

# Analisis Kinerja Sensor TF-Mini LiDAR untuk Pengukuran Jarak

Fardiansyah Nur Aziz<sup>1</sup>, Masduki Zakarijah<sup>2</sup>

**Intisari**—Perkembangan digitalisasi saat ini begitu pesat. Adanya digitalisasi menyebabkan proses pengukuran jarak dapat dilakukan tanpa menyentuh objek yang diukur. Salah satu komponen untuk pengukuran jarak yang banyak tersedia di pasaran adalah sensor *light detection and ranging* (LiDAR). Beberapa penelitian sebelumnya terkait penerapan sensor LiDAR sudah dilakukan, seperti untuk robot *automated guided vehicle* AGV, *quadcopter*, dan pemetaan vegetasi tropis. Penelitian-penelitian sebelumnya berfokus pada penerapan sensor LiDAR dan belum menguji secara detail akurasi beserta karakteristiknya. Terdapat kemungkinan bahwa kinerja dari komponen kurang sesuai dengan spesifikasi data teknis yang dituliskan. Makalah ini menyajikan hasil pengujian kinerja sensor LiDAR jenis TF-Mini LiDAR untuk pengukuran jarak. Pengujian sensor TF-Mini LiDAR ini menggunakan metode eksperimen. Kinerja sensor dilihat berdasarkan pembacaan jarak maksimal, tingkat akurasi, pengaruh warna objek, kemiringan, dan jenis material objek yang dibaca. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kinerja sensor TF-Mini LiDAR memiliki tingkat akurasi 3,17% pada rentang 0,3 m sampai 6 m serta 3,27% pada rentang 6 m sampai 12 m dengan jarak pembacaan maksimal hingga 10 m. Warna biru dan bahan besi merupakan warna serta bahan terbaik yang dapat dibaca oleh sensor, dengan rata-rata *error* masing-masing sebesar 2,78% dan 3,22%. Hasil pembacaan jarak pada objek datar dengan kemiringan 10° sampai 80° (kuadran 1) akan melebihi jarak sebenarnya seiring dengan bertambahnya sudut kemiringan objek dengan rata-rata *error* yang dihasilkan sebesar 7%. Untuk objek datar dengan kemiringan 100° sampai 170° (kuadran 2) diperoleh rata-rata *error* sebesar 2,75%. Selain itu, makin besar sudut kemiringan objek, makin akurat pembacaan jaraknya. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat diketahui bahwa sensor TF-Mini LiDAR dapat membaca jarak dengan lebih akurat ketika objek yang terdeteksi berada pada rentang jarak 0,5 m sampai 10 m dengan warna dan bahan objek yang tidak menyerap cahaya. Selain itu, posisi objek yang terdeteksi dalam keadaan lurus.

**Kata Kunci**—LiDAR, TF-Mini LiDAR, Pengukuran Jarak, Digitalisasi, Analisis, Kinerja.

## I. PENDAHULUAN

Digitalisasi pada saat ini makin berkembang dan merata [1]. Pada kegiatan pengukuran satuan jarak atau panjang, pada umumnya jarak hanya dapat diukur menggunakan alat pengukuran manual, misalnya dengan penggaris, meteran, atau

jangka sorong. Namun, digitalisasi menyebabkan proses pengukuran dapat dilakukan tanpa menyentuh perangkat atau benda yang diukur [2].

Digitalisasi pengukuran sudah banyak dilakukan dalam berbagai bidang. Dalam bidang pesawat tanpa awak (*unmanned aerial vehicle*, UAV), pengukuran secara digital digunakan dalam mengukur ketinggian, menentukan jarak suatu objek dengan objek lain di sekitarnya, dan juga pemetaan lahan. Dalam bidang robot industri, digitalisasi pengukuran dilakukan untuk menghindari halangan (*obstacle avoidance*), mendeteksi datangnya objek, dan menentukan luas ruangan.

Pengukuran di masa kini adalah poros dalam sistem kendali karena sangat penting dalam mengendalikan perangkat sesuai selera seseorang [3]. Beberapa penelitian dan pengembangan dilakukan guna menciptakan atau menghasilkan teknologi pengukuran digital yang makin efektif, canggih, aman, dan efisien. Perancang berupaya merancang teknologi pengukuran digital yang mempunyai akurasi baik sehingga efisiensi meningkat. Salah satu upaya memperoleh efisiensi dapat dilakukan dengan menggunakan dan memilih komponen yang mempunyai karakteristik sesuai dengan alat yang dibuat.

Perkembangan teknologi yang semakin pesat [4] berdampak pada makin banyaknya pabrik atau produsen komponen-komponen pendukung untuk pengukuran jarak secara digital. Oleh karena itu, terdapat beberapa variasi pilihan produk yang ditawarkan, baik dari segi kualitas maupun harga. Salah satu komponen untuk pengukuran jarak secara digital yang banyak tersedia di pasaran adalah sensor *light detection and ranging* (LiDAR). LiDAR merupakan sensor yang paling banyak digunakan dalam kendaraan otonom dan sering digunakan untuk lokalisasi, pemetaan, maupun deteksi objek [5].

Beragam jenis produk sensor LiDAR dengan spesifikasi dan kualitas yang bervariasi dapat memberi pilihan yang lebih luas dalam perancangan sebuah sistem pengukuran jarak secara digital. Karakteristik kinerja pada sensor LiDAR dapat dilihat dari respons sensor LiDAR ketika objek yang diukur tidak dalam keadaan ideal, yakni dalam posisi miring dengan sudut tertentu. Selain itu, akurasi sensor dalam membaca jarak objek yang diukur juga berpengaruh pada kinerja pengukuran. Makin sedikit selisih antara jarak sebenarnya dengan jarak hasil pembacaan sensor LiDAR, makin bagus akurasinya.

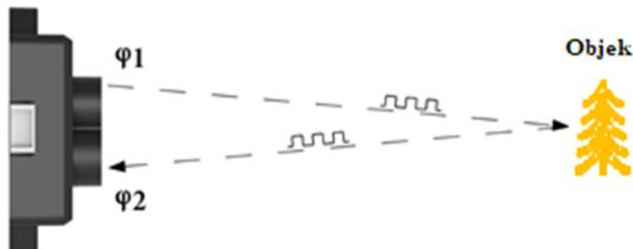
Namun, terdapat kemungkinan bahwa kinerja komponen sensor untuk pembacaan jarak secara digital tidak sesuai dengan data spesifikasi yang diberikan. Beberapa sensor LiDAR mungkin mempunyai ketidaksesuaian kinerja antara data teknis yang termuat dalam komponen dengan kinerja sensor LiDAR yang sebenarnya. Hal tersebut mengakibatkan tidak sesuai hasil rancangan alat dengan kinerja hasil di kondisi yang sebenarnya. Oleh sebab itu, perlu adanya pengujian komponen sebelum merancang suatu sistem

<sup>1,2</sup> Prodi Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika, Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Karangmalang D.I. Yogyakarta 55281 INDONESIA (tlp: 0274-550 836; fax: 0274-520326; email: <sup>1</sup>fardiansyahnur.2021@student.uny.ac.id, <sup>2</sup>masduki\_zakaria@uny.ac.id)

[Diterima: 13 Januari 2022, Revisi: 8 Juli 2022]



Gbr. 1 Contoh sensor LiDAR.



Gbr. 2 Prinsip time of flight (ToF).

pengukuran jarak secara digital, supaya terjadi kesesuaian antara hasil implementasi dengan rancangan [6]. Berdasarkan hal-hal tersebut, pada penelitian ini dilakukan pengujian salah satu jenis sensor LiDAR yang digunakan pada pengukuran jarak secara digital untuk mengetahui spesifikasi sensor LiDAR, sehingga diketahui kinerja serta karakteristiknya. Jenis sensor LiDAR yang diamati adalah tipe TF-Mini LiDAR dari produsen Benewake.

## II. PENGUJIAN SENSOR LiDAR

### A. Light Detection and Ranging (LiDAR)

Teknologi LiDAR merupakan suatu teknologi yang bekerja dengan memanfaatkan sinar laser guna mengukur jarak suatu objek. LiDAR merupakan teknologi yang efektif ketika digunakan untuk mengambil data berupa jarak dari suatu objek [7]. Sensor LiDAR diperlihatkan pada Gbr. 1. Pada prinsip kerjanya, sensor LiDAR mengalkulasi panjang atau jarak benda berdasarkan *time of flight* (ToF). Pada saat bekerja, sensor LiDAR mengirimkan gelombang laser berupa inframerah. Gelombang inframerah yang dihasilkan kemudian termodulasi pada periode waktu tertentu, lalu akan memantulkan cahaya ketika mengenai suatu objek. Sensor LiDAR memperoleh ToF dengan mengukur perbedaan fase bolak-balik kemudian menghitung jarak relatif antara sensor dengan objek yang dideteksi [8]. Skema dari prinsip ToF ditunjukkan pada Gbr. 2.

$$ToF = nT + \frac{\phi}{2\pi}T. \tag{1}$$

Persamaan (1) merupakan formula untuk mencari ToF berdasarkan beda fase ( $\phi$ ) antara gelombang yang ditransmisikan dengan gelombang hasil pantulan dari objek, dengan  $n$  merupakan jumlah gelombang penuh dan  $T$  merupakan waktu yang diperlukan oleh cahaya untuk menempuh satu panjang gelombang.

$$D = \frac{c * ToF}{2}. \tag{2}$$

Setelah nilai ToF diketahui, selanjutnya jarak (*distance, D*) dapat dihitung. Persamaan (2) merupakan formula untuk menghitung jarak berdasarkan nilai ToF yang sudah diketahui, dengan  $c$  merupakan nilai kecepatan cahaya di udara [9].

### B. Penerapan Sensor LiDAR

Beberapa penelitian terkait penerapan sensor LiDAR pernah dilakukan sebelumnya. Salah satu penelitian menggunakan sensor LiDAR untuk memetakan vegetasi tropis dan tutupan lahan [10]. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa sensor LiDAR dapat memvisualisasikan peta tutupan lahan dan vegetasi berupa data *digital elevation model* (DEM), *digital surface model* (DSM), dan *orthophoto* yang kemudian diolah dan dijadikan data *crown height model* (CHM).

Telah dilakukan juga implementasi sensor LiDAR yang difungsikan sebagai kontrol ketinggian robot *quadcopter* [11]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *quadcopter* dapat terbang stabil. Penggunaan LiDAR memiliki rata-rata *error* sebesar 3,9%. Sensor LiDAR yang digunakan memiliki *error* lebih kecil bila *quadcopter* berada pada ketinggian di atas 1 m.

Penelitian lain memanfaatkan sensor LiDAR dalam robot cerdas *automated guided vehicle* (AGV) untuk menghindari halangan (*obstacle*) yang dikombinasikan dengan histogram bidang vektor dan kendali *supervisory* [12]. Dari hasil implementasi, diketahui bahwa robot AGV dikendalikan dengan sensor LiDAR dalam peta yang berisi rintangan tertentu. Implementasi masalah penghindaran rintangan berhasil dalam simulasi di tingkat yang berbeda.

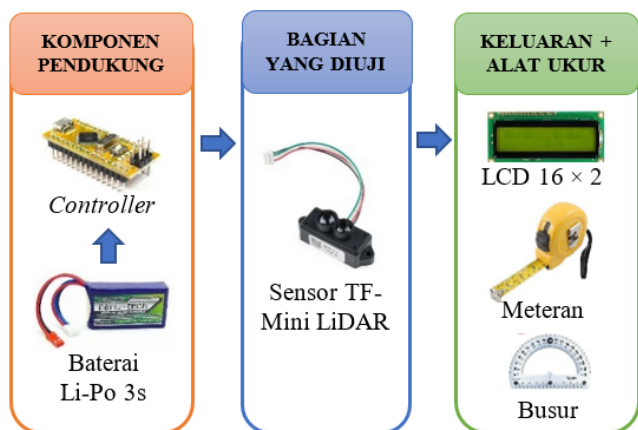
Selain itu, terdapat juga penelitian terkait penentuan kapasitas *air conditioning* (AC) pada ruang persegi dengan sensor LiDAR berbasis Arduino Uno [13]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa rata-rata pengukuran volume dari sepuluh ruangan menghasilkan penyimpangan sebesar 1,66% dibanding pengukuran manual.

Sebuah penelitian lain menggunakan sensor LiDAR untuk mendeteksi arah gerak longitudinal pesawat pada sistem parkir pesawat terbang [14]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa alat yang dibuat dapat memberi informasi berupa tampilan yang memandu pilot untuk menggerakkan pesawat ke kanan atau ke kiri sehingga mendapatkan posisi *center line* yang benar.

Beberapa penelitian sebelumnya berfokus pada penerapan sensor LiDAR dan belum menguji secara detail akurasinya ketika diuji dengan variasi jarak, warna, sudut kemiringan, serta bahan permukaan objek yang dideteksi. Pada penelitian ini, eksperimen dilakukan pada sensor LiDAR jenis/tipe TF-Mini LiDAR keluaran Benewake. Sensor tipe ini dipilih karena termasuk jenis sensor LiDAR yang banyak ditemukan di pasaran. Banyaknya produk di pasaran memungkinkan ditemukannya ketidaksesuaian antara spesifikasi LiDAR yang tercantum pada *datasheet* dengan kinerja hasil di kondisi sebenarnya. Hal ini menjadi latar belakang pentingnya pengujian kinerja sensor LiDAR sebelum diimplementasikan pada pengukuran jarak secara digital.

### C. Pengukuran Jarak

Pengukuran adalah suatu kegiatan untuk menentukan angka dari suatu objek dan dilakukan secara sistematis. Pada



Gbr. 3 Skema pengujian sensor TF-Mini LiDAR.

penyajian suatu informasi serta dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, pengukuran memiliki fungsi yang begitu penting. Referensi [15] menyatakan bahwa yang dimaksud dengan pengukuran merupakan proses memberi nilai kepada atribut atau karakteristik tertentu yang dapat dimiliki oleh objek, orang, atau hal tertentu yang didasari atas aturan dan formulasi yang jelas. Pendapat yang lain menyatakan bahwa pengukuran adalah melakukan perbandingan antara nilai besaran yang sedang diukur dengan besaran lain sebagai acuan (sejenis) [16].

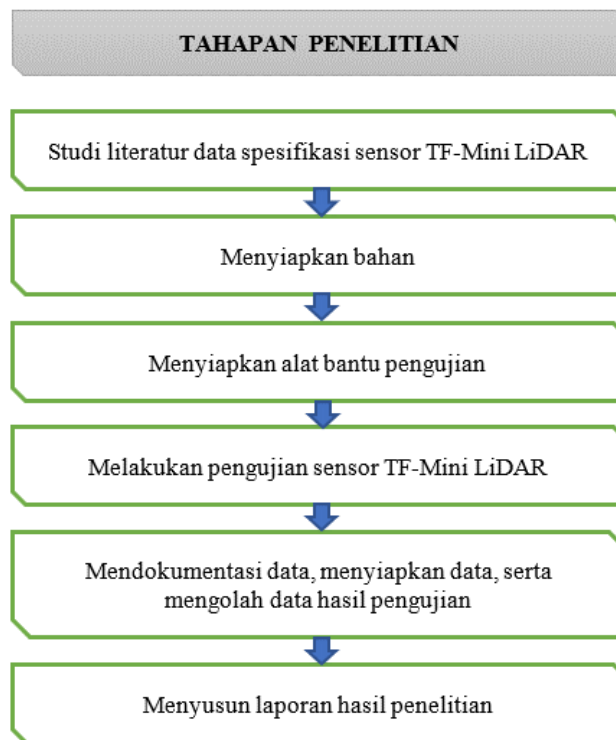
Panjang atau jarak termasuk besaran fisika, yakni sesuatu yang dapat diukur atau dinyatakan keberadaannya melalui angka [17]. Satuan standar jarak sama seperti satuan panjang, yaitu meter (m). Dalam mengukur jarak suatu objek, dapat digunakan berbagai jenis alat ukur. Jenis alat ukur yang dipakai tentu dipengaruhi oleh objek yang hendak diukur.

#### D. Metode Pengujian Sensor LiDAR

Pengujian sensor LiDAR pada penelitian ini menggunakan sumber catu daya dari baterai Li-Po 3s dengan tegangan maksimal 12 VDC. Pemilihan catu daya dari baterai ini dimaksudkan agar pengujian menjadi fleksibel, yaitu dapat dipindah-pindah tempat. Catu daya/adaptor dengan sumber listrik dari PLN sebenarnya dapat digunakan, tetapi membutuhkan tempat yang dekat dengan stopkontak setiap kali dilakukan pengujian.

Pembacaan sensor LiDAR dilakukan dengan mikrokontroler Arduino Nano V3. Mikrokontroler ini dipilih karena Arduino dapat dikonfigurasi dengan mudah menggunakan perangkat lunak Arduino IDE untuk berkomunikasi dengan sensor LiDAR secara serial. Selain digunakan untuk membaca data dari sensor LiDAR, mikrokontroler juga difungsikan sebagai pengolah data hasil pembacaan sensor serta untuk menampilkan data pada penampil LCD dengan ukuran  $16 \times 2$ . Skema pengujian sensor LiDAR ditunjukkan pada Gbr. 3.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Eksperimen dilakukan untuk menguji kinerja sensor LiDAR. Sensor LiDAR diuji coba dengan berbagai jarak kemudian diamati akurasi dan jarak maksimal yang dapat dibaca oleh sensor. Jenis sensor LiDAR yang diamati adalah tipe TF-Mini LiDAR dari Benewake. Selain menguji jarak maksimal dan akurasi, dilakukan juga pengujian terkait warna



Gbr. 4 Diagram alir tahapan penelitian.

serta jenis bahan permukaan objek yang dibaca. Macam-macam warna yang digunakan dalam pengujian adalah merah, hijau, biru, putih, dan hitam. Sementara itu, macam-macam bahan permukaan yang digunakan adalah plastik, besi, kayu, kertas, serta kaca. Selain itu, dilakukan juga pengujian apabila objek datar yang dideteksi memiliki rentang kemiringan dari  $10^\circ$  sampai  $170^\circ$ .

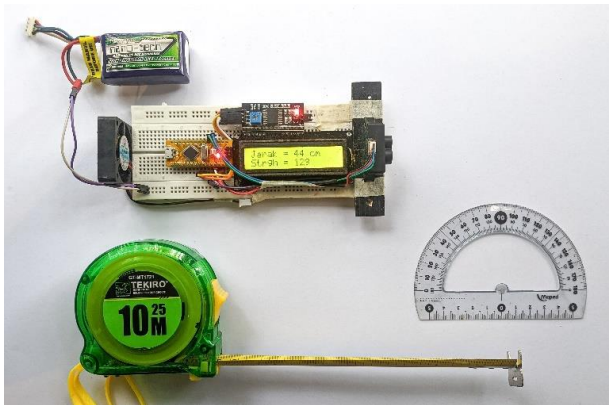
Data yang sudah diperoleh kemudian dianalisis serta disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik, sehingga dapat menunjukkan informasi perbandingan masing-masing hasil eksperimen. Proses analisis data dilakukan melalui pengamatan tiap-tiap data yang sudah didapatkan. Selanjutnya, proses menarik kesimpulan dilakukan berdasarkan fakta data yang diperoleh di lapangan. Proses pembacaan jarak yang baik yang direkomendasikan untuk pengukuran jarak secara digital adalah ketika data sensor tidak fluktuatif (stabil) serta mendekati ukuran aslinya. Tahapan penelitian ini ditunjukkan melalui diagram alir pada Gbr. 4.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Data Spesifikasi Sensor TF-Mini LiDAR

Pada penelitian ini, disajikan hasil pengujian sensor jenis TF-Mini LiDAR keluaran Benewake. Sebelum sensor tersebut diuji kinerjanya dengan eksperimen, dilakukan pencatatan spesifikasi yang dimiliki oleh sensor TF-Mini LiDAR terlebih dahulu melalui studi literatur berdasarkan *datasheet*. Spesifikasi sensor TF-Mini LiDAR ditunjukkan pada Tabel I [18].

Berdasarkan spesifikasi tersebut, sensor TF-Mini LiDAR dapat mengukur jarak maksimal 12 m. Selain itu, apabila akurasi dihitung, untuk rentang jarak 0,3 m sampai 6 m



Gbr. 5 Cara pengujian sensor TF-Mini LiDAR.

TABEL I  
DATA SPESIFIKASI SENSOR TF-MINI LIDAR

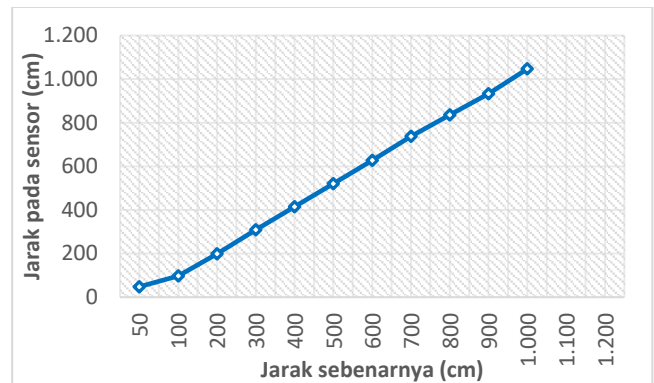
No.	Spesifikasi	
1	Rentang operasi	0,3 m – 12 m
2	Tegangan kerja	4,5 VDC - 6 VDC
3	Akurasi pengukuran	1% (rentang 0,3 m – 6 m) 2% (rentang 6 m – 12 m)
4	Frekuensi kerja	100 Hz
5	Resolusi rasio minimum	1 cm
6	Antarmuka komunikasi	UART
7	Panjang gelombang	850 nm
8	Satuan pengukuran	cm
9	Sudut penerimaan ( <i>field of view</i> )	2,3°
10	Berat	4,7 gr
11	Sensitivitas cahaya	70 klux

akurasi berkisar maksimal  $\pm 6$  cm serta untuk rentang jarak 6 m sampai 12 m akurasi berkisar maksimal  $\pm 24$  cm. Namun, data dari Tabel I belum dapat dijadikan sebagai patokan kinerja sebenarnya ketika digunakan di lapangan, misalnya untuk pengukuran jarak secara digital. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk menguji kinerja sensor TF-Mini LiDAR secara nyata.

**B. Data Hasil Pengujian Kinerja Sensor TF-Mini LiDAR**

Pengujian kinerja sensor TF-Mini LiDAR dilakukan dengan menggunakan tegangan sumber dari baterai Li-Po 3s dengan kapasitas tegangan keluaran 12,6 VDC/850 mA. Pemilihan catu daya menggunakan baterai Li-Po 3s ini dimaksudkan agar pengujian dapat bersifat fleksibel, yaitu dapat dipindah-pindah tempat. Pengujian dilakukan dengan meletakkan prototipe alat ke atas kursi dengan ketinggian 50 cm. Jarak sebenarnya yang digunakan sebagai pembanding diukur menggunakan alat ukur meteran. Cara pengujian diperlihatkan pada Gbr. 5.

Pengujian kinerja akurasi dan jarak yang dapat dibaca oleh sensor dilakukan dari jarak 50 cm sampai 12 m. Selain menguji pembacaan jarak, penelitian ini juga mengamati variabel *strength*, yaitu kekuatan sinyal hasil pemantulan sinar inframerah dari sensor. Proses pengujian dilakukan pada siang hari dengan kondisi pencahayaan berkisar 27.643 lux. Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali pada setiap jarak, kemudian dihitung rata-ratanya. Hasil pengujian akurasi serta jarak yang terbaca ditunjukkan pada Tabel II.



Gbr. 6 Grafik perbandingan jarak sebenarnya terhadap jarak pada sensor.

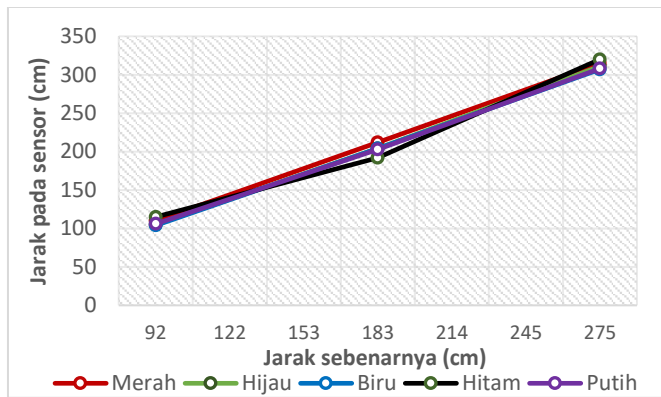
TABEL II  
RATA-RATA HASIL PENGUJIAN SENSOR TF-MINI LIDAR UNTUK PENGUKURAN JARAK

No.	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak pada Sensor (cm)	Signal Strength	Error (%)
1	50	48	663	4,000
2	100	98	647	2,000
3	200	202	629	1,000
4	300	309	268	3,000
5	400	415	145	3,750
6	500	520	68	4,000
7	600	627	38	4,500
8	700	732	28	4,570
9	800	833	26	4,125
10	900	941	23	4,560
11	1.000	1.052	13	5,200
12	1.100	tidak terbaca	-	-
13	1.200	tidak terbaca	-	-
Rata-rata error (%)				3,700

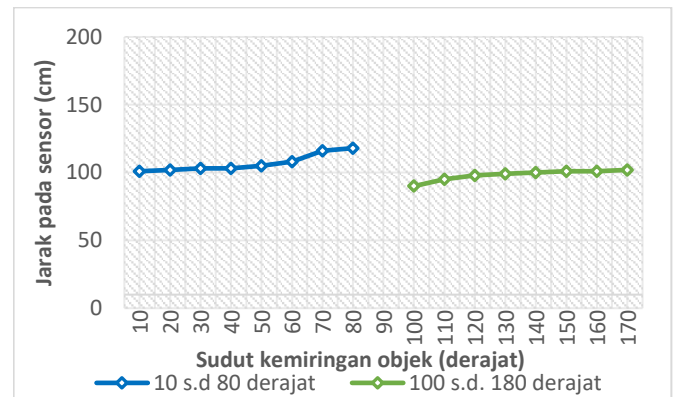
Berdasarkan data pengujian pada Tabel II, sensor TF-Mini LiDAR dapat membaca jarak hingga 10 m. Akurasi pengukuran pada rentang 0,3 m sampai 6 m mendapatkan nilai 3,17%, sedangkan pada rentang 6 m sampai 12 m mendapatkan nilai 3,27%. Tingkat akurasi sensor secara keseluruhan adalah 3,70%. Jika dibandingkan dengan *datasheet* (Tabel I), hasil tersebut tidak sesuai dengan spesifikasi. Selain itu, kekuatan sinyal pantulan dari sensor akan menurun seiring bertambah jauhnya jarak objek yang dideteksi. Grafik perbandingan jarak sebenarnya terhadap jarak pembacaan sensor ditunjukkan pada Gbr. 6.

Pengujian selanjutnya adalah menguji sensor TF-Mini LiDAR untuk mendeteksi objek dengan warna merah, hijau, biru, putih, dan hitam. Variasi jarak objek yang diberikan yakni 1 m, 2 m, serta 3 m. Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali setiap jarak, kemudian dihitung rata-ratanya. Proses pengujian dilakukan pada siang hari dengan kondisi pencahayaan berkisar 27.643 lux. Hasil pengujian pengukuran jarak terhadap beda warna ditunjukkan pada Tabel III.

Berdasarkan data pengujian yang ditunjukkan pada Tabel III, sensor TF-Mini LiDAR dapat membaca jarak dengan nilai *error* yang sedikit pada warna biru, dengan persentase *error* sebesar 2,78%, disusul dengan warna putih, hijau, merah, kemudian hitam. Selain itu, dapat diketahui bahwa kekuatan



Gbr. 7 Grafik perbandingan jarak sebenarnya terhadap jarak pada sensor untuk berbagai objek dengan variasi warna.



Gbr. 8 Grafik perbandingan jarak pengukuran terhadap variasi sudut dari objek datar yang dideteksi.

TABEL III  
RATA-RATA HASIL PENGUJIAN SENSOR TF-MINI LiDAR UNTUK PENGUKURAN JARAK TERHADAP OBJEK DENGAN VARIASI WARNA

Warna	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak pada Sensor (cm)	Signal Strength	Error (%)
Merah	100	110	350	10,00
	200	212	241	6,00
	300	315	107	5,00
	Rata-rata error (%)			7,00
Hijau	100	105	653	5,00
	200	204	626	2,00
	300	311	352	3,67
	Rata-rata error (%)			3,56
Biru	100	104	379	4,00
	200	204	335	2,00
	300	307	260	2,33
	Rata-rata error (%)			2,78
Hitam	100	115	169	15,00
	200	192	45	4,00
	300	320	20	6,67
	Rata-rata error (%)			8,56
Putih	100	106	649	6,00
	200	203	631	1,50
	300	308	455	2,67
	Rata-rata error (%)			3,38

sinyal pantulan juga dipengaruhi oleh warna. Warna hitam dan merah memiliki kekuatan pantulan yang rendah dibandingkan tiga warna lainnya. Grafik perbandingan jarak pengukuran terhadap jarak pembacaan sensor dari objek dengan beda warna ditunjukkan pada Gbr. 7.

Pengujian berikutnya adalah menguji sensor TF-Mini LiDAR untuk mendeteksi objek datar dengan rentang kemiringan 10° sampai 170°. Jarak dari objek tidak divariasikan, yakni 1 m. Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali pada setiap sudut, kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Proses pengujian dilakukan pada siang hari dengan kondisi pencahayaan berkisar 27.643 lux. Hasil pengujian pengukuran jarak terhadap objek datar dengan beda sudut kemiringan ditunjukkan pada Tabel IV.

Berdasarkan data pengujian pada Tabel IV, diketahui bahwa sudut kemiringan objek memiliki pengaruh terhadap kinerja sensor dalam membaca jarak. Pada rentang 10° sampai 80°

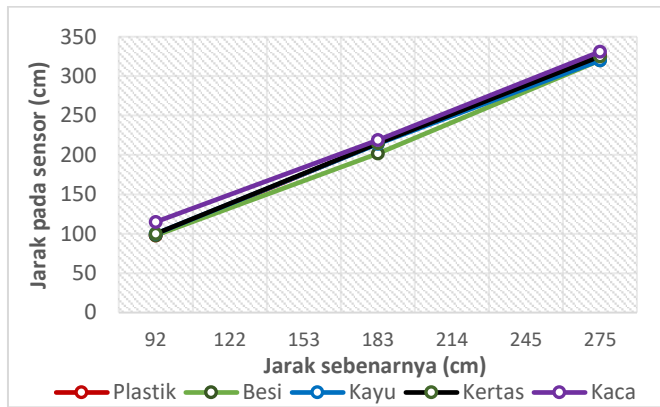
TABEL IV  
RATA-RATA HASIL PENGUJIAN SENSOR TF-MINI LiDAR UNTUK PENGUKURAN JARAK TERHADAP OBJEK DATAR DENGAN BEDA KEMIRINGAN

No.	Jarak Sebenarnya (cm)	Sudut (°)	Jarak pada Sensor (cm)	Signal Strength	Error %
1	100	10	101	359	1
2		20	102	325	2
3		30	103	303	3
4		40	103	263	3
5		50	105	232	5
6		60	108	180	8
7		70	116	108	16
8		80	118	84	18
Rata-rata error (%)					7
9	100	100	90	103	10
10		110	95	155	5
11		120	98	202	2
12		130	99	244	1
13		140	100	280	0
14		150	101	306	1
15		160	101	327	1
16		170	102	341	2
Rata-rata error (%)					2,75

(kuadran 1), makin besar sudut kemiringan, jarak yang terbaca makin melebihi jarak sebenarnya. Pada rentang 100° sampai 170° (kuadran 2), makin besar sudut kemiringan, nilai jarak yang terbaca makin mendekati jarak sebenarnya. Grafik perbandingan jarak pengukuran terhadap variasi sudut dari objek datar yang dideteksi ditunjukkan pada Gbr. 8.

Selanjutnya, diuji sensor TF-Mini LiDAR untuk mendeteksi objek dengan bahan permukaan yang berbeda. Bahan permukaan yang digunakan adalah plastik, besi, kayu, kertas, serta kaca. Variasi jarak objek yang diberikan yakni 1 m, 2 m, dan 3 m. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali setiap jarak, lalu dihitung rata-ratanya. Hasil pengujian pengukuran jarak terhadap objek dengan beda bahan permukaan ditunjukkan pada Tabel V.

Berdasarkan data pengujian yang ditunjukkan pada Tabel V, sensor TF-Mini LiDAR dapat membaca jarak dengan nilai error yang kecil pada bahan besi, dengan persentase error sebesar 3,22%, kemudian disusul bahan kayu, kertas, plastik, kemudian kaca. Dapat diketahui pula bahwa objek berbahan



Gbr. 9 Grafik perbandingan jarak sebenarnya terhadap jarak pada sensor untuk berbagai objek dengan beda bahan permukaan.

TABEL V  
RATA-RATA HASIL PENGUJIAN SENSOR TF-MINI LiDAR UNTUK PENGUKURAN JARAK TERHADAP BEDA BAHAN PERMUKAAN

Bahan	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak pada Sensor (cm)	Signal Strength	Error (%)
Plastik	100	98	234	2,00
	200	215	560	7,50
	300	326	359	8,67
	Rata-rata error (%)			6,06
Besi	100	98	270	2,00
	200	202	502	1,00
	300	320	921	6,67
	Rata-rata error (%)			3,22
Kayu	100	100	320	0,00
	200	214	645	7,00
	300	320	310	6,67
	Rata-rata error (%)			4,56
Kertas	100	100	280	0,00
	200	215	463	7,50
	300	325	245	8,33
	Rata-rata error (%)			5,28
Kaca	100	115	222	15,00
	200	219	416	9,50
	300	331	117	10,33
	Rata-rata error (%)			11,61

besi memiliki sinyal pantulan paling kuat, sedangkan objek berbahan kaca memiliki sinyal pantulan yang paling lemah. Grafik perbandingan jarak pengukuran terhadap jarak pembacaan sensor dari beda bahan yang dideteksi ditunjukkan pada Gbr. 9.

IV. KESIMPULAN

Terdapat kemungkinan bahwa kinerja komponen LiDAR kurang sesuai dengan spesifikasi data teknis yang dituliskan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian komponen terlebih dahulu sebelum dilakukan perancangan suatu sistem. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian salah satu jenis sensor LiDAR tipe TF-Mini LiDAR yang digunakan pada pengukuran jarak secara digital, sehingga dapat diketahui kinerja serta karakteristiknya.

Kinerja sensor TF-Mini LiDAR untuk pengukuran jarak memiliki akurasi yang berbeda ketika diuji dengan variasi

jarak, warna, sudut kemiringan, serta bahan permukaan dari objek yang dideteksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kinerja sensor TF-Mini LiDAR memiliki tingkat akurasi 3,17% pada rentang 0,3 m sampai 6 m serta 3,27% pada rentang 6 m sampai 12 m, dengan jarak pembacaan maksimal hingga 10 m. Jika dibandingkan dengan *datasheet* (Tabel I), hasil tersebut tidak sesuai dengan spesifikasi. Terkait warna objek, warna biru merupakan warna dengan pembacaan paling baik, dengan *error* sebesar 2,78%. Terkait kemiringan objek datar pada sudut 10° sampai 80° (kuadran 1), jarak yang terbaca akan melebihi jarak sebenarnya seiring bertambahnya sudut kemiringan objek. Pada sudut 100° sampai 170° (kuadran 2), terjadi sebaliknya. Untuk jenis bahan, besi merupakan bahan dengan pembacaan paling baik, dengan *error* sebesar 3,22%. Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa agar akurasi sensor TF-Mini LiDAR dalam membaca jarak dapat maksimal, dengan nilai *error* yang kecil, objek yang dideteksi harus berada pada rentang jarak 0,5 m hingga 10 m dan memiliki warna atau bahan yang tidak menyerap cahaya. Selain itu, posisi objek yang dideteksi harus lurus, yaitu mendekati 0° atau 180°.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam penelitian ini. Data-data yang ditampilkan objektif sesuai dengan kondisi sebenarnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika dan Informatika S2, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah memberikan dukungan ilmu dalam melaksanakan penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan penelitian ini. Tidak lupa diucapkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan dan memberi motivasi kepada penulis sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

REFERENSI

- [1] (2021) "Kemajuan Teknologi Menciptakan Tantangan Baru." [Online], <https://kilaskementerian.kontan.co.id/news/kemajuan-teknologi-menciptakan-tantangan-baru-1/>, tanggal akses: 9-Des-2021.
- [2] F. Puspasari, dkk., "Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due untuk Sistem Monitoring Ketinggian," *J. Fis., Apl.*, Vol. 15, No. 2, hal. 36-39, Jun. 2019.
- [3] A.A. Olayinka, A.A. Oluwadamilare, dan A.F. Emmanuel, "Distance Measurement and Energy Conservation Using Arduino Nano and Ultrasonic Sensor," *Amer. J. Elect., Comput. Eng.*, Vol. 5, No. 2, hal. 40-44, Jul. 2021.
- [4] M. Jhonanda (2021) "Teknologi yang Tak Lekang oleh Waktu," [Online], <https://kumparan.com/marcellinojhonanda12/teknologi-yang-tak-lekang-oleh-waktu-1v1snGX7KYQ/full/>, tanggal akses: 14-Des-2021.
- [5] T.-H. Kim dan T.-H. Park, "Placement Optimization of Multiple Lidar Sensors for Autonomous Vehicles," *IEEE Trans. Intell. Transport. Syst.*, Vol. 21, No. 5, hal. 2139-2145, Mei 2020.
- [6] E.E. Prasetyo dan W.F. Arum, "Analisis Perbandingan Kinerja Brushless Motor Menggunakan Metode Eksperimen," *J. Nas. Tek. Elekt., Teknol. Inf.*, Vol. 10, No. 1, hal. 71-76, Feb. 2021.
- [7] P. Denysyuk, V. Teslyuk, dan I. Chorna, "Development of Mobile Robot Using LIDAR Technology Based on Arduino Controller," *2018 XIV-th*

- Int. Conf. Perspect. Technol., Methods in MEMS Des. (MEMSTECH)*, 2018, hal. 240-244.
- [8] J. Liu, Q. Sun, Z. Fan, dan Y. Jia, "TOF Lidar Development in Autonomous Vehicle," *2018 IEEE 3rd Optoelectron. Glob. Conf. (OGC)*, 2018, hal. 185-190.
- [9] I. Sunandar dan D. Syarifudin, "LiDAR: Penginderaan Jauh Sensor Aktif dan Aplikasinya di Bidang Kehutanan," *J. Planologi Unpas*, Vol. 1, No. 2, hal. 145–154, Jul. 2014.
- [10] M. Nurcholis, I.Q. Himawan, S.I. Wijayanti, dan A. Darmaristianti, "Tropical Vegetation and Land Cover Mapping Using LiDAR," *Planta Tropika: J. Agro Sci.*, Vol. 7, No. 1, hal. 8–18, Feb. 2019.
- [11] S.A. Alamsyah dan M. Rivai, "Implementasi Lidar sebagai Kontrol Ketinggian Quadcopter," *J. Tek. ITS*, Vol. 8, No. 2, hal. A109–114, Jul. 2019.
- [12] S.S. Bolbhat, dkk., "Intelligent Obstacle Avoiding AGV Using Vector Field Histogram and Supervisory Control," *J. Phys.: Conf. Ser.*, Vol. 1716, hal. 1-11, Des. 2020.
- [13] R. Soleman dan D.R. Pratama, "Rancang Bangun Alat Penentu Kapasitas AC pada Ruang Persegi dengan Sensor TF Mini Lidar Berbasis Arduino Uno," *Sinusoida*, Vol. 22, No. 3, hal. 86–92, Jul. 2020.
- [14] D. Dermawan, P. Setiawan, A. Basukesti, dan R.N. Muhammad, "Rancang Bangun Visual Docking Guidance System (VDGS) sebagai Pendeteksi Arah Gerak Longitudinal Pesawat pada Sistem Parkir Pesawat Terbang," *J. Aviat. Electron. Inf. Technol. Telecommun. Elect., Controls (AVITEC)*, Vol. 3, No. 2 hal. 167–179, Agu. 2021.
- [15] H. Rasyid, *Penilaian Hasil Belajar*. Bandung, Indonesia: CV Wacana Prima, 2008.
- [16] A. Arkundato, *Alat Ukur dan Metode Pengukuran*, 1st ed., Tangerang Selatan, Indonesia: Universitas Terbuka, 2007.
- [17] M. Abdullah, *Fisika Dasar 1*, Bandung, Indonesia: ITB Press, 2016.
- [18] "TF Mini LiDAR Module Datasheet," Benewake, Beijing, China.