

## REVERSE ENGINEERING PADA KOMPONEN OTOMOTIF DENGAN METODE PHOTOGRAMMETRY

\*Luqman Hakim<sup>1</sup>, Rusnaldy<sup>2</sup>, Paryanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: [luqmanh152@gmail.com](mailto:luqmanh152@gmail.com)

### Abstrak

*Reverse engineering* atau rekayasa mundur dalam sebuah proses dalam bidang *manufacturing* memiliki tujuan untuk mereproduksi atau membuat ulang model yang sudah ada baik komponen, *sub assembly*, atau produk tanpa menggunakan data – data dokumen *design* atau gambar kerja yang sudah ada. Pada penelitian tugas akhir ini, penulis mencoba menggunakan metode *photogrammetry* dalam proses 3D *modeling* sebagai pengganti proses *scanning* dengan laser 3D *scanner*. *Photogrammetry* sendiri adalah seni dan ilmu untuk mendapatkan pengukuran yang tepat secara matematis dan data tiga dimensi (3D) dari dua atau lebih hasil foto. Hasil permodelan 3D dengan metode *photogrammetry* menghasilkan desain 3D *connecting rod* dan desain 3D tromol dengan jumlah gambar 82 yang menghasilkan *faces* format .igs dan .SLDPRT serta gambar 2D *connecting rod* dan tromol. Hasil pengukuran dimensi pada *connecting rod* dan tromol menghasilkan ukuran dimensi bagian *small end*, *big end*, dan *beam* pada *connecting rod* didapatkan hasil error tertinggi adalah 4,99 % dan terendah adalah 0,37 %. Dan hasil ukuran dimensi bagian *brake drum* dan *backing plate* pada tromol didapatkan hasil error tertinggi adalah 3,66 % dan terendah adalah 0,05 %.

**Kata kunci:** *computer aided design; photogrammetry; reverse engineering*

### Abstract

*Reverse engineering or backward engineering in a process in the manufacturing sector has the aim of reproducing or re-creating existing models, whether components, sub-assemblies, or products, without using existing design document data or working drawings. In this final project research, the authors try to use the photogrammetric method in the 3D modeling process as a substitute for the scanning process with a laser 3D scanner. Photogrammetry is the art and science of obtaining mathematically precise measurements and three-dimensional (3D) data from two or more photographs. The results of 3D modeling using the photogrammetric method produced a 3D connecting rod design with a total of 65 images and a 3D drum design with a total of 82 images then produced a 3D design with the format . igs and. SLDPRT and 2D drawing of connecting rod and drum. The results of measuring the dimensions of the connecting rod and drum resulted in the dimensions of the small end, big end, and beam on the connecting rod, the highest error was 4.99 % and the lowest was 0.37 %. And the results of the dimensions of the brake drum and backing plate on the drum obtained the highest error result 4was 3.66 % and the lowest was 0.05 %..*

**Keyword:** *computer aided design; photogrammetry; reverse engineering*

## 1. Pendahuluan

*Reverse engineering* atau rekayasa mundur dalam sebuah proses dalam bidang manufacturing memiliki tujuan untuk mereproduksi atau membuat ulang model yang sudah ada baik komponen, sub assembly, atau produk tanpa menggunakan data – data dokumen design atau gambar kerja yang sudah ada. Reverse engineering juga didefinisikan sebagai proses untuk mendapatkan model CAD (Computer Aided Design) geometris dari 3-D poin yang diperoleh dari scanning atau digitalisasi produk yang sudah ada [1]. *Reverse engineering* adalah proses menemukan prinsip-prinsip teknologi perangkat, objek atau sistem melalui analisis struktur, fungsi dan operasinya. Ini sering melibatkan membongkar sesuatu dan menganalisis cara kerjanya secara rinci, digunakan dalam pemeliharaan atau pembuatan produk atau program baru yang melakukan hal yang sama tanpa menyalin apa pun dari aslinya. Tujuannya adalah untuk menyimpulkan keputusan desain dari produk akhir dengan sedikit atau tanpa pengetahuan tambahan tentang prosedur yang terlibat dalam produksi asli. Rekayasa balik dilakukan dalam beberapa keadaan seperti dokumentasi dan data dari produk yang tidak ada, dan analisis produk (untuk memeriksa cara kerja suatu produk, bagian komponen, biaya produk, dan mengidentifikasi potensi). Rekayasa terbalik adalah membongkar suatu objek untuk melihat cara kerjanya untuk menduplikasi atau meningkatkan objek. Seseorang yang melakukan rekayasa balik pada perangkat lunak dapat menggunakan beberapa alat untuk membongkar suatu program. Istilah *forward engineering* kadang-kadang digunakan sebagai kebalikan dari reverse engineering dalam berbagai literatur [2].

Metode yang dapat dilakukan dalam *reverse engineering* suatu produk atau barang salah satunya yang sering digunakan adalah dengan mendapatkan 3D *modelling* dari suatu *design* produk dengan cara menggunakan proses *scanning* menggunakan alat 3D *scan sense* seperti yang dilakukan oleh Tassiek [3].

Fotogrametri atau *photogrammetry* adalah seni dan ilmu untuk mendapatkan pengukuran yang tepat secara matematis dan informasi tiga dimensi (3D) dari dua foto atau lebih. Prinsip dasarnya sama dengan perekaman multi-kamera, memungkinkan Anda membuat panorama dengan menggabungkan gambar menjadi mosaik 2D [4]. Dari informasi tersebut kemudian diolah dan dilakukan pemodelan 3D dengan menggunakan perangkat lunak CAD. Pemodelan 3D ini menggambarkan bentuk dan ukuran produk. Sebelum produk diproduksi atau dikembangkan, harus dipastikan bahwa desain atau gambar produk benar-benar memenuhi persyaratan yang ditentukan atau diharapkan. Penelitian tentang *photogrammetry* sudah beberapa kali dilakukan sebelumnya, seperti pada penelitian yang dilakukan Ririh [4] menggunakan metode ini untuk mendapatkan 3D desain dari propeller kapal menggunakan kamera dslr yang dilakukan di luar ruangan serta di dalam ruangan dan berhasil menghasilkan 3d desain dari propeller tersebut, serta penelitian dari Bocanet [5] pada gas regulator menggunakan kamera smartphone menghasilkan mesh yang dapat diolah menjadi CAD serta Kanun [6] yang dilakukan pada turbochager yang mengalami kerusakan sehingga mendapatkan 3d desain untuk dianalisis kembali menggunakan *software* ANSYS. Terdapat juga penelitian yang memanfaatkan *photogrammetry* pada bidang kesehatan seperti pada penelitian Prananda [7] untuk pembuatan socket kaki prostesis untuk pasien amputasi.

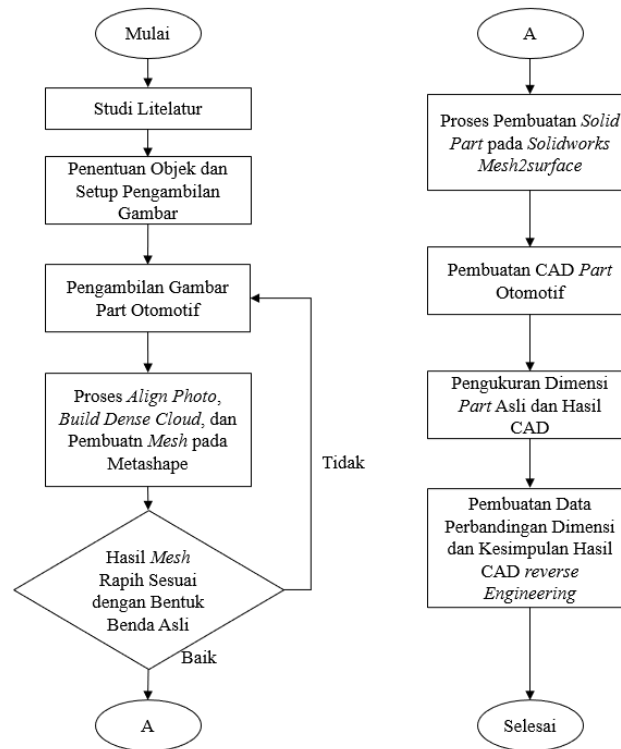
Pada penelitian tugas akhir ini, penulis mencoba menggunakan metode *photogrammetry* dalam proses 3D modeling sebagai pengganti proses scanning dengan laser 3D scanner. *Photogrammetry* sendiri adalah seni dan ilmu untuk mendapatkan pengukuran yang tepat secara matematis dan data tiga dimensi (3D) dari dua atau lebih hasil foto. Penggunaan metode *photogrammetry* digunakan sebagai pengganti 3D scanner yang memakan lebih banyak biaya dalam proses pembuatan alat maupun prosesnya untuk mendapatkan data yang dibutuhkan. Tujuan penggunaan metode *photogrammetry* dalam proses *reverse engineering* ini untuk menggantikan 3D scanner dalam proses pengambilan data bentuk 3D *modeling* dari suatu produk dan pengolahan 2D, dimana digantikan menggunakan kamera digital yang dapat digunakan lebih mudah dan dapat menekan biaya proses *reverse engineering* dimana kamera lebih mudah didapat dan dioperasikan.

## 2. Dasar Teori dan Metodologi

*Reverse engineering* adalah proses menemukan prinsip-prinsip teknologi perangkat, objek atau sistem melalui analisis struktur, fungsi dan operasinya [2]. *Photogrammetry* adalah seni dan ilmu untuk mendapatkan pengukuran yang tepat secara matematis dan data tiga dimensi (3D) dari dua atau lebih hasil foto. Prinsip dasarnya adalah sama dengan cara anda mengambil banyak kamera yang memungkinkan Anda untuk membuat panorama dengan tumpang tindih foto menjadi mosaik 2D [4]. Agisoft Metashape adalah produk perangkat lunak yang melakukan pemrosesan fotogrametri gambar digital (*aerial and close-range photography, satellite imagery*) dan menghasilkan data spasial 3D untuk digunakan dalam aplikasi GIS, dokumentasi warisan budaya, dan produksi efek visual serta untuk pengukuran tidak langsung objek dari berbagai skala [8]. Otomotif adalah ilmu yang mempelajari tentang alat-alat transportasi darat yang menggunakan mesin, terutama mobil dan sepeda motor. Otomotif mulai berkembang sebagai cabang ilmu seiring dengan diciptakannya mesin mobil. Dalam perkembangannya, mobil semakin menjadi alat transportasi yang kompleks yang terdiri dari ribuan komponen yang tergolong dalam puluhan system dan subsistem [9]. *Connecting rod* atau Batang penghubung merupakan komponen mesin yang berperan untuk mengubah gerakan bolak-balik (maju mundur/turun naik) piston menjadi gerakan berputar (*rotary*) pada poros engkol [10]. Rem adalah sebuah peralatan dengan memakai tahanan gesek buatan yang diterapkan pada sebuah mesin berputar mengurangi atau bahkan gerakan mesin berhenti, Rem menyerap energi kinetik dari bagian yang bergerak. Energi yang diserap oleh rem berubah dalam

bentuk panas. Prinsip kerja rem tromol yaitu mengubah energi gerak menjadi panas. Sepatu rem menekan putaran dari tromol rem sehingga memperlambat putaran tromol / roda sehingga kendaraan dapat berhenti dengan sempurna [11]. Metrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang pengukuran geometris suatu produk dengan cara dan alat yang tepat sehingga hasil pengukurannya mendekati kebenaran dari keadaan yang sesungguhnya. Manfaatnya pada bidang teknik mesin adalah menentukan suatu produk yang baik dengan memastikan hasilnya presisi pada proses permesinan [12].

## 2.1 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 1.** Diagram Alir Metode Penelitian

## 2.2 Objek Benda Kerja

Objek benda kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah part otomotif, pemilihan part otomotif yang digunakan adalah *connecting rod* dan tromol *brake*. Part otomotif yang dipilih memiliki pertimbangan bentuk desain yang saling berbeda seperti ukuran besar kecil benda, kerumitan benda kerja, detail benda kerja, kedalaman benda kerja, dan dimensi benda kerja sehingga hasil yang diperoleh memiliki pengukuran dimensi yang berbeda. *Connecting rod* dipilih karena memiliki dimensi yang kecil dan tidak rumit, akan tetapi membutuhkan ketelitian yang tinggi untuk menghasilkan error yang lebih rendah. Tromol *brake* dipilih karena memiliki dimensi yang lebih besar, tingkat kerumitan yang cukup tinggi dan kedalaman setiap bagian yang perlu diperhatikan serta pembuatan CAD yang lebih sulit dari *connecting rod*.

## 2.3 Spesifikasi Kamera

Spesifikasi kamera yang digunakan adalah kamera *smartphone* dengan jenis *smartphone xiaomi redmi 10* dan kamera DSLR *canon 1200D*. Pada pengambilan sebuah gambar foto terdapat pengaturan yang harus digunakan oleh kamera sehingga gambar yang dihasilkan dapat sesuai dengan yang dibutuhkan. Dalam pengaturan kamera yang digunakan dalam penelitian ini digunakan pengaturan yang disesuaikan dengan lingkungan pengambilan gambar.

## 2.4 Setup Pengambilan Gambar Part Otomotif

Setup dalam mengambil gambar sangat penting untuk mempermudah proses dan membuat hasil *mesh* yang dihasilkan akan menjadi lebih baik. Dalam penelitian ini setup pengambilan gambar yang digunakan adalah menggunakan bantuan *turntable* dengan tambahan *mark* pada *setup* dan produk yang akan di foto dan latar belakang menggunakan kain polos untuk mempermudah proses masking pada software *metahape*.

## 2.5 Pengambilan Gambar Part Otomotif

Benda kerja yang akan diambil foto berada ditengah dengan kamera yang memutar 360 derajat horisontal mengelilingi benda dan 15 derajat vertikal dan ditambah sudut sudut sempit pada benda yang masih belum tertangkap oleh kamera.

## 2.6 Pembuatan Mesh pada Agisoft Metashape

Proses pembuatan *mesh* pada agisoft metashape terdapat tahapan tahapan yang harus dikerjakan antara lain adalah proses *align photo*, proses *build dense cloud*, dan proses *build mesh*. Pada perintah *align photos* proses pembentukan *point cloud* dapat diatur akurasi *point*, jumlah *point* keseluruhan, dan jumlah *point* per *megapixel*. Pada penelitian ini digunakan pengatur randengan akurasi “*high*”, *key point* limit pada tiap gambar 10000, dan *tie point limit* 1000. Pengaturan dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan bentuk benda kerja yang akan diolah dan spesifikasi hardware yang digunakan. Proses pembentukan *dense cloud* merupakan proses pengolahan *point cloud* yang sudah terbentuk sebelumnya menjadi lebih rapat dan pengaturan kedalaman atau detail dari benda kerja. Proses terakhir dalam pembentukan *mesh* dengan *software* metashape adalah dengan perintah *build mesh*. Pembentukan *mesh* dapat dihasilkan dengan resource yang sudah dibuat sebelumnya yaitu *dense cloud* dan *depth map*. Tekan perintah “*workflow*” dan pilih “*build mesh*”.

## 2.7 Proses Pembuatan Solid Surface pada Solidworks

*Mesh* yang telah dibuat menggunakan agisoft metashape pada dasarnya sudah dapat diolah pada perangkat lunak untuk dianalisis, namun *mesh* yang dihasilkan akan lebih mudah untuk *redesign* jika memiliki format *.igs* (*solid* atau *surface*), pengolahan *mesh* menjadi bentuk *surface* dilakukan menggunakan software solidworks 2020. Pada proses ini perlu untuk mengaktifkan add-ins mesh2surface pada solidwork 2020. Tahapan pembuatan solid surface pada software solidwork 2020 yang pertama adalah import *mesh* benda kerja, menggunakan perintah *cross section* pada *mesh*, membuat *plane* pada bagian bagian inti dari setiap part, membuat *sketch* dengan perintah *fit sketch entities*, dan menggunakan perintah *extrude* dari *sketch* yang telah dibuat.

## 2.8 Proses Pembuatan Drawing Connecting rod dan Tromol

Langkah pertama dalam membuat gambar teknik dari *connecting rod* dan tromol adalah membuat document baru pada solidworks 2020 dengan perintah “*new*” dan tekan perintah “*drawing*”. Memilih standar dan ukuran kertas yang digunakan dalam gambar teknik, pada penelitian ini digunakan ukuran kertas A4 dengan standar ANSI (American National Standards Institute). Menggunakan fitur standard 3 view untuk memasukan part yang akan dibuat gambar tekniknya dan tentukan skala yang akan digunakan, pada penelitian ini digunakan untuk connectiong rod dan tromol adalah 1:1 dan 1:2. Menggunakan fitur model items untuk membuat dan memunculkan ukuran dimensi dari benda kerja. Menggunakan smart dimension untuk mengukur dan memunculkan dimensi yang ingin diukur dan tidak keluar pada fitur model items.

## 2.9 Pengukuran Dimensi Part Otomotif

Pengukuran dimensi dilakukan untuk mendapatkan data ukuran dan dapat dibandingkan dengan hasil dari photogrammetry. Pengukuran dilakukan menggunakan cara manual pada *connecting rod* dan tromol. Pengukuran *connecting rod* dilakukan dengan menentukan bagian bagian dari *connecting rod* yang akan diukur, bagian - bagian *connecting rod* yang akan diukur adalah bagian *small end*, *big end* dan beam *connecting rod*. Pengukuran *connecting rod* diukur menggunakan vernier caliper dengan ketelitian 0,02 mm. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap bagian dengan hasil rata – rata setiap bagian yang digunakan. Dalam pengukuran tromol adalah dengan menentukan bagian bagian dari tromol yang akan diukur, bagian - bagian tromol yang akan diukur adalah bagian luar dari drum *brake* dan *backing plate*.

## 2.10 Perbandingan Dimensi Part Otomotif

Perbandingan dimensi dilakukan dengan cara membandingkan data hasil pengukuran benda kerja asli yaitu dimensi *connecting rod* dan tromol *brake* dengan dimensi yang ada pada 3D dan 2D desain. Hasil pengukuran dimensi lalu diolah dengan menghitung jumlah error yang didapat dari 3D dan 2D desain yang aka didapatkan data error dari setiap bagian yang telah diukur dimensinya.

## 3. Analisis dan Pembahasan

Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan dan pembuatan mesin *injection molding* dan pencetakan *insole* sepatu dengan menggunakan komposit berbahan dasar *sillicone rubber* dan *talc* yang merupakan material sebagai alternatif pembuatan *insole* sepatu. Variabel yang diteliti dalam penelitian ini adalah pengaruh suhu dan tekanan terhadap hasil dari *insole* sepatu dengan proses pencetakan menggunakan mesin *injection molding*

### 3.1 Hasil Pengambilan Gambar

Pengaturan kamera yang digunakan untuk pengambilan gambar benda kerja pada penelitian ini menggunakan 3 pengaturan yang disesuaikan dengan kondisi pencahayaan dan bentuk benda kerja. Terdapat 3 aspek penting pada pengaturan kamera yang digunakan pada metode *photogrammetry* yaitu pengaturan *shutter speed*, pengaturan ISO, dan pengaturan *aperture* kamera.

#### 3.1.1 Hasil Pengambilan Gambar *Connecting Rod*

Hasil pengambilan gambar menggunakan *smartphone* dan kamera DSLR pada benda kerja *connecting rod* menghasilkan jumlah gambar 65 gambar pada setiap *aperture* F11, F13, dan F16

#### 3.1.2 Hasil Pengambilan Gambar Tromol Brake

Hasil pengambilan gambar menggunakan *smartphone* dan kamera DSLR pada benda kerja Tromol *Brake* menghasilkan jumlah gambar 82 gambar pada setiap *aperture* F11, F13, dan F16.

### 3.2 Hasil *Photogrammetry*

#### 3.2.1 Hasil *Photogrammetry* yang Gagal

Hasil dari *build dense cloud* yang buruk pada kamera *smartphone* membuat proses pembentukan *mesh* tidak dilakukan karena akan membuat hasil *mesh* yang tidak sesuai dengan bentuk benda asli. Faktor penyebab dari gagalnya pembentuk *build dense cloud* pada kamera *smartphone* dikarenakan kamera *smartphone* yang memiliki *aperture* yang kecil dan tidak dapat diatur bukaan *aperture*-nya, dan sensor kamera yang dimiliki oleh kamera *smartphone* tentunya lebih kecil dari pada sensor yang ada pada kamera DSLR dan tidak dapat menangkap gambar dengan ketajaman yang lebih baik, penggunaan kamera *smartphone* sebagai sarana dalam pengambilan gambar masih dapat dilakukan dengan kamera *smartphone* yang sekarang dapat menghasilkan gambar yang lebih bagus akan tetapi kamera *smartphone* dengan kualitas kamera yang baik akan memakan banyak biaya, berbeda dengan jenis kamera yang dapat dibeli lebih terjangkau jika dibandingkan dengan penggunaannya dalam proses pengambilan gambar. Pengaturan ISO sangat berpengaruh untuk mendapatkan gambar dengan kontras yang baik tanpa ada bayangan atau sisi gelap yang dapat membuat software tidak membaca bagian pada benda kerja tersebut, sedangkan dengan kontras yang baik software dapat membuat *point cloud* lebih detail. Pada pengaturan *aperture* F11 didapatkan hasil gambar yang kurang tajam sehingga bagian *mesh* pada ujung jauh benda kerja tidak tertangkap dengan baik pada saat benda berputar. Pada pengaturan kamera dengan *aperture* kamera F13, terdapat dua pengaturan ISO yang disesuaikan dengan kondisi pencahayaan dengan penggunaan ISO 800 adalah pada saat kondisi cahaya matahari terang dan penggunaan ISO 1600 pada kondisi pencahayaan cukup redup seperti saat matahari mulai berawan. *Mesh* yang dihasilkan pada pengaturan *aperture* F13 menghasilkan *mesh* yang cukup baik dengan detail dan batas dari benda kerja terlihat dengan jelas namun masih ada bagian *mesh* yang kurang rapih pada detail bagian yang cukup dalam masih kurang baik.

#### 3.2.3 Hasil *Photogrammetry* yang Berhasil

*Mesh* yang dihasilkan pada pengaturan *aperture* F16 menghasilkan *mesh* yang cukup baik dengan detail dan batas dari benda kerja terlihat dengan jelas. Dari ketiga pengaturan *aperture* yang digunakan hasil *mesh* ini merupakan yang terbaik dari *aperture* yang lain. Hasil *mesh* dapat dipengaruhi oleh ketajaman dari gambar yang diambil, dapat dilihat dari hasil *mesh* yang telah dihasilkan dengan *aperture* tertinggi merupakan hasil *mesh* yang terbaik dari pengaturan yang lain, hal tersebut dikarenakan semakin tinggi *aperture* yang digunakan maka semakin tinggi juga ketajaman gambar yang dihasilkan. Pengaturan kamera dengan *aperture* tinggi pada *photogrammetry* merupakan pengaturan yang digunakan untuk menangkap gambar *landscape*.

### 3.3 Hasil 3D Modeling Part Otomotif

#### 3.3.1 3D Modeling Part *Connecting Rod*

Pada software *agisoft metashape* didapatkan hasil *mesh* dari *connecting rod* dengan jumlah gambar yang diambil adalah 65 gambar menghasilkan *mesh* dengan jumlah *faces* 376,050 dan *vertices* 188,307. Hasil *mesh connecting rod* mendapatkan bentuk yang hampir sesuai dengan bentuk asli dari *connecting rod*. Hasil dengan format file *solid* atau *surface* (.igs dan .SLDPRT) yang diolah dengan software *solidworks mesh2surface*. Pengolahan lebih lanjut pada software *solidworks mesh2surface* membuat 3d modeling dari *connecting rod* lebih mudah untuk diukur dan didesain ulang.

#### 3.3.2 3D Modeling Part Tromol

Pada software *agisoft metashape* didapatkan hasil *mesh* dari tromol dengan jumlah gambar yang diambil adalah 82 gambar menghasilkan *mesh* dengan jumlah *faces* 330,156 dan *vertices* 165,079. Hasil *mesh* tromol mendapatkan bentuk yang hampir sesuai dengan bentuk asli dari tromol. Hasil dengan format file *solid* atau *surface* (.igs dan .SLDPRT) yang diolah dengan software *solidworks mesh2surface*. Pengolahan lebih lanjut pada software *solidworks mesh2surface* membuat 3D modeling dari tromol lebih mudah untuk diukur dan didesain ulang.

### 3.4 Hasil Pengukuran Dimensi

#### 3.4.1 Hasil Pengukuran *Connecting Rod*

Pengukuran *connecting rod* dilakukan dengan alat *vernier caliper* dengan ketelitian 0,02 mm. Dari data perbandingan dimensi yang didapatkan penggunaan metode *photogrammetry* untuk mendapatkan desain dari *connecting rod* cukup baik bila dilihat dari error yang didapat, akan tetapi bila dilihat pada selisih ukuran dimensi batas maksimal pada bagian big end *connecting rod* sudah melebihi batas maksimal toleransi (0,07 mm), sehingga penggunaan metode *photogrammetry* kurang baik digunakan pada komponen yang memiliki batas maksimal toleransi yang kecil seperti pada bagian big end *connecting rod*.

#### 3.4.2 Hasil Pengukuran Tromol

Pengukuran tromol dilakukan dengan alat *vernier caliper* dengan ketelitian 0,02 mm. Hasil ukuran dan error yang dihasilkan, dengan error pada beberapa bagian tromol didapatkan hasil error tertinggi adalah 3,66 % dan terendah adalah 0,05 %. Dari beberapa jurnal referensi yang digunakan error yang didapat memiliki hasil yang kurang lebih sama dengan jurnal yang digunakan. Dari hasil pengukuran dimensi yang pada bagian *backing plate* dan *brake drum* cukup baik dikarenakan dan dapat digunakan pada komponen otomotif dengan batas maksimal toleransi yang cukup tinggi dan bila dapat dilihat dari error yang didapat tidak lebih dari 3,66 %.

## 4. Kesimpulan

Permodelan 3D menggunakan metode *photogrammetry* dapat dilakukan dengan langkah – langkah yang dimulai dengan penentuan *setup* gambar *part* otomotif, pengambilan gambar *part* otomotif, proses pembuatan *mesh* menggunakan *software agisoft metashape*, proses pembuatan *solid surface* pada *software solidworks mesh2surface*, dan terakhir proses pembuatan gambar teknik *part* otomotif. Hasil 3D desain dapat diolah menjadi format .igs dan format solid 3D yang lain

## 5. Daftar Pustaka

- [1] Sholikin, S., & Bintoro, C. (2016). Penerapan *Reverse Engineering* pada Analisa Tegangan *Bracket Engine Mounting*. *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics*, 1(01).
- [2] Tasiekh, I. A. (2021). Modifikasi Foglamp Cover Mobil Menggunakan Metode *Reverse Engineering*.
- [3] Behera, B. K., & Hari, P. K. (2010). *Woven textile structure: Theory and applications*. Elsevier.
- [4] Asih, R. S., Hadi, E. S., & Rindo, G. (2017). Pembuatan 3d *Modeling* Propeller Dengan Menggunakan Digital *Photogrammetry*. *Jurnal Teknik Perkapalan.*, 5(4).
- [5] Bocanet, V., Bulgaru, M., & Pop, V. (2017). *Low-cost industrial photogrammetry for rapid prototyping*. In *MATEC Web of Conferences*. (Vol. 137, p. 06001). *EDP Sciences*.
- [6] Kanun, E. *Using photogrammetric modeling in reverse engineering applications: Damaged turbocharger example*. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(1), 21-28.
- [7] Pradana, A. F. (2022). Aplikasi *Computer Aided Reverse Engineering* Menggunakan *Photogrammetry* Untuk Membuat Desain Soket Kaki Prostesis Pada Pasien *Transtibial Amputation* (*Doctoral dissertation*, Universitas Atma Jaya Yogyakarta).
- [8] *Metashape User Manual* 2022.
- [9] Fadhilah, A. S. I. (2013). Seni Desain Dalam Bidang Otomotif. *Seni Desain Dalam Bidang Otomotif*, 1-6.
- [10] Abidin, Z., & Rama, B. R. (2015). Analisa distribusi tegangan dan defleksi *connecting rod* sepeda motor 100 cc menggunakan metode elemen hingga. *Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Sriwijaya*, 15(1), 30-39.
- [11] Muhammad, N. (2003). Analisis Sistem Rem Tromol Pada *Trainer* Sistem Rem Mobil Suzuki Futura Tahun 2003. *Jurnal Mekanikal*, 11(09), 2-6.
- [12] Wijaya, H. (2018). *Metrologi Industri*. Universitas Brawijaya Press.