



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PROSES MANUFAKTUR PROTOTIPE 3D SCANNER
BERBASIS *PHOTOGRAMMETRY* DAN PENGUJIAN
PEFORMA SCANNING MENGGUNAKAN
METODE TAGUCHI**

LAPORAN SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

oleh:

**Sutan Rayhan Dillah
NIM. 2202411001**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA
MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PROSES MANUFAKTUR PROTOTIPE 3D SCANNER
BERBASIS *PHOTOGRAMMETRY* DAN PENGUJIAN
PEFORMA SCANNING MENGGUNAKAN
METODE TAGUCHI**

LAPORAN SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan Diploma IV Program Studi Teknik Mesin, Jurusan
Teknologi Rekayasa Manufaktur

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

oleh:

**Sutan Rayhan Dillah
NIM. 2202411001**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA
MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Skripsi ini saya persembahkan sebagai bentuk rasa syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan kemudahan yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Karya ini saya persembahkan kepada kedua orang tua yang selalu memberikan doa, dukungan, dan pengorbanan tanpa henti, kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penyusunan tugas akhir, serta kepada keluarga dan teman-teman yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan menjadi langkah awal dalam pengembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN SKRIPSI

**PROSES MANUFAKTUR PROTOTIPE 3D SCANNER BERBASIS
PHOTOGRAMMETRY DAN PENGUJIAN PEFORMA SCANNING
MENGUNAKAN METODE TAGUCHI**

Oleh:

Sutan Rayhan Dillah

NIM. 2202411001

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Laporan Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Fajar Mulyana, S.T., M.T.
NIP. 197805222011011003

Pembimbing 2

Azam Milah Muhamad, M.T.
NIP. 199608232024061001

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Radhi Hafidzi, S.Tr., M.T.
NIP. 199307282024061001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN SKRIPSI

PROSES MANUFAKTUR PROTOTIPE 3D SCANNER BERBASIS PHOTOGRAMMETRY DAN PENGUJIAN PEFORMA SCANNING MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Oleh:

Sutan Rayhan Dillah

NIM 2202411001

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji
pada tanggal 9 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Azam Milah Muhamad, M.T. NIP. 199608232024061001	Ketua		20/07 2026
2.	Budi Yuwono, S.T. NIP. 196306191990031002	Anggota		14/07 2026
3.	Andy Permana Rusdja, S.S.T., M.T. NIP. 199302222024061001	Anggota		14/07 2026

Depok, 26 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.

197602252000121002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORSINALITAS

LEMBAR PERNYATAAN ORSINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sutan Rayhan Dillah

NIM : 2202411001

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-bearnya.

Depok, 30 Juli 2026



Sutan Rayhan Dillah

NIM. 220241101



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PROSES MANUFAKTUR PROTOTIPE 3D SCANNER BERBASIS PHOTOGRAMMETRY DAN PENGUJIAN PEFORMA SCANNING MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Sutan Rayhan Dillah¹⁾, Fajar Mulyana²⁾, Azam Milah Muhamad³⁾

¹⁾ Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 1624

Email: sutan.rayhan.dillah.tm22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini membahas proses manufaktur prototipe 3D scanner berbasis photogrammetry dan pengujian performa scanning menggunakan metode Taguchi. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan alat 3D scanner yang lebih terjangkau untuk mendukung pembelajaran reverse engineering. Prototipe dibuat menggunakan kamera IMX519, Raspberry Pi 4B, motor stepper, driver A4988, meja putar, sistem pencahayaan, dan rangka aluminium profile. Proses manufaktur dianalisis melalui tahapan pemotongan material, perakitan rangka, pemasangan komponen mekanik, instalasi elektronik, dan pengujian awal alat. Perhitungan Material Removal Rate dilakukan pada proses pemotongan material, sedangkan control plan digunakan untuk mengendalikan kualitas proses manufaktur dan perakitan. Pengujian performa scanning dilakukan menggunakan metode Taguchi dengan rancangan *Orthogonal Array* L9(3³). Faktor yang diuji terdiri dari shutter speed, gain, dan jumlah foto, masing-masing dengan tiga level. Objek uji yang digunakan adalah pengisi daya ponsel dengan dimensi asli panjang 49,22 mm, lebar 28,00 mm, dan tinggi 92,32 mm. Respon yang dianalisis adalah error dimensi hasil scan, yang dihitung berdasarkan error persentase antara ukuran hasil scan dan ukuran asli objek. Karakteristik kualitas yang digunakan dalam perhitungan *Signal to Noise Ratio* adalah *Smaller The Better*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh kombinasi parameter mampu menghasilkan bentuk dasar objek, tetapi beberapa hasil scan masih memiliki permukaan bergelombang, distorsi bentuk, dan detail geometri yang belum tajam. Nilai error rata-rata terkecil diperoleh pada percobaan ke-3 sebesar 33,67%. Berdasarkan analisis *Signal to Noise Ratio*, kombinasi parameter optimal diperoleh pada gain level 2, jumlah foto 70, dan shutter speed 1/7. Faktor yang paling berpengaruh terhadap error dimensi hasil scan adalah jumlah foto, diikuti oleh shutter speed dan gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe 3D scanner mampu menghasilkan model 3D berbasis photogrammetry, tetapi akurasi dimensi masih perlu ditingkatkan melalui kalibrasi skala, kestabilan mekanik, dan optimasi proses rekonstruksi.

Kata kunci: 3D scanner, photogrammetry, metode Taguchi, *Signal to Noise Ratio*, error dimensi, Material Removal Rate.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PROSES MANUFAKTUR PROTOTIPE 3D SCANNER BERBASIS PHOTOGRAMMETRY DAN PENGUJIAN PEFORMA SCANNING MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Sutan Rayhan Dillah¹⁾, Fajar Mulyana²⁾, Azam Milah Muhamad³⁾

¹⁾ Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 1624

Email: sutan.rayhan.dillah.tm22@mbasw.pnj.ac.id

ABSTRACT

This study discusses the manufacturing process of a photogrammetry-based 3D scanner prototype and the testing of its scanning performance using the Taguchi method. This research was motivated by the need for a more affordable 3D scanner to support reverse engineering learning. The prototype was developed using an IMX519 camera, Raspberry Pi 4B, stepper motors, A4988 motor drivers, a turntable, a lighting system, and an aluminium profile frame. The manufacturing process was analyzed through material cutting, frame assembly, mechanical component installation, electronic system installation, and initial tool testing. Material Removal Rate was calculated during the material cutting process, while a control plan was used to control the quality of the manufacturing and assembly processes. Scanning performance testing was carried out using the Taguchi method with an L9(3³) Orthogonal Array design. The tested factors consisted of shutter speed, gain, and number of photos, each with three levels. The test object was a mobile phone charger with actual dimensions of 49.22 mm in length, 28.00 mm in width, and 92.32 mm in height. The analyzed response was the dimensional error of the scan results, which was calculated based on the percentage error between the scanned dimensions and the actual dimensions of the object. The quality characteristic used in the Signal to Noise Ratio calculation was Smaller The Better. The results showed that all parameter combinations were able to produce the basic shape of the object, although several scan results still had wavy surfaces, shape distortion, and unclear geometric details. The smallest average error was obtained in the third experiment, with a value of 33.67%. Based on the Signal to Noise Ratio analysis, the optimal parameter combination was obtained at gain level 2, 70 photos, and shutter speed of 1/7. The factor with the greatest influence on the dimensional error of the scan results was the number of photos, followed by shutter speed and gain. The results indicate that the 3D scanner prototype can produce a photogrammetry-based 3D model, but its dimensional accuracy still needs to be improved through scale calibration, mechanical stability, and optimization of the reconstruction process.

Keywords: 3D scanner, photogrammetry, Taguchi method, Signal to Noise Ratio, dimensional error, Material Removal Rate.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Proses Manufaktur Prototipe 3D Scanner Berbasis *Photogrammetry* dan Pengujian Peforma *Scanning* Menggunakan Metode Taguchi.”

Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan tidak terlepas dari bantuan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya, penulis menyampaikan penghargaan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik dan lancar.
2. Dr., Fuad Zainuri, S.T., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
3. Radhi Maladzi, S.Tr., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta.
4. Fajar Mulyana, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing, yang telah membantu, membimbing, dan memberikan arahan kepada penulis selama pelaksanaan kegiatan serta dalam penyusunan laporan skripsi ini.
5. Azam Milah Muhamad, M.T., selaku Dosen Pembimbing, yang telah membantu, membimbing, dan memberikan arahan kepada penulis selama pelaksanaan kegiatan serta dalam penyusunan laporan skripsi ini.
6. Orang tua dan keluarga, atas segala doa, dukungan, dan semangat yang diberikan kepada penulis.
7. Rekan-rekan mahasiswa, atas kerja sama dan dukungan selama proses pelaksanaan maupun penyusunan laporan ini.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan laporan ini di masa mendatang. Akhir kata, penulis menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya apabila terdapat kesalahan dalam penyusunan laporan ini. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat, khususnya bagi penulis sendiri, dan umumnya bagi para pembaca.

Depok 21, Juni 2026

Sutan Rayhan Dillah





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSEMBAHAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORSINALITAS.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Landasan Teori	7
2.1.1 3D Scanner.....	7
2.1.2 Sistem Kerja Fotogrametri.....	8
2.1.3 Raspberry PI	9



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.1.4 Arducam IMX519	10
2.1.5 Motor Stepper	11
2.1.6 Buck Converter	12
2.1.7 Alumunium Profile	13
2.1.8 Micro SD Card.....	13
2.1.9 <i>Control Plan</i>	14
2.1.10 Material Removal Rate (MRR).....	14
2.1.11 Taguchi	17
2.1.12 Matriks <i>Orthogonal Array</i>	20
2.1.13 Persentase Error	20
2.1.14 <i>Signal to Noise Ratio</i> (SNR).....	22
2.2 Kajian Literatur	24
2.3 Kerangka Pemikiran dan Pengembangan Hipotesis.....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Jenis Penelitian	29
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	29
3.3 Objek Penelitian	30
3.4 Metode Pengambilan Sampel.....	31
3.5 Jenis dan Sumber Data Penelitian	32
3.5.1 Jenis Data.....	32
3.5.2 Sumber Data	32
3.6 Variable Penelitian	33
3.6.1 Variabel Bebas.....	33
3.6.2 Variabel Terikat	33
3.7 Metode Pengumpulan Data Penelitian	34



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.8 Metode Analisis Data	35
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Persiapan Bahan dan Komponen.....	37
4.2 <i>Control Plan</i>	39
4.3 Perhitungan Material Removal Rate (MRR).....	48
4.3.1 Spesifikasi <i>Cutting Machine</i>	48
4.3.2 Perhitungan MRR Alumunium <i>Profile 2020</i>	48
4.3.3 Perhitungan MRR Alumunium <i>Profile 4020</i>	50
4.3.4 Perhitungan MRR <i>Linear Rod</i>	52
4.3.5 Perhitungan MRR <i>Lead Screw</i>	53
4.4 Proses Manufaktur <i>Prototype</i> Mesin 3D <i>Scanner</i>	55
4.4.1 Perakitan Rangka dan Struktur Mekanis	55
4.4.2 Perakitan Sistem Elektronik.....	60
4.4.3 Perhitungan <i>Lead Time</i>	65
4.4.4 Instalasi Firmware dan Pengujian Awal	67
4.4.5 Pengujian <i>Scan</i> Obejek <i>Trial and Error</i>	68
4.5 Analisis Metode Taguchi.....	69
4.5.1 Tabel Desain Eksperimen <i>Orthogonal Array</i>	70
4.5.2 Hasil Rekontruksi 3D.....	72
4.5.3 Hasil Pengukuran Dimensi	75
4.5.4 Perhitungan Deviasi dan Error Persentase	76
4.5.5 Perhitungan <i>Signal to Noise Ratio</i>	79
BAB V.....	81
5.1 Kesimpulan.....	82
5.2 Saran	82



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	88





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur	24
Tabel 3. 1 Parameter Variabel Bebas	33
Tabel 3. 2 Variabel Terikat	34





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 3D Scanner	7
Gambar 2. 2 Raspberry PI Sumber: https://bit.ly/4uLc21y	10
Gambar 2. 3 Sensor kamera Arducam IMX519 Sumber: https://bit.ly/4vmxScL	11
Gambar 2. 4 Motor Stepper Sumber: https://bit.ly/3SRyzfM	12
Gambar 2. 5 Buck Converter	13
Gambar 2. 6 Alumunium Profile Sumber: https://bit.ly/4w0IE8r	13
Gambar 2. 7 Micro SD Card Sumber: https://bit.ly/4w22113	14
Gambar 2. 8 Membuat Kombinasi Variabel dari Minitab	20
Gambar 2. 9 Kerangka Pemikiran.....	28
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 4. 1 Rangka Utama 3D Scanner	57
Gambar 4. 2 Pemasangan Motor Stepper Nema 17	57
Gambar 4. 3 Pemasangan Cover Pada Sisi Rangka	58
Gambar 4. 4 Pemasangan Lead Screw	58
Gambar 4. 5 Pemasangan Bracket Kamera.....	59
Gambar 4. 6 Pemasangan Rangka Kamera Ke Rangka Utama	60
Gambar 4. 7 Pemasangan Linear Rod, Lazy Susan Bearing dan Meja Putar	60
Gambar 4. 8 Pemasangan Cooling Fan ke Raspberry Pi	62
Gambar 4. 9 Pemasangan Cover dan Raspberry Pi 4B.....	62
Gambar 4. 10 Instalasi Kabel Motor Stepper Pada Driver A4988.....	63
Gambar 4. 11 Pemasangan Kamera IMX519	64
Gambar 4. 12 Pemasang Lampu LED Strip.....	65
Gambar 4. 13 Hasil Akhir Manufaktur 3D Scanner	65
Gambar 4. 14 Hasil scan dari charger handphone.....	68
Gambar 4. 15 Hasil scan setelah di mesh.....	69
Gambar 4. 16 Software mintab taguchi.....	70
Gambar 4. 17 <i>Type Of Design Factors and Levels (a), Number Levels to Factors (b).</i>	71
Gambar 4. 18 $L_9 (3^3)$	71
Gambar 4. 19 Parameter 3 level dan 3 faktor.....	72



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 20 Hasil SNR Parameter Proses..... 80

Gambar 4. 21 Hasil Scan 100 Foto 81





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 RAB 3D Scanner	88
Lampiran 2 Timeline Penelitian.....	89
Lampiran 3 Pemotongan Bahan	89
Lampiran 4 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-1	89
Lampiran 5 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-2.....	90
Lampiran 6 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-3.....	90
Lampiran 7 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-4.....	90
Lampiran 8 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-5.....	91
Lampiran 9 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-6.....	91
Lampiran 10 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-7	91
Lampiran 11 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-8.....	92
Lampiran 12 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-9.....	92

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Perkembangan teknologi pemindaian tiga dimensi atau *3D scanning* memiliki peran penting dalam proses *reverse engineering*, inspeksi dimensi, desain produk, dan rekonstruksi objek digital. Teknologi *3D scanning* dapat digunakan untuk menangkap bentuk objek fisik dan menghasilkan data digital berupa *point cloud* atau model tiga dimensi [1]. Data hasil pemindaian dalam *reverse engineering* digunakan untuk menganalisis ulang bentuk, ukuran, dan geometri objek agar dapat dikembangkan menjadi model digital atau rancangan baru [2]. Beberapa perangkat *3D scanner* komersial menggunakan sensor aktif seperti laser, *structured light*, atau kamera kedalaman untuk menangkap bentuk permukaan objek [3]. Sistem tersebut mampu menghasilkan data tiga dimensi secara cepat, tetapi umumnya membutuhkan perangkat khusus dengan biaya pengadaan yang relatif tinggi [1]. Oleh karena itu, diperlukan alternatif sistem *3D scanning* berbasis kamera menggunakan metode fotogrametri yang lebih sederhana, fleksibel, dan terjangkau [4].

Permasalahan tersebut penting untuk diteliti karena pembelajaran *reverse engineering* tidak cukup dilakukan melalui teori. Mahasiswa perlu memahami proses digitalisasi objek secara langsung, mulai dari pengambilan data, rekonstruksi model 3D, sampai analisis kesesuaian dimensi hasil scan terhadap objek asli. Fotogrametri rentang dekat dapat digunakan sebagai metode pemindaian karena membentuk model tiga dimensi dari sejumlah citra digital yang diambil dari berbagai sudut pandang [4]. Metode fotogrametri memiliki keunggulan karena dapat memanfaatkan kamera digital sebagai media pengambilan data [5]. Penggunaan kamera pada sistem fotogrametri membuat proses pemindaian tidak selalu bergantung pada sensor khusus seperti laser atau infrared [5]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa fotogrametri dapat mendukung proses



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

desain, pengembangan produk, dan pengujian bentuk objek pada tahap awal pengembangan produk [4]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa sistem fotogrametri berbiaya rendah dapat dikembangkan menggunakan kamera consumer-grade dan komponen mekanik sederhana [5].

Kebutuhan pengembangan alat tersebut semakin kuat karena ketersediaan alat 3D scanner untuk pembelajaran mata kuliah *Reverse Engineering* di Politeknik Negeri Jakarta masih terbatas. Selain itu, harga perangkat 3D scanner komersial relatif tinggi sehingga pengadaan alat untuk kebutuhan praktikum membutuhkan biaya besar. Berdasarkan observasi harga pada beberapa penyedia perangkat 3D scanner di Indonesia, perangkat *portable entry-level* seperti Revopoint POP 3 berada pada kisaran Rp9.600.000, Creality CR-SCAN 01 berada pada kisaran Rp14.499.000, dan Einstar 3D Scanner berada pada kisaran Rp18.000.000. Jika dibandingkan dengan biaya produksi prototipe sebesar Rp5.000.000, harga perangkat komersial tersebut berada pada kisaran 1,92 sampai 3,60 kali lebih mahal. Perbandingan ini menunjukkan bahwa pengembangan prototipe 3D scanner berbasis fotogrametri lebih relevan untuk mendukung kebutuhan praktikum dengan biaya yang lebih terjangkau.

Penelitian ini berada dalam lingkup proses manufaktur prototipe dan pengujian performa alat 3D scanner berbasis fotogrametri. Prototipe dibuat menggunakan rangka berukuran 240 mm x 410 mm x 428 mm dengan sistem kamera dan meja putar. Proses manufaktur mencakup pembuatan rangka, pemotongan material, perakitan komponen mekanik, instalasi komponen elektronik, dan pengujian fungsi alat. Tahapan proses tersebut dikendalikan menggunakan control plan agar proses pembuatan berjalan sesuai spesifikasi. Analisis Material Removal Rate digunakan untuk mengetahui laju pembuangan material pada proses pemotongan material [6]. Setelah alat selesai dibuat, pengujian performa scanning dilakukan menggunakan metode Taguchi. Metode Taguchi dapat digunakan untuk merancang eksperimen secara efisien melalui orthogonal array sehingga



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

jumlah percobaan dapat dikurangi tanpa menghilangkan analisis pengaruh faktor utama [7]. Penelitian sebelumnya juga telah menggunakan metode Taguchi untuk mengoptimalkan parameter pengambilan gambar pada fotogrametri rentang dekat [8].

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah prototipe 3D scanner berbasis fotogrametri yang terjangkau, fungsional, dan dapat digunakan sebagai alat bantu pembelajaran pada mata kuliah *Reverse Engineering*. Selain menghasilkan alat, penelitian ini juga menguji performa scanning berdasarkan variasi parameter. Hasil pengujian dianalisis menggunakan deviasi dimensi antara objek asli dan model hasil scan. Analisis deviasi dimensi digunakan untuk mengetahui tingkat kesesuaian ukuran antara objek fisik dan model hasil pemindaian [2]. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam penyediaan alat praktikum 3D scanning berbiaya rendah, pengendalian proses manufaktur prototipe, serta penentuan kombinasi parameter scanning yang menghasilkan deviasi dimensi terkecil.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dituliskan sebelumnya, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses manufaktur prototipe 3D scanner berbasis fotogrametri?
2. Bagaimana optimasi parameter pengujian terhadap performa hasil pemindaian 3D scanner berbasis fotogrametri menggunakan metode Taguchi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat rancang bangun prototipe 3D scanner berbasis fotogrametri berbiaya rendah.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Menentukan parameter pengujian yang optimal untuk meningkatkan performa hasil pemindaian 3D scanner berbasis fotogrametri menggunakan metode Taguchi dengan bantuan perangkat lunak Minitab.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini hanya membahas proses manufaktur prototipe 3D scanner berbasis *photogrammetry*, mulai dari pemotongan material, perakitan rangka, pemasangan komponen mekanik, instalasi elektronik, hingga pengujian awal alat.
2. Alat 3D scanner yang dibuat masih berupa prototipe, sehingga pengujian hanya difokuskan pada fungsi dasar, hasil rekonstruksi 3D, dan error dimensi hasil scan.
3. Prototipe 3D scanner yang dibuat menggunakan kamera IMX519, Raspberry Pi 4B, motor stepper, driver A4988, meja putar, dan rangka berbahan aluminium profile.
4. Perhitungan Material Removal Rate hanya dilakukan pada proses pemotongan material rangka, bukan pada seluruh proses manufaktur.
5. Control plan hanya digunakan untuk mengendalikan kualitas proses manufaktur dan perakitan prototipe, bukan untuk pengendalian kualitas produksi massal.
6. Pengujian performa scanning hanya dilakukan pada satu objek uji, yaitu pengisi daya ponsel.
7. Dimensi asli objek yang digunakan sebagai pembanding hanya meliputi panjang, lebar, dan tinggi.
8. Parameter pengujian yang dianalisis menggunakan metode Taguchi hanya terdiri dari tiga variabel bebas, yaitu *shutter speed*, *gain*, dan jumlah foto.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

9. Metode Taguchi yang digunakan adalah Orthogonal Array $L9(3^3)$ dengan tiga faktor dan tiga level.
10. Respon yang dianalisis adalah error dimensi hasil scan, yaitu selisih antara ukuran hasil scan dan ukuran asli objek dalam bentuk error persentase.
11. Kualitas hasil scan dinilai berdasarkan error dimensi dan tampilan visual hasil rekonstruksi 3D, tidak membahas analisis tekstur, warna, volume, massa, atau kekasaran permukaan.
12. Proses perbaikan mesh hanya dilakukan untuk kebutuhan visualisasi hasil scan, bukan sebagai bagian utama dalam analisis akurasi dimensi.
13. Penelitian ini tidak membandingkan performa prototipe dengan 3D scanner komersial secara langsung.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Teoritis

Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan manufaktur aditif melalui optimasi cetak tiga dimensi dengan metode Taguchi, serta memperkaya studi tentang 3D Scanner dalam otomasi.

2. Praktis

Mendorong inovasi mahasiswa dalam teknologi melalui pemanfaatan 3D Scanner sebagai *prototyping* ekonomis, dan acuan pengembangan mesin.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Penulisan hasil penelitian ini dibagi dalam beberapa bab yang saling berhubungan. Adapun urutan dalam penulisan laporan ini terlihat pada uraian dibawah ini:



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan serta sistematika penelitian

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini tentang dasar teori dan penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini dan dasar perhitungan yang mendukung dalam perancangan alat press kaleng minuman bekas. Teori yang digunakan meliputi analisis kekuatan struktur.

BAB III METODOLOGI

Metodologi menjelaskan mengenai diagram alir, penjelasan langkah kerja, dan metode dalam memecahkan masalah.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjabarkan hasil dari analisa proses manufaktur beserta analisa perhitungan dalam menghitung biaya dan waktu permesinan untuk mengkalkulasi harga pokok produksi per unit.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan kesimpulan yang bertujuan menjawab permasalahan dan tujuan dari perancangan alat press kaleng serta saran yang di berikan sesuai.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil proses manufaktur prototipe 3D scanner berbasis photogrammetry dan pengujian performa scanning menggunakan metode Taguchi, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Proses manufaktur prototipe 3D scanner dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu persiapan material, pemotongan aluminium profile, perakitan rangka, pemasangan komponen mekanik, pemasangan sistem elektronik, instalasi kamera, dan pengujian awal alat. Prototipe yang dihasilkan mampu melakukan proses pengambilan gambar objek secara berurutan untuk membentuk model 3D berbasis *photogrammetry*.
2. Berdasarkan analisis Signal to Noise Ratio dengan karakteristik *Smaller The Better*, kombinasi parameter optimal yang diperoleh adalah gain level 2, jumlah foto 70, dan shutter speed 1/7. Kombinasi tersebut dipilih karena memiliki nilai S/N Ratio tertinggi pada masing-masing faktor. Berdasarkan grafik Main Effects Plot for S/N Ratios, faktor yang paling berpengaruh terhadap error dimensi hasil scan adalah jumlah foto, diikuti oleh shutter speed dan gain. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah foto menjadi faktor dominan dalam kualitas hasil rekonstruksi 3D berbasis photogrammetry.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Mengembangkan desain sistem 3D scanner dengan mekanisme pengaturan jarak antara kamera dan objek. Pengaturan jarak merupakan salah satu parameter penting dalam fotogrametri karena berpengaruh terhadap ketajaman citra, kualitas ekstraksi fitur, dan akurasi hasil rekonstruksi 3D. Jarak yang tidak optimal dapat menyebabkan citra



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

menjadi kurang fokus (blur) sehingga menurunkan kualitas model 3D yang dihasilkan.

2. Menambahkan penutup atau latar belakang (*background*) pada area pemindaian untuk meminimalkan gangguan visual di sekitar objek. Penggunaan background yang seragam dapat membantu kamera memfokuskan pengambilan citra pada objek utama, mengurangi fitur yang tidak diperlukan dari lingkungan sekitar, serta meningkatkan kualitas proses rekonstruksi model 3D.
3. Mengembangkan sistem 3D scanner dengan mekanisme pergerakan kamera yang dapat mengelilingi objek pada berbagai sudut pengambilan gambar. Mekanisme ini diharapkan mampu meningkatkan cakupan permukaan objek, mengurangi bagian model yang tidak terekonstruksi (*missing area*), serta meningkatkan akurasi hasil rekonstruksi 3D dibandingkan sistem yang hanya mengandalkan perputaran objek pada *turntable*.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Haleem *et al.*, “International Journal of Cognitive Computing in Engineering Exploring the potential of 3D scanning in Industry 4 . 0 : An overview ☆,” *Int. J. Cogn. Comput. Eng.*, vol. 3, no. August, pp. 161–171, 2022, doi: 10.1016/j.ijcce.2022.08.003.
- [2] R. H. Helle and H. G. Lemu, “Materials Today : Proceedings A case study on use of 3D scanning for reverse engineering and quality control,” *Mater. Today Proc.*, vol. 45, pp. 5255–5262, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.01.828.
- [3] O. Abdelaal and S. A. Aldahash, “applied sciences Realization of Impression Evidence with Reverse Engineering and Additive Manufacturing,” 2024.
- [4] C. Design, P. Stief, J. Dantan, A. Etienne, and A. Siadat, “ScienceDirect ScienceDirect Photogrammetry-based for supporting 3D scanning scanning for supporting design activities and and France activities testing testing in in early early stage stage product product development development A new methodology a to analyze the functional and physical architecture of Martin identification existing products for assembly oriented product family,” *Procedia CIRP*, vol. 100, pp. 762–767, 2019, doi: 10.1016/j.procir.2021.05.047.
- [5] P. Koutlemanis, X. Zabulis, N. Stivaktakis, N. Partarakis, and E. Zidianakis, “A low-cost close-range photogrammetric surface scanner,” 2020.
- [6] R. Pirlo, M. Grazia, G. Fulvio, L. Luigi, and M. Galantucci, “Evaluation of a photogrammetry - based scanner for measuring small - sized features in an additive manufacturing repair process chain,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 136, no. 11, pp. 5581–5598, 2025, doi: 10.1007/s00170-025-15153-2.
- [7] R. F. Suratman, R. A. Wicaksono, and E. Kurniawan, “Optimasi Parameter Pengambilan Gambar Fotogrametri Rentang Dekat Menggunakan Metode Taguchi Sebagai Pengembangan 3D Metrologi,” vol. 3, no. 1, pp. 69–75,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2022.

- [8] P. Alison, E. Atencio, and F. M. Rivera, "Calibration of UAV Flight Parameters to Inspect the Deterioration of Heritage Façades Using Orthogonal Arrays," 2023.
- [9] I. Amal, F. Fajrin, D. Defwaldi, F. Teknik, and I. T. Padang, "Analisis Kepadatan Titik dan Geometri Mesh 3D pada Bangunan Gedung Gebouw Van Padangsche Spaarbank sudut kamera yang berbeda . Close range melibatkan pengukuran dan menganalisis objek," vol. 3, no. 4, 2024.
- [10] M. R. Sofyandi, E. Kurniawan, and R. A. Wicaksono, "Rancang Bangun 3D Scanner Sebagai 3D Metrologi Dengan Metode Fotogrametri Rentang Dekat," vol. 3, no. 1, pp. 56–61, 2022.
- [11] S. Jaya *et al.*, "Visualisasi 3D Objek Menggunakan Teknik Fotogrametri Jarak Dekat," vol. 5, no. 1, 2016.
- [12] J. Kendali, "Pengaruh Jumlah Foto dan Shutter Speed terhadap Penyimpangan Dimensi Hasil Pemindaian Objek pada Proses Reverse Engineering dengan Teknik Fotogrametri," vol. 3, 2025.
- [13] P. Pietrzyk, S. Liu, and A. Bucksch, "Improving 3D reconstruction quality for root phenotyping: assessing the impact of camera calibration and imaging parameters," 2026.
- [14] U. Kalangan, S. Dan, S. Di, and K. Utara, "Pengenalan komponen elektronika raspberry pi untuk kalangan siswa dan siswi di kembangan utara," vol. 1, no. 2, pp. 9–15, 2020.
- [15] "16MP IMX519," Arducam Wiki. Accessed: Jun. 20, 2026. [Online]. Available: <https://docs.arducam.com/Raspberry-Pi-Camera/Native-camera/16MP-IMX519/>
- [16] L. Penelitian, D. A. N. Pengabdian, K. Masyarakat, and U. P. Semarang, "No Title," pp. 662–677, 2020.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [17] R. D. Mahardi *et al.*, “Desain Perancangan Buck Converter Berbasis IC LM2596 Departemen Electrical Engineering , Sekolah Tinggi Teknik Pati , Indonesia,” vol. 7, 2024.
- [18] P. Proses *et al.*, “PENGARUH PROSES AGEING DAN POWDER COATING PADA ALUMINIUM PROFIL SECTION 7118”.
- [19] R. Sari, R. Khalida, A. Fitriyani, A. Ardiansyah, and M. Kurniasih, *Pengantar Ilmu Komputer*.
- [20] E. Nunes and S. Sousa, “ScienceDirect ScienceDirect model for for designing control plan plan A dynamic dynamic programming programming model designing a a quality quality control in a a manufacturing manufacturing process process in,” *Procedia Manuf.*, vol. 38, no. 2019, pp. 581–588, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.073.
- [21] P. Cnc, T. Dengan, and M. Metode, “PROSIDING SEMINAR NASIONAL,” vol. 18, 2022.
- [22] S. Riyadi, A. Sobari, and R. Rizalludin, “AUTOMATIC CHOCONUT MACHINE,” vol. 2, no. 1, pp. 20–32, 2022.
- [23] P. Halimah and Y. Ekawati, “Penerapan Metode Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Bata Ringan pada UD . XY Malang Application of the Taguchi Method to Improve the Quality of Lightweight Bricks at UD . XY Malang,” pp. 13–26, 2020, doi: 10.30813/jiems.v13i1.1694.
- [24] J. Sistem and D. Teknik, “E-ISSN : 2621-8933 JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)”.
- [25] R. Ferdiansyah and I. Bachtiar, “Pengendalian Kualitas dengan Metode Taguchi pada Produk Cat Tembok di Pt XYZ,” pp. 129–138, 2023.
- [26] R. P. Chhetri, “Errors in Scientific Physical Experiments,” vol. 1733.
- [27] Z. Mukhriz, M. Mukhsin, and I. A. Ishak, “Accuracy Analysis of a 3D Scanner on Small Dimension Object,” vol. 6, no. 1, pp. 814–824, 2025.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [28] P. R. Maulidia, N. Budiharti, and E. Adriantantri, "ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI PADA UMKM RUBBER SEAL RM PRODUCTS GENUINE PARTS SUKUN , MALANG," no. September, pp. 82–91, 2020.
- [29] A. Tangkemanda, L. Parwandi, and R. Rusnan, "Rancang Bangun Mesin Pemindai 3D Menggunakan Sensor Jarak Infrared Pada Mesin Printer 3D," vol. 22, no. 1, pp. 113–118, 2024.
- [30] I. Taufik, E. B. Bangun, R. M. Sulistiyo, E. Vionna, and L. Nurul, "Jurnal E-Komtek Prototype of an Arduino-Based 3D Scanner Printed Using 3D Printing," vol. 8, no. 1, pp. 177–184, 2024.
- [31] Y. Yang, J. Xu, W. S. Elkhuizen, and Y. Song, "HardwareX The development of a low-cost photogrammetry-based 3D hand scanner," *HardwareX*, vol. 10, p. e00212, 2021, doi: 10.1016/j.ohx.2021.e00212.
- [32] A. Mateescu, I. L. Stefan, S. Raileanu, and I. S. Sacala, "An Open-Source , Low-Cost Solution for 3D Scanning," pp. 1–22, 2026.
- [33] A. Abd-raheem and F. Aldeiri, "Design of an Automated 3D Scanner," 2018 *Int. Arab Conf. Inf. Technol.*, pp. 1–5, 2018.
- [34] H. Li, C. G. Lim, Y. Y. Koh, and C. L. Kok, "Design A DIY 3D Scanner for Scanning a 3D Object Using Arduino," pp. 113–136, 2023, doi: 10.9790/1813-1212113136.
- [35] M. M. Jadhav, "Design and development for generation of real object virtual 3D model using laser scanning technology Yogeshwar Durgude Virendra Nirnanjan Umaje," vol. 1, no. 3, pp. 273–291, 2019.
- [36] S. Kohtala, J. F. Erichsen, O. Petter, and M. Steinert, "ScienceDirect Photogrammetry-based 3D scanning for supporting design activities and testing in early stage product development," *Procedia CIRP*, vol. 100, no. March, pp. 762–767, 2023, doi: 10.1016/j.procir.2021.05.047.



LAMPIRAN

Lampiran 1 RAB 3D Scanner

Project : 3D Scanner		Politeknik Negeri Jakarta			
Dosen Pembimbing 1 : Fajar Mulyana, S.T., M.T.		Teknologi Rekayasa Manufaktur			
Dosen Pembimbing 2 : Azam Milah Muhamad, M.T.,		BoQ 3D Scanner			
ITEM		UNIT	QUANTITY	TOTAL PRICE	
A	MANUFATUR				
	A.1	V Slot Alumunium Profile 2020	Cm	300	Rp 234.500,00
	A.2	V Slot Alumunium Profile 4020	Cm	50	Rp 82.000,00
	A.3	Alumunium Corner Siku 2020	Pcs	32	Rp 63.500,00
	A.4	Custom Braket Akrilik	Pcs	7	Rp 190.000,00
	A.5	Custom 3D Print	Pcs	9	Rp 270.500,00
	A.6	Jasa Potong Alumunium	Pcs	1	Rp 60.000,00
	A.7	L Hex M5x 8 mm	Pcs	84	Rp 55.000,00
	A.8	L Hex M5x10 mm	Pcs	25	Rp 15.000,00
	A.9	L Hex M5x15 mm	Pcs	2	Rp 7.000,00
	A.10	L Hex M5x30 mm	Pcs	10	Rp 8.150,00
	A.11	Nut M5	Pcs	100	Rp 5.600,00
	A.12	Nut M4	Pcs	100	Rp 4.500,00
	A.13	T nut M5	Pcs	80	Rp 104.000,00
	A.14	L Hex Countersink M4x6mm	Pcs	20	Rp 10.500,00
	A.15	L Hex Countersink M4x8mm	Pcs	20	Rp 8.100,00
	A.16	L Hex M3x10mm	Pcs	10	Rp 3.990,00
	A.17	L Hex Countersink M3x8mm	Pcs	20	Rp 8.100,00
	A.18	Ecentrik Nut	Pcs	2	Rp 15.480,00
	A.19	Spacer Nut 5mm	Pcs	12	Rp 24.392,00
	A.20	Coupling 5-5mm	Pcs	1	Rp 13.130,00
	A.21	Coupling 5-8mm	Pcs	1	Rp 13.130,00
	A.22	Leadscrew T8x30cm + Flange	Pcs	1	Rp 51.000,00
	A.23	Batang AS SS304	Cm	100	Rp 27.500,00
	A.24	Hexagonal Coupling 5mm	Pcs	5	Rp 42.000,00
	A.25	Hand Tap M3-M8	Pcs	1	Rp 21.250,00
	A.26	625ZZ V slot wheel	Pcs	7	Rp 73.500,00
	A.27	625ZZ Bearing	Pcs	1	Rp 4.851,00
	A.28	Double Tape M3	Pcs	1	Rp 5.180,00
	A.29	Mata Hand Tap M5x0.8	Pcs	1	Rp 21.500,00
TOTAL				Rp 1.443.353,00	
B	ELEKTRICAL				
	B.1	Raspberry Pi 4B RAM	Pcs	1	Rp 1.985.000,00
	B.2	Motor Stepper Nema 17	Pcs	2	Rp 160.464,00
	B.3	Driver A4988	Pcs	2	Rp 36.500,00
	B.4	Adaptor DC 12V 5A	Pcs	1	Rp 49.500,00
	B.5	Extension Driver Stepper A4988	Pcs	1	Rp 22.500,00
	B.6	Kamera IMX519	Pcs	1	Rp 766.567,00
	B.7	Micro SD 64GB	Pcs	1	Rp 54.482,00
	B.8	Buck Converter LM2596	Pcs	1	Rp 29.865,00
	B.9	Kabel Kamera FFC 50cm	Pcs	1	Rp 121.000,00
	B.10	LED Strip	Pcs	1	Rp 32.216,00
	B.11	Kabel Merah 2 meter	Pcs	1	Rp 5.000,00
	B.12	Kabel Hitam 2 meter	Pcs	1	Rp 5.000,00
	B.13	Kabel Type-C	Pcs	1	Rp 1.400,00
	B.14	Kabel Motor Stepper	Pcs	2	Rp 26.446,00
	B.15	konektor XH 2,54 4 pin	Pcs	2	Rp 10.870,00
	B.16	Kabel Jumper Female to Female	Pcs	1	Rp 19.500,00
	B.17	Sekun	Pcs	1	Rp 10.800,00
	B.18	Kabel Jack Dc Male Female	Pcs	1	Rp 1.500,00
	B.19	Card Reader	Pcs	1	Rp 15.000,00
	TOTAL				Rp 3.353.610,00
TOTAL KESELURUHAN				Rp 4.796.963,00	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



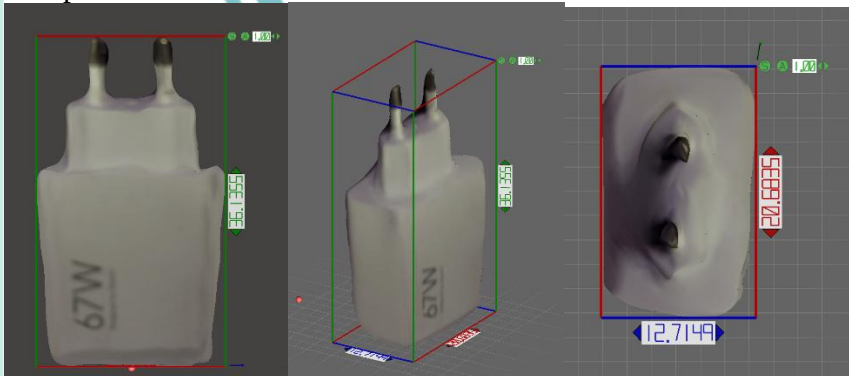
Lampiran 2 Timeline Penelitian

TIMELINE PROJEK RANCANG BANGUN MESIN 3D SCANNER																											
NO	NAMA KEGIATAN	PERENCANAAN WAKTU																									
		JANUARI				FEBRUARI				MARET				APRIL				MEI				JUNI					
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	Penentuan Topik Skripsi																										
2	Penentuan Judul Skripsi																										
3	Pembuatan Desain Kasar																										
4	Penyusunan RAB dan Jadwal																										
5	Penyusunan Proposal Skripsi																										
6	SEMPRO																										
7	Revisian Laporan SEMPRO																										
8	Finalisasi Desain dan Komponen																										
9	Pembelian Bahan dan Komponen																										
10	Proses Manufaktur/Fabrikasi Komponen																										
11	Tahap Perakitan Mesin																										
12	Tahap Pemrograman dan Pengujian Mesin																										
13	Pengambilan dan Pengolahan Data																										
14	Penulisan Skripsi																										
15	Pengajuan Sidang Skripsi																										

Lampiran 3 Pemotongan Bahan



Lampiran 4 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-1



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

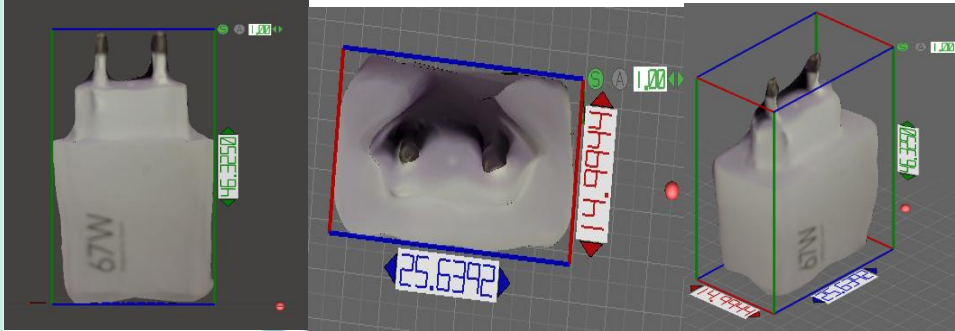


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

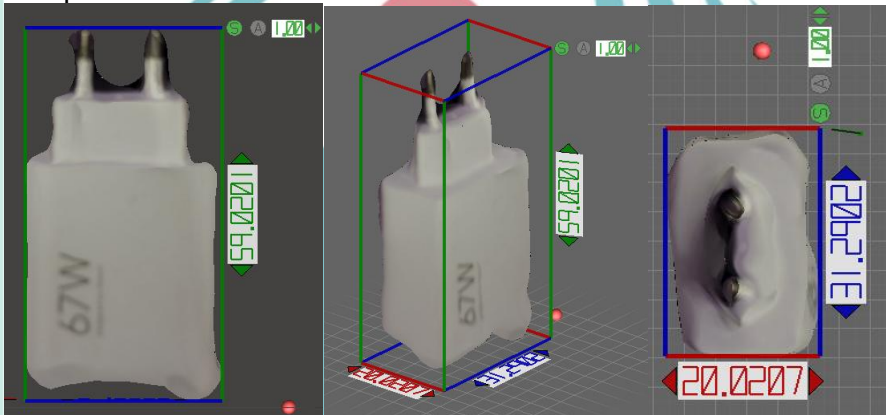
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

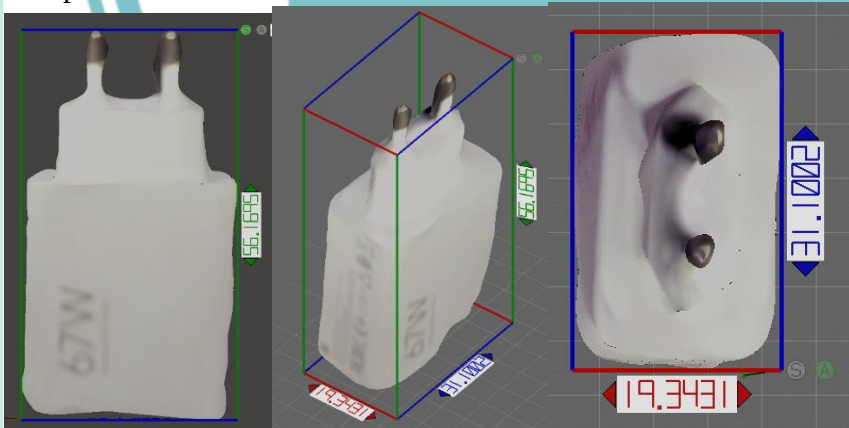
Lampiran 5 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-2



Lampiran 6 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-3



Lampiran 7 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-4



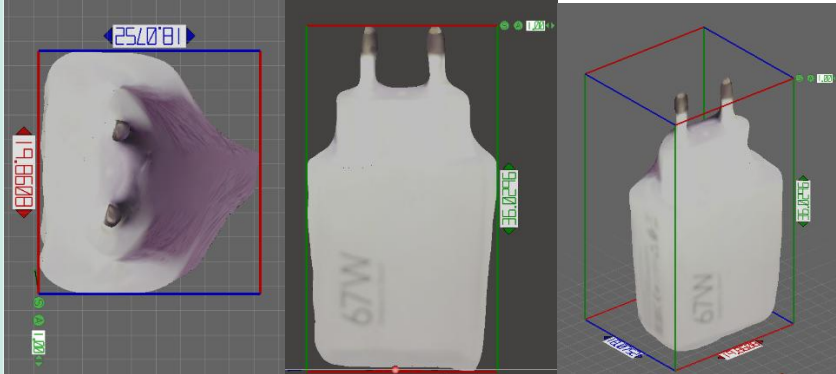


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

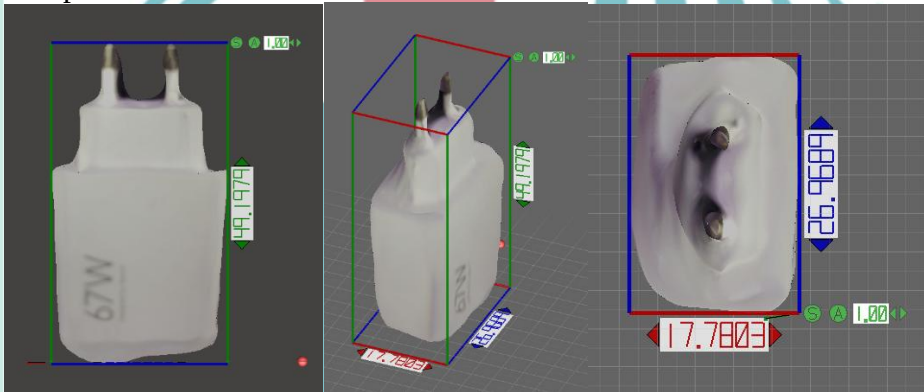
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

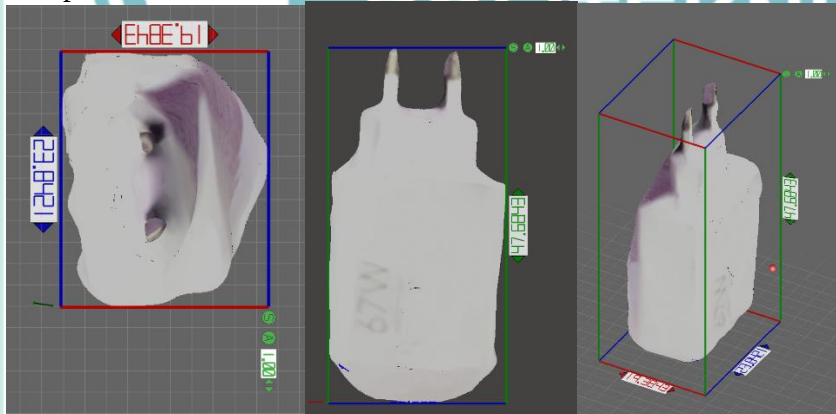
Lampiran 8 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-5



Lampiran 9 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-6



Lampiran 10 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-7



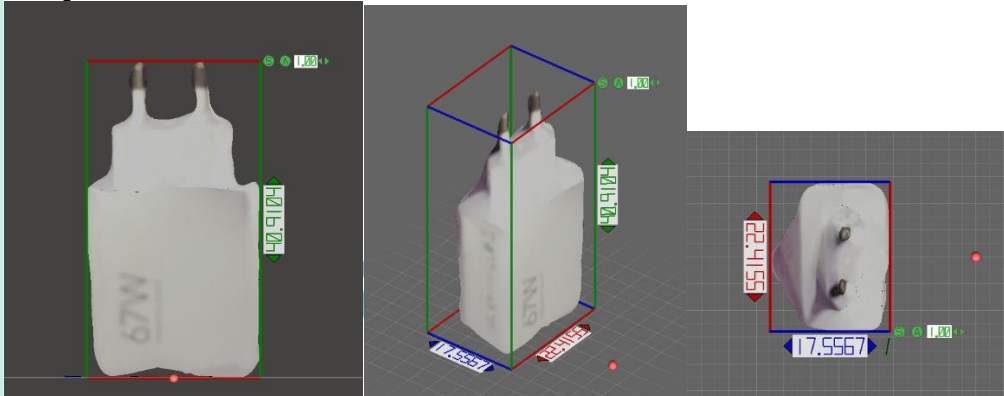


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

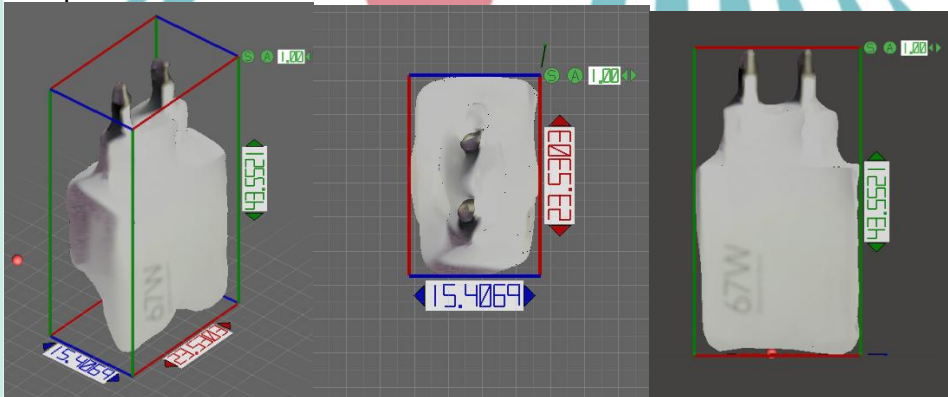
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 11 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-8



Lampiran 12 Hasil Ukuran Dimensi Parameter ke-9



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA