

RANCANG BANGUN PEMINDAI 3 DIMENSI RESOLUSI TINGGI PADA OBJEK JARAK MENGGUNAKAN LIDAR

DESIGN AND BUILD HIGH RESOLUTION 3D SCANNER ON NEAR OBJECT USING LIDAR

Achmad Raihan Zain¹, Husneni Mukhtar², Yusuf Nur Wijayanto³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

raihanzainn@student.telkomuniversity.ac.id¹, husnenimukhtar@telkomuniversity.ac.id²,

yusufnwijayanto@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Seiring kemajuan teknologi terdapat berbagai macam-macam metode yang sudah dilakukan untuk merancang alat pemindai 3 dimensi (3D) namun dengan harga yang relatif mahal. Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan metode alternatif sebagai riset awal menggunakan Sensor Lidar untuk memindai objek jarak dekat. Proses pada sistem alat menggunakan *time of flight*. Metode tersebut digunakan untuk menentukan permukaan luar objek yang digunakan pada proses pemindaian.

Tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah untuk merancang pemindai 3D menggunakan sensor VL53L0X yang dilengkapi dengan sistem mekanik dan motor. Serta memperoleh sistem 3D scanner dengan *output error* kurang dari 20%. Setelah melakukan proses pemindaian, hasil dengan gerak motor z per 4 cm/step memiliki *error* terendah dengan rentang *error* 0% sampai dengan 1.67%. Objek yang memiliki hasil 3D plot yang lebih bagus adalah pipa, karena bentuk dari pipa memiliki bentuk yang cembung sehingga lebih mudah untuk ditangkap oleh sensor.

Alat yang dirancang diharapkan dapat membantu pihak yang ingin melakukan pemindaian dengan metode yang berbeda dan data tersebut dapat dijadikan bahan reploting. Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai riset awal dalam dunia teknologi untuk memperoleh data 3D dengan harga yang ekonomis.

Kata Kunci : *3D Scanner, Sensor Lidar, Time of Flight*

Abstract

As technology advances, various methods have been carried out to design 3-dimensional scanners but at relatively expensive prices. In this final project, an alternative method will be used as initial research using the Lidar Sensor to scan objects at close range. The process in the tool system uses time of flight. This method is used to determine the outer surface of the object used in the scanning process.

The purpose of this final project is to design a 3-dimensional scanner using a VL53L0X sensor equipped with a mechanical and motor system. As well as obtaining a 3D scanner system with an output error of less than 20%. After doing the scanning process, the results with motor motion per 4 cm/step have the lowest error with an error range 0% to 1.67%. Objects that have better 3D plot results are pipes because the shape of the pipe has a convex shape so that it is easier to be captured by the sensor.

The tool designed is expected to help those who want to scan with a different method and the data can be used as replotting material. This research is expected to be used as the first and prime research in the world of technology to obtain 3-dimensional data at lower and economical prices.

Keywords: *3D Scanner, Sensor Lidar, Time of Flight*

1. Pendahuluan

Transformasi teknologi terus berkembang dengan dinamis. Sebagai contoh 3D scanner. Berbagai metode sudah digunakan untuk membuat 3D scanner namun membutuhkan biaya yang mahal.

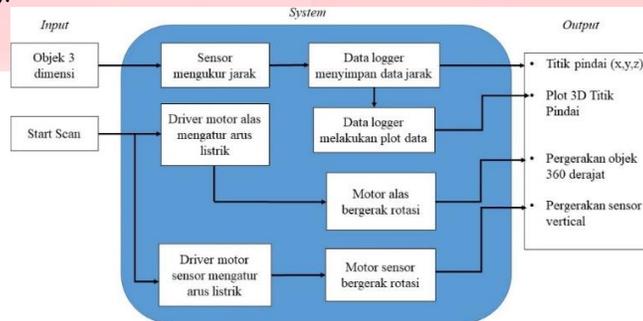
Pada penelitian sebelumnya terdapat rancangan alat yang menghasilkan *output* data 3D untuk dijadikan bentuk data pemrosesan pada pemahatan. Proses sistem berawal dari bentuk objek yang pada penelitian tersebut digunakan objek letter (huruf) setelah itu Sensor Kinect akan langsung memproses dan membentuk data geometri 3D yang menjadi titik koordinat 3D [1]. Namun, harga dari sensor yang digunakan pada penelitian tersebut cukup mahal.

Pada penelitian ini, metode Lidar akan digunakan untuk mendapatkan rekonstruksi sebuah objek dengan hasil dalam bentuk 3D. Sensor Lidar yang akan digunakan adalah sensor *non imagery* jenis *laser ranging* (VL53L0X) menggunakan mikrokontroler sebagai pengendali dan penyimpanan data saat pemindaian. Fungsi dari digunakannya sensor ini hanya untuk memberikan satu jenis besaran yang akan dikembangkan dalam membangun sistem yang lebih signifikan berdasarkan hasil akurasi pemindaian. Sudah ada beberapa bentuk geometri 3D yang diuji pada *prototype* sistem yaitu dalam bentuk silindris sehingga setelah pengujian didapatkan karakteristik sensor VL53L0X untuk implementasi dalam pengujian *scanner* 3D

2. Dasar Teori

2.1 Prinsip Kerja Alat

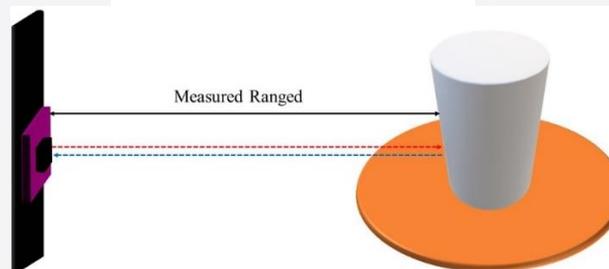
Alat *scanning* dengan menggunakan sensor VL53L0X ini berguna untuk menambah metode dalam dokumentasi sebuah objek dalam bentuk geometri 3D. Konsep dasar objek data 3D akan dilaksanakan menggunakan empat proses. Objek yang akan dipindai diletakkan ditengah alas lalu diletakkan tegak lurus dengan sensor (1), motor sumbu *x* dan *y* akan berputar 360 derajat (2), motor sumbu *z* akan bergerak vertikal (3), dan *output* berupa titik-titik (*dot*) dalam bentuk dimensi *x*, *y* dan *z* (4).



Gambar II- 1 Blok Fungsional Sistem 3D Scanner

2.2 Sensor Lidar

Lidar (*Light Detection and Ranging*) adalah bagian sebuah sistem penginderaan jarak yang cukup jauh menggunakan sensor aktif (menggunakan sumber cahaya sendiri, bukan dibantu dengan pantulan sinar matahari) dan bekerja dengan membandingkan karakteristik sinyal *transmitter* dan pantulan yang didapat (selisih waktu rambat pulsa, panjang gelombang, dan sudut pantulan) [2]. Pada pengambilan data dengan menggunakan teknologi Lidar, untuk pemindai laser diharuskan didasari pada perancangan konsep matematika yang teliti, dengan tujuan memenuhi persyaratan untuk mendapatkan nilai dengan presisi yang tinggi. Sedangkan untuk pemindai laser *terrestrial* kalibrasi dengan hasil yang teliti diperlukan meningkatkan kualitas permukaan objek yang berbentuk 3D geometris dari hasil proses akuisisi data [3]. Jarak yang terbaca oleh sensor menggunakan metode ToF (*Time of Flight*) itu adalah dua kali jarak sensor ke objek.



Gambar II- 2 Prinsip Kerja Sensor Lidar

2.3 Matriks Rotasi

Rotasi adalah sebuah pergerakan atau bentuk transformasi geometri untuk memindahkan objek dengan cara pemutaran. Untuk melakukan rotasi maka diperlukan titik pusat, besar sudut, dan arah sudut rotasi [4]. Untuk konsep arah perputaran ialah sudut positif akan bergerak berlawanan dengan arah jarum jam, sebaliknya untuk sudut negative akan bergerak searah dengan jarum jam. Pada penelitian ini, persamaan yang digunakan adalah:

$$x' = \cos(\theta) x - \sin(\theta) y \tag{2.5}$$

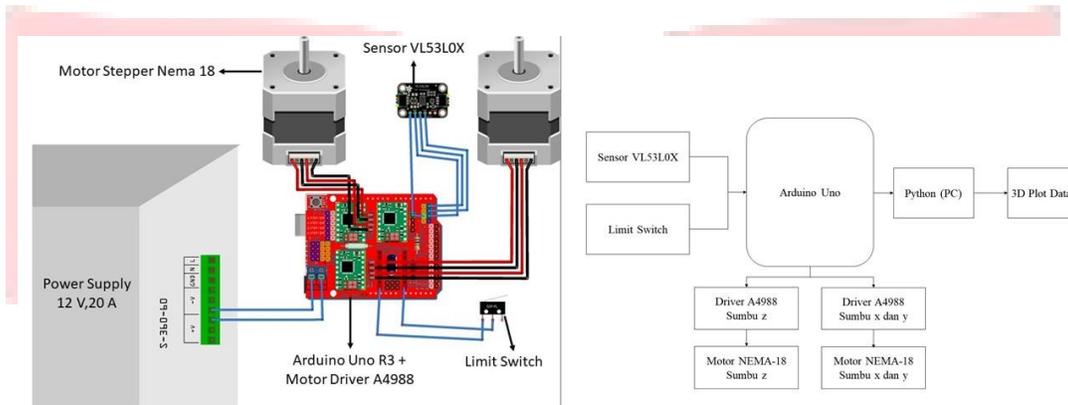
$$y' = \sin(\theta) x + \cos(\theta) y \tag{2.6}$$

Nilai θ merupakan nilai sudut saat sensor menangkap titik objek, nilai x adalah 0 (Karena saat proses scanning objek tidak berubah posisinya) dan nilai y adalah r yaitu dapat dihitung dengan jarak objek terbaca sensor – jarak sensor ke titik (0,0).

3. Perancangan Sistem

3.1 Desain Perangkat Keras dan Diagram Blok Fungsional Sistem

Rancangan alat ini akan menjelaskan desain perangkat keras yang digunakan. Pada Gambar III- 1 akan menghubungkan mikrokontroler, motor *stepper*, *limit switch*, *power supply* dan sensor. Berikut adalah desain perangkat keras untuk merancang pemindai 3D.

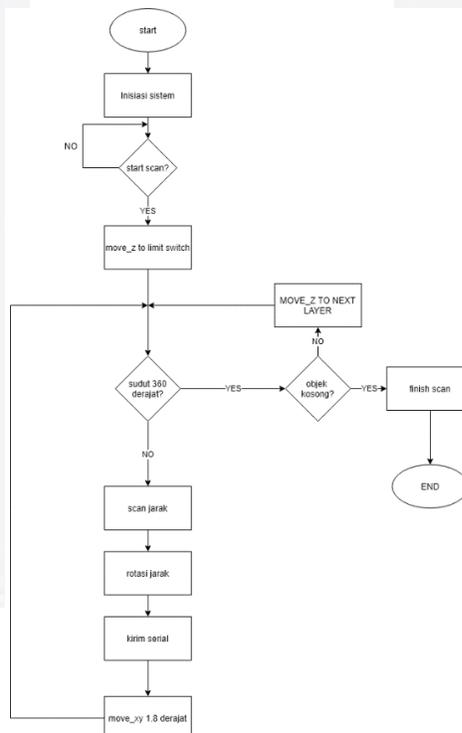


Gambar III- 1 Diagram Blok 3D Scanner

Tahap ini akan menjelaskan cara kerja dari blok diagram, yaitu pertama objek yang akan dipindai diletakkan di tengah *rotary table*. Sensor akan menghasilkan data yang berbentuk titik dari objek yang akan dipindai. Setelah mendapat data tersebut lalu dikirimkan ke Arduino Uno menggunakan metode *Inter Integrated Circuit (I2C)* sebagai metode transfer data, menggunakan I2C sangat memudahkan penelitian ini karena sudah berorientasi dengan *software*, oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan metode I2C untuk dijadikan metode transfer data dari sensor menuju mikrokontroler. Pada Arduino Uno, data yang diterima akan diproses menjadi perintah untuk menggerakkan motor yang ada pada sumbu z dan sumbu x,y. Motor yang akan bergerak pertama adalah motor yang ada pada sumbu x,y atau motor pada *rotary table*. Motor tersebut akan bergerak 360° terlebih dahulu untuk memindai pada posisi sumbu z pertama. Alat akan terus bekerja hingga sensor sudah tidak mendeteksi lebih dari 175 titik data pada satu layer.

3.2 Desain Perangkat Lunak

Untuk dapat menjelaskan proses kerja alat yang akan dirancang dan mempermudah untuk menyampaikan solusi pada penelitian ini, peneliti akan menjelaskan rangkaian proses dalam bentuk diagram alir (*flowchart*).



Gambar III- 2 Flowchart 3D Scanner

Proses dimulai saat objek diletakkan pada tengah piringan alas. Setelah itu buka *software* visual studio code untuk memulai proses *scanning*. Lalu, tekan tombol “run” untuk memulai *scanning*, setelah menekan tombol “run” diperlukan menekan tombol “enter” pada terminal visual studio code. Saat proses *scanning* dimulai, motor stepper sumbu z akan bergerak untuk menggerakkan sensor ke posisi layer paling bawah. Kemudian motor stepper x dan y akan bergerak 1,8° per step. Motor stepper x dan y akan bergerak 200 step per layer sehingga akan menghasilkan gerak 360°. Saat motor bergerak per step Sensor Lidar akan mengukur jarak objek. Data yang didapat saat rotasi akan dikirim ke *personal computer* dan diterima oleh program python dengan protokol komunikasi serial. Setelah alas bergerak 360° di layer pertama maka motor sumbu z akan naik ke layer selanjutnya. Proses *scanning* akan berlangsung hingga sensor sudah tidak mendeteksi lebih dari 175 titik data. Sensor tidak akan mendeteksi objek saat sensor menangkap jarak lebih dari titik y (jarak sensor ke objek) ditambah jari- jari *rotary table*, jika sensor menangkap jarak seperti kondisi itu maka objek dikatakan tidak terdeteksi dan proses *scanning* akan berhenti.

4. Hasil dan Analisis

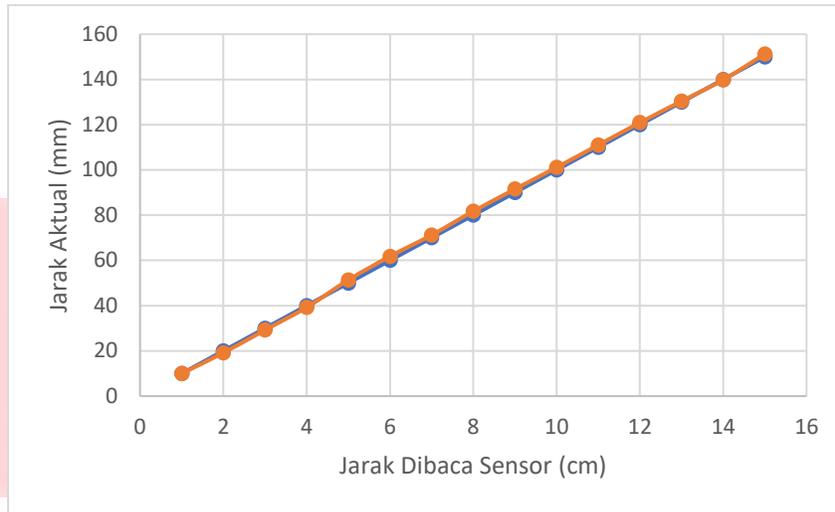
Tahap ini akan membahas hasil dari pengujian yang dilakukan dan menganalisis data yang di dapat dengan membandingkan dimensi objek sesungguhnya dengan dimensi 3D plot.

4.1 Kalibrasi Sensor VL53L0X

Kalibrasi ini dilakukan untuk memastikan sensor yang digunakan memiliki akurasi yang tidak jauh berbeda dari jarak yang diukur menggunakan alat ukur konvensional. Karena yang diukur adalah jarak, maka alat ukur yang digunakan penggaris. Setelah melakukan proses kalibrasi yang sudah dijelaskan, maka lakukan proses linearisasi dengan memanfaatkan *software* microsoft excel. Perhitungan kalibrasi sekarang menggunakan beberapa macam jarak. Berikut data perhitungan jarak yang dilakukan.

Tabel IV- 1 Kalibrasi Sensor VL53L0X

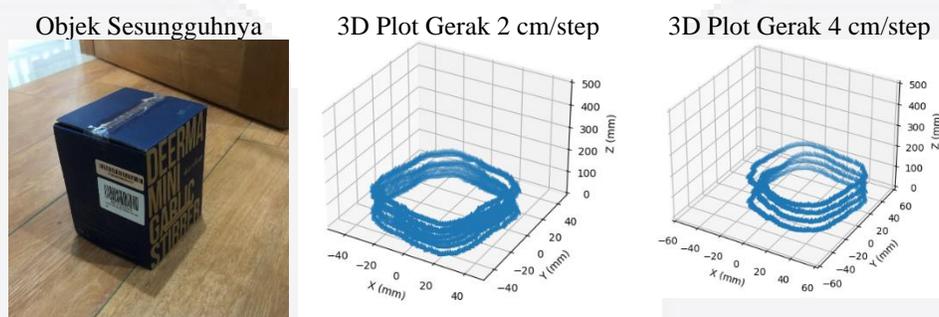
Jarak (mm)	Jarak Bacaan Sensor (mm)	Setelah Kalibrasi (mm)	Error
10	42,4	10,01	0%
20	48,2	19,14	1%
30	60,6	29,24	3%
40	67,7	39,25	2%
50	83,4	51,34	2%
60	91,4	61,8	3%
70	102,2	71,21	2%
80	111	81,71	2%
90	121,4	91,51	2%
100	132,2	101,12	2%
110	140,8	111,01	1%
120	132,2	120,92	1%
130	151,6	130,43	1%
140	165,2	139,8	0%
150	179,5	151,24	2%



Gambar IV- 1 Perbandingan Jarak Aktual Dengan Jarak Sensor Terkalibrasi

4.3 Pengujian *Scanning Box Biru*

Pengujian akan dilakukan menggunakan 3 macam gerak sumbu z. Pergerakan sumbu z yang digunakan adalah 1 cm/step, 2 cm/step dan 4 cm/step. Setelah dilakukan *scanning*, didapat *output* 3D plot. Data tersebut akan digunakan untuk *reploting* dan dianalisis jarak dari masing-masing sisi plot-nya. Setelah dilakukan *scanning*, di dapat *output* 3D plot yang akan dibandingkan dengan objek sesungguhnya.



Gambar IV- 2 Perbandingan *Box Biru* Posisi *Default*

Data akan dianalisis dengan cara membandingkan dimensi dari objek sesungguhnya dengan dimensi 3D plot menggunakan nilai *x*.

Tabel IV- 2 Analisis Dimensi *x* *Box Biru* Gerak 2 cm/step

Ketinggian Step Sensor (cm)	Panjang x Objek (cm)	Panjang x Sensor (cm)	Error
0	10	7.82	21.80%
2	10	7.355	26.45%
4	10	7.479	25.21%
6	10	7.613	23.87%
8	10	7.395	26.05%
10	10	7.82	24.80%
12	10	7.355	26.45%

Rata Rata Pengukuran	7.55±0.19	
	Rentang Error	21.80%-26.45%

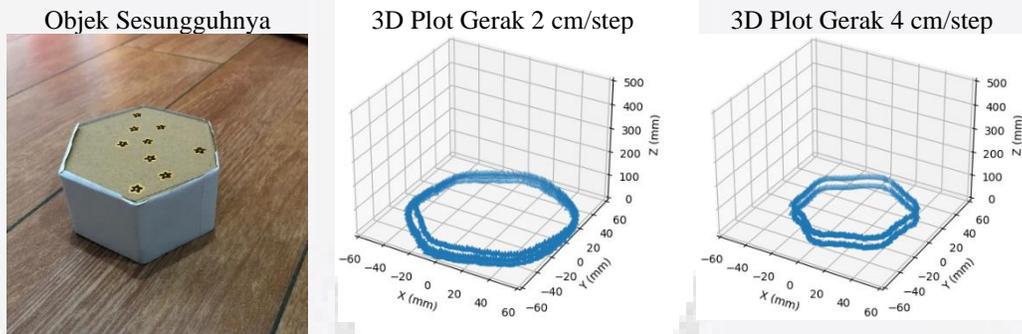
Tabel IV- 3 Analisis Dimensi x Box Biru Gerak 4 cm/step

Ketinggian Step Sensor (cm)	Panjang x Objek (cm)	Panjang x Sensor (cm)	Error
0	10	8.202	17.98%
4	10	7.925	20.75%
8	10	7.626	23.74%
12	10	8.385	16.15%
Rata Rata Pengukuran		8.03±0.28	
		Rentang Error	16.15%-23.74%

Setelah dilakukan pengujian *scanning* menggunakan tiga macam gerak sumbu z, rentang *error* tertinggi ada pada pengujian dengan gerak motor sumbu z 1 cm/step dengan nilai rentang *error* 22,20% - 25,57%.

4.4 Pengujian Scanning Box Segi Enam

Sampel kedua yang dijadikan objek adalah *box* segi enam. Proses pengujian akan dilakukan dengan dua macam gerak motor z. Pergerakkan motor z yang digunakan adalah 2 cm/step dan 4 cm/step. Data 3D plot akan dianalisis menggunakan tiga metode dan data tersebut juga akan digunakan sebagai file *reploting*. Hasil *scanning* atau 3D plot akan dibandingkan dengan dimensi objek sesungguhnya.



Gambar IV- 3 Perbandingan Box Segi Enam Posisi Default

Data 3D plot yang dihasilkan akan dibandingkan dengan dimensi objek sesungguhnya menggunakan dimensi dari sumbu x.

Tabel IV- 4 Analisis Dimensi x Box Segi Enam Gerak 2 cm/step

Ketinggian Step Sensor (cm)	Panjang x Objek (cm)	Panjang x Sensor (cm)	Error
0	9	10.986	22.07%
2	9	10.95	21.95%
4	9	10.657	18.41%

Rata Rata Pengukuran	10.86±0.14	
	Rentang Error	18.41%-22.07%

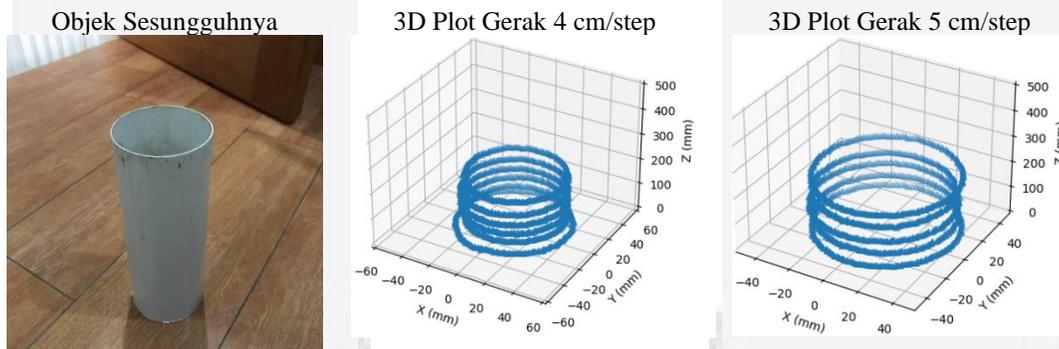
Tabel IV- 5 Dimensi x Box Segi Enam Gerak 4 cm/step

Ketinggian Step Sensor (cm)	Panjang x Objek (cm)	Panjang x Sensor (cm)	Error
0	9	7.849	12.79%
4	9	7.826	13.04%
Rata Rata Pengukuran		7.84±0.01	
		Rentang Error	12.79%-13.04%

Setelah dilakukan perhitungan dari data 3D plot, nilai rentang *error* tertinggi terdapat pada pengujian dengan gerak step 2 cm/step. Dengan nilai rentang *error* yang tinggi dihasilkan pada pengujian dengan gerak sumbu z dibawah 4 cm/step, maka dari itu pengujian pada objek pipa akan ditambah pengujian-nya dengan gerak 5 cm/step dan 6 cm/step.

4.5 Pengujian Scanning Pipa

Sampel ketiga yang digunakan sebagai objek *scanning* adalah pipa. Pipa yang digunakan memiliki tinggi 20 cm dengan diameter 7,8 cm. Pengujian *scanning* untuk objek pipa akan menggunakan gerak motor z 1 cm/step, 4 cm/step, 5 cm/step dan 6 cm/step. Data akan dianalisis untuk menghasilkan diameter dari hasil 3D plot. *Output* 3D plot akan dibandingkan dengan dimensi objek sesungguhnya.



Gambar IV- 4 Perbandingan Pipa Posisi Default

Output 3D yang didapat akan dijadikan data perbandingan antara dimensi 3D plot dengan dimensi objek sesungguhnya. Perbandingan akan menggunakan dimensi nilai *x*.

Tabel IV- 6 Analisis Dimensi x Pipa Gerak 4 cm/step

Ketinggian Step Sensor (cm)	Panjang x Objek (cm)	Panjang x Sensor (cm)	Error
0	7.8	7.687	11.13%
4	7.8	6.8	12.82%

8	7.8	6.803	9.97%
12	7.8	6.96	10.77%
16	7.8	7.04	10.40%
20	7.8	6.8	12.82%
Rata Rata Pengukuran		7.015±0.31	
		Rentang Error	9.97%-12.82%

Tabel IV- 7 Analisis Dimensi x Pipa Gerak 5 cm/step

Ketinggian Step Sensor (cm)	Panjang x Objek (cm)	Panjang x Sensor (cm)	Error
0	7.8	7.9	2.33%
5	7.8	7.62	2.23%
10	7.8	7.74	0.77%
15	7.8	7.53	3.36%
20	7.8	7.95	2.38%
Rata Rata Pengukuran		7.74±0.16	
		Rentang Error	0.77%-3.36%

Setelah dilakukan pengujian menggunakan objek pipa dengan gerak sumbu z 1 cm/step sampai 6 cm/step, nilai *error* tertinggi terdapat pada pengujian menggunakan gerak sumbu z 1 cm/step dengan nilai rentang *error* 27,15% - 31,99%. Untuk nilai rentang *error* terendah terdapat pada pengujian menggunakan gerak 6 cm/step dengan nilai rentang *error* 0% - 1,67%. Oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan, untuk menghasilkan nilai *error* dibawah 20% maka pengujian *scanning* harus menggunakan gerak motor sumbu z diatas 4 cm/step.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari data yang ada pada hasil dan analisis adalah:

- Sistem pemindai 3D untuk objek dirancang menggunakan Sensor Lidar VL53L0X yang dilengkapi dengan dua motor stepper yang menggerakkan sistem mekanik pemindaian.
- Error* yang dapat diterima dari sistem 3D *scanner* berbasis Lidar ini diperoleh dari *scanning* dengan gerak step sumbu z minimal 4 cm/step atau lebih. Dengan nilai rentang *error* terbaik 0% - 1,67% menggunakan objek pipa.
- Bentuk objek yang memiliki lekukan akan menghasilkan *output* 3D plot dengan *error* yang besar.
- Material objek sangat berpengaruh dengan *output* 3D plot yang akan dihasilkan.

REFERENSI

- [1] R. T. Wahyuni, D. Purwanto, and T. A. Sardjono, "Aplikasi Rekonstruksi 3 Dimensi pada Proses Pemahatan Menggunakan CNC", *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 1, no. 2, pp. 180-190, October 2013.
- [2] A. Wehr and U. Lohr, "Airborne laser scanning - An introduction and overview," *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 1999, doi: 10.1016/S0924-2716(99)00011-8.
- [3] N. Pfeifer and C. Briese, "Laser scanning – principles and applications," pp. 1–20, 2014, doi: 10.3997/2214-4609.201403279.
- [4] M. hanafi, K. N. Wulandari, and R. Wulansari, "Transformasi Geometri Rotasi Berbantuan Software Geogebra," *Fibonacci J. Pendidik. Mat. dan Mat.*, vol. 3, no. 2, pp. 93–102, 2017.