

# PEMETAAN KONTUR MINIATUR BERBASIS ULTRASONIK

## *Miniature Contour Mapping based of Ultrasonic*

Rachmita Hasni.H<sup>1</sup>, Fiky Yosef Suratman<sup>2</sup>, Unang Sunarya<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>3</sup>Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[rachmita.hasni@gmail.com](mailto:rachmita.hasni@gmail.com), <sup>2</sup>[fysuratman@gmail.com](mailto:fysuratman@gmail.com), <sup>3</sup>[unangsunarya@telkomuniversity.ac.id](mailto:unangsunarya@telkomuniversity.ac.id)

### Abstrak

Pemetaan merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mendapatkan informasi berupa penggambaran bentuk-bentuk muka bumi. Penggambaran bentuk bentuk muka bumi tersebut dapat digambarkan melalui peta umum berwarna ataupun peta khusus seperti peta kontur. Namun untuk melakukan pemetaan dibutuhkan kumpulan data yang didapatkan dari pengukuran atau pengindraan (*sensing*) berupa sensor. Dalam penelitian tugas akhir ini penulis menggunakan sensor ultrasonik untuk melakukan pemetaan kontur pada sebuah miniatur. Jenis sensor ultrasonik yang digunakan yaitu ultrasonik SRF-05.

Dalam melakukan pemetaan, sensor ultrasonik terlebih dahulu mengukur jarak terhadap permukaan didalam sebuah miniatur, Sensor ultrasonik diletakkan pada bagian atas miniatur dan akan bergerak secara arah horizontal terhadap sumbu x dan y secara otomatis. Dalam setiap posisi pergerakannya, sensor akan mentransmisikan sinyal gelombang dan sinyal pantulan yang diterima. Sinyal pantulan yang didapatkan diubah menjadi nilai jarak terlebih dahulu, dan kemudian diproses oleh raspberry pi, kemudian hasil yang diperoleh akan ditampilkan *Graphical User Interfae* (GUI) dalam bentuk peta kontur. Sistem yang akan didesain ini merupakan langkah awal untuk mendesain atau melakukan penelitian tentang sonar.

Sebagai hasil dari penelitian ini tercipta grafik peta kontur yang didapatkan dari 3 area yaitu, area tanpa benda, area 2 benda, dan area heterogen dengan posisi ultrasonik vertikal dan horizontal dan waktu yang dibutuhkan 7 - 8 menit untuk sekali scanning. dari hasil pengujian didapatkan nilai akurasi untuk area tanpa benda dengan posisi ultrasonik horizontal adalah 0,0061728395, Untuk area 2 benda dengan posisi ultrasonik vertikal adalah 0,0935672515 dan untuk area heterogen dengan posisi ultrasonic horizontal adalah 0,1296296296.

**Kata Kunci :** *ultrasonik, pemetaan, GUI*

### Abstract

Mapping is one way that is used to get the information to describe the shape of face of the earth. It can be illustrated through a general map of color or a special map such as a contour map. However, to do the mapping, we need collections of data obtained from measurement or sensing.. In this research the author used ultrasonic sensors to do contour mapping on a miniature. The type of ultrasonic sensor used is the SRF-05 ultrasonic.

In mapping, firstly ultrasonic's sensor measures the distance of the surface in a miniature, the ultrasonic sensor is placed on the top of the miniature and will move horizontally towards the x and y axes automatically. In each movement position, the sensor will transmit the wave signal and the reflected signal received. The reflected signal obtained is converted into a distance value first, and then processed by raspberry pi, then the results obtained will be displayed *Graphical User Interfae* (GUI) in the form of contour maps. The system that will be designed is the first step to designing or conducting research on sonar.

As the result of this research, a contour map was obtained from 3 areas, namely without object area, 2 objects area, and heterogeneous area with vertical and horizontal ultrasonic positions and the time needed 7 - 8 minutes for a single scan. From the test results obtained the accuracy value for areas without object with horizontal ultrasonic position is 0.0061728395, for 2 objects areas with vertical ultrasonic positions are 0.0935672515 and for heterogeneous areas with horizontal ultrasonic position is 0.1296296296.

**Keywords:** ultrasonic, mapping, GUI

### 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki keragaman bentuk muka bumi, baik daratan maupun dilautan. Bentuk-bentuk muka bumi di indonesia tidaklah rata, akan tetapi bervariasi baik itu berupa dataran, dataran tinggi, dataran rendah, bukit, gunung ataupun lembah.

Penggambaran bentuk bentuk muka bumi tersebut dapat digambarkan melalui peta umum berwarna ataupun peta khusus seperti peta kontur. Namun untuk melakukan pemetaan dibutuhkan kumpulan data yang didapatkan dari pengukuran atau pengindraan (*sensing*) berupa sensor, salah satu sensor yang digunakan untuk pengukuran pemetaan pada umumnya adalah radar dan sonar[1]. Radar dan sonar merupakan teknik yang digunakan untuk menentukan posisi (jarak) dan navigasi dengan menggunakan gelombang elektromagnetik dan suara (akustik).

Dalam perkembangan teknologi ini berkembang pula jenis sensor yang hampir memiliki fungsi dan cara kerja yang sama yaitu ultrasonik. Sensor ultrasonik bekerja dengan cara memancarkan sinyal yang kemudian sinyal tersebut akan dipantulkan oleh objek terdekatnya[2].

Pada tugas akhir ini dilakukan penelitian tentang pemetaan kontur pada sebuah miniatur dengan menggunakan sensor ultrasonik. Untuk mengukur jarak, Sensor ultrasonik akan bergerak dengan arah horizontal terhadap sumbu x dan y dari atas miniatur secara otomatis. Dalam setiap posisi pergerakannya, sensor akan mentransmisikan sinyal trigger dan diterima oleh echo. Hasil pengukuran yang didapatkan akan ditampilkan pada GUI dalam bentuk kontur secara realtime. Sistem yang akan didesain ini merupakan langkah awal untuk mendesain atau melakukan penelitian tentang sonar. Penggunaan sensor ultrasonik pada penelitian ini sebagai penyederhanaan dan mempermudah sistem yang sudah ada pada saat ini, Dan kedepannya diharapkan penelitian ini dapat dikembangkan untuk didalam air dan menggunakan sonar.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Pemetaan Digital

Peta merupakan gambaran permukaan bumi dengan skala tertentu, digambar pada bidang datar melalui sistem proyeksi tertentu. Pemetaan merupakan cara yang digunakan untuk mendapatkan informasi dari suatu titik pada suatu tempat[2]

Pemetaan digital (juga disebut kartografi digital) adalah proses dimana suatu kumpulan data dikompilasi dan diformat menjadi gambar digital. Fungsi utama dari teknologi ini adalah untuk menghasilkan peta yang representasi akurat dari daerah tertentu, merinci jalan utama dan tempat menarik lainnya. Teknologi ini juga memungkinkan untuk perhitungan jarak dari satu tempat ke tempat lain.

#### 2.1.1. Peta Kontur

Peta kontur adalah peta yang menggambarkan ketinggian suatu tempat bentuk lereng baik itu cekung, cembung ataupun seragam dengan menggunakan garis kontur. Garis kontur adalah garis khayal yang menghubungkan titik titik yang mempunyai ketinggian sama pada dipermukaan bumi. Garis kontur tersebut memberi informasi tentang relief bumi secara absolute maupun relatif. Garis kontur secara relatif secara relief memberi gambaran mengenai kondisi relief bumi dengan menggunakan garis kontur. Sedangkan garis kontur secara absolute memberikan ketinggian yang diukur dari bidang permukaan laut rata-rata.[3]

## 2.2. Ultrasonik

Ultrasonik

### 2.2.1. Suara Ultrasonik

Ultrasonik adalah suara yang berada dalam daerah frekuensi ultrasound (suara dengan daerah frekuensi diatas frekuensi pendengaran manusia) dan biasanya berkisar antara 20KHz dan 600MHz. karena ultrasonik memiliki frekuensi yang cukup tinggi, maka, gelombang ultrasonik memiliki panjang gelombang yang pendek.

Rumus cepat rambat bunyi :

$$c = \lambda \cdot f \quad (2.1)$$

Sehingga rumus cepat rambat gelombang :

$$\lambda = c/f \quad (2.2)$$

dimana :

c = kecepatan suara di udara [ $\text{ms}^{-1}$ ] (340 m/s)

f = frekuensi ultrasonik yang digunakan [Hz]

sehingga dari persamaan diatas, dapat diperoleh panjang gelombang ultrasonik berkisar antara 17 nm (untuk 20KHz) hingga sekitar 576 nm(untuk 600MHz).

#### 2.2.2. Sensor Jarak (Ultrasonik) SRF05

Sensor SRF05 merupakan sensor pengukur jarak yang menggunakan gelombang ultrasonik dan menghasilkan gelombang dengan frekuensi 40KHz.

Sensor ini berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan pengontrol gelombang ultrasonik. Alat ini bisa digunakan untuk mengukur jarak benda dari 2cm - 4m. Sensor ini memiliki pin Vcc, Gnd, Trigger, dan Echo. Pin Vcc untuk listrik positif dan Gnd untuk ground-nya. Pin Trigger untuk keluarnya sinyal dari sensor dan pin Echo untuk menangkap sinyal pantul dari benda[7].

#### 2.2.3. Prinsip Kerja dan Pengukuran Jarak SRF05

SRF05 memiliki 2 komponen utama sebagai penyusunnya yaitu transmitter dan receiver. Prinsip pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik adalah Pemancar (transmitter) mengirimkan gelombang ultrasonik, lalu diukur waktu yang dibutuhkan hingga datangnya pantulan dari obyek dan ditangkap oleh receiver

(echo). Waktu tempuh gelombang ultrasonik dari pemancar hingga sampai ke penerima sebanding dengan 2 kali jarak antara sensor dan bidang pantul.

Karena kecepatan bunyi adalah 340 m/s, maka rumus mencari jarak berdasarkan ultrasonic adalah :

$$S=340.t/2 \quad (2.3)$$

$$S = \frac{340 \left( \frac{100}{1000000} \right) \cdot t}{2}$$

$$S = \frac{0.034 \cdot t}{2}$$

Karena lamanya waktu pantulan ini sebanding dengan dua kali jarak sensor dengan obyek, sehingga cepat rambat bunyi dikali waktu tempuh dibagi dua.

SRF05 dapat mengukur jarak benda benda dari 2 cm – 4m dengan akurasi 3 mm, dengan demikian untuk menghitung jarak yang hanya maksimal 4 m maka rumus mencari jarak diatas harus disesuaikan satuannya.

Mikrokontroler bisa bekerja pada order microsecond ( $1s = 1.000.000 \mu s$ ) dan satuan jarak dapat diubah ke satuan cm ( $1 m = 100 cm$ ). untuk itu rumus diatas dapat diubah menjadi :

(2.4)

Dimana :

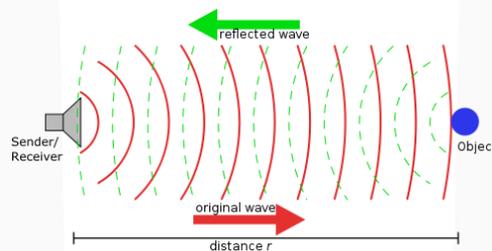
s = Jarak antara sensor dengan objek (cm)

t = Waktu tempuh gelombang ultrasonik dari transmitter ke receiver (s)

#### 2.3.4. Karakteristik Gelombang Ultrasonik

Gelombang suara merambat bergantung kepada vibrasi-vibrasi atau gerakan dari partikel-partikel didalam suatu material, hal ini dikarenakan massa-massa dari partikel atom dari setiap material berbeda-beda.

Gelombang ultrasonik dapat digambarkan sebagai kumpulan osilasi dengan jumlah yang tidak terbatas atau partikel-partikel yang terhubung secara elastis. Setiap partikel saling dipengaruhi oleh pergerakan partikel lain disebelahnya dan masing-masing kelembaman atau elastis akan mengembalikan gaya pada setiap partikelnya. Kecepatan ultrasonik ini akan sangat bergantung pada medium perambatannya dan akan berbeda pada medium yang berbeda[9].



Gambar 2. Diagram Blok sistem

#### 2.3. Matplotlib

Matplotlib adalah library plotting Python 2D yang menghasilkan gambar publikasi dapat berupa plot, histogram, power spectra, grafik batang, grafik error, scatterplot, dll. Matplotlib dapat digunakan di dalam script Python, shell Python dan ipython, matlab, server aplikasi web, dan GUI. [8]

#### 2.4. Single Board Computer

Single Board Computer (SBC) adalah komputer yang lengkap dibangun pada papan sirkuit tunggal, berikut mikroprosesor, memori, input / output dan fungsi lain yang dibutuhkan pada sebuah komputer fungsional. Banyak jenis komputer portabel yang mengintegrasikan semua fungsi mereka ke sebuah papan sirkuit tunggal. Berbeda dengan komputer dekstop, SBC tidak bergantung pada port untuk terhubung ke suatu fungsi karena sudah adanya GPIO (*General Purpose Input Output*). SBC yang digunakan merupakan Raspberry Pi 3 Model B. SBC ini merupakan generasi ketiga dari Raspberry Pi, memiliki kapasitas 1GB RAM, Camera Interface (CSI), serta fitur lain yang mendukung kinerja yang dibutuhkan.

Penyimpanan data didesain tidak untuk menggunakan hard disk maupun solid-state drive, namun menggunakan Micro SD yaitu kartu memori yang dikembangkan oleh SD Card Association yang digunakan sebagai penyimpanan jangka panjang serta booting. Sistem operasi yang digunakan pada raspberry pi adalah Raspbian dengan bahasa pemrogramannya Python.

## 2.5. Motor Stepper Nema 17HS4401

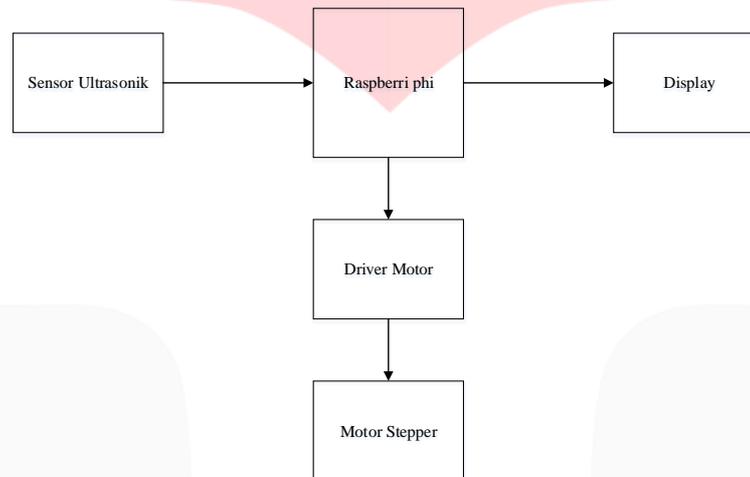
Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Prinsip kerja motor stepper mirip dengan motor DC, sama-sama dicatu dengan tegangan DC untuk memperoleh medan magnet. Bila motor DC memiliki magnet tetap pada stator, motor stepper mempunyai magnet tetap pada rotor. Adapun spesifikasi dari motor stepper adalah banyaknya fasa, besarnya nilai derajat per step, besarnya volt tegangan catu untuk setiap lilitan, dan besarnya arus yang dibutuhkan untuk setiap lilitan.[9]

## 3. Perancangan Sistem

Pada bab ini akan dibahas mengenai desain sistem yang meliputi diagram blok serta diagram alir sistem. Selain itu akan dibahas pula mengenai desain perangkat keras serta perangkat lunak.

### 3.1. Perancangan Umum Sistem

Perancangan pemetaan kontur miniatur ini meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*) dan realisasi dari sensor ultrasonik untuk melakukan pemetaan, seperti diagram blok berikut ini :



Gambar 3. Diagram Blok sistem

### 3.2. Perancangan Mekanik

Pada perancangan mekanik dibuat desain berbentuk kubus yang terbuka bagian atas dengan ukuran 60cm x 40 cm sebagai dasar sistem mekanik. Dibagian dalam diisi oleh miniatur yang dibentuk dari kardus sehingga akan terbentuk permukaan yang tinggi dan yang rendah. Pada bagian atas dirancang seperti mesin CNC agar dapat mengatur posisi ultrasonik sesuai pada sumbu x dan y.

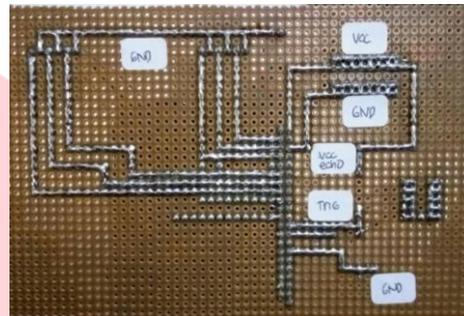
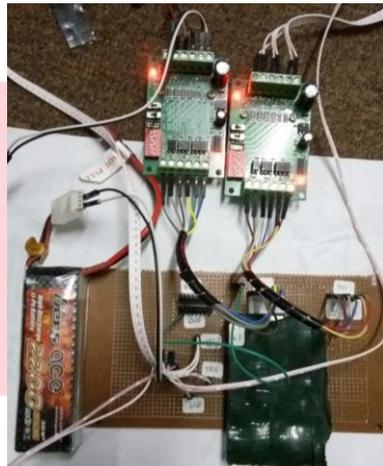


Gambar 4. Perancangan Mekanik

### 3.2. Perancangan Elektronika

Perancangan elektronika merupakan komponen komponen yang terintegrasi sehingga menjadi sistem yang diharapkan. Komponen – komponen tersebut adalah : Raspberri Pi 3 Model B, Sensor Ultrasonik SRF-05, Driver Motor Stepper TB6560, Motor Stepper nema 17.

Adapun keseluruhan komponen diatas dirangkai agar menjadi sistem elektronika yang dapat berjalan sesuai kebutuhan seperti gambar berikut ini.



Gambar 5. Perancangan Mekanik

### 3.3. Desain Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak ini digunakan untuk mendapatkan keluaran yang sesuai dari perangkat keras yang sudah dibuat agar sistem ini dapat bekerja sesuai dengan keinginan. Perancangan perangkat lunak ini akan membahas Bahasa pemrograman yang digunakan, *Graphical User Interface (GUI)* dan diagram alir sistem.

#### 3.3.1. Python

Raspberry pi dengan OS (*Operating System*) raspbian dan atau OS yang berbasis linux lainnya mendukung python sebagai Bahasa pemrograman utama. Untuk itu pada tugas akhir ini digunakan Bahasa pemrograman python.

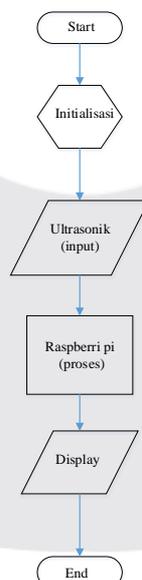
#### 3.3.2. Graphical User Interface (GUI)

GUI adalah tipe antarmuka yang digunakan oleh pengguna untuk berinteraksi dengan sistem operasi melalui gambar – gambar grafik, ikon, menu, dan menggunakan perangkat petunjuk. Pada sistem ini GUI dibutuhkan untuk menampilkan hasil berupa peta kontur. Sedangkan platform atau toolki GUI yang digunakan adalah PyQT

#### 3.3.3. PythonQT

PyQT merupakan sebuah multiplatform toolkit untuk membuat aplikasi GUI dengan QT library yang dapat dijalankan dibanyak operating sistem komputer yang di implementasikan sebagai plugin python.

#### 3.3.4. Diagram Alir Sistem



Gambar 6. Flowchart Sistem

#### 4. Pengujian Dan Analisis

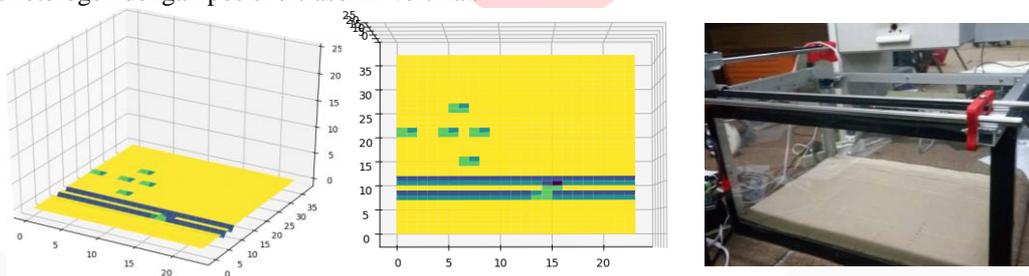
Adapun pengujian menjadi 3 area meliputi tanpa benda, 2 benda dan area heterogen. Pada pengujian dengan area datar atau tanpa benda miniatur diberi alas yang datar untuk discanning. Kemudian untuk pengujian kedua yaitu dengan memasukkan 2 benda yang saling berjauhan di dalam miniatur dan begitupula dengan area heterogen. Lalu ultrasonik akan digerakkan oleh motor stepper dengan posisi x dan bergerak sebanyak 24 step dan posisi y sebanyak 36 step, dimana jarak setiap satu step nya sebesar 1 cm.

Pengujian tersebut dilakukan sebanyak 3 kali pada setiap areanya kemudian masing-masing area juga dilakukan scanning dengan posisi ultrasonik vertikal dan horizontal, guna untuk di analisis posisi ultrasonik yang baik untuk pemetaan pada penelitian ini. Sehingga total pengambilan disetiap arenya dengan 2 posisi ultrasonik yaitu 6 kali pengujian.

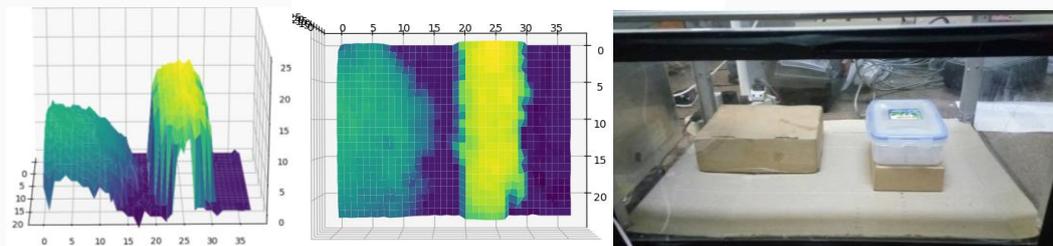
Untuk pengambilan data, sebelum pengujian tinggi dari ultrasonik sampai ke permukaan diukur manual terlebih dahulu menggunakan penggaris, kemudian nilai jarak yang sebenarnya akan dikurangi nilai jarak yang didapat oleh ultrasonik. Kemudian akan didapatkan rata data matriks  $24 \times 36$ .

##### 4.1. Grafik Hasil Scanning Posisi ultrasonik vertikal

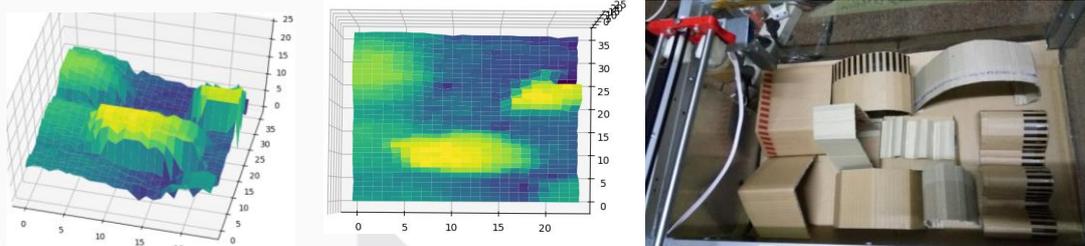
Berikut ini adalah salah satu grafik hasil scan dari pemetaan kontur dengan skenario area tanpa benda, 2 benda, dan area heterogen dengan posisi ultrasonik vertikal.



Gambar 7. Grafik area tanpa benda vertikal dan tampilan asli



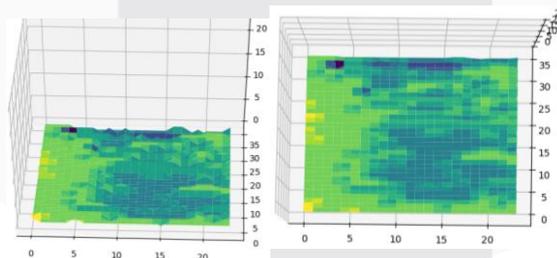
Gambar 8. Grafik area 2 benda vertikal dan tampilan asli



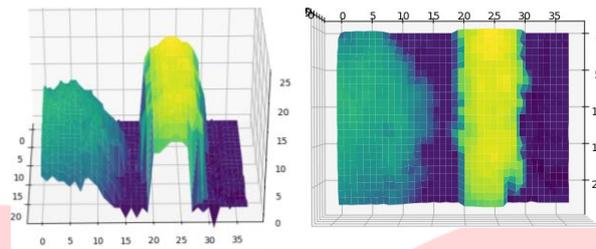
Gambar 9. Grafik area heterogen vertikal dan tampilan asli

##### 4.2. Grafik Hasil Scanning posisi ultrasonik horizontal

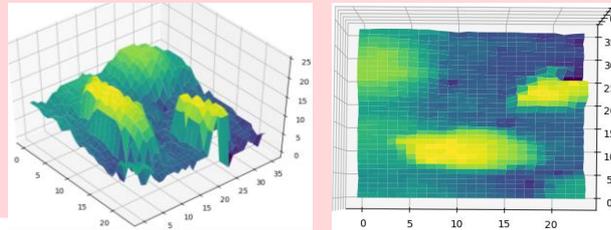
Berikut ini adalah salah satu grafik hasil scan dari pemetaan kontur dengan skenario area tanpa benda, 2 benda, dan area heterogen dengan posisi ultrasonik Horizontal.



Gambar 10. Grafik area tanpa benda horizontal



Gambar 11. Grafik area 2 benda horizontal



Gambar 12. Grafik area heterogen horizontal

#### 4.3. Akurasi

Area tanpa benda vertikal 1 = -0.201754385965  
 Area tanpa benda vertikal 2 = 0.10350877192982  
 Area tanpa benda vertikal 3 = 0.166666666667

Area tanpa benda Horizontal 1 = 0.00925925925926  
 Area tanpa benda Horizontal 2 = -0.00925925925926  
 Area tanpa benda Horizontal 3 = -0.0185185185185

Area 2 benda vertikal 1 = -0.140350877193  
 Area 2 benda vertikal 2 = 0.0964912280702  
 Area 2 benda vertikal 3 = 0.0438596491228

Area 2 benda Horizontal 1 = 0.271929824561  
 Area 2 benda Horizontal 2 = -0.280701754386  
 Area 2 benda Horizontal 3 = 0.00877192982456

Area heterogen vertikal 1 = 0.212962962963  
 Area heterogen vertikal 2 = -0.175925925926  
 Area heterogen vertikal 3 = -0.037037037037

Area heterogen benda Horizontal 1 = 0.166666666667  
 Area heterogen benda Horizontal 2 = -0.194444444444  
 Area heterogen benda Horizontal 3 = 0.0277777777778

dari data diatas dapat diartikan, nilai akurasi yang mendekati 0 merupakan grafik atau nilai yang paling bagus dari ketiga data pengujian untuk masing masing posisi ultrasonik.

#### 4.4. Akurasi keseluruhan

nilai akurasi yang didapatkan dari 3 kali pengujian disetiap sample tanpa benda dengan posisi ultrasonik vertikal adalah

- |   |  |
|---|--|
| a. Area tanpa benda vertikal = 0,1573099415 | b. Area tanpa benda horizontal = 0,0061728395. |
| a. Area tanpa benda vertikal = 0,0935672515 | b. Area tanpa benda horizontal = 0,1871345029. |
| a. Area tanpa benda vertikal = 0,1419753086 | b. Area tanpa benda horizontal = 0,1296296296. |

#### 4.5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah didapatkan dari pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Pemetaan Kontur Miniatur menggunakan sensor ultrasonik berhasil di terapkan dan menghasilkan grafik peta kontur.
  1. Dari hasil pengujian setiap area, tidak ada perbedaan yang signifikan dari kedua posisi ultrasonik vertikal maupun horizontal.
  2. Penggunaan Ultrasonik untuk scanning atau pengambilan data kurang bagus karena karakteristik beamwidth dari sinyal ultrasonic tersebut
  3. Pergerakan scanning tidak mulus atau masih belum stabil dikarenakan mekanik yang kurang memadai.
  4. waktu yang dibutuhkan untuk sekali scanning yaitu 7-8 menit

#### 4.6. Saran

Agar penelitian ini lebih baik serta dapat memperbaiki permasalahan yang ada pada saat ini, berikut beberapa saran untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya.

1. Ada baiknya menggunakan sensor dengan sinyal yang lurus seperti sensor infrared agar menghasilkan data yang lebih baik.
2. Perlu adanya perbaikan dan kerapihan pada mekanik alat agar pergerakan scanning semakin mulus.

**Daftar Pustaka**

- [1] Richard E. Blahut, dkk. 2012, "*Radar and Sonar, Bagian 1 Volume 32 dari The IMA Volumes in Mathematics and its Applications*". Springer New York.
- [2] Prasetya Santoso, Ricky. 2017. "*Perancangan Sistem Pemetaan Ruang Secara Dua Dimensi Menggunakan Sensor Ultrasonik*" dalam Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Vol. 1, No. 3.
- [3] Sukanti, Dwi, dkk. 2007. "*Geographi*". Jakarta. Ganeca Exact.
- [4] Muliawan, Agus, dkk. 2017. "*Desain Prototipe Sistem Pemetaan Dasar Sungai Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler ATmega328P*" dalam Jurnal Online Teknik Elektro e-ISSN: 2252-7036 Vol.2 No.3
- [5] Miftahul Fathan, Aulian. 2016. "*Desain Dan Implementasi Algoritma Mapping Menggunakan Sensor Ultrasonik Dan Kompas Pada Autonomous Quadrupe Robot*" dalam Jurnal e-Proceeding of Engineering : Vol.3
- [6] Fahim Ahmad, Shadman. 2016. "*Ultrasonic Sensor Based 3D Mapping & Localization*" dalam International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSSE) ISSN : 0975-3397 Vol. 8 No.4
- [7] Junaidi, Edi. 2015. "*Rancang Bangun Scanner 3d Menggunakan Sensor Ultrasonik Dengan Tampilan Realtime Berbasis Mikrokontroler*" dalam Fibusi (Jurnal Online Fisika) Vol. 3 No. 2
- [8] robot-electronics. SRF05 - Ultra-Sonic Ranger, (online), (<https://www.robot-electronics.co.uk/html/srf05tech.htm>, diakses tanggal 26 juli 2018)
- [9] Rahman, Yusuf. 2015. Gelombang Ultrasonik, (online) ,( [https://www.academia.edu/30239442/gelombang\\_ultrasonik/](https://www.academia.edu/30239442/gelombang_ultrasonik/), diakses tanggal 13 juli 2018)
- [10] Hunter, John. 2012. Matplotlib , (online), (<https://matplotlib.org/>, diakses tanggal 28 juli 2018).
- [11] Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi 3 Model B+, (online), (<https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf>, diakses tanggal 30 juli 2018).
- [12] MotionKing (China) Motor Industry. 2 Phase Hybrid Stepper Motor 8HY series-Size 20mm(1.8 degree), (online), [http://www.svaltera.ua/catalogs/knowledge-base/brands/motionking/8HY\\_Stepper\\_Motor\\_E.pdf](http://www.svaltera.ua/catalogs/knowledge-base/brands/motionking/8HY_Stepper_Motor_E.pdf), diakses tanggal 30 juli 2018).