

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka telah dilakukan dengan tujuan untuk menjadi dasar acuan atau sebagai sumber bagi peneliti untuk dapat menyelesaikan permasalahan scanning yang dimaksud. Tujuan penelitian ini adalah proses scanning menggunakan peralatan yang telah dimiliki (*smartphone*). Berdasarkan kajian pada penelitian terdahulu, penulis berkeyakinan bahwa penggunaan *smartphone* memiliki kemungkinan besar untuk diterapkan dan layak untuk dikembangkan. Dari pustaka yang telah dikaji, penulis dapat menunjukkan hal-hal baru yang ada pada penelitian yang dilakukan jika dibandingkan penelitian sebelumnya.

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Salah satu faktor yang menghambat perkembangan RE di Indonesia adalah harga dari alat scanning dan sewa alat scanning yang mahal. Sementara itu, metoda *Reverse Engineering* (RE) sangat bermanfaat dalam pengembangan/inovasi produk. *Reverse Engineering* (RE) adalah solusi bagi industri yang minim dana riset pengembangan produk. Karena itu pemilihan dan pemanfaatan teknologi scanning yang tepat adalah kunci penerapan *Reverse Engineering* (RE) di Indonesia.

Penelitian mengenai penerapan 3D scanning dengan cara manual dengan memakai kamera, telah berhasil dilakukan pada beberapa penelitian, antara lain penelitian oleh Rahmanto. Y., dkk (2021); Suwardhi. D, dkk (2016); Pesce. M, dkk (2015). Perbedaan utama dalam tiap penelitian yang dilakukan adalah pada obyek/benda kerja penelitian

Penelitian Rahmanto. Y., dkk (2021) dilakukan dengan obyek berupa Artefak di Museum Lampung. Hasil penelitian adalah telah teknik fotogrametri dalam jarak dekan dapat dilakukan mendigitasi fisik artefak dengan ukuran: tinggi maksimum 48 cm, lebar maksimum 28 cm, dan ketebalan atau garis tengah lingkaran maksimum 12 cm. Luaran yang diperoleh adalah foto 2D yang dirender menjadi 3D, foto/imaji ini kemudian disajikan dalam bentuk katalog 3D dengan dukungan

kanvas HTML 5 dan JavaScript. Sistem diuji dan ternyata memiliki tingkat kepatuhan 100% dengan kriteria penerimaan sehingga disimpulkan penelitian memberi hasil sebuah sistem yang sesuai dengan apa yang dibutuhkan oleh Museum Lampung.

Suwardhi. D, dkk (2016) melakukan penelitian dengan fokus pada obyek bangunan. Obyek bangunan yang diteliti adalah Candi Borobudur. Suwardhi. D, dkk (2016) melakukan proses pemindaian dengan teknik fotogrammetry. Dua jenis kamera digital format kecil non-matriks digunakan: kamera Sony NEX-5N dan kamera Nikon D5100. Penelitian memberikan model 3D candi Borobudur yang memiliki tingkat resolusi yang detail dan sesuai dengan obyek penelitian.

Pesce. M, dkk (2015) melakukan penelitian untuk scanning tubuh manusia. Fotogrametri digunakan untuk menggambarkan bagian tubuh manusia dalam 3D. Pesce. M., dkk (2015) mengembangkan metoda untuk memindai yang kuat, sederhana, dan terjangkau berdasarkan teknik fotogrametri inframerah-dekat. Sistem yang dikembangkan mengenali obyek non-statistik secara akurat hingga 360 derajat. Alat yang digunakan adalah kamera Canon Power Shot A480. Aplikasi yang digunakan adalah PhotoModeler Scanner 2010. Hasil pemindaian berbentuk 3D dibandingkan dengan bentuk aslinya dan ditemukan rata-rata ketidaksesuaian dimensi sebesar 1,10 mm. Sistem yang dikembangkan untuk pemindaian tubuh manusia sesuai dengan harapan. Sistem scanning akurat dan dapat diandalkan; kompetitif jika dibandingkan dengan sistem pemindaian lain, misalnya *laser scanning*.

Anggoro. P. W., dkk (2018) melakukan penelitian yang bertujuan meminimalisir *file error* yang ditemukan selama proses pemindaian kaki para pasien. menggunakan CARESystem (*Computer-Aided Reverse Engineering System*). Sistem yang dikembangkan memiliki toleransi kesalahan kurang dari dari 1 mm. Dengan metoda yang dikembangkan diperoleh keyakinan bahwa sepatu orthotics dapat diproduksi dengan dimensi dan kegunaan yang akurat pada saat aplikasi. Penelitian pada pasien diabetes yang rentan akan luka yang lama sembuh. Toleransi ukuran yang baik memberikan harapan bagi pengguna yang memiliki penyakit diabetes untuk mendapatkan kaki alas yang aman dan efektif.

Kumar. A., dkk (2013) meneliti peran RE dalam penciptaan desain mekanik dan industri manufaktur. Pada sistem manufaktur yang terkomputerisasi, proses pembuatan suatu produk diawali dengan desain sebuah produk. Proses ini diakhiri

dengan operasi produksi (mekanis) yang mengubah bahan baku menjadi barang jadi. Hal yang paling penting dalam *Reverse Engineering* adalah membangun model CAD yang akurat dengan menggunakan segmentasi dan pemasangan permukaan model geometris dan representasi permutasi bentuk sederhana dan bentuk bebas. Ulasan tentang metodologi RE dan ketajaman bisnis yang terkait dengan peningkatan desain produk adalah beberapa temuan dari penelitian ini. RE mempercepat tahapan produksi dan menurunkan biaya mempersingkat siklus produksi dan biaya manufaktur.

Singh. N., (2012) melakukan penelitian tentang prosedur pembuatan geometri CAD dari model 3D yang dibuat dengan memindai produk secara digital. Penelitian berupaya mengelaborasi proses RE dan mengidentifikasi potensi jebakan dalam desain produk, manufaktur, dan perbaikan produk.

Penelitian Jebur. A., (2018) menjelaskan bagaimana model data 3D yang dibuat dengan menggunakan teknologi fotografi digital dapat diolah secara cermat untuk menghasilkan hasil yang diinginkan. Saat melakukan penelitian untuk membersihkan informasi gambar/foto dengan bantuan menggunakan program Agisoft PhotoScan. Gambar data yang ditampilkan secara tidak berubah, terkontrol yang tidak mengandung kendali apa pun. Pada penelitian ini, tujuannya adalah untuk menguji kinerja perangkat lunak Agisoft PhotoScan untuk mengidentifikasi potensinya sebagai alat penerapan *3D model*.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Berdasarkan paparan pada sub bab 2.1.1 penerapan fotogrametri untuk RE dapat dilakukan pada obyek mati ataupun obyek hidup. Penelitian yang dilakukan menggunakan obyek benda mati berupa tupperware. Produk ini dipilih karena kemudahannya ditemukan di dalam peralatan rumah tangga serta memiliki berbagai macam bentuk dan kontur sehingga memudahkan peneliti dalam mencari data. Penelitian ini merupakan studi awal penelitian fotogrametri yang berbasis pada penggunaan kamera *smartphone* dibandingkan dengan kamera DLSR yang sudah digunakan oleh peneliti sebelumnya (Ardighasakti. C. D., 2020).

Gambar foto diambil beberapa kali menggunakan kamera *smartphone*. Pada pelaksanaannya foto produk Tupperware diambil lebih dari lima kali dengan sudut pengambilan foto yang berbeda. Kalibrasi hasil diperoleh dilakukan

menggunakan menggunakan software Agisoft PhotoScan. Hasil kalibrasi dari *software Agisoft Photoscan* kemudian di *export* ke *software SolidWorks*.

Tujuan penelitian yang saat ini dilakukan adalah mendapatkan gambar 3D model. Gambar 3D yang diperoleh dengan metoda fotogrametri menggunakan peralatan sederhana (*smartphone*) akan membantu industri menengah kecil maupun peneliti ketika memerlukan pemindaian 3D yang murah biayanya. Proses *scanning* yang murah sangat bermanfaat ketika melakukan *reverse engineering* saat perancangan produk. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan fitur yang ada pada *Agisoft Photoscan*. Selanjutnya dilakukan pengolahan menggunakan *SolidWork* sehingga diperoleh model 3D dengan format *.STL*. Hasil penelitian bermanfaat serta dapat diterapkan pada proses manufaktur.

2.2 Dasar Teori

Bagian ini memaparkan secara singkat dasar teori yang difokuskan pada pembuatan 3D model dengan teknik fotogrametri-jarak-dekat.

2.2.1. 3D Scanner

Menurut Heo & Lee (2016), 3D scanner adalah alat/proses membangun model 3D yang tersusun dari kumpulan point. Kumpulan point ini membentuk muka ruangan 3D dari sebuah benda yang di-scan.

Metoda-metoda pemindaian yang umum digunakan adalah:

- metoda Contact 3D Scanning. Metoda ini pada penerapannya mengumpulkan hasil point dari sentuhan/kontak langsung *probe* pada benda kerja. Contact 3D Scanning sesuai digunakan untuk benda yang sederhana atau berukuran kecil. Peralatan yang menggunakan metoda ini antara lain *Coordinate Measuring Machine (CMM)*. Deformasi pada benda kerja akibat besarnya tekanan atau keausan adalah kelemahan metoda ini.
- metoda Non-Contact Active. Pada metoda scanning ini benda kerja diam dan disinari dengan cahaya tertentu. Waktu yang dibutuhkan sejak sinar dipancarkan dan kembali kepada sensor dihitung. Lamanya waktu pancar-kembali sebanding dengan jarak antara probe dengan permukaan benda. Jika waktu pancar-kembali lama maka jarak lebih lebar. Dengan memetakan distribusi waktu pancar-kembali dapat diperoleh kontur

permukaan suatu benda. *LiDAR (Light Detection and Ranging)* merupakan contoh peralatan scanning yang menggunakan konsep Non-Contact Active. Karena sifat operasinya, metoda ini membutuhkan waktu dan ruangan yang cukup besar jika benda kerja berukuran besar.

- metoda Non-Contact Passive. Metoda ini menggunakan peralatan yang menerima cahaya. Contoh peralatan yang bisa digunakan adalah kamera, baik foto maupun video. *Image/gambar* yang ditangkap oleh kamera dan disimpan dalam bentuk gambar diolah dan digunakan untuk merekonstruksi benda. Hasil pemindaian dengan menggunakan metoda ini sangat dipengaruhi oleh kualitas sensor/kamera, pencahayaan, sudut pengambilan gambar, jumlah gambar yang diambil, kemampuan pengambil gambar, serta perangkat lunak yang digunakan. Salah satu metoda yang menggunakan metoda *Non-Contact Passive* adalah fotogrametri (Reljic & Dunder, 2019)

2.2.2. Fotogrametri

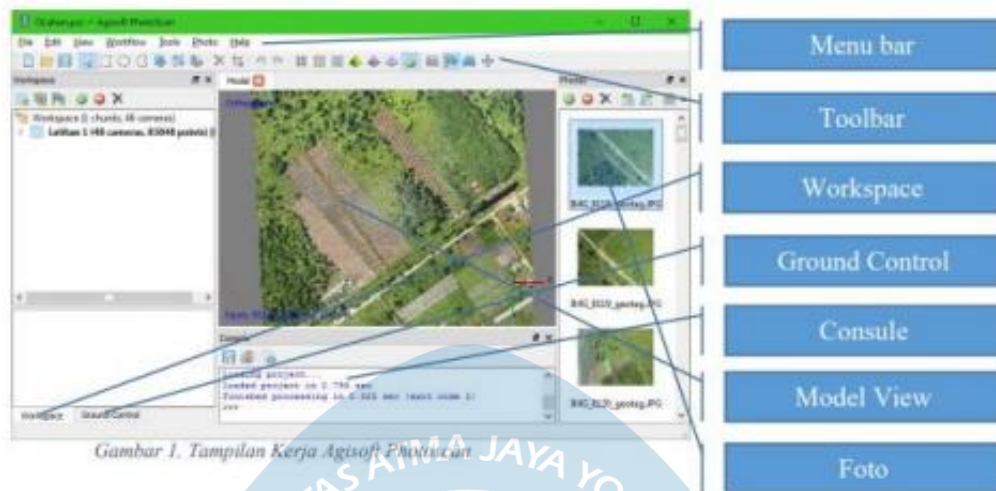
Fotogrametri adalah cara pengukuran 3D. Fotogrametri memanfaatkan model matematika dalam bentuk pencitraan proyeksi pusat. Pada pendekatan ini rupa/bentuk serta letak/posisi benda kerja dibangun ulang dengan berkas cahaya yang diterima sensor/kamera (Sofyandi dkk., 2022). Hasil dari fotogrametri suatu obyek tiga dimensi suatu obyek yang direka-ulang dalam bentuk digital. Bentuk digital adalah informasi yang dapat diakses kembali.

Dalam metoda fotogrametri dikenal penerapan jarak dekat dan jarak jauh. Aplikasi pada jarak maksimal 300 meter disebut dengan fotogrametri jarak dekat. Fotogrametri jarak dekat memberikan hasil berupa koordinat 3D pada suatu foto (Luhmann dkk, 2011).

2.2.3. Agisoft_PhotoScan_Professional

Agisoft PhotoScan adalah aplikasi yang mampu mengolah input berupa foto 2D dan menyusun deretan foto-foto menjadi bentuk 3D. *Agisoft PhotoScan* memiliki kemampuan untuk membentuk model 3D dari gambar diam. *Agisoft PhotoScan* mampu menghasilkan kualitas model 3D yang professional. Reka ulang gambar dapat dilakukan pada posisi sembarang dengan syarat minimal dua buah foto sebagai inputnya.

Proses penyalarsan gambar dilakukan secara otomatis. Proses rekonstruksi/*rendering* model 3D juga dilakukan otomatis. Gambar yang diinputkan dapat diperoleh menggunakan kamera digital.



Gambar 1. Tampilan Kerja Agisoft PhotoScan

Gambar 2.1. Layar Kerja Agisoft PhotoScan

Gambar 2.1 adalah layar kerja utama *Agisoft PhotoScan*. Layar utama *Agisoft PhotoScan* terdiri dari tampilan *Menu Bar*, kemudian ada *Toolbar*. Berturut-turut berikutnya adalah *Workspace*, menu *Ground_Control*, menu *Consule*, menu *Model_View*, dan menu *Photo*. Langkah-langkah untuk mendapatkan *3D model* dengan bantuan *Agisoft PhotoScan Professional* adalah sebagai berikut:

A. *Aligning_Photos*

Aligning_Photo adalah tahapan yang melibatkan penjajaran foto yang telah diedit di *Agisoft PhotoScan*. Langkah ini dimaksudkan untuk membuat model *point cloud* dan mengingat posisi kamera, juga orientasi dari kamera untuk masing-masing gambar.

B. *Alignment Parameters*

Fungsi ini mengatur tahapan pelurusan foto dan tahapan megubah pengaturan. Fitur-fitur yang ada adalah:

1) *Accuracy*

Untuk memperoleh akurasi posisi kamera yang lebih baik, gunakan ambang batas akustik yang lebih tinggi dari biasanya. Gunakan pengaturan akurasi yang lebih

kuat agar diperoleh kamera yang tajam. Pengaturan akurasi yang lebih kuat juga menghasilkan waktu yang lebih singkat. Sebaliknya, perangkat lunak Tinggi bekerja dengan foto yang diambil dalam dimensi aslinya. Saat menggunakan setelan *medium*, gambar dikompresi dengan faktor 4 (2 kali per detik). Pada saat menggunakan setelan *Low*, rasio kompresi diturunkan menjadi 4 kali.

2) Pair Preselection

Jika foto berukuran besar, pemrosesan untuk penyalarsan foto memakan waktu lama karena harus mereproduksi fitur yang terlihat di foto. Dengan tersedianya subset pasangan gambar yang akan digunakan maka proses penjabaran pasangan gambar dapat diselesaikan. Dalam metode pemotretan standar, foto tumpang-tindih diambil dengan cara di-crop dengan setting akustik yang ditarik lebih kuat. Pada mode referensi, foto tumpang-tindih ditarik berdasarkan letak/posisi kamera yang digunakan. Citra miring dianjurkan untuk mengubah nilai Ground metric pada kotak dialog referensi panel agar proses perekrutan menjadi lebih efektif. Informasi tentang topografi laut harus menyertakan informasi *yaw*, juga *pitch*, dan *roll* dari pilihan kamera yang akan dipasang pada panel referensi.

3) Key Point Limit

Nilai ini adalah *setting* dari nilai atas dari titik fitur pada foto-foto yang akan digunakan pada tahap pemrosesan yang sedang berlangsung. Setting nilai sama dengan nol membuat *PhotoScan* dapat mengidentifikasi sebanyak mungkin titik titik, namun untuk mengidentifikasi sejumlah titik besar juga lebih sulit dan lama.

4) Tie Point Limit

Jika nilai di-setting nol maka tidak dilakukan penyaringan *point filtering*. Nilai-nilai yang diperoleh adalah nilai atas titik *pairing* setiap gambar.

C. Building_Dense_Point_Cloud

Perangkat lunak Agisoft Photoscan memiliki kemampuan pembuatan serta visualisasi model *point_cloud*. Program akan melakukan penghitungan informasi ke dalam pada berbagai kamera yang selanjutnya disatukan menjadi satu titik awan, berdasarkan perkiraan posisi kamera. Perangkat lunak seperti ini secara konsisten menghasilkan awan titik ekstra presisi yang, jika tidak lebih tepat, kira-kira mirip dengan awan titik yang digunakan untuk *LIDAR*. Awan titik padat dapat diproses dan diklasifikasikan menggunakan perangkat lunak yang saat ini

digunakan, atau dapat diinputkan ke server eksternal dengan tujuan analisis yang menyeluruh.

D. Building Mesh

Fitur *Building Mesh* berfungsi untuk membentuk model tiga dimensi dari hasil pengolahan point cloud. Model_3D yang diperoleh berbentuk *solid* dan profilnya bersesuaian dengan benda yang di-scanning. Untuk proses selanjutnya; baik analisis maupun pengubahan dan manufaktur, model *mesh* yang diperoleh bisa di-export ke software lain.

E. Building Model Texture (BMT)

Dalam tahapan BMT, *mesh* yang dibuat akan menentukan tekstur suatu benda kerja.

2.2.4. SolidWorks

SolidWorks adalah perangkat lunak komputer yang mendukung para insinyur untuk menganalisis dan merancang mekanisme. Ini adalah modul dari rangkaian produk *SolidWorks* yang dikembangkan oleh Dassault Systèmes SolidWorks Corporation. Perangkat lunak ini mendukung pengguna untuk membuat mekanisme virtual yang menjawab pertanyaan umum dalam desain produk seperti yang dijelaskan selanjutnya. Adapun bagian dari layar utama dari software *SolidWorks* adalah sebagai berikut:

A. Menu Bar

Menu Bar berupa barisan menu yang letaknya ada di ujung atas layar *SolidWorks*. Menu bar berisi *Tools Button* serta *SolidWorks Menu*. Fitur yang frekuensi penggunaannya tinggi, misalnya: *New*, *Open*, *Save*, *icon*-nya terletak di *Tools Button*. Pada bagian *SolidWorks Menus*, terdapat fungsi seperti *File*, kemudian *Edit*, *View*, dan *Tools*. Perintah pada *SolidWorks Menus* sudah diklasifikasikan berdasar fungsinya.

B. Toolbars

Toolbars adalah kumpulan *icon* perintah-perintah *SolidWorks*. Satu grup perintah dikelompokkan dalam sebuah *toolbars*. Jenis perintah dan *toolbars* yang bersangkutan dapat ditentukan/dimunculkan sesuai kebutuhan pengguna.

C. Command Manager

Pada sebelah atas tampilan *SolidWorks* terdapat *Command Manager*. *Command Manager* terdiri dari kumpulan perintah atau *tools*. Setelah *Command Manager* ada beberapa *Tab* seperti *tab assembly* dan *tab sketch*. Perintah-perintah yang ditampilkan pada *Command Manager* berbeda-beda tergantung *Tab* yang aktif/dipilih. Isi dari tab juga bisa disesuaikan (ditambah atau dikurangi).

D. Property Manager

Keterangan dari *entity* atau obyek yang dipilih dari *graphic area* tampak di *Property Manager*. *Property Manager* akan terbuka saat membuat sebuah *entity* (misal: line atau circle). *Properties* dari *entity* yang sedang dibuat tertampil pada dalam kotak dialog yang terletak di sebelah kiri layar kerja.

E. Feature Manager Design Tree

Fitur-fitur yang telah dipakai pada saat membuat *part/assembly* akan ditampilkan pada *Feature Manager Design Tree*.

F. UCS Icon

UCS (*Unit Coordinates System*) adalah sistem yang berfungsi untuk menampilkan arah sumbu X, Y dan Z dari *Graphic Area*. Pada saat mendesain UCS icon ini sangat bermanfaat bagi desainer.

G. Graphic Area

Graphic Area tempat untuk meletakkan desain. Area ini adalah bagian terluas dari layar aplikasi *SolidWorks*.

H. Heads-Up View Toolbar

View Orientation, *Display Style* atau fitur yang sering dipakai untuk mendesain akan terletak di *Heads-Up View Toolbar*. Isi *Heads-Up View Toolbar* dapat disesuaikan sesuai kebutuhan.

I. Help Flyout Menu

Help Flyout Menu adalah fitur untuk bertanya mengenai proses menggunakan *SolidWorks*. Icon *Help* adalah tanda tanya. Dengan menggunakan fitur help, desainer memperoleh panduan/bantuan tentang cara operasi dll.

2.2.5. Reverse_Engineering (RE)

Reverse Engineering (RE) digunakan dalam bidang manufacturing ketika kita ingin mereproduksi atau membuat ulang produk yang sudah ada (komponen, sub assembly, atau produk) ketika tidak memiliki informasi dokumen desain atau gambar kerjanya (Urbanic, R. J. dkk. 2008). Menurut Bagci, E. (2009) *Reverse Engineering (RE)* juga bermanfaat ketika ingin melakukan evaluasi secara sistematis terhadap suatu produk. Tujuan evaluasi adalah melakukan replikasi atau pembuatan model baru. Salah satu pertimbangan RE dalam replikasi adalah bagian yang rusak dinilai terlalu mahal jika diganti atau sudah tidak diproduksi lagi.

Beberapa kasus yang memerlukan dalam *reverse engineering* secara umum adalah:

- Ada bagian/komponen yang rusak (harus diganti) namun sudah tidak diproduksi lagi. Untuk itu diperlukan gambar dari benda awal untuk membuat duplikatnya.
- Komponen harus dimodifikasi selama pembuatan prototipe atau iterasi desain sebelum dapat digunakan karena dokumentasinya tidak lagi akurat sehingga dibutuhkan revisi gambar/model,
- Kepentingan untuk membuat perbandingan *blue print* pembuatan dengan deskripsi CAD-nya atau dengan item standard
- Kepentingan untuk membuat perbandingan *blue print* pembuatan dengan item standard

Perkembangan *RE* pada saat ini lebih banyak diimplementasikan untuk mendapatkan model geometri 3D sebuah benda. Secara umum, *Reverse Engineering* dapat dilakukan ketika kita memperoleh data titik-titik koordinat sehingga kita bisa merekonstruksi gambar obyeknya. Data titik koordinat dapat dilakukan menggunakan alat ukur. Ini adalah cara tradisional. Untuk memperoleh kontur benda kerja. Proses pengukuran titik per titik secara manual sangat merepotkan dan membutuhkan waktu pengerjaan yang lama. Sejalan dengan kebutuhan *lead time* perancangan yang semakin pendek (*Industry 4.0*) maka proses pengukuran titik-titik koordinat dan rekonstruksi bentuk 3D dilakukan dengan 3D scanner. Penggunaan 3D scanner sangat membantu dalam kecepatan dan akurasi hasil gambar 3D yang diperoleh namun memerlukan biaya

yang tinggi. Akurasi 3D scanner dapat memangkas waktu pengukuran dan mengejar akurasi 1:1 dengan part aslinya. Untuk mengejar akurasi yang cukup dan biaya pengukuran yang fisibel maka dikembangkan berbagai metoda pemindaian. Salah satu metoda yang dikembangkan adalah fotogrametri untuk membangun ulang bentuk 3d sebuah benda kerja.

