nilai ISO.

### Mode Ambient Aperture

Nilai *aperture* atau biasa dikenal dengan diafragma merupakan lubang bukaan yang terletak di dalam lensa yang terbentuk dari enam bilah logam yang saling tumpang tindih (Peterson, 2004). Nilai ini dapat diubah untuk mengatur seberapa besar lubang bukaan untuk mengatur jumlah cahaya yang masuk ke dalam kamera. Nilai *aperture* umumnya dinyatakan dengan “f” dengan penyebutan nilai yang digunakan disebut sebagai *f-number lensa*. Semakin kecil nilai *aperture*

mengindikasikan lubang bukaan lebih besar, begitupun sebaliknya (Allen & Triantaphillidou, 2012).

Di dalam alat yang dikembangkan, nilai *shutter speed* akan dihitung secara otomatis ketika nilai *aperture* dan ISO telah dipilih. Perhitungan *shutter speed* diekspresikan oleh persamaan (3).

$$t = \frac{N^2}{2^{EV_{ISO}}} \quad (3)$$

di mana t adalah *shutter speed*, N adalah nilai *shutter speed*, dan  $EV_{ISO}$  adalah nilai EV setelah perubahan ISO.

### Mode Pengaturan ISO

Di dalam mode ini nilai ISO diatur secara manual akan memengaruhi nilai  $EV_{ISO}$  yang digunakan untuk perhitungan mode pengaturan lainnya. Secara *default* nilai ISO ditetapkan sebesar 100. Pengaturan ulang nilai ISO menyebabkan nilai EV berubah mengikuti perhitungan pada persamaan (4).

$$EV_{ISO} = EV + \log_2 \frac{ISO}{\alpha} \quad (4)$$

dengan  $EV_{ISO}$  adalah nilai EV setelah nilai ISO diubah, ISO adalah nilai ISO terbaru. Nilai konstanta  $\alpha$  adalah 100 yang merupakan nilai standar atau *default* ISO.

### Sensor Warna TCS34725

Sensor warna TCS34725 adalah salah satu jenis sensor warna digital yang relatif murah dan memiliki fungsi untuk penginderaan warna maupun mengukur intensitas cahaya (Utami et al., 2020). Sensor TCS34725 dikembangkan oleh Adafruit dengan menerapkan teknologi *photodiode* yang dilengkapi dengan filter pemblokir IR (*Infrared Blocking*) sehingga memungkinkan sensor melakukan *ambient light sensing* (ALS). Sensor TCS34725 menggunakan protokol *Inter-Integrated Circuit* (I<sup>2</sup>C) sebagai metode komunikasi dengan mikrokontroler (Kristian et al., 2023).

### Diffuser Dome

Sebuah material berbahan plastik bernama *Diffuser dome* ditempatkan menutupi area sensor TCS34725. Material ini merupakan komponen berbentuk kubah sebagai pelindung sensor. Komponen ini memiliki fungsi untuk meredam dan atau menyebarkan intensitas

cahaya sebelum diterima oleh sensor. Penggunaan *diffuser dome* membantu menghindari kondisi cahaya yang terlalu kuat dan tidak merata yang dapat memengaruhi hasil pengukuran sensor. Analisis dampak penggunaan *diffuser dome* dilakukan atas nilai galat hasil pembacaan sensor TCS34725 dengan *flux meter* AS803 yang diekspresikan oleh persamaan (5).

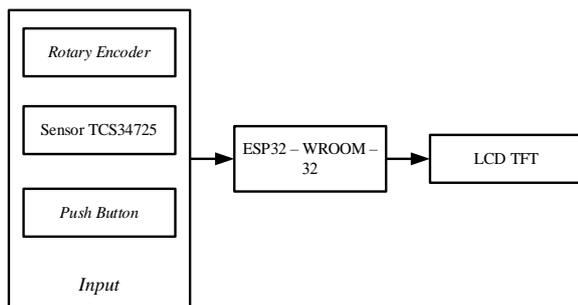
$$\varepsilon = \frac{1}{K} \sum |TCS34725 - AS803| \quad (5)$$

dengan  $\varepsilon$  adalah galat rata - rata dan K adalah jumlah percobaan.

### Desain Sistem

Pada purwarupa *incident light meter* yang dirancang menggunakan sensor warna TCS34725 dan mikrokontroler ESP32. Data intensitas cahaya yang didapatkan oleh sensor akan diolah untuk menghasilkan rekomendasi nilai kombinasi *The Triangle Exposure* yang terdiri atas *shutter speed*, *aperture*, dan ISO.

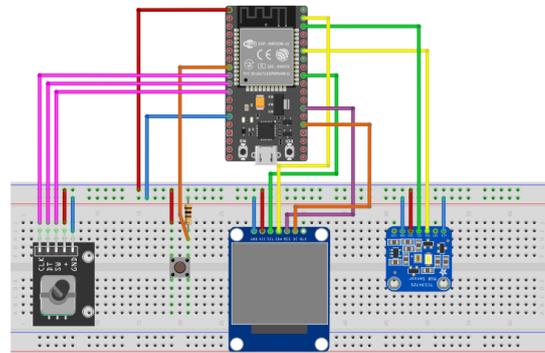
Dalam melakukan perancangan sistem secara menyeluruh berdasarkan blok diagram sistem yang menunjukkan bagian input, mikrokontroler, dan *output* yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Blok Diagram Sistem

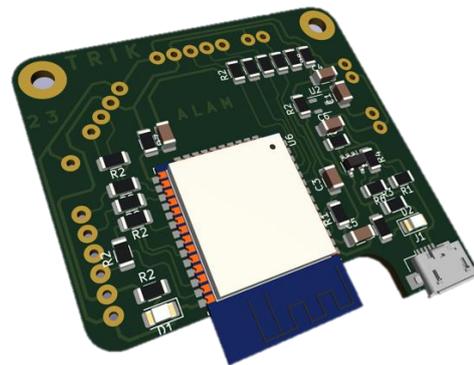
### Desain Sirkuit

Perancangan sirkuit yang dibuat berdasarkan skema pada Gambar 2 dan 3 dengan komponen utama yang digunakan adalah mikrokontroler ESP32, sensor warna TCS34725, *rotary encoder*, LCD TFT ST7789, dan *push button*.



Gambar 2 Skema Incident Light Meter

Desain papan sirkuit atau PCB dirancang dengan ukuran 5x5 cm yang dilengkapi dengan regulator tegangan serta manajemen pengisian daya (*battery management system*) pada baterai sehingga alat yang dioperasikan dengan sumber daya listrik mandiri ini dapat diisi ulang.



Gambar 3 Rancangan PCB dalam 3D

### Desain Packaging

*Packaging* memiliki peran dalam melindungi papan sirkuit. Proses perancangan dilakukan dengan menggunakan *Solidworks* dengan menampilkan beberapa komponen yaitu, penampil LCD, *push button*, *diffuser dome*, dan *rotary encoder*. Hasil rancangan *packaging* ditampilkan dalam bentuk tiga dimensi pada Gambar 4. Penempatan tombol – tombol dan *rotary encoder* telah dipilih sedemikian rupa untuk memudahkan penggunaan alat. Bentuk *packaging* pun dirancang menyesuaikan dengan genggam tangan kanan yang mendukung kemudahan dalam penggunaan.

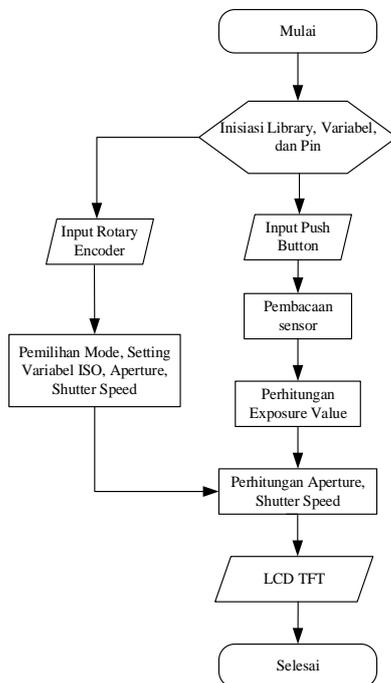


Gambar 4 Desain Packaging 3D

**Perancangan Program**

Alat dirancang bertujuan untuk membantu pengguna dalam menentukan pengaturan kamera terkait ISO, aperture, dan shutter speed pada kamera berdasarkan perhitungan intensitas cahaya yang diterima oleh objek foto. Alat bekerja dengan melakukan pemilihan mode yang dapat diakses dengan menggunakan fungsi tombol pada rotary encoder. Setelah mode dipilih, rotary encoder memberikan fasilitas pengguna untuk melakukan penyesuaian variabel-variabel pengukuran guna mendapatkan rekomendasi nilai pengaturan kamera. Hasil rekomendasi berupa pengaturan ISO, aperture, dan shutter speed ditampilkan pada layar LCD.

Alat ini juga mampu memberikan emphasize berupa perubahan warna font pada mode yang sedang dipilih sehingga pengguna mengetahui nilai variabel yang sedang diatur manual dan nilai apa saja yang akan berubah setelah pengaturan dilakukan.



Gambar 5 Diagram Alir Sistem

Diagram alir pada Gambar menunjukkan sistem berfungsi untuk melakukan perhitungan exposure value (EV) berdasarkan pembacaan sensor yang diperoleh setelah menekan input push button. Hasil perhitungan nilai EV kemudian digunakan sebagai dasar perhitungan nilai shutter speed dan aperture berdasarkan mode yang dipilih.

Pada mode shutter speed digunakan untuk menentukan nilai aperture yang sesuai dengan nilai shutter speed yang telah ditentukan secara manual dengan melibatkan nilai EV setelah adanya penyesuaian nilai ISO. Sama halnya pada mode aperture, dimana pada mode ini digunakan untuk menentukan nilai shutter speed sesuai dengan nilai aperture dengan melibatkan nilai EV.

**Evaluasi Exposure Berbasis Histogram**

Histogram citra merupakan tingkat occurrence setiap aras keabuan di dalam citra. Histogram dapat digunakan sebagai barometer kualitas kontras dan kecerahan citra dalam kawasan waktu. Citra dengan nilai histogram yang seragam (uniform) memiliki penyebaran intensitas piksel yang baik. Namun, citra dengan histogram yang unimodal membutuhkan bentuk penilaian yang berbeda. Di dalam penelitian (Chen & Li, 2017), ditawarkan sebuah metode yang disebut dengan third central moment untuk mengukur kecenderungan skewness histogram terhadap nilai rata-rata. Distribusi aras keabuan yang simetri di sekitar nilai keabuan acuan (nilai tengah) dapat digunakan sebagai penentu exposure yang baik. Metode ini dirumuskan dengan persamaan (6).

$$\mu = \sum_{k=0}^{255} (z_k - C)^3 p(z_k) \tag{6}$$

dengan  $\mu$  adalah third moment di sekitar nilai acuan C,  $z_k$  adalah nilai aras keabuan, dan  $p(z_k)$  adalah histogram citra. Histogram citra dalam penelitian ini dirumuskan dengan persamaan (7).

$$p(z_k) = \frac{q(z_k)}{M \times N}, k = 0, 1, \dots, 255 \tag{7}$$

dengan  $q(z_k)$  merupakan jumlah total frekuensi keabuan piksel, M dan N adalah resolusi citra. Berdasarkan metode tersebut, jika nilai  $\mu$  mendekati 0, maka citra dengan histogram unimodal merupakan citra dengan exposure yang baik. Demikian juga

dengan citra yang memiliki histogram dengan sebaran hampir seragam maka citra memiliki *exposure* yang baik. Dengan menggunakan metode ini, nilai *third moment* yang mendekati 0 adalah hasil pengaturan yang terbaik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengujian Sensor**

Hasil pengujian pembacaan intensitas cahaya dengan sensor TCS34725 dilakukan dengan membandingkan data pembacaan sensor dengan nilai pembacaan Lux Meter AS803 yang bertujuan untuk mengetahui kinerja sensor dalam mengukur intensitas cahaya. Percobaan dilakukan sebanyak sepuluh kali untuk setiap jenis pengujian yaitu menggunakan *diffuser dome* dan tanpa *diffuser dome* di dalam ruangan (*indoor*) dan di luar ruangan (*outdoor*).

Pada Tabel 1, pengujian dilakukan di dalam ruangan tanpa *diffuser dome*. Hasilnya menunjukkan galat rata-ratanya sebesar 66.5. Sedangkan untuk pengujian di luar ruangan menunjukkan galat rata-rata sebesar 2558.1 seperti pada Tabel 2.

**Tabel 1** Hasil pengujian TCS34725 tanpa *diffuser dome* di dalam ruangan

TCS34725	AS803	TCS34725 – AS803
152	87	65
153	87	66
153	87	66
153	87	66
154	87	67
154	87	67
154	87	67
154	87	67
154	87	67
154	87	67

**Tabel 2** Hasil pengujian TCS34725 tanpa *diffuser dome* di luar ruangan

TCS34725	AS803	TCS34725 – AS803
4154	1666	2488
4150	1666	2484
4218	1666	2552
4253	1666	2587
4267	1666	2601
4311	1666	2645
4271	1666	2605
4197	1666	2531
4181	1666	2515
4239	1666	2573

Pada pengujian dengan menggunakan *diffuser dome* rata-rata galat turun secara ekstrem menjadi 0.3 dan 17.2 yang diperlihatkan oleh Tabel 3 dan 4. Hasil tersebut menunjukkan adanya kontribusi signifikan penggunaan *diffuser dome* dalam meningkatkan akurasi pembacaan sensor.

**Tabel 3** Hasil Pengujian TCS34725 dengan *Diffuser Dome* di Dalam Ruangan

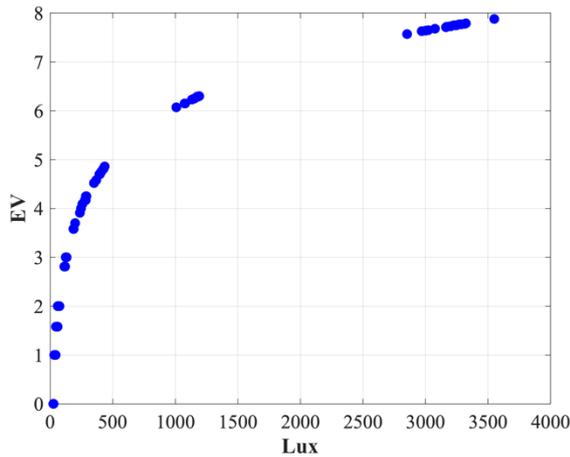
TCS34725	AS803	TCS34725 – AS803
84	84	0
84	84	0
84	84	0
84	84	0
84	84	0
82	84	2
83	84	1
84	84	0
84	84	0
84	84	0

**Tabel 4** Hasil pengujian TCS34725 dengan *diffuser dome* di luar ruangan

TCS34725	AS803	TCS34725 – AS803
1668	1666	2
1697	1666	31
1698	1666	32
1691	1666	25
1701	1666	35
1644	1666	22
1673	1666	7
1673	1666	7
1667	1666	1
1676	1666	10

**Pengujian Exposure Value**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara nilai lux yang dibaca sensor Lux Meter AS803 dengan nilai EV. Pada Gambar 6 terdapat grafik *scatter* yang menggambarkan hubungan antara *lux* dan EV. Kurva yang terbentuk menyerupai fungsi eksponensial di mana perubahan *lux* menyebabkan perubahan signifikan ketika berada di antara 200 – 3000. Dapat disimpulkan bahwa sensor warna ini cukup sensitif dengan perubahan intensitas dari sumber cahaya, sehingga sensor warna TCS34725 dapat dipergunakan untuk purwarupa *light meter*.



Gambar 6 Hubungan lux terhadap EV

**Mode Ambient Shutter Speed**

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil mode *shutter speed* dengan tabel *exposure value* (Sullivan, 2017) dengan penyesuaian manual terhadap parameter *shutter speed* dan ISO untuk mendapatkan nilai *aperture*. Pada pengujian ditetapkan nilai ISO-100 dan nilai EV yang bervariasi berdasarkan pengukuran intensitas cahaya.

Tabel 5 Perbandingan mode *shutter speed* (*shutter speed* 1/2)

	EV	Aperture
Light Meter	2	1.4
	4	2.8
	5	4
Tabel	2	1.4
Exposure	4	2.8
Value	5	4

Pada Tabel 5 terdapat hasil EV dan *aperture* pada mode *shutter speed* dengan fokus nilai *shutter speed* 1/2 detik. Terdapat tiga tingkat EV yang diuji yaitu 2, 4, dan 5 di mana menghasilkan *output aperture* bervariasi. Tingkat EV 2 menghasilkan nilai *f*/1.4, kemudian pada tingkat EV 4 dan EV 5 memberikan rekomendasi nilai *f*/2.5 dan *f*/4.5 di mana hasil tersebut menunjukkan kesesuaian terhadap nilai yang ada pada tabel *exposure value*.

**Mode Ambient Aperture**

Sama halnya dengan mode *shutter speed*, pengujian dilakukan dengan melakukan perbandingan hasil mode *aperture* dengan tabel *exposure value* dengan penyesuaian manual terhadap parameter *aperture* dan ISO untuk mendapatkan nilai *shutter speed*. Pada

pengujian ditetapkan nilai ISO-100 dan nilai EV yang bervariasi berdasarkan pengukuran intensitas cahaya.

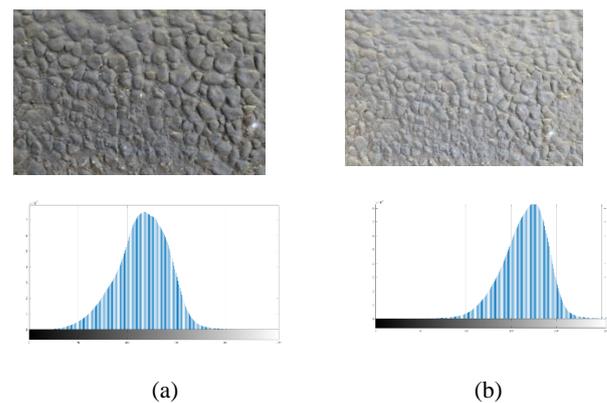
Pada Tabel 6 ditampilkan hasil mode *aperture* dengan fokus nilai *aperture f*/8. Terdapat tiga tingkat EV yang diuji yaitu 2, 3, dan 5 yang menghasilkan *output shutter speed* bervariasi. Pada tingkat EV 2, *shutter speed* yang direkomendasikan adalah 15 detik, selanjutnya pada tingkat EV 3 dan EV 5 direkomendasikan nilai *shutter speed* 8 detik dan 2 detik yang menunjukkan hasil tersebut memiliki kesesuaian terhadap tabel *exposure value*.

Tabel 6 Perbandingan mode *aperture* (*aperture f*/8)

	EV	Aperture
Light Meter	2	15
	3	8
	5	2
Tabel	2	15
Exposure	3	8
Value	5	2

**Implementasi Pengaturan Kamera**

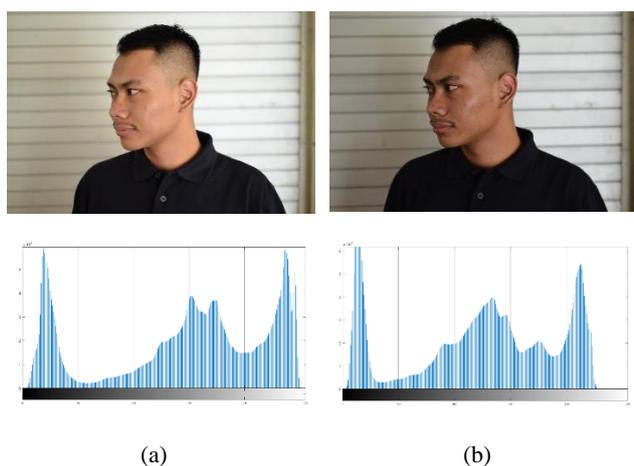
Pengujian dilakukan dengan mengimplementasikan nilai yang direkomendasikan oleh alat pada pengaturan kamera. Pengaturan mencakup penyesuaian parameter *shutter speed*, *aperture*, dan ISO pada kamera D5100. Hasil foto dibandingkan berdasarkan nilai parameter yang direkomendasikan alat dengan hasil foto melalui pengaturan otomatis kamera. Hasil foto pertama merupakan objek dinding dengan detail bebatuan yang berwarna gelap. Pengaturan menggunakan mode *shutter speed* dengan menetapkan nilai *shutter speed* 1/8 detik dan ISO-400. Pengukuran didapatkan nilai EV 8.99 sehingga alat merekomendasikan nilai *aperture f*/5 sedangkan pada pengaturan otomatis kamera mendapatkan nilai *aperture f*/4.



Gambar 7 Hasil objek gelap dengan pengaturan kamera (a) berdasarkan alat yang dibuat (b) pengaturan otomatis kamera

Dilihat pada histogram yang dihasilkan oleh foto Gambar 7(a) distribusi piksel yang lebih terkonsentrasi pada nilai tengah *greyscale* sehingga warna serta detail dari foto dapat terjaga. Pada Gambar 7(b), histogram foto menunjukkan adanya konsentrasi piksel yang bergeser ke kanan yang mengindikasikan pergeseran warna gelap menjadi lebih terang atau putih sehingga akan menghasilkan foto dengan warna keputih-putihan.

Hasil foto kedua merupakan pemotretan objek manusia dengan kondisi pencahayaan rendah. Pengaturan menggunakan mode *shutter speed* dengan menetapkan nilai *shutter speed* 1/20 detik dan ISO-1250. Pengukuran didapatkan nilai EV 3 sehingga alat merekomendasikan nilai *aperture f/2* sedangkan pada otomatis kamera mendapatkan nilai *aperture f/3.2*.



**Gambar 8** Hasil objek manusia dengan pengaturan kamera (a) berdasarkan alat yang dibuat (b) pengaturan otomatis kamera

Dilihat pada histogram yang dihasilkan oleh foto Gambar 8(a) distribusi piksel membentuk 2 puncak di nilai *greyscale*  $\leq 50$  dan nilai  $\geq 200$  yang menunjukkan adanya kontras pada foto dan konsentrasi piksel lebih besar di sisi terang sehingga arah datang cahaya lebih terang sementara sisi bayangan menjadi lebih gelap. Pada Gambar 8(b), histogram foto menunjukkan adanya kemiripan dengan histogram Gambar 8(a) namun terdapat pergeseran konsentrasi piksel ke arah lebih gelap yang menyebabkan foto secara keseluruhan menjadi gelap.

Pada hasil pengujian implementasi nilai pengaturan yang diberikan alat menggunakan mode *aperture* dilakukan dengan memvariasikan posisi pengukuran intensitas cahaya berdasarkan arah datang cahaya. Pada pengujian ditetapkan nilai *aperture* adalah *f/4* dan ISO-400 untuk kemudian mendapatkan nilai *shutter speed*

yang sesuai. Hasil dari pengujian ditunjukkan pada Tabel 7.

Dari hasil pengujian saat intensitas cahaya diukur berasal dari sisi depan objek maka didapatkan nilai EV 6 sehingga alat merekomendasikan nilai *shutter speed* 1/20 detik. Pada pengukuran dari sisi kanan objek terukur nilai EV 5.39 sehingga alat merekomendasikan nilai *shutter speed* 1/10, sedangkan pada pengujian dari sisi kiri objek menghasilkan nilai EV 7.99 dan alat merekomendasikan nilai *shutter speed* 1/80. Perbedaan nilai *shutter speed* memengaruhi foto yang dihasilkan, dimana pada nilai *shutter speed* yang rendah menghasilkan foto dengan piksel yang terkonsentrasi di bagian terang histogram sehingga menghasilkan foto dengan warna cenderung lebih putih (*overexposed*).

**Tabel 7** Hasil pengujian posisi pengukuran *mode aperture*

Arah Cahaya	Hasil Foto	Histogram
Depan Objek		
Kanan Objek		
Kiri Objek		

Dengan menggunakan Matlab kinerja dari pengaturan kamera menggunakan purwarupa *light meter* dianalisis berdasarkan nilai *third moment* pada nilai acuan C. Nilai *third moment* pada nilai acuan C dimana nilai C yang dipilih adalah nilai tengah aras keabuan,  $C = 128$ , ditampilkan pada Tabel 8. Bentuk histogram dari Gambar 8a dan 8b merupakan bentuk *unimodal* atau *Bell curve*. Dengan menggunakan persamaan (6), nilai *third moment* citra Gambar 8a dan citra Gambar 9a mendekati 0 yaitu 2.9827 dan 12.6156, yang menandakan bahwa citra tersebut memiliki distribusi histogram lebih baik dibandingkan citra hasil pengaturan otomatis kamera yaitu citra Gambar 8b dan citra Gambar 9b.

**Tabel 8** Nilai Perbandingan *Third Moment* untuk  $C = 128$  Mode *Shutter Speed*

Citra	<i>Third Moment</i>
Gambar 8a	<b>2.9827</b>
Gambar 8b	15.5608
Gambar 9a	<b>12.6156</b>
Gambar 9b	-14.9515

Selain itu, nilai *third moment* juga dihitung untuk citra hasil pengaturan *aperture* pada Tabel 7 tanpa perbandingan dengan otomatis kamera. Hasil dari perhitungan ditampilkan pada Tabel 9. Nilai *third moment* sangat besar pada citra “Depan Objek” dan “Kanan Objek” karena sensor dikenai dengan sumber cahaya yang kuat dari *outdoor* sehingga nilainya menjauhi 0 yakni 96.7314 dan 137.4696. Sedangkan sensor yang ditempatkan di sisi kiri objek yaitu citra “Kiri Objek” yang menutupi sumber cahaya *outdoor* relatif lebih kecil yaitu 18.4565 meskipun masih menjauhi 0. Hasil pada Tabel 9 ini menyimpulkan bahwa purwarupa *light meter* dapat bekerja dengan baik pada *moderate* atau *low ambient light* dan sebaliknya.

**Tabel 9** Nilai *Third Moment* untuk  $C = 128$  pada Mode *Aperture*

Citra	<i>Third Moment</i>
Depan Objek	96.7314
Kanan Objek	137.4696
Kiri Objek	18.4565

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa purwarupa merupakan alat *incident light meter*. Alat yang telah dibuat ini dapat meningkatkan kualitas pembacaan sensor menggunakan *diffuser dome* berbahan plastik sehingga galat rata-ratanya turun sangat signifikan dari 66.5 ke 0.3 untuk pengujian dalam ruang dan dari 2558.1 ke 17.2 untuk pengujian luar ruang. Berdasarkan analisis *third moment* pada nilai acuan  $C = 128$ , saat mode *shutter speed*, *light meter* ini memberikan distribusi histogram yang baik dengan nilai *moment* sebesar 2.9827 dan 12.6156. Namun, ketika diuji pada sumber cahaya berintensitas kuat pada mode *aperture*, nilai *moment* cukup besar yaitu 96.7314, 137.4696, dan 18.4565. Posisi sensor pada *moment* 18.4565 yang membelakangi sumber cahaya menunjukkan bahwa sensor sangat sensitif, sehingga

kesimpulannya purwarupa *light meter* ini tepat digunakan untuk *moderate* atau *low ambient light*.

Pada pengembangan selanjutnya perlu diterapkan metode pengolahan di dalam mikrokontroler agar secara adaptif mendeteksi kecerahan pencahayaan sehingga dapat merelasikan nilai *aperture*, *shutter speed*, dan ISO dengan tinggi atau rendahnya pencahayaan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Rasa syukur dan terima kasih diucapkan kepada Laboratorium Instrumentasi dan Kontrol, Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada yang telah menjadi tempat penelitian ini dilaksanakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allen, E. & Triantaphillidou, S. (2012). *The Manual of Photography*. Taylor & Francis. <https://books.google.co.id/books?id=Sje8D392ufYC>.
- Aryaputra, N. R., Hendry, J., Isnianto, H. N., and Mukti, A. N. B. (2023). Development of STM8 and Kalman Filter Based Heater Controller for Tissue Processor Machine. *Electronics, Power, Communication, Control, and Instrumentation Symposium. To be published*.
- Babiuch, M., Foltynek, P., & Smutny, P. (2019). Using the ESP32 Microcontroller for Data Processing. *2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CarpathianCC.2019.8765944>
- Bipasha Biswas, S., & Tariq Iqbal, M. (2018). Solar Water Pumping System Control Using a Low Cost ESP32 Microcontroller. *2018 IEEE Canadian Conference on Electrical & Computer Engineering (CCECE)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/CCECE.2018.8447749>
- Chen, W. & Li, X. (2017). Exposure Evaluation Method Based on Histogram Statistics. *2<sup>nd</sup> International Conference on Electrical, Automation and Mechanical Engineering (EAME)*. <https://doi.org/10.2991/eame-17.2017.68>
- Daboczi, T. (2016). Analysis of the distortion of marker-based optical position measurement as a function of exposure time. *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 65, no. 9, pp. 2023–2034. <https://doi.org/10.1109/TIM.2016.2566818>.
- Espressif Systems. (2023). *ESP32-WROOM-32 Datasheet*.
- Gunawan, C., Fauziah, F., & Hayati, N. (2021). Prototipe Light Meter Fotografi Studio Menggunakan Mikrokontroler ATmega328 Berbasis Sensor Cahaya dan Warna. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 5(3), 769. <https://doi.org/10.30865/mib.v5i3.3043>
- Hildebrandt, D. (2022). *The Difference Between Reflective and Incident Metering and How They Work*. <https://www.Digitalphotomentor.Com/the-Difference-between-Reflective-and-Incident-Metering-and-How-They-Work/>.

- Jacobson, R., Ray, S., Attridge, G. G., & Axford, N. (2000). *Manual of Photography*. Taylor & Francis. <https://books.google.co.id/books?id=3VEdAAAAQBAJ>
- Kristian, Y., Sampurna, M. T. A., Susanto, E. K., Visuddho, V., & Liem, K. D. (2023). An Affordable phototherapy intensity meter using machine learning to improve the quality of care system for Hyperbilirubinemia in Indonesia. *PLOS ONE*, *18*(5), e0285128. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285128>
- Peterson, B. (2004). *Understanding exposure*. Amphoto Books.
- Setyawan, I. B., Huda, A. K., Nashrullah, F. H., Kurniawan, I. D., Frans, S. I., and Hendry, J. (2022). Noise Removal in The IMU Sensor Using Exponential Moving Average with Parameter Selection in Remotely Operated Vehicle (ROV). *Electronics, Power, Communication, Control, and Instrumentation Symposium*. <https://doi.org/10.1109/ICST56971.2022.10136259>.
- Simon, G., Rátosi, M., and Vakulya, G. (2022). Automatic Measurement of Digital Cameras' Exposure Time Using Equivalent Sampling. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 71. <https://doi.org/10.1109/TIM.2022.3186372>
- Škoda, J., Novák, F., Baxant, P., and Motyčka, M. (2023). The Measurement Uncertainty of The Imaging Luminance Measurement Devices. *Proc by Commission Internationale de L'Eclairage*. <https://doi.org/10.25039/x50.2023.PO124>.
- Sullivan, D. (2017). *EV-LV-ISO Relationships* [slides]. Retrieved from <https://www.ejcfotografia.com/wp-content/uploads/2017/12/Tabla-de-valores-de-exposición.pdf>.
- Utami, M. D., Zahra, A. A., & Sujadi. (2020). Perancangan dan Analisa Kinerja Sistem Akuisisi Data Sensor TCS34725 dan Pengendalian Pompa Motor DC Pada Alat Pencampur Warna. *Transient*, *9*(3), 360–367.
- Wibowo, A., Prasetya, H. Y., & Pratama, A. A. (2015). Analisis Korelasi Warna Terhadap Aperture, ISO dan Shutter Speed (Exposure Triangle) Kamera Digital Single Lens Reflex. *Jurnal Integrasi*, *7*(2), 130–135.
- Yunianto, I. (2021). *Teknik Fotografi: Belajar Dari Basic Hingga Professional* (J. T. Santoso & M. C. Wibowo, Eds.). Yayasan Prima Agus Teknik.