

PROTOTYPE PENDETEKSI JARAK MENGGUNAKAN KAMERA SMARTPHONE DAN LASER

(PROTOTYPE DISTANCE DETECTION USING A SMARTPHONE CAMERA AND LASER WITH HSV COLOR MODEL)

Muhammad Syahril Sabirin¹, Rita Magdalena², Eko Susatio³

¹²³Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹deptoy@student.telkomuniversity.ac.id, ²ritamagdalenat@telkomuniversity.ac.id, ³maharusdi@gmail.com

Abstrak

Proses pengukuran jarak merupakan hal yang cukup mudah dilakukan dalam era digital seperti saat ini, namun beberapa kondisi terkadang menghambat prosesnya. Beberapa penghambatnya adalah kondisi gelap dan objek ukur yang sulit dijangkau. Untuk menjawab permasalahan tersebut, pada Penelitian Tugas Akhir ini akan dibuat prototipe pendeteksi jarak dengan memanfaatkan model warna HSV dan LASER yang dikonfigurasi dengan kamera smartphone.

Dalam penelitian ini digunakan rumus regresi linier untuk menghasilkan formula yang akan digunakan pada aplikasi. Selain itu, dibuat juga sebuah algoritma mendeteksi jarak yang disorot oleh pancaran cahaya LASER. Algoritma tersebut dituangkan ke dalam aplikasi Android yang berbasis GUI.

Keluaran dari aplikasi ini berupa teks yang menampilkan hasil deteksi jarak dari pengambilan gambar yang diolah pada aplikasi Android. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu prototipe ini hanya dapat menjangkau jarak yang pendek, yaitu berkisar 51 sampai 296 cm untuk objek berwarna terang, sementara pada objek berwarna gelap berkisar 39 sampai 164 cm. Aplikasi memiliki akurasi yang kurang baik sebagai alat ukur, karena memiliki RMSE sebesar 10,86 cm untuk benda gelap sedangkan untuk benda terang sebesar 28,50 cm.

Kata Kunci: deteksi jarak, RMSE, HSV, android, GUI, LASER, smartphone.

Abstract

The distance measurement process is quite easy to do in the digital era like today, but some conditions sometimes hinder the process. Some obstacles are dark conditions and measuring objects that are difficult to reach. To answer this problem, in this Final Project a prototype of distance detection will be made using the HSV and LASER color models that are configured with a smartphone camera.

In this research, linear regression formula is used to produce a formula that will be used in the application. In addition, an algorithm was also made to detect the distance highlighted by the LASER light beam. The algorithm is poured into a GUI-based Android application.

The output of this application in the form of text that displays the results of distance detection from image capture that is processed on the Android application. The results obtained from this study are that this prototype can only reach a short distance, which ranges from 51 to 296 cm for light-colored objects, while in dark-colored objects ranging from 39 to 164 cm. The application has poor accuracy as a measurement tool, because having RMSE is 10,86 cm for dark objects while for bright objects is 28,50 cm.

1. Pendahuluan

Pengukuran merupakan proses membandingkan suatu besaran menggunakan alat ukur yang digunakan sebagai satuan. Dalam pengerjaannya, terkadang kita dihadapkan pada berbagai hambatan sehingga mempersulit proses pengukuran. Salah satu contohnya yaitu melakukan pengukuran dalam kondisi gelap. Hal ini tentu sulit dilakukan jika dikerjakan seorang diri. Sementara itu perkembangan teknologi, khususnya dalam bidang *Computer Vision* meningkat sangat pesat, sehingga dapat dijadikan solusi untuk memudahkan pekerjaan manusia yang berhubungan dengan vision. Maka dari itu, penulis terinspirasi untuk membuat sebuah purwarupa pendeteksi jarak menggunakan *smartphone* serta *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (LASER) sebagai pendukungnya.

Meninjau dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rama Okta Wiyagi dan Muhamad Yusvin Mustar mengenai pendeteksian jarak sebuah objek bercahaya menggunakan kamera tunggal secara *real time* [1]. Selain itu Penelitian oleh Frida Fallo, Kusworo Adi dan Suryono dengan judul Perancangan Model Pengukuran Jarak Menggunakan *Computer-Aided* Pada Kontrol Kualitas Ultrasonografi [2]. Penelitian ini menyajikan model teknik pendeteksian jarak sebuah objek yang disoroti oleh cahaya LASER yang telah terkonfigurasi dengan kamera *smartphone*.

Sebagai pengembangan dari hasil penelitian sebelumnya, pada penelitian Tugas Akhir ini penulis akan membuat prototipe pendeteksi jarak menggunakan kamera *smartphone* dan LASER serta memanfaatkan model ruang warna *Hue, Saturation, Value* (HSV). Untuk memudahkan *user* dalam mengoperasikan prototipe ini, maka penulis membuat antarmuka berbasis *Graphic User Interface* (GUI) pada Aplikasi Android, dimana hasil pengukuran ditampilkan secara *real time*.

2. Dasar Teori

2.1 Computer Vision

Computer vision merupakan ilmu yang mempelajari bagaimana komputer dapat mengenali objek dua atau tiga dimensi layaknya mata manusia. Contoh dari implementasi ilmu tersebut seperti pengolahan citra (*image processing*) dan pengenalan pola (*pattern recognition*).

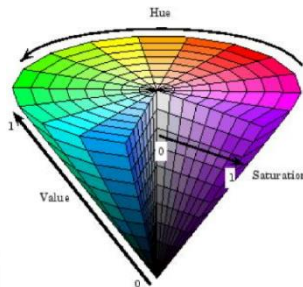
Pengolahan citra lebih tertuju pada proses transformasi citra, artinya melakukan proses perubahan suatu citra dengan tujuan meningkatkan kualitasnya. Sedangkan pengenalan pola lebih tertuju pada identifikasi citra dengan tujuan mengelola atau mengambil informasi dari suatu citra.

2.2 OpenCV (*Open Source Computer Vision*)

OpenCV merupakan pustaka pemrograman yang sangat familiar dengan pengolahan citra *computer vision*. OpenCV memiliki lebih dari 47 ribu pengguna dan diperkirakan jumlah unduhan melebihi 14 juta. OpenCV bersifat *open source* dan multiplatform yang dapat berjalan di berbagai sistem operasi seperti Windows, Android, iOS, dll. OpenCV dibuat untuk aplikasi real time yang berfungsi mengakuisisi data berupa gambar atau video. OpenCV sering digunakan untuk mempermudah dalam mengimplementasikan proyek *computer vision* seperti *face or object tracking, road tracking, face recognition, face detection*, dll.

2.3 HSV (*Hue, Saturation Value*)

Model warna HSV terbagi menjadi tiga bagian yaitu Hue merepresentasikan warna asli dari suatu warna, Saturation merepresentasikan tingkat kemurnian warna dengan mengidentifikasi seberapa banyak warna putih yang diberikan pada warna dan yang terakhir adalah Value yang merepresentasikan banyaknya cahaya yang diterima oleh warna. Berikut Gambar 1 merupakan representasi model warna HSV.



Gambar 1. Model Warna HSV.

HSV merupakan model warna yang biasa digunakan untuk mendeteksi warna karena kelebihan dari HSV adalah hasil deteksi warnanya lebih akurat dari pada model warna RGB (*Red, Green, Blue*). Agar lebih mudah dalam memahami pengolahan warna HSV, pada Tabel 1. telah disajikan rentang nilai warna HSV.

Tabel 1. Rentang Nilai Warna HSV [2].

No	Nama Warna	Hue (°)	Saturation (%)	Value (%)
1.	Putih	0	0	0
2.	Hitam	0	0	100
3.	Merah	0	100	100
4.	Kuning	60	100	100
5.	Hijau	120	100	100
6.	Biru	240	100	100
7.	Ungu	300	100	100

Dari Tabel 1, kita dapat mengetahui bahwa warna yang memiliki nilai komponen *Value* 100% akan terlihat sangat cerah. Sebaliknya, bila suatu warna memiliki nilai komponen *Value* sebanyak 0% maka akan tampak sangat gelap.

Ruang warna HSV berbasis pada *cylindrical coordinates*. Ruang warna HSV memiliki rentang warna 0 sampai dengan 1 yang dapat diperoleh dari transformasi RGB dengan menggunakan rumus transformasi nonlinier seperti ditunjukkan pada persamaan (1) sampai (4) [14].

$$H = \begin{cases} \theta & \text{jika } b \leq g \\ 360^\circ & \text{jika } b > g \end{cases} \quad (1)$$

dengan,

$$\theta = \cos^{-1} \frac{1/2(r-g) + (r-b)}{[(r-g)^2 + (r-b)(g-b)]^{1/2}} \quad (2)$$

$$S = \frac{v - \min(r, g, b)}{v} \quad (3)$$

$$v = \max(r, g, b) \quad (4)$$

H = Nilai komponen *Hue*

V = Nilai komponen *Value*

S = Nilai komponen *Saturation*

r = Nilai *red*

g = Nilai *green*

b = Nilai *blue*

2.4 Android Studio

Android merupakan *platform* yang bersifat *open source* untuk *mobile device* yang berasal dari sistem operasi linux 2.6 yang telah dimodifikasi. Sedangkan Android Studio merupakan IDE (*Integrated Development Environment*) yang digunakan untuk membuat aplikasi *mobile device* di *platform* Android. Android Studio terbagi menjadi dua bagian yaitu program utama dan program tampilan (*layout*). Pada program utama Android Studio menggunakan bahasa pemrograman Java sedangkan untuk tampilan menggunakan bahasa pemrograman XML.

2.5 Regresi Linier

Regresi linier adalah suatu metode untuk membangun sebuah model prediksi hasil sesuatu dengan melibatkan hubungan antara dua variabel atau lebih. Sebagai contoh metode ini bisa digunakan untuk memprediksi tingkat produksi suatu produk ataupun suatu kebutuhan produk, misalkan kebutuhan listik, obat, dan sebagainya. Rumus regresi linier ditunjukkan pada persamaan 5.

$$Y = a + bX \quad (5)$$

Dengan,

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (6)$$

$$b = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n\sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (7)$$

Dimana *Y* adalah variabel respon (*dependent*), *X* adalah nilai yang akan mempengaruhi perubahan nilai *Y* (*independent*), *a* adalah *intercept* dan variabel *b* adalah *slope* atau koefisien regresi.

2.6 Root Mean Squared Error (RMSE)

RMSE adalah metode untuk mengukur tingkat keakuratan suatu model prediksi. Semakin kecil nilai RMSE maka model prediksi semakin baik. Rumus RMSE ditunjukkan pada persamaan 2.8.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2} \quad (8)$$

Dimana *n* adalah banyaknya jumlah data, *Y_i* adalah nilai observasi dan \hat{Y}_i adalah nilai perkiraan.

3. Pembahasan

3.1 Desain Perangkat Keras

Penulis membuat desain perangkat keras prototipe pendeteksi jarak yang terdiri dari kabel jumper, Modul LASER KY-008, Battery 18650, *Battery Holder* dan *Battery Charger* TP4056. Desain perangkat keras prototipe pendeteksi jarak ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Perangkat Keras.

3.2 Desain Perangkat Lunak

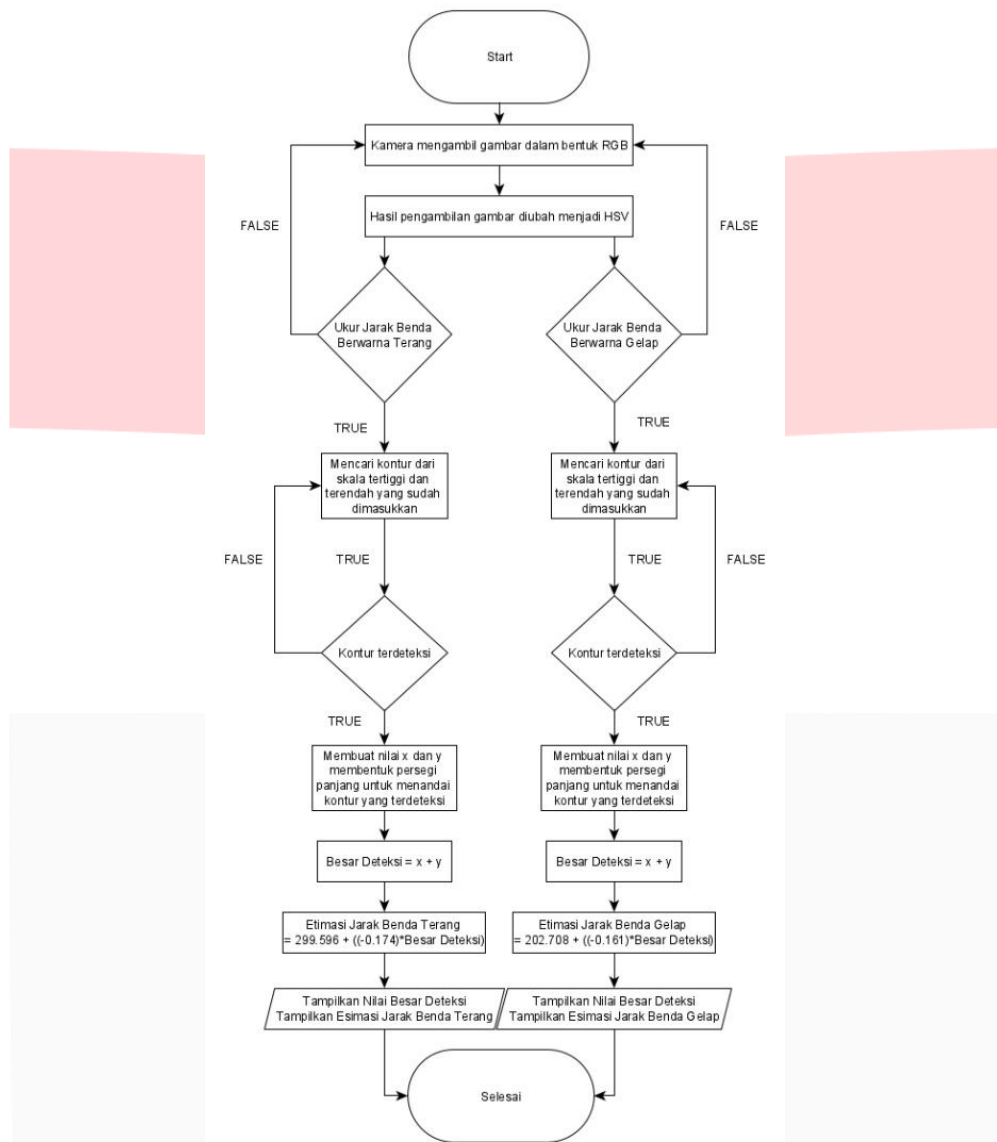
Desain perangkat lunak dirancang dengan tampilan yang cukup sederhana agar mudah digunakan oleh *user*. Aplikasi ini memiliki tiga tombol dan dua keluaran berupa besar deteksi dan estimasi jarak dalam satuan cm serta persegi panjang merah sebagai tanda bahwa cahaya LASER terdeteksi seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain perangkat lunak.

3.3 Blok Diagram Sistem

Gambar 4 menunjukkan cara kerja prototipe pendeteksi jarak secara detail.



Gambar 4. Diagram Alir Pendeteksi Jarak.

Berdasarkan diagram alir pada Gambar 4, cara kerja sistem prototipe pendeteksi jarak yang dirancang oleh penulis sebagai berikut:

- Pengguna membuka aplikasi pendeteksi jarak yang telah mereka install di *smartphone*.
- Kamera akan mengambil gambar objek dalam bentuk RGB (akuisisi citra)
- Setelah melalui proses akuisisi, akan dilakukan transformasi warna dari RGB ke HSV. Proses ini dilakukan agar aplikasi hanya fokus pada cahaya merah yang dihasilkan oleh LASER. Maka dari itu, rentang nilai warna komponen *Hue* yang dimasukkan ke sistem $0^{\circ} - 360^{\circ}$.
- Hasil pengambilan gambar akan diolah oleh sistem dengan cara mendeteksi skala warna yang telah ditetapkan serta memberi nilai kontur.
- Setelah mendapatkan nilai kontur maka akan dibuat nilai *x* dan *y* yang membentuk persegi panjang untuk ditampilkan di layar *smartphone* serta sebagai tanda cahaya LASER dan objek yang diukur terdeteksi.
- Nilai *x* dan *y* yang membentuk persegi panjang akan diolah menjadi nilai regresi linier untuk mendapatkan nilai jarak asli dari titik pengukuran ke objek yang disoroti oleh LASER.
- Setelah mendapatkan nilai regresi linier, maka nilai estimasi jarak akan ditampilkan di layar *smartphone* dalam satuan *centimeter*.

3.4 Percobaan dan Analisa

Pada proses percobaan aplikasi dilakukan proses pengukuran menggunakan dua jenis benda, yaitu benda berwarna terang dan benda berwarna gelap. Berikut Gambar 5 merupakan tabel rangkuman hasil percobaan.

No.	Besar Deteksi Sampel Berwarna Terang (X)	Besar Deteksi Sampel Berwarna Gelap (X)	Jarak Asli Dalam cm Benda Berwarna Terang (Y)	Jarak Asli Dalam cm Benda Berwarna Gelap (Y)	Estimasi Jarak Benda Berwarna Terang (cm)	Estimasi Jarak Benda Berwarna Gelap (cm)	Residu Benda Berwarna Terang (cm)	Residu Benda Berwarna Gelap (cm)	Residu ² Benda Berwarna Terang (cm ²)	Residu ² Benda Berwarna Gelap (cm ²)
1	1840	1200	51	39	-21,57996131	9,04365196	72,5799613	29,95634804	5267,850784	897,3827879
2	1670	1040	56	44	8,093976972	34,86563302	47,906023	9,13436698	2294,987042	83,43666013
3	1580	970	61	49	23,803709	46,16274973	37,196291	2,83725027	1383,564064	8,049989095
4	1480	910	66	54	41,25896682	55,84599263	24,7410332	-1,84599263	612,1187228	3,40768879
5	1370	855	71	59	60,45975041	64,72229861	10,5402496	-5,72229861	111,0968614	32,74470138
6	1270	800	76	64	77,91500822	73,5986046	-1,91500822	-9,5986046	3,667256483	92,13321027
7	1190	765	81	69	91,87921447	79,24716296	-10,8792145	-10,24716296	118,3573075	105,0043487
8	1140	740	86	74	100,6068434	83,2818475	-14,6068434	-9,2818475	213,3598741	86,15269301
9	1060	700	91	79	114,5710496	89,73734276	-23,5710496	-10,73734276	555,5943792	115,2905295
10	1020	675	96	84	121,5531528	93,7720273	-25,5531528	-9,7720273	652,963618	95,49251755
11	970	645	101	89	130,2807817	98,61364875	-29,2807817	-9,61364875	857,364177	92,42224229
12	955	605	106	94	132,8990703	105,069144	-26,8990703	-11,069144	723,559983	122,5259489
13	915	580	111	99	139,8811735	109,1038286	-28,8811735	-10,1038286	834,1221827	102,0873524
14	880	550	116	104	145,9905137	113,94545	-29,9905137	-9,94545	899,430912	98,9119757
15	850	535	121	109	151,227091	116,3662607	-30,227091	-7,3662607	913,6770303	54,2617967
16	810	505	126	114	158,2091942	121,2078822	-32,2091942	-7,2078822	1037,432191	51,95356581
17	785	495	131	119	162,5730086	122,821756	-31,5730086	-3,821756	996,8548721	14,60581892
18	750	475	136	124	168,6823488	126,0495036	-32,6823488	-2,0495036	1068,135923	4,200465006
19	735	460	141	129	171,3006375	128,4703143	-30,3006375	0,5296857	918,1286329	0,280566941
20	710	450	146	134	175,664452	130,0841882	-29,664452	3,9158118	879,9797125	15,33358205
21	690	430	151	139	179,1555035	133,3119358	-28,1555035	5,6880642	792,7323773	32,35407434
22	670	415	156	144	182,6465551	135,7327465	-26,6465551	8,2672535	710,0388987	68,34748043
23	650	395	161	149	186,1376067	138,9604942	-25,1376067	10,0395058	631,8992706	100,7916767
24	630	380	166	154	189,6286582	141,3813049	-23,6286582	12,6186951	558,3134883	159,231466
25	610	370	171	159	193,1197098	142,9951787	-22,1197098	16,0048213	489,2815616	256,1543048
26	590	360	176	164	196,6107613	144,6090525	-20,6107613	19,3909475	424,804814	376,0088449
27	570	-	181	-	200,1018129	-	-19,1018129	-	364,8792561	-
28	550	-	186	-	203,5928645	-	-17,5928645	-	309,5088813	-
29	530	-	191	-	207,083916	-	-16,083916	-	258,6923539	-
30	520	-	196	-	208,8294418	-	-12,8294418	-	164,5945769	-
31	510	-	201	-	210,5749676	-	-9,5749676	-	91,68000454	-
32	500	-	206	-	212,3204934	-	-6,3204934	-	39,94863682	-
33	480	-	211	-	215,8115449	-	-4,8115449	-	23,15096432	-
34	470	-	216	-	217,5570707	-	-1,5570707	-	2,424469165	-
35	455	-	221	-	220,1753594	-	0,8246406	-	0,680032119	-
36	440	-	226	-	222,7936481	-	3,2063519	-	10,28069251	-
37	430	-	231	-	224,5391738	-	6,4608262	-	41,74227519	-
38	420	-	236	-	226,2846996	-	9,7153004	-	94,38706186	-
39	410	-	241	-	228,0302254	-	12,9697746	-	168,2150532	-
40	400	-	246	-	229,7757512	-	16,2242488	-	263,2262491	-
41	390	-	251	-	231,521277	-	19,478723	-	379,4206497	-
42	385	-	256	-	232,3940399	-	23,6059601	-	557,2413522	-
43	380	-	261	-	233,2668027	-	27,7331973	-	769,1302325	-
44	375	-	266	-	234,1395656	-	31,8604344	-	1015,08728	-
45	370	-	271	-	235,0123285	-	35,9876715	-	1295,1125	-
46	365	-	276	-	235,8850914	-	40,1149086	-	1609,205892	-
47	345	-	281	-	239,376143	-	41,623857	-	1732,545472	-
48	340	-	286	-	240,2489059	-	45,7510941	-	2093,162611	-
49	335	-	291	-	241,1216688	-	49,8783312	-	2487,847923	-
50	330	-	296	-	241,9944317	-	54,0055683	-	2916,601407	-

Gambar 5. Tabel Rangkuman Hasil Percobaan.

Dari Gambar 5 dapat diketahui bahwa benda berwarna terang memiliki jumlah sampel sebanyak 50 dengan jarak minimal 51 cm dan jarak maksimal 296 cm. Sedangkan untuk benda berwarna gelap memiliki jumlah sampel sebanyak 26 dengan jarak minimal 39 cm dan jarak maksimal 164 cm. Penyebab jumlah ketidaklaksanaan sampel ini dikarenakan dari sifat benda tersebut.

Selanjutnya dengan bermodalkan nilai X dan Y maka kita dapat melakukan cara regresi untuk mendapatkan nilai a dan b untuk masing-masing benda berwarna terang dan gelap. Adapun nilai a dan b untuk benda berwarna terang adalah sebesar 299,596782434948 dan -0,174552578121467 sedangkan untuk nilai a dan b benda berwarna gelap adalah sebesar 202,708509888986 dan -0,161387381607705. Ketika nilai a dan b sudah didapatkan selanjutnya dimasukkan ke rumus regresi linear seperti yang tertulis pada persamaan 5 untuk mendapatkan nilai jarak estimasinya dalam satuan centimeter.

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa benda berwarna gelap dan terang memiliki perbedaan yang cukup banyak, baik dari segi rentang pengukuran dan residu. Benda berwarna terang dapat diukur dari jarak 56 sampai 296 cm dengan nilai RMSE 28,50897418 cm (didapatkan dengan cara menggunakan persamaan 8). Hal ini dikarenakan benda berwarna terang akan merefleksikan atau memantulkan cahaya, sehingga diameter laser akan lebih besar dari sampel benda yang berwarna gelap. Sedangkan untuk benda berwarna gelap dapat diukur dari jarak dengan rentang 39 sampai 164 cm dengan nilai RMSE 10,86378296 cm. Hal ini

dikarenakan benda yang berwarna gelap akan menyerap cahaya atau sedikit memantulkan cahaya, sehingga diameter LASER akan lebih kecil dari pada benda yang berwarna terang.

Aplikasi ini terbilang kurang akurat untuk mengukur jarak, karena kemampuan deteksinya yang tidak jauh serta tingkat akurasi yang terbilang buruk. Hal ini dikarenakan metode yang digunakan penulis kurang tepat dalam merancang aplikasi pengukur jarak. Mengkombinasikan LASER dan *smartphone* menyebabkan banyak *error*, termasuk *error* pada pengguna dan alat. Selain itu, meninjau dari segi linieritas, perubahan besar deteksi (x) pada jarak dekat dan jauh terlihat sangat berbeda karena lensa kamera pada *smartphone* memiliki titik fokus yang dapat mempengaruhi pembesaran bayangan pada objek yang disoroti oleh cahaya LASER.

Error pada pengguna atau biasa disebut *human error* dapat terjadi jika pengguna menempelkan prototipe jauh dari posisi kamera sehingga hasil akuisisi citra yang diperoleh menjadi tidak akurat. Bisa juga karena saat melakukan pengukuran, prototipe tidak direkatkan dengan baik pada *smartphone* sehingga posisi prototipe bergeser dari tempat semestinya.

Error pada alat bisa terjadi jika baterai prototipe kekurangan daya sehingga cahaya yang dikeluarkan oleh LASER tidak maksimal. Jenis LASER yang digunakan juga bisa berpengaruh terhadap hasil deteksi jarak oleh aplikasi. Semakin baik kualitas LASER, maka akan semakin bagus cahaya yang dihasilkan, sehingga jarak yang dapat dideteksi oleh aplikasi lebih jauh dan akurat.

4. Kesimpulan

Dari percobaan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Aplikasi dapat mengukur jarak pada benda berwarna terang dengan rentang jarak berkisar 51 sampai 296 cm, sementara pada benda gelap berkisar 39 sampai 164 cm.
2. Jika ditinjau dari segi jangkauan, aplikasi ini lebih baik dalam mengukur jarak pada objek berwarna terang dengan jarak jangkau 221 cm, sementara benda berwarna gelap hanya 129 cm.
3. Aplikasi memiliki akurasi yang kurang baik sebagai alat ukur, karena tingkat RMSE sebesar 10,86 cm untuk benda gelap sedangkan untuk benda terang sebesar 28,50 cm. Hal ini dikarenakan metode yang digunakan oleh penulis tidak tepat dan kombinasi antara LASER dan *smartphone* dapat menyebabkan banyak *error* pada proses pembuatan prototipe.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. O. Wiyagi, and M. Y. Mustar, "Deteksi Jarak Objek Bercahaya Secara Real Time Menggunakan Kamera Tunggal," 3rd Indonesian Symposium on Robot Soccer Competition, pp. 1-5, January 2015.
- [2] F. Fallo, K. Adi, and Suryono, "Perancangan Model Pengukuran Jarak Menggunakan Computer-Aided Pada Kontrol Kualitas Ultrasonografi," Berkala Fisika, vol. 17, No. 1, pp. 13-20, January 2014.
- [3] B. Setyawan, S. Adryana, and Winarsih, "Sistem Deteksi Menggunakan Sensor Ultrasonik berbasis Arduino mega 2560 dan Processing untuk Sistem Keamanan Rumah," JIMP, vol. 3, No. 3, pp. 15-20, Desember 2018.
- [4] A. Cladera, "The Ultimate Photography Guide to Depth of Field (DoF)," *PhotoPills*, December 28, 2015. Available: PhotoPills, <https://www.photopills.com/articles/ultimate-guide-depth-field>. [Accessed on 1 March 2019, 20:1:55 WIB].
- [5] A. F. C. A. Fathoni, and D. Syamsuddin, "Perbandingan Metode Depth of Field Pada Lensa Efek Lensa Pada Software Animasi," HUMANIORA, vol. 4, No. 1, pp. 177-182, April 2013.
- [6] S. Setyawan, "Pola Proses Penyebaran dan Penerimaan Informasi Teknologi Kamera DSLR," Komuniti, vol. 9, No. 2, September 2017.
- [7] N. Khamdi, M. Susantok, P. Leopard, "Pendeteksian Objek Bola Dengan Metode Color Filtering Hsv Pada Robot Soccer Humanoid" Jurnal Nasional Teknik Elektro, vol. 6, No. 2, Juli 2017.
- [8] OpenCV team, "About OpenCV," *OpenCV*, 2019. Available: *OpenCV*, <https://opencv.org/>. [Accessed on 03 April 2019, 20:1:55 WIB].
- [9] A. Teguh, *Membuat Interface Aplikasi Android Lebih Keren dengan LWUIT*, Yogyakarta : Andi Publisher (2011).
- [10] B. B. Putranto, W. Hapsari, and K. Wijana, "Segmentasi Warna Citra Dengan Deteksi Warna HSV Untuk Mendeteksi Objek," Jurnal Informatika. Yogyakarta, vol.6, No.2, November 2010.
- [11] H. Zhou, J. Wu, and J. Zhang, *Digital Image Processing Part II*, London : Ventus ApS (2010).
- [12] M. R. Kumaseh, L. Latumakulita, and N. Nainggolan, "Segmentasi Citra Digital Ikan Menggunakan Metode Thresholding," Jurnal Ilmiah Sains, vol. 13, No. 1, April 2013.
- [13] D. Hardiyanto and D. Sartika, "Ekstraksi Fitur Citra Api Berbasis Ekstraksi Warna pada Ruang Warna HSV dan RGB", Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer. Yogyakarta, vol.16, No.3, September 2018.
- [14] D. C. Montgomery and G. C. Runger, *Applied Statistics and Probability for Engineers*, 3rd Ed. New York : Arizona State University, (2002).
- [15] S. Darmaprawira, *Warna: Teori dan Kreatifitas Penggunaannya*, 2nd ed. Bandung: ITB, 2002.