

**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN 3D SCANNER  
MAPPING SYSTEM BERBASIS LIGHT DETECTION  
AND RANGING (LiDAR) DENGAN ARDUINO UNO  
GUNA MENDUKUNG PEMETAAN 3D PADA RUANG  
TERTUTUP**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Sarjana S-1  
Program Studi Fisika



Diajukan Oleh:

Ulung Markho Mayzebe

18106020049

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI FISIKA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**

**YOGYAKARTA**

**2023**



## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2270/Un.02/DST/PP.00.9/08/2023

Tugas Akhir dengan judul : Rancang Bangun dan Pengujian 3D Scanner Mapping System Berbasis Light Detection and Ranging (LiDAR) dengan Arduino UNO Guna Mendukung Pemetaan 3D Pada Ruang Tertutup

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ULUNG MARKHO MAYZEBE  
Nomor Induk Mahasiswa : 18106020049  
Telah diujikan pada : Jumat, 18 Agustus 2023  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 64e60300bd702



Penguji I

Dr. Nita Handayani, S.Si, M.Si  
SIGNED

Valid ID: 64e5f4924e84e



Penguji II

Nia Maharani Raharja, M.Eng.  
SIGNED

Valid ID: 64e6151374db7



Yogyakarta, 18 Agustus 2023  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 64e6c0398ac33

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ulung Markho Mayzebe

NIM : 18106020049

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Rancang Bangun dan Pengujian *3D Scanner Mapping System* Berbasis *Light Detection and Ranging (LiDAR)* dengan Arduino UNO Guna Mendukung Pemetaan 3D Pada Ruang Tertutup” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 9 Agustus 2023

Penulis



Ulung Markho Mayzebe  
18106020049



## **SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : ULUNG MARKHO MAYZEBE

NIM : 18106020049

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN 3D SCANNER MAPPING SYSTEM BERBASIS LIGHT DETECTION AND RANGING (LiDAR) DENGAN ARDUINO UNO GUNA Mendukung Pemetaan 3D pada Ruang Tertutup

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 9 Agustus 2023

Pembimbing

Frida Agung Rakhmadi, S.Si. M.Sc.

NIP. 19780510 200501 1 003

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Kunci keberhasilan yang sebenarnya adalah konsistensi”  
- B.J Habibie –

**Skripsi ini penulis persembahkan untuk :**

Allah SWT.

Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga.

Mama, Bapak, Papa, Kakak dan Adik tercinta untuk setiap do`a dan kasih  
sayangnya.

Teman yang selalu mendukung dalam situasi apapun.

Bapak Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.

*Study Club* Fisika Instrumentasi UIN Sunan Kalijaga.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur atas kehadiran Allah swt yang telah memberikan rahmat, nikmat, dan hidayah -Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN 3D SCANNER MAPPING SYSTEM BERBASIS LIGHT DETECTION AND RANGING (LiDAR) DENGAN ARDUINO UNO GUNA Mendukung PEMETAAN 3D PADA RUANG TERTUTUP ”** dengan baik dan lancar. Tidak lupa shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada beliau, Rasulullah Muhammad saw, semoga kita mendapatkan syafaatnya di yaumulqiyamah kelak. Amiin.

Penyusunan skripsi ini merupakan suatu bentuk kewajiban bagi penulis untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan serta untuk mendapatkan gelar sarjana. Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang terkait demi perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan. Dalam penyusunan serta pelaksanaan tugas akhir ini penulis telah mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, sepatutnya penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Mama, Bapak dan Papa selaku orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan.
2. Bapak Prof. Dr. Phil. Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

3. Ibu Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Dr. Nita Handayani, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc selaku Dosen Pembimbing dalam penulisan skripsi ini, terimakasih banyak atas waktu dan kesabaran yang diberikan dalam memberikan bimbingan, nasehat, serta motivasi yang tiada henti-hentinya.
6. Seluruh Dosen Fisika Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan bimbingan beserta ilmunya.
7. Friesca Ayazya Nur Faidza selaku teman keluh kesah yang telah membantu dengan tulus dalam segi kepenulisan, ide, dan semangat dalam penelitian ini, terimakasih banyak atas ide-ide dan semangat yang telah diberikan.
8. Teman-teman seperjuangan; Alan, Haidar, Munajat, Ahmad, Faqih, Rabyn, Fikri, Aji, Luky, dan Wahyu yang selama ini selalu mendukung dan menghibur.
9. Teman-teman Prodi Fisika angkatan 2018 UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
10. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis dalam serangkaian proses penulisan skripsi.

Selain ucapan terima kasih, penulis juga memohon maaf apabila dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan baik dari sistematika penyusunan, isi, hingga proses yang telah dilaporkan ini. Semoga

skripsi ini dapat memberikan manfaat, bagi penulis pribadi maupun bagi para pembaca.

Yogyakarta, 2 Agustus 2023

Penulis





**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN 3D SCANNER MAPPING SYSTEM BERBASIS  
LIGHT DETECTION AND RANGING (LiDAR) DENGAN ARDUINO UNO GUNA  
MENDUKUNG PEMETAAN 3D PADA RUANG TERTUTUP**

**Ulung Markho Mayzebe**  
**18106020049**

**INTISARI**

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh mahalnnya biaya dari teknologi pemetaan 3D. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat dan menguji *3D scanner mapping system* berbasis *LiDAR* dengan Arduino UNO guna mendukung pemetaan 3D pada ruang tertutup. Pada penelitian ini, terdapat tiga tahapan, yaitu perancangan, pembuatan, dan pengujian. Perancangan desain *casing* menggunakan *software* SketchUp pro 2022 dan perancangan skema rangkaian sistem menggunakan *software* Figma. Pembuatan sistem dilakukan mulai dari tahap persiapan alat dan bahan, pembuatan perangkat keras berupa casing dan perakitan komponen, serta pembuatan perangkat lunak berupa *sketch* program. Pengujian sistem meliputi akurasi, *point clouds*, dan kelayakan dilakukan dengan menggunakan besar pergerakan yang divariasikan mulai dari 15 cm hingga 34 cm dengan interval 1 cm. Setiap variasi besar pergerakan diulang sebanyak sebanyak 5 kali. Sistem dapat bekerja sangat baik dengan hasil nilai akurasi sebesar 99,88%, *point clouds* berupa citra, dan nilai kelayakan alat sebesar 0,9995.

**KATA KUNCI:** Teknologi pemetaan 3D, *3D scanner mapping system*, *LiDAR*, dan Arduino UNO.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**DESIGN CUNSTRUCTION AND TESTING OF 3D SCANNER MAPPING SYSTEM BASED  
LIGHT DETECTION AND RANGING (LiDAR) WITH ARDUINO UNO TO SUPPORT 3D  
MAPPING IN ENCLOSED SPACES**

**Ulung Markho Mayzebe**  
**18106020049**

**ABSTRACT**

*This research is motivated by the high cost of 3D mapping technology. This study aimed to design, manufacture, and test a LiDAR-based 3D scanner mapping system with Arduino UNO to support 3D mapping in enclosed spaces. In this research, there were three stages, namely designing, manufacturing, and testing. The casing design was used SketchUp Pro 2022 software, and the system circuitry is schematically designed using Figma software. System manufacturing started from preparation of tools and materials, manufacture of hardware in the form of casing and assembly of components, and manufacture of software in the form of sketch program. System testing included accuracy, point clouds, and feasibility, carried out by varying the magnitude of movement from 15 cm to 34 cm at 1 cm intervals. Each movement variation is repeated 5 times. The system performs exceptionally well, achieving an accuracy rate of 99.88%, generating image-based point clouds, and demonstrating a tool feasibility value of 0.9995.*

**KEY WORD:** 3D mapping technology, 3D scanner mapping system, LiDAR, Arduino UNO.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR ISI

<b>JUDUL .....</b>	<b>.....</b>
<b>PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>i</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>iii</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	9
1.3 Tujuan Penelitian.....	9
1.4 Batasan Penelitian .....	9
1.5 Manfaat Penelitian.....	10
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>11</b>
2.1 Studi Pustaka .....	11
2.2 Landasan Teori .....	16
2.2.1. Pemetaan .....	16
2.2.2 <i>3D Scanner</i> .....	17
2.2.3 <i>LiDAR</i> .....	19
2.2.4 Arduino UNO.....	21
2.2.5 <i>Motor Stepper</i> .....	24
2.2.6 <i>Driver Motor Stepper DRV 8825</i> .....	29
2.2.7 <i>Modul Micro SD Card</i> .....	32
2.2.8 <i>Optical Limit Switch</i> .....	34

2.2.9 Modul <i>Step Down</i> DC XL4015.....	35
2.2.10 LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ) 20×4 .....	37
2.2.11 Karakteristik Alat Ukur.....	39
2.2.12 Wawasan Islam Tentang Pemetaan.....	43
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>45</b>
3.1 Waktu dan Tempat penelitian .....	45
3.2 Alat dan Bahan Benelitian.....	45
3.2.1 Alat Penelitian .....	45
3.2.2Bahan Penelitian.....	46
3.3 Prosedur Penelitian.....	48
3.3.1 Perancangan Sistem.....	48
3.3.2 Pembuatan Sistem .....	50
3.3.3 Pengujian Sistem .....	52
3.4 Pembahasan Hasil Penelitian .....	55
3.4.1 Pembahasan Hasil Perancangan dan Pembuatan Sistem.....	55
3.4.2 Pembahasan Hasil Pengujian Sistem.....	56
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>57</b>
4.1. Hasil Penelitian .....	57
4.1.1 Hasil Perancangan Sistem.....	57
4.1.2 Hasil Pembuatan Sistem.....	59
4.1.3 Hasil Pengujian Sistem.....	61
4.2 Pembahasan.....	62
4.2.1 Pembahasan Hasil Perancangan dan Pembuatan Sistem.....	62
4.2.2 Pembahasan Hasil Pengujian Sistem .....	67
4.3 Integrasi-Interkoneksi .....	69
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>72</b>
5.1 Kesimpulan .....	72
5.2 Saran.....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>74</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>78</b>
Lampiran 1. Perancangan Sistem.....	78

Lampiran 2. Pembuatan Sistem.....	79
Lampiran 3. Pengujian Sistem .....	88



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Taraf signifikansi 5% (0,05) dan 1% (0,01).....	42
<b>Tabel 3. 1</b> Alat perancangan sistem.....	45
<b>Tabel 3. 2</b> Alat pembuatan sistem .....	46
<b>Tabel 3. 3</b> Alat pengujian sistem .....	46
<b>Tabel 3. 4</b> Bahan pembuatan sistem.....	46
<b>Tabel 3. 5</b> Hasil pengukuran jarak sensor LiDAR .....	53
<b>Tabel 4. 1</b> Hasil pengujian akurasi dan kelayakan alat .....	61

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Contoh active 3D scanner berbasis laser .....	18
<b>Gambar 2. 2</b> Contoh passive 3D scanner berbasis fotogrametri UAV .....	18
<b>Gambar 2. 3</b> Sistem LiDAR .....	19
<b>Gambar 2. 4</b> Arduino UNO .....	22
<b>Gambar 2. 5</b> Pin Arduino UNO .....	23
<b>Gambar 2. 6</b> Software Arduino .....	24
<b>Gambar 2. 7</b> Bagian-bagian motor stepper .....	26
<b>Gambar 2. 8</b> Poros magnet dalam posisi awal (utara-selatan).....	26
<b>Gambar 2. 9</b> Motor stepper unipolar .....	27
<b>Gambar 2. 10</b> Motor stepper bipolar .....	28
<b>Gambar 2. 11</b> Driver DRV 8825 .....	30
<b>Gambar 2. 12</b> Mode pin untuk memilih jumlah langkah pada motor stepper .....	31
<b>Gambar 2. 13</b> Modul SD Card.....	32
<b>Gambar 2. 14</b> Optical limit switch.....	34
<b>Gambar 2. 15</b> Diagram blok XL4015.....	36
<b>Gambar 2. 16</b> Rangkaian switching regulator XL4015.....	36
<b>Gambar 2. 17</b> LCD (Liquid Crystal Display) 20x4 .....	38
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram blok 3D scanner mapping system	49
<b>Gambar 3. 2</b> Diagram alir 3D scanner mapping system.....	52

<b>Gambar 4. 1</b> Hasil desain casing sistem tampak luar (a) tampak depan, (b) tampak belakang, (c) tampak dari samping kanan, dan (d) tampak dari samping kiri.....	57
<b>Gambar 4. 2</b> Hasil desain casing sistem tampak dalam (e) tampak bagian dalam sebelah kanan, (f) tampak bagian dalam sebelah kiri, dan (g) tampak bagian dalam ditengah.....	58
<b>Gambar 4. 3</b> Skema rangkaian sistem .....	59
<b>Gambar 4. 4</b> Hasil pencetakan casing.....	60
<b>Gambar 4. 5</b> Hasil perakitan komponen (a) subsistem catu daya, (b) subsistem mikrokontroler, (c) subsistem pemindaian 3D, dan (d) subsistem penyimpan data.....	60
<b>Gambar 4. 6</b> Hasil keseluruhan sistem .....	61
<b>Gambar 4. 7</b> Hasil pengujain data point clouds (a) data point clouds pada ruang tamu dan (b) data point clouds pada dapur.....	62



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 .....	77
Lampiran 2 .....	78
Lampiran 3 .....	85

## DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Perancangan desain sistem dengan software SketchUp Pro 2022.....	78
<b>Gambar 2.</b> Perancangan skema rangkaian dengan software Figma .....	78
<b>Gambar 3.</b> Alat perancangan sistem.....	79
<b>Gambar 4.</b> Alat pembuatan sistem.....	79
<b>Gambar 5.</b> Alat pengujian sistem .....	80
<b>Gambar 6.</b> Bahan pembuatan sistem .....	80
<b>Gambar 7.</b> Proses pencetakan casing.....	81
<b>Gambar 8.</b> Proses penyusunan dan perangkaian perangkat keras .....	81
<b>Gambar 9.</b> Proses penulisan sketch program.....	82
<b>Gambar 10.</b> Proses pengambilan data jarak .....	88
<b>Gambar 11.</b> Proses pengambilan data koordinat .....	89
<b>Gambar 12.</b> Output dari pengambilan data koordinat .....	89
<b>Gambar 13.</b> Proses pengolahan data koordinat .....	95

## DAFTAR LAMPIRAN TABEL

<b>Tabel 1.</b> Hasil pengukuran jarak sensor LiDAR .....	88
<b>Tabel 2.</b> Hasil pengolahan data pada tabel .....	96



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi semakin tak terbendung. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah membawa perubahan yang sangat signifikan, baik di negara maju maupun berkembang seperti Indonesia. Ilmu pengetahuan dan teknologi sendiri merupakan bidang ilmu yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan manusia melalui pemanfaatan dan pengembangan teknologi.

Perintah untuk selalu mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terdapat dalam beberapa ayat pada al-Quran. Salah satunya telah dimuat dalam al-Quran pada surat al-Baqarah ayat 164 yang berbunyi:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَعُ  
النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ  
وَتَصْرِيْفِ الرِّيحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

Artinya : *“Sesungguhnya pada penciptaan langit dan bumi, pergantian malam dan siang, kapal yang berlayar di laut dengan (muatan) yang bermanfaat bagi manusia, apa yang diturunkan Allah dari langit berupa air, lalu dengan itu dihidupkan-Nya bumi setelah mati (kering), dan Dia tebarkan di dalamnya bermacam-macam binatang, dan perkisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi, (semua itu) sungguh, merupakan tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang mengerti”* (Kementrian Agama, 2021)

Ayat tersebut mengajak manusia berpikir dan merenung tentang sekian banyak hal. Langit yang dimaksud dalam ayat ini ialah benda-benda angkasa seperti matahari, bulan dan jutaan gugusan bintang-bintang yang kesemuanya beredar dengan teratur. Dalam ayat tersebut juga memerintahkan untuk merenungkan pergantian malam dan siang, bahtera-bahtera yang berlayar di laut yang mengandalkan energi angin, merenungkan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air dan berpikir tentang beraneka binatang yang diciptakan Allah (Shihab, 2002). Dalam Islam, ilmu pengetahuan dan teknologi dianggap sebagai sarana untuk memahami kebesaran Allah dan mencapai kemanfaatan bagi manusia. Dengan mempelajari ilmu pengetahuan dan teknologi, manusia dapat mengembangkan kemampuan mereka untuk memahami ciptaan Allah dan menggunakan sumber daya alam dengan bijak. Hal ini sangat penting dalam Islam, karena Allah memerintahkan manusia untuk memelihara bumi dan menjaga keseimbangan alam semesta.

Ilmu pengetahuan dalam Islam sangat penting untuk kemajuan manusia dalam pengembangan teknologi. Hal demikian dipertegas oleh hadist Nabi yang mengatakan:

مَنْ أَرَادَ الدُّنْيَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ، وَمَنْ أَرَادَ الْآخِرَةَ فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ، وَمَنْ أَرَادَهُمَا فَعَلَيْهِ بِالْعِلْمِ

Artinya : *“Barangsiapa yang hendak menginginkan dunia, maka hendaklah ia menguasai ilmu. Barangsiapa menginginkan akhirat, hendaklah ia menguasai ilmu. Dan barang siapa yang menginginkan keduanya (dunia dan akhirat), hendaklah ia menguasai ilmu.”* (HR. Ahmad)

Menurut Asman (2021), hadist tersebut semakin memperjelas kedudukan ilmu pengetahuan dan pengembangan teknologi dalam Islam. Umat Islam harus benar-benar paham atas risalah yang dibawa oleh Nabi sebagai rujukan dalam kehidupan sehari-hari. Ilmu bagi Islam bagaikan lentera yang menyinari di kegelapan malam, menjadi penerang jalan kehidupan umat manusia. Oleh karenanya, untuk mengetahui semua yang ada di dunia ini adalah ciptaan Allah. Islam mengajarkan bahwa untuk mencari Tuhan maka perdalam penyelidikan atau penelitian terhadap alam raya ini. Dalam Islam, Allah sangat menganjurkan agar umatnya menggunakan akalanya serta memikirkan atas segala ciptaan Allah SWT (Mujib, 2019).

Saat ini perkembangan teknologi di dunia sangat pesat, salah satunya ialah teknologi pemetaan. Pemetaan adalah proses pengukuran, penghitungan, dan penggambaran suatu objek yang dipetakan sehingga didapatkan hasil berupa *softcopy* dan *hardcopy* (Prayoga dkk, 2017). Dalam teknologi pemetaan, pada peta skala besar dan kecil dapat dibuat menggunakan metode pengumpulan data yang berbeda. Sejumlah metode dapat digunakan untuk membuat peta, antara lain pengukuran lapangan menggunakan metode berbasis darat (*terestris*), *fotogrametri*, penggunaan citra satelit, deteksi cahaya jangkauan (*LiDAR*), dan radar apertur sintetik interferometrik (IFSAR). Dari beberapa metode yang digunakan, masing-masing memiliki kelemahan. Salah satunya penggunaan citra satelit di mana implementasi citra optik dibatasi untuk

daerah yang sering tertutup awan seperti kawasan Asia Tenggara karena pita optik tidak dapat menembus awan dan pengukuran *terestris* yang membutuhkan waktu lama untuk mendapatkan hasil yang cukup akurat (Ottinger dkk, 2017).

Perkembangan pemetaan saat ini dimulai dengan pemetaan secara 2D, dengan teknologi ini banyak orang membuat pemetaan yang disampaikan secara digital untuk menggambarkan sebuah area atau lingkungan yang berguna untuk menyampaikan informasi yang lebih mudah kepada pengguna. Penyampaian informasi menggunakan teknologi ini masih dirasa kurang dikarenakan pemetaan 2D tidak dapat menampilkan area yang dipetakan dengan rinci karena kebutuhan-kebutuhan akan informasi yang akurat dan mendetail dari sebuah pemetaan digital, maka pengembangan teknologi digitalisasi gambar secara 3D pun dilakukan, hingga sekarang ini perkembangan teknik pemetaan digital secara 3D sudah jauh berkembang (Nugrohoadi, 2015).

Pemetaan 3D dalam perkembangannya telah mengalami peningkatan signifikan dalam beberapa tahun terakhir, salah satunya pada ruang tertutup. Teknologi pemetaan 3D memungkinkan kita untuk membuat representasi 3D dari objek dan lingkungan yang ada di sekitar kita. Dalam konteks pemetaan 3D pada ruang tertutup, teknologi ini diterapkan untuk membuat model virtual dari bangunan, gedung, atau ruangan tertutup lainnya. Hal ini

memungkinkan para profesional dalam bidang arsitektur, konstruksi, dan desain untuk bekerja secara efisien dan akurat dalam membuat desain interior dan eksterior bangunan.

Seiring waktu dan perkembangannya, pemetaan 3D menjadi semakin penting dalam berbagai bidang. Namun, teknologi pemetaan 3D pada ruang tertutup memiliki banyak tantangan, terutama mengumpulkan data akurat dan efisien. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk pemetaan 3D pada ruang tertutup adalah *3D Scanner Mapping System*. Sistem ini menggunakan perangkat lunak dan perangkat keras untuk memindai lingkungan dalam tiga dimensi dan menciptakan model 3D yang akurat. Model 3D yang dihasilkan pada dasarnya adalah kumpulan titik yang disusun pada permukaan ruang 3D dari objek yang dipindai (Koyuncu dan Kullu, 2010).

Meskipun *3D Scanner Mapping System* memiliki keuntungan dalam menghasilkan model 3D yang akurat dan efisien, namun sistem ini memiliki beberapa kelemahan. Beberapa kelemahan tersebut antara lain pemindaian pada obyek dengan permukaan yang mengkilap atau memiliki material yang sulit dipindai dapat mempengaruhi keakuratannya karena pantulan cahaya dari obyek tersebut dapat mengakibatkan kesalahan pengukuran dan munculnya noise pada model 3D (Ong dkk., 2022), serta biaya yang cukup tinggi untuk perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan. Selain itu, penggunaan sistem ini juga masih terbatas pada lingkungan tertentu dan sulit

untuk digunakan di lingkungan yang berbeda dengan kondisi yang berbeda pula.

Para peneliti telah mengembangkan berbagai solusi untuk mengatasi kelemahan yang terdapat pada teknologi *3D Scanner Mapping System*. Beberapa solusi yang telah dilakukan antara lain adalah menggunakan teknologi pemindaian baru yang lebih sensitif dan presisi seperti pemindaian berbasis sinar-X (Thompson dkk., 2016), mengembangkan teknologi pemindaian berbasis fotogrametri (Themistocleous dkk, 2014), menggunakan algoritma dan teknik pemrosesan data yang lebih canggih seperti *deep learning* (Song dkk, 2018), dan meningkatkan kecepatan dan efisiensi pemindaian dengan teknologi pemindaian simultan atau multipel seperti SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*) (Geng, 2011). Hal ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi, presisi, kecepatan, dan efisiensi teknologi *3D Scanner Mapping System* dalam berbagai aplikasi.

Penggunaan *3D Scanner Mapping System* pada penelitian yang dilakukan oleh para peneliti, terdapat beberapa kekurangan dari solusi yang diterapkan para peneliti dalam mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu kekurangan dari solusi yang diterapkan oleh para peneliti adalah terkait dengan biaya yang cukup tinggi. Pada umumnya, *3D Scanner Mapping System* yang memiliki kualitas dan fitur yang lebih baik memiliki harga yang lebih mahal. Hal ini dapat menjadi kendala bagi para peneliti yang memiliki keterbatasan dana atau anggaran.



Berdasarkan kekurangan sistem di atas, perlu dikembangkan *3D Scanner Mapping System* alternatif, yaitu *3D Scanner Mapping System* berbasis *LiDAR* dengan Arduino UNO. Selain itu, sistem yang dikembangkan harus berbiaya rendah, mengingat keterbatasan dana atau anggaran adalah salah satu faktor kendala. Dengan demikian dapat mengatasi kekurangan yang banyak dialami oleh para peneliti. Penelitian kali ini, sistem akan dibuat menggunakan sensor *LiDAR Benewake TFMini Plus* dan mikrokontroler menggunakan Arduino UNO.

*LiDAR* adalah teknologi pendeteksi objek dengan menggunakan konsep pengindraan jarak jauh atau *remote sensing* sinar optis yang tersebar untuk mengukur jarak serta informasi lain dari suatu target dengan kerapatan dan akurasi tinggi (Qian dan Ye, 2014). Sistem *LiDAR* merupakan sistem yang didasarkan pada prinsip laser. Young (1986) berpendapat bahwa dengan adanya prinsip laser, cahaya optis yang sifatnya sangat terarah dapat diciptakan, hal ini menyebabkan adanya proses kolimasi atau kondisi dimana sinar elektromagnetik yang seri dapat meminimalkan divergensi dan ataupun konvergensi (Lim dkk, 2003), berbeda dengan sistem pemindaian berbasis X-ray yang konsep kerjanya didasarkan pada penembakan sinar X pada obyek. Sistem *3D Scanner* berbasis *LiDAR* pada umumnya terdiri dari empat komponen dasar, yaitu sensor *LiDAR*, *Global Positioning System* (GPS), *Inertia Measuring Unit* (IMU), serta kamera digital (Martiana dkk, 2017).

Arduino UNO adalah sebuah komputer kecil yang dapat diprogram sebagai input dan output dengan bantuan alat sebagai hasilnya. Arduino pertama kali ditemukan pada tahun 2005 oleh Massimo Banzi dan David Cuartielles yang mencoba membuat sebuah proyek untuk membuat perangkat yang dapat mengendalikan dari proyek yang dibuat mahasiswa pada waktu itu dengan harga yang lebih murah dari harga perangkat yang tersedia pada waktu itu. Dengan demikian dapat memudahkan eksperimen atau perwujudan dari berbagai peralatan yang berbasis mikrokontroler (Lubis dkk, 2019).

Sebelum *3D Scanner Mapping System* berbasis *LiDAR* dengan Arduino UNO dibuat, perlu dilakukan perancangan sistem dahulu. Perancangan sistem diperlukan untuk membuat sistem menjadi lebih baik dan lebih sederhana. Setelah dilakukan perancangan, sistem dapat dibuat berdasarkan rancangan yang telah dibuat.

Setelah *3D Scanner Mapping System* berbasis *LiDAR* dengan Arduino UNO berhasil dibuat, diperlukan proses pengujian skala laboratorium. Hal ini untuk mengetahui kelayakan sistem *3D Scanner Mapping System* berbasis *LiDAR* dengan Arduino UNO. Jika sistem *3D Scanner Mapping System* berbasis *LiDAR* dengan Arduino UNO berhasil diuji pada skala laboratorium dengan hasil yang sesuai, maka sistem tersebut dapat diuji dengan uji skala lapangan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana rancangan *3D Scanner Mapping System* berbasis *LiDAR* dengan Arduino UNO guna mendukung pemetaan 3D pada ruang tertutup?
2. Bagaimana hasil pembuatan *3D Scanner Mapping System* berbasis *LiDAR* dengan Arduino UNO guna mendukung pemetaan 3D pada ruang tertutup?
3. Bagaimana kinerja *3D Scanner Mapping System* yang telah dibuat berbasis *LiDAR* dengan Arduino UNO pada skala laboratorium?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Merancang *3D Scanner Mapping System* berbasis *LiDAR* dengan Arduino UNO guna mendukung pemetaan 3D pada ruang tertutup.
2. Membuat *3D Scanner Mapping System* berbasis *LiDAR* dengan Arduino UNO guna mendukung pemetaan 3D pada ruang tertutup.
3. Menguji *3D Scanner Mapping System* yang telah dibuat berbasis *LiDAR* dengan Arduino UNO pada skala laboratorium.

## 1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi hanya pada hal-hal sebagai berikut :

1. *Casing* alat dibuat menggunakan *3D Printer*.
2. Sensor *LiDAR* yang digunakan adalah *Benewake TFMMini Plus*.

3. Parameter uji meliputi akurasi, koordinat, dan kelayakan alat.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan diperoleh dari penelitian ini antara lain :

1. Menambah khazanah dalam pembuatan *3D Scanner Mapping System* yang relatif murah dan akurat.
2. Memberikan opsi dalam upaya pemetaan suatu ruang tertutup dengan keakurasian yang tinggi dan harga yang relatif murah.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat, dan menguji *3D scanner mapping system* berbasis *LiDAR* dengan dengan Arduino UNO guna mendukung pemetaan 3D pada ruang tertutup. Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. *3D scanner mapping system* berbasis *LiDAR* dengan dengan Arduino UNO guna mendukung pemetaan 3D pada ruang tertutup berhasil dirancang menggunakan *software* SketchUp Pro 2022 dan Figma dengan hasil berupa desain *casing* dan skema rangkaian sistem.
2. *3D scanner mapping system* guna mendukung pemetaan 3D pada ruang tertutup berhasil dibuat menggunakan mikrokontroler Arduino UNO, *LiDAR* Benewake TF Mini Plus, motor *stepper*, *driver* motor *stepper* DRV 8825, *slip ring*, *optical limit switch*, LCD 20×4, dan *push button*.
3. *3D scanner mapping system* berbasis *LiDAR* dengan dengan Arduino UNO guna mendukung pemetaan 3D pada ruang tertutup menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja sangat baik dengan hasil nilai akurasi sebesar 99,88%, *point clouds* berupa citra, dan nilai kelayakan alat sebesar 0,9995.

## 5.2. Saran

Pada penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperbaiki maupun dikembangkan. Beberapa catatan peneliti disarankan untuk dilakukan pada penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. *3D scanner mapping system* yang telah dibuat, pengambilan datanya menggunakan media penyimpanan data berbasis kartu memori. sehingga kurangnya fleksibilitas dalam pengambilan data. Penambahan komponen
2. nirkabel seperti, bluetooth, WiFi, dan sebagainya dapat meningkatkan fleksibilitas pengguna dalam pengambilan dan penyimpanan data.
3. Sensor *LiDAR* yang digunakan pada penelitian ini memiliki keterbatasan dalam jarak pengukuran dan kecepatan pembacaan sensor dalam menghasilkan data. Oleh sebab itu, maka diperlukan sensor *LiDAR* dengan spesifikasi yang lebih baik dalam jarak pengukuran dan kecepatan sensor dalam menghasilkan data.
4. Data yang dihasilkan oleh *3D scanner mapping system* ini terbatas pada data *point*/titik. Penambahan komponen kamera dapat meningkatkan kualitas data yang dihasilkan oleh *3D scanner mapping system*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M. 2012. *Ilmu Ukur Wilayah dan Sistem Inforamasi Geografis*. Prenada Media Group. **Jakarta**.
- Ane, P., dan Pratasis, K. 2016. Kelayakan Investasi Studi Kasus Alat Berat Bulldozer, Excavator Dan Dump Truck Di Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, **Vol.4.No.9** : 533-539.
- Aradwad, P. P.2021. Development of microcontroller-based data logger for real-time monitoring of drying and storage of food grains. *Agricultural Engineering Today*, **Vol.45.No.01**: 01–10.
- Athira, K. R., Aiswarya, S. N., Harita, S., Kr, S. N., Riji. M. T., Priyalakshmi. 2016. Infrared sensor based 3D image construction. *International Research Journal of Engineering and Technology*. Diakses 15 Februari 2023 dari [www.irjet.net](http://www.irjet.net).
- Azizah, W. N., Dinie, dan Dewi, A.2022. Perkembangan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Dapat Mempengaruhi Gaya Anak Muda Dan Etika Pancasila Pada Masyarakat Indonesia. *Jurnal Kewarganegaraan*, **Vol.6.No.1**.
- Baki, K. K. K. 2010. Development of an optical 3D scanner based on structured light. *Recent Advances In Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Base*.
- Banzi, M. 2011. *Getting Started with Arduino 2nd Edition* (2nd ed.). O'Reilly Media. Sebastopol.
- Blum, J. 2013. *Exploring Arduino ® Tools and Techniques for Engineering Wizardry*. John Wiley & Sons. Indianapolis
- Boon, M. A., Greenfield, R., dan Tesfamichael, S. 2016. Wetland Assessment Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Photogrammetry. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **No.41-B1** :781–788.
- Bouziani, M., Chaaba, H., dan Ettarid, M. 2021. Evaluation of 3D Building Model Using Terrestrial Laser Scanning and Drone Photogrammetry. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences-ISPRS Archives*, **Vol.46.No4**.
- Costache, D. C., Perisoara, L. A., dan Florescu, A. 2020. FPGA Implementation of a SD Card Controller using SPI communication. *Proceedings of the 12th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, ECAI 2020*.
- Deng-Ke Yang, S.-T. W. 2015. *Fundamentals of Liquid Crystal Devices* (Second). John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, UK.
- Dewi, D. A. N. N. 2018. *Modul III: Uji Validitas dan Reliabilitas*. Diakses 15 Februari 2023 dari [https://www.researchgate.net/publication/328600462\\_Modul\\_Uji\\_Validitas\\_dan\\_Reliabilitas](https://www.researchgate.net/publication/328600462_Modul_Uji_Validitas_dan_Reliabilitas)
- Donager, J., Sankey, T. Ts., Sánchez Meador, A. J., Sankey, J. B., dan Springer, A. 2021. Integrating airborne and mobile lidar data with UAV photogrammetry for rapid assessment of changing forest snow depth and cover. *Science of Remote Sensing*, **Vol.4**.

- Faridah, D. N., Erawan, D., Sutriah, K., Hadi, A., & Budaintari, F. 2018. *Implementasi SNI ISO/IEC 17025:2017*. Badan Standardisasi Nasional.
- Fino Nurcahyo Nugrohoadi, F. S. N. A. S. 2015. Pengembangan petatigadimensiinterakti. *Jurnal Teknik Pomits*, **Vol.3**.
- Fitrya, N., Ginting, D., Retnawaty, F., Febriani, N., Fitri, Y., Putra, S., Fakultas, W., Kesehatan, D., Muhammadiyah, U., Universitas, R., dan Riau, M. 2017. Pentingnya Akurasi Dan Presisi Alat Ukur Dalam Rumah Tangga. *Jurnal Untuk Mu NegeRI*, **Vol.1.No.2**.
- Gandra, M., Seabra, R., dan Lima, F. P. 2015. A low-cost, versatile data logging system for ecological applications. *Limnology and Oceanography: Methods*, **Vol.13.No.3** : 115–126.
- Geng, J. 2011. Structured-light 3D surface imaging: a tutorial. *Advances in Optics and Photonics*, **Vol.3.No.2** : 128.
- Habib Patonra, A., Masita, S., Wibowo, N. R., dan Fitriati, A. 2020. Rancang Bangun Media Pembelajaran Praktik Motor Stepper. *Mechatronics Journal in Professional and Enterepreneur (MAPLE)*, **Vol.2**.
- Kamble, P., dan Birajdar, A. 2019. IoT Based Portable ECG Monitoring Device for Smart Healthcare. *International Conference on Science*.
- Kumar, L., Shuaib, M., Tanveer, Q., Kumar, V., Javaid, M., dan Haleem, A. 2018. 3 D Scanner Integration With Product Development. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, **Vol.7.No.2** : 220-225.
- Li, F., dan Zhao, H. 2022. 3D Real Scene Data Collection of Cultural Relics and Historical Sites Based on Digital Image Processing. *Computational Intelligence and Neuroscience*.
- Lim, K., Treitz, P., Wulder, M., St-Ongé, B., dan Flood, M. 2003. LiDAR Remote Sensing of Forest Structure. *Progress in Physical Geography*, **Vol.27.No.1** : 88-106.
- Lubis, Z., Lungguk, A., Saputra, N., Winata, S., Annisa, A., Muhazzir, B., Satria, M., dan Sri, W. 2019. Kontrol Mesin Air Otomatis Berbasis Arduino Dengan Smartphone. *Buletin Utama Teknik*, **Vol.14 (Issue 3)**.
- Martiana, D. N., Prasetyo, Y., dan Putra Wijaya, A. 2017. Analisis Akurasi DTM Terhadap Penggunaan Data Point Clouds dari Foto Udara dan Las LiDAR Berbasis Metode Penapisan Slope Based Filtering dan Algoritma Macro Terrasolid. *Jurnal Geodesi Undip Januari*, **Vol.6(Issue 1)**.
- Misbahuzzulam. 2014. Deskripsi Tawassul dan Hukumnya. *Jurnal Daulah Islamiyah*, **Vol.2** : 133–160.
- Morris, A. S. 2001. *Measurement and Instrumentation Principles* (3rd Edition). Butterworth-Heinemann. Woburn
- Mujib, A. 2019. Hakekat Ilmu Pengetahuan dalam Perspektif Islam. *RI'AYAH*, **Vol.4**.
- Noor Wahyuni. 2014. *Uji Validitas dan Reliabilitas*. Diakses 10 Februari 2023 dari <https://Qmc.Binus.Ac.Id/2014/11/01/u-j-i-v-a-l-i-d-i-t-a-s-d-a-n-u-j-i-r-e-l-i-a-b-i-l-i-t-a-s/>.
- Nsor, J. A. K., Ahmed, A.-R., Azankpo, S., Aggrey, E., Mubarak, S. E., dan Ellis, S. 2019. Design and Implementation of Remote RFI Monitoring System for



- Ghana Radio Telescope Observatory-Nkutunse. *American Journal of Electrical and Electronic Engineering*, **Vol.7.No1** : 8–13.
- Ong, J., Boon, A., Ma'aram, T., dan Chee, H. 2022. 3D Scanner's Accuracy In Different Races Of Head And Face Measurement For Ergonomic Design. In *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*, **Vol.18**.
- Ottinger, M., Clauss, K., dan Kuenzer, C. 2017. Large-scale Assessment of Coastal Aquaculture Ponds with Sentinel-1 Time Series Data. *Remote Sensing*, **Vol.9.No.5**.
- Pham, S., Yeap, D., Escalera, G., Basu, R., Wu, X., Kenyon, N. J., Hertz-Picciotto, I., Ko, M. J., dan Davis, C. E. 2020. Wearable sensor system to monitor physical activity and the physiological effects of heat exposure. *Sensors (Switzerland)*, **Vol.20.No.3**.
- Pieter, K. P., dan Yuri, Y. J. 2011. Pemrograman Motor Stepper Dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman C. *Majalah Ilmiah Mektek*.
- Prayoga, S., Budianto, A., Kusuma, A. B., Politeknik, A., dan Batam, N. 2017. Sistem Pemetaan Ruangan 2D Menggunakan Lidar. *Jurnal Integrasi*, **Vol.9 (Issue1)**.
- Puente, I., González-Jorge, H., Martínez-Sánchez, J., dan Arias, P. 2013. Review of Mobile Mapping and Surveying Technologies. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, **Vol.46 (Issue 7)**.
- Qian, X., dan Ye, C. 2014. NCC-RANSAC: A Fast Plane Extraction Method for 3-D Range Data Segmentation. *IEEE Transactions on Cybernetics*, **Vol.44.No.12** : 2771-2783.
- Resmiati, dan Eru, P. M. 2021. Kajian Ilmiah Problema Kesehatan Akurasi dan Presisi Alat Ukur Tinggi Badan Digital Untuk Penilaian Status Gizi. *Jurnal Endurance*, **Vol.6.No.3** : 616-621.
- Riyanto. 2014. *Validasi dan Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/ IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Deepublishstore. Yogyakarta
- Satriani, T. P. J. D. P. A.-H. F. 2015. Stepper Motor. *Electrical Engineering UIB*.
- Schwarz, B. 2010. Industry Perspective Technology Focus LIDAR Mapping the world in 3D. *Nature Photonics*, **Vol.4**.
- Shihab, M. Q. 2002. *Tafsir Al Mishbah Jilid 01* (1st ed.). Lentera Hati. Jakarta
- Song, L., Li, X., Yang, Y. G., Zhu, X., Guo, Q., dan Liu, H. 2018. Structured-light Based 3D Reconstruction System For Cultural Relic Packaging. *Sensors (Switzerland)*, **Vol.18.No.9**.
- Sulistiadji, K., dan Pitoyo, J. 2009. *Alat Ukur Dan Instrumen Ukur*. BBP Mektan. Serpong.
- Tharam, M. Y., Arifa, W., dan Suharto, I. 2020. Penggunaan X14015 Pada Proses Pengecasan Baterai Kering Kapasitas Kecil. *ELIT JOURNAL (Electrotechnics And Information Technology)*, **Vol.1**.
- Themistocleous, K., Agapiou, A., Themistocleous, K., Agapiou, A., Cuca, B., dan Hadjimitsis, D. G. 2014. *3D Documentation Of Cultural Heritage Sites Accuracy measurement of Random Forests and Linear Regression for mass appraisal models of residential apartments price estimation in Nicosia, Cyprus View project CROSS II: identification of arable CROps and CAP*

- monitoring in cyprus through the adoption of Sen4CAP View project 3D Documentation of Fabrica Hills Caverns Using Terrestrial and Low Cost UAV Equipment.* <https://www.researchgate.net/publication/308119323>.
- Thompson, A., Maskery, I., dan Leach, R. K. 2016. X-ray Computed Tomography for Additive Manufacturing: A review. *Measurement Science and Technology*, **Vol. 27 (Issue 7)**.
- Varghese, J. C., dan Balachandran, B. E. 2013. Low Cost Intelligent Real Time Fuel Mileage Indicator for Motorbikes. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering(IJITEE)*, **Vol.2.No.5**.
- Wardhana, A. W., dan Nugroho, D. T. 2018. Pengontrolan Motor Stepper Menggunakan Driver DRV 8825 Berbasis Signal Square Wave dari Timer Mikrokontroler AVR. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, **Vol.7.No.8** :80.