TEKNIK REKAYASA TERBALIK DENGAN APLIKASI *COMPUTE- AIDED DESIGN MODEL COMPUTER-AIDED ENGINEERING*

REVERSE ENGINEERING TECHNIQUE WITH COMPUTER-AIDED DESIGN APPLICATION AND COMPUTER-AIDED ENGINEERING MODEL

Ilham Rizqi Aminudin [1], Sovian Aritonang [2]

PRODI TEKNOLOGI DAYA GERAK, UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

Ilham.aminudin@tp.idu.ac.id, sovian.aritonang@idu.ac.id

Abstrak – Tujuan dari proses *reverse engineering* di bidang manufaktur adalah untuk mereproduksi atau membuat kembali model yang sudah ada. Ada tiga tahap dalam proses penelitian: akuisisi data, 3D pemodelan dan analisis desain. Metode ini dapat membantu dalam hal modifikasi produk yang sudah ada sehingga menjadi produk yang lebih baik dari sebelumnya. Dalam proses Reverse Engineering, tahapan dibagi ke dalam 3 fasa dasar yaitu Product Digitization, Shape Reconstruction, 3D CAD Modelling. Sedangkan proses perancangan penelitian ini dibagi menjadi empat tahapan besar yaitu, proses scanning, proses refinement, dan pembuatan prototipe. Hasil akuisisi data capture berupa produk 3D dalam format .stl.

Kata Kunci: *3D Model, 3D Scanning, CAD, CAE, Reverse Engineering*

Abstract *– The purpose of the reverse engineering process in manufacturing is to reproduce or remake an existing model. There are three stages in the research process: data acquisition, 3D modeling, and design analysis. This method can help in modifying existing products so that they become better products than before. In the Reverse Engineering process, the stages are divided into 3 basic phases, namely Product Digitization, Shape Reconstruction, and 3D CAD Modeling. Meanwhile, the research design process is divided into four major stages, namely, the scanning process, the refinement process, and the making of a prototype. The results of the data capture acquisition are 3D products in .stl format.*

Keywords: *3D Model, 3D Scanning, CAD, CAE, Reverse Engineering*

Pendahuluan

Reverse engineering dimulai dengan produk sedangkan rekayasa maju adalah meneliti suatu produk dan diakhiri dengan suatu produk. Rekayasa maju (forward engineering) lazim dilakukan dalam menciptaan dan membuat suatu produk, sedangkan reverse engineering menciptakan dan membuat produk dengan cara mengkopi dari produk tersebut.Dengan menggunakan bantuan software CAD, produk dapat

digambarkan dalam bentuk produk digital, sehingga dapat dianalisisa. Reverse engineering dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi sistematis dari suatu produk dengan tujuan replika atau pembuatan model baru karena bagian yang rusak mengganti atau tidak tersedia lagi (Bagci, E. 2009).

Banyak metode yang dapat dilakukan dalam reverse engineering suatu produk atau barang. Salah satu metode yang sering dilakukan adalah dengan mendapatkan 3D modeling suatu produk dengan cara melakukan proses scanning. Produk ini di scan menggunkan laser 3D scanner dimana output dari proses tersebut adalah data berupa capture produk, biasaya dalam format file stl.

Dari data ini kemudian diolah dan dibuatlah 3D modeling dengan bantuan software CAD. 3D modeling ini menggambarkan bentuk dan ukuran dari produk tersebut. Sebelum membuat atau mengembangkan suatu produk, hal yang harus dilakukan adalah memastikan bahwa design atau gambar dari produk tersebut benar – benar sudah sesuai dengan requirement yang ditentukan atau diharapkan. Untuk itu design tersebut sebaiknya dilakukan pengujian menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan komputer, seperti analisis menggunakan (Computer Aided Engineering) CAE. Dalam makalah ini akan dibahas mengenai reverse engineering dan analisa tegangan dari produk yang telah dimodelkan. Produk tersebut adalah bracket engine mount. Engine mounting merupakan salah satu komponen penting dalam kendaraan roda empat, dimana komponen ini berfungsi untuk meredam getaran pada chasis kendaraan, mesin juga tidak terlalu bergetar apabila kendaraan sedang bergerak. (Vinesh and Fernandes. 2008).

Metode Penelitian

Penelitian ini membuat empat desain baru sebagai pilihan pada responden untuk memilih desain mana yang paling sesuai dan layak. Dengan memberikan banyak pilihan, diharapkan kesimpulan yang didapatkan semakin bagus. Proses perancangan terbagi dalam beberapa tahap. Tahapan tersebut adalah melakukan observasi, 3D Scanning, menentukan kriteria desain.

Hasil dan Pembahasan

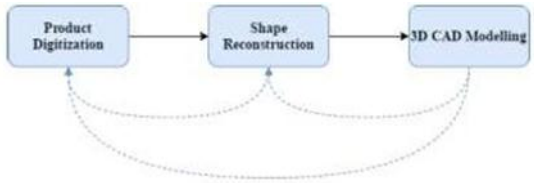
Reverse Engineering

Reverse engineering merupakan suatu proses untuk mencari dan menemukan sistem teknologi, fungsi dan operasi

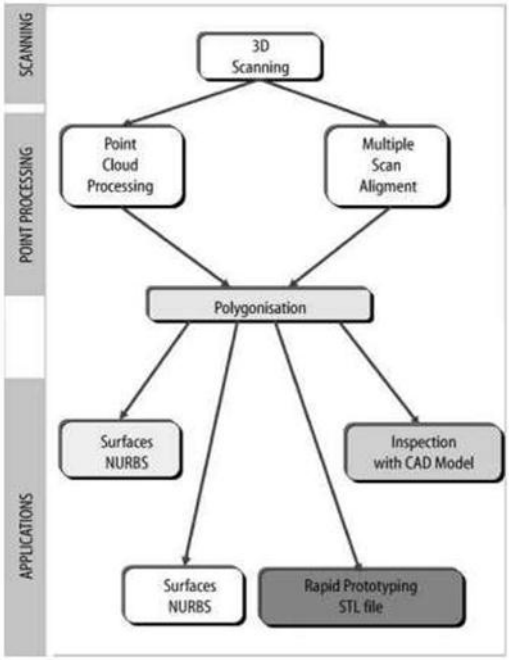
yang bekerja pada suatu desain, komponen atau objek melalui sebuah proses analisa yang mendalam pada setiap komponen struktur dari desain atau objek yang akan diteliti. Pada dasarnya proses *reverse engineering* termasuk dalam perancangan dan pengembangan produk. Proses ini merupakan sebuah proses untuk mencari dan menemukan sistem teknologi, fungsi dan operasi yang terdapat pada suatu desain, komponen atau objek melalui sebuah proses analisis yang mendalam pada setiap komponen struktur dari desain atau objek yang diteliti. Secara garis besar dapat disimpulkan bahwa reverse engineering merupakan sebuah proses peng- ekstrakan informasi yang ada pada sebuah desain atau objek dari segi dimensi ukuran, cara kerja atau bahkan informasi metode pembentukan desain. Proses *reverse engineering* dalam bidang industri merupakan kegiatan menganalisis suatu produk yang sudah ada sebagai dasar untuk merancang produk baru yang sejenis dengan memperkecil kelemahan dan meningkatkan keunggulan produk kompetitornya. Selain hal tersebut, proses reverse engineering dapat mempersingkat waktu perancangan produk yang akan dibuat karena tidak lagi membuat produk tersebut dari awal. Alur proses reverse engineering dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

Gambar 1. Proses Reverse Engineering
Sumber: Hadinugroho, 2018

Pertimbangan aspek geometrik pada produk, menimbulkan pertumbuhan yang luar biasa dalam penelitian proses reverse engineering. Ektraksi geometri dari produk yang ada untuk merekonstruksi model CAD 3D adalah dengan menggunakan pendekatan yang paling sering digunakan. Meskipun banyak persepsi dari proses reverse engineering menurut para ahli, semuanya dapat disimpulkan menjadi tiga langkah utama yaitu, Digitalisasi Produk, Rekonstruksi Bentuk dan Pemodelan CAD 3D (Anwer & Mathieu, 2016). Langkah utama reverse engineering dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2. Fase Reverse Engineering
Sumber: Anwer & Mathieu, 2016



Gambar 3. The Generic Proses
Sumber: Vinesh dan Kiran, 2001

Product Digitization

Product Digitization atau digitalisasi produk mengacu pada fase digitalisasi produk fisik menggunakan perangkat bantu pengukuran dan pemindaian. Hal ini dapat diperluas untuk mencakup semua proses lain yang dapat mendefinisikan produk virtual seperti simulasi mekanik, simulasi proses manufaktur serta bentuk dan optimasi topologi. Dengan demikian, proses Reverse Engineering tidak hanya fokus pada rekonstruksi dari pengukuran, akan tetapi pada integrasi sifat material, proses manufaktur dan variabilitas yang melekat (Anwer & Mathieu, 2016).

Shape Reconstruction

Fase Shape Reconstruction atau rekonstruksi bentuk adalah fase menentukan permukaan yang mendekati bentuk yang tidak diketahui dari objek yang digunakan. Hal ini dapat terjadi karena banyak permukaan yang mendekati bagian asli objek yang diambil. Selain itu, set point dapat dikarakterkan dengan kepadatan variabel serta kebisingan karena proses akuisisi. Tantangan utamanya adalah untuk menjamin bahwa topologi permukaan asli tetap dipertahankan, akan tetapi fitur tajam dan batas permukaan direproduksi secara akurat pada permukaan objek yang direkonstruksi (Anwer & Mathieu, 2016). Teknik paling awal yang digunakan adalah NURBS atau B-Splines untuk fit and stitch dengan local patch. Hal ini tidak berlaku ketika sifat fisik seperti material atau kepadatan objek diperhitungkan.

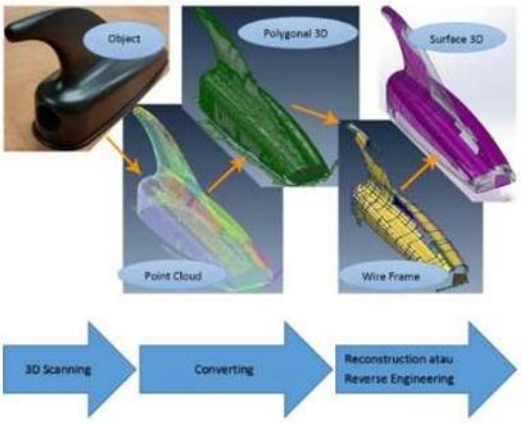
Proses 3D Scanning

Proses ini adalah proses mengumpulkan data permukaan dan bentuk objek

kemudian ditampilkan dalam bentuk 3 dimensi. Dalam proses 3D scanning dibutuhkan alat yang dikenal dengan sebutan 3D Laser Scanner. Alat ini bekerja dengan mengambil data berupa titik-titik (*point cloud*) yang merupakan titik koordinat dari objek yang nyata.

Struktur alat 3D Laser Scanner mirip dengan kamera, memiliki sudut pandang conus (kerucut tiga dimensi). Alat ini juga mengumpulan data dari permukaan objek yang terdapat di depannya. Perbedaan kamera dengan 3D Laser Scanner adalah, kamera mengumpulkan informasi permukaan seperti warna dan insensitas cahaya. Sedangkan pada 3D Laser Scanner, informasi yang dikumpulkan berupa jarak dari depan scanner sampai ke permukaan objek yang diamati. Jika menggunakan sistem koordinat tiga dimensi secara spherical maka akan didapatkan variabel sudut dan jarak relatif suatu permukaan dari objek 3D Laser Scanner. Proses 3D Scanning dapat dilihat pada gambar 4.

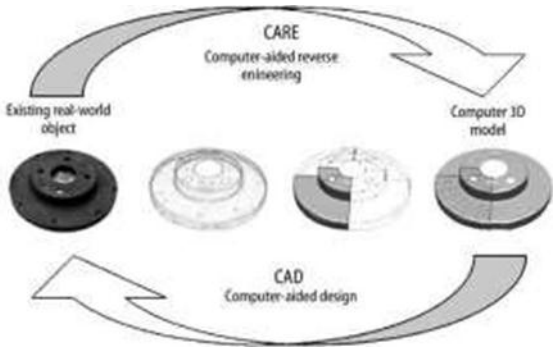
3D Scanning dapat membantu dalam pembuatan produk implan yang cepat karena dapat menghilangkan proses pengukuran secara manual. Dalam 3D Scanning, data point cloud sangat membantu untuk merancang produk yang sesuai secara aman. Prinsip perangkat 3D Scanning mirip dengan kamera pada umumnya yaitu banyak gambar digabungkan untuk membuat bentuk 3D yang virtual. Dalam pembuatan gambar 3D, tiga teknologi utama yang digunakan adalah *photogrammetry*, *stereo vision*, dan *fringe projection* (Haleem & Javaid, 2018).



Gambar 4. Proses 3D Scanning
Sumber: Hadinugroho, 2018

Computer-aided Reverse Engineering CAE melalui teknologi CAD dan CAM adalah otomatisasi rekayasa dan fabrikasi, dimana sebuah desain memformalkan ide melalui pemodelan komputer dan kemudian membuat model tersebut menjadi objek dunia nyata. CARE mengalir ke arah yang berlawanan. CARE menciptakan model komputer dari suatu objek melalui pengukuran objek, seperti yang ada di dunia nyata. Dalam konteks ini, kami mendefinisikan CARE sebagai kemunduran CAE atau kemampuan

untuk menghasilkan model CAD dari objek nyata dunia nyata. Kami mengilustrasikan aliran ini pada Gambar 2.1. Rem cakram muncul di sisi kiri gambar ini dan model CAD-nya muncul di sebelah kanan. Kami memperoleh rem khusus ini dari tempat barang rongsokan lokal dan membersihkan permukaan dari karat dan kotoran. Kemudian, kami menggunakan pemindai jangkauan berbasis laser untuk membuat model CAD. Model ini secara metrik akurat hingga beberapa milimeter dari rem tempat barang rongsokan asli. Dengan analogi, orang mungkin menganggap kemampuan ini sebagai faks 3-D. Sama seperti mengubah doumen tulisan tangan menjadi bentuk digital, kami telah mengubah objek nyata (rem cakram) menjadi model komputer. Gambar ini mengilustrasikan definisi kami tentang CARE. Agar lebih konkrit.



Gambar 5. *Computer-aided Reverse Engineering*
Sumber: Raja & Fernandes, 2008

Untuk memahami langkah-langkah CARE, perhatikan tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 5 dari kiri ke kanan. Langkah pertama dalam proses CARE adalah melakukan pengukuran pada titik-titik di sepanjang permukaan rem. Setiap titik memiliki x, y, dan z koordinat lokasi titik dalam ruang 3-D. Untuk objek tertentu, sistem CARE akan mengukur ratusan atau bahkan ribuan titik tersebut tergantung pada sifat objek dan jenis sistem CARE. Pengumpulan titik-titik ini dikenal sebagai titik awan; contoh muncul pada gambar kedua dari kiri pada gambar 8. Di sebagian besar aplikasi, cloud titik adalah deskripsi objek yang cukup. Namun, level yang lebih tinggi dimungkinkan karena dua gambar tersisa di sebelah kanan ditampilkan. Gambar ketiga dari kiri adalah deskrip CARE telah mendeteksi tepi permukaan dan lipatan dari data point cloud. Gambar terakhir di sebelah kanan adalah deskripsi CAD lengkap dan lengkap dari objek. Untuk deskripsi ini, sistem CARE menggunakan cloud titik dan fitu agar sesuai dengan permukaan untuk memodelkan seluruh geometri objek.

Proses Perancangan

Tahapan proses perancangan adalah melakukan observasi, 3D Scanning,

menentukan kriteria desain, re-design benda berdasarkan dengan antopometri tangan manusia menggunakan software Autodesk Fusion 360, melakukan pembuatan prototipe penghapus dengan mesin 3D Printing Nurmianto (1991).

Observasi

Observasi dilakukan dengan menyebarkan pertanyaan kuisioner ke responden atau user, pembuatan kuisioner sesuai dengan variabel objek yang dibutuhkan.

Kriteria Desain

Kriteria desain didapatkan dari kesimpulan kuisioner terbuka, studi pustaka dan spesifikasi yang sudah ditentukan oleh user itu sendiri.

3D Scanning

Tahapan ini dilakukan untuk mendapatkan data numerik yang diubah ke dalam gambar 3 dimensi yang sesuai dengan objek yang di-scan. Hasil dari 3D Scanning dilakukan sebagai acuan dalam membuat desain baru. Proses 3D Scanning dilakukan di Digital Architecture Laboratory. Alat yang digunakan adalah 3D Systems SENSE 2. Bentuk alat 3D Systems SENSE 2 dapat dilihat pada gambar 6.

Gambar 6. 3D Systems SENSE 2
Sumber: Hadinugroho, 2018

Pada proses scanning, objek diletakkan pada kertas polos. Kertas polos digunakan untuk mempermudah sensor alat 3D scan dalam membidik objek (penghapus whiteboard) yang akan direkam dan untuk mempermudah operator dalam memutar objek (penghapus whiteboard) selama proses scanning berjalan. Proses 3D scanning dilakukan cukup dengan satu kali putaran karena hasil gambar yang didapatkan sudah tercukupi. Pada Gambar 7 dapat kita lihat proses 3D Scanning yang sedang dilakukan.

Gambar 7. Proses 3D Scanning
Sumber: Hadinugroho, 2018

Setelah proses scanning, kita dapat langsung melihat hasil scan yang telah dilakukan pada software bawaan dari 3D Systems SENSE 2. Pada software tersebut juga kita dapat melakukan modifikasi ringan seperti crop, trim, erase dan merubah warna seperti yang ditunjukkan pada gambar 8. Setelah dilakukan modifikasi, file disimpan dalam format .stl atau .obj.

Gambar 8. Software 3D Systems Sense
Sumber: Hadinugroho, 2018

Perancangan Desain

Pada tahapan ini, dilakukan pembuatan desain baru yang sesuai dengan gambar 3D hasil scanning. Dalam membuat desain baru, harus memiliki kriteria desain yang digunakan sebagai acuan. Dengan adanya acuan, pembuatan desain baru menjadi terarah. Contohnya spesifikasi yang diminta oleh user

Pembuatan *Prototipe*

Model dibuat menggunakan 3D Printing karena proses pengerjaannya dapat dilakukan dalam waktu yang singkat. Pertimbangan lainnya adalah 3D printing dapat membuat produk yang sama persis dengan apa yang sudah dibuat dalam bentuk desain 3 dimensi. Refinement mempunyai tujuan untuk membuat sedikit perubahan, sehingga menutupi kekurangan yang terdapat pada produk yang sudah ada. Refinement dalam penelitian ini dilakukan menggunakan software Autodesk Fusion 360 sebagai alat bantu. Hasil scan yang berupa file .stl atau .obj digunakan sebagai acuan dalam pembuatan desain baru yang berbentuk. Tahapan pertama yaitu mengubah ukuran hasil scan menjadi seperti yang kita inginkan menggunakan toolpath

scale yang terdapat pada Workspace MODEL.

Dimensi yang dihasilkan dari proses scanning mengalami peningkatan hingga 10 kali lipat dari dimensi ukuran aslinya. Oleh karena itu fitur scale digunakan untuk mengatasi masalah tersebut dan dapat mengembalikan ke ukuran semula. Kemudian, gunakan *Workspace* SCULPT untuk membuat model baru yang berdasarkan pada desain hasil scanning. Pada langkah ini dapat membuat desain baru yang dapat dimodifikasi tetapi tetap berpatokan pada hasil scanning, toolpath yang digunakan adalah *faces*.

Kesimpulan

Reverse Engineering model geometris untuk CAD\CAM adalah disiplin yang berkembang pesat di mana minat saat ini tinggi. Hal ini disebabkan tidak sedikit pada ketersediaan komersial yang relatif baru dari pemindai laser berbasis stereo aktif yang memiliki akurasi yang cukup untuk banyak aplikasi. Namun demikian, kami masih pada tahap yang sama dengan hari-hari awal tampilan grafik komputer - meskipun berbagai orang menjual perangkat keras mentah. jangkauan perangkat lunak untuk memanfaatkan sepenuhnya perangkat keras masih kurang dalam banyak kasus. dan kurang berkembang. Sistem perangkat lunak komersial saat ini seringkali hanya memungkinkan pemrosesan *cloud* titik sederhana dan pemasangan permukaan tunggal dengan bantuan interaktif, produksi model B-rep lengkap hanya mungkin untuk objek yang sangat sederhana atau pendekatan polihedral. Di sisi lain, pengguna ingin secara otomatis memproses berbagai objek, mungkin dari berbagai perangkat pengambilan data dengan karakteristik yang berbeda. untuk menghasilkan model dalam berbagai representasi dan akurasi.

Kesimpulannya ada sistem yang dapat melakukan operasi sederhana penyalinan 3D. Tujuan mengekstraksi informasi yang dapat diedit dan dianalisis masih jauh. Bidang penelitian utama yang masih membutuhkan pekerjaan lebih lanjut sebelum *reverse engineer* untuk tujuan umum meliputi: meningkatkan pengambilan data dan kalibrasi. mengatasi kebisingan. menggabungkan pandangan, mengatasi kesenjangan dalam data, segmentasi yang andal. pemasangan permukaan yang adil. mengenali struktur geometri objek yang alami atau yang dimaksudkan manusia, dan akhirnya memastikan bahwa model yang konsisten dibangun.

Daftar Pustaka

Anwer, N., & Mathieu, L. (2016). CIRP Annals - Manufacturing Technology From reverse engineering to shape engineering in mechanical design. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 65(1), 165–168.

Bagci, E. (2009). Reverse Engineering Applications for Recovery of Broken or Worn Parts and Re-manufacturing: Three case studies. Advances in Engineering Software, v. 40, p. 407-418.

Hadinugroho, Rahadian Naufal (2018) Perancangan Ulang Penghapus Whiteboard Menggunakan Metode Reverse Engineering. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Haleem, A., & Javaid, M. (2018). 3D scanning applications in medical fi eld : A literature-based review. Clinical Epidemiology and Global Health, (May), 0–1.

Sholikin. Bintoro, Carolus. (2016). Penerapan Reverse Engineering pada Analisa Tegangan Bracket Engine Mounting. Program Studi Teknik Mesin, Universitas Presiden, Bekasi, Jawa Barat, Indonesia.

Vinesh Raja, and Kiran J. Fernandes. (2008).Reverse Engineering An Indutrial Perspective. UK: Springer Science + Business Media.

Vinesh, R dan Kiran, J. (2001). Reverse Engineering: An Industrial Perspective. British Library Cataloguing in Publication Data, London.