

Penerapan *Reverse Engineering* pada Analisa Tegangan *Bracket Engine Mounting*

Sholikin^{1, a} dan Carolus Bintoro²

¹ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Presiden, Bekasi, Jawa Barat, Indonesia

² Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

^am.sholikin.ms@gmail.com

Abstract. *The objective of reverse engineering process in the manufacturing field is to reproduce or re-create an existing model. There are three stages in the research process: data acquisition, 3D modeling and design analysis. The results of the data capture acquisition form 3D products in .stl format. From this data is making 3D models, the level of deviation from the geometry created showing the quality of the results of the 3D bracket. The deviation was -0.8 mm in cross section runner. Geometry 3D design bracket and then analyzed using the finite element method software. For material testing bracket using the spectrometer, the type of material is aluminum AC4CH. The results of stress analysis testing in the bracket indicates there is high stress concentration at the center of the bracket. It demonstrates that the bracket will crack with the application of F 44.1 kN.*

Keywords. *Reverse Engineering, Bracket Engine Mounting, 3D Model, CAE, CAM.*

Abstrak. *Reverse engineering* adalah sebuah proses dalam bidang *manufacturing* yang bertujuan untuk mereproduksi atau membuat ulang model yang sudah ada. Terdapat tiga tahapan dalam proses penelitian yaitu *data acquisition*, *3D modeling* dan analisa *design*. Hasil dari *data acquisition* berupa *capture 3D* produk dalam format .stl. Dari data ini dilakukan pembuatan *3D model*, tingkat penyimpangan dari geometri yang dibuat menunjukkan kualitas dari hasil *3D bracket*. Penyimpangan terbesar adalah -0.8 mm pada bagian potongan runner. Geometri *3D bracket* kemudian dilakukan analisa design dengan menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan perangkat lunak. Untuk pengujian material bracket dengan menggunakan *spectrometer*, jenis materialnya adalah aluminium AC4CH. Analisa pengujian tegangan pada bracket menunjukkan terdapat konsentrasi tegangan yang tinggi pada bagian tengah bracket. Hal ini menunjukkan bracket akan crack dengan penerapan F 44.1 kN.

Kata kunci. *Reverse Engineering, Bracket Engine Mounting, 3D Model, CAE, CAM.*

Latar Belakang

Reverse engineering dimulai dengan produk sedangkan rekayasa maju adalah meneliti suatu produk dan diakhiri dengan suatu produk. Rekayasa maju (*forward engineering*) lazim dilakukan dalam menciptakan 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 dianalisis. *Reverse engineering* dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi sistematis dari suatu produk dengan tujuan replika atau pembuatan model baru karena bagian yang rusak umumnya terlalu mahal untuk mengganti atau tidak tersedia lagi[1].

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* menggunakan laser 3D scanner dimana output dari proses tersebut adalah data berupa *capture* produk, biasanya 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.

Reverse engineering atau rekayasa mundur adalah sebuah proses dalam bidang *manufacturing* yang bertujuan 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 [2]. *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 [3].

Metodologi Penelitian

Langkah pertama yang dilakukan sebelum masuk ke tahap *scanning* dan pemodelan dengan metode elemen hingga adalah menghitung manual tegangan yang terdapat pada *bracket engine mounting* tersebut. Bagian yang dihitung antara lain tegangan, hukum *Hooke* dan konstanta pegas. Pada perhitungan tegangan, benda yang mengalami deformasi akibat gaya dari luar, molekulnya akan membentuk tahanan terhadap deformasi. Tahanan ini per satuan luas disebut dengan tegangan. Tegangan yang bekerja pada suatu penampang didefinisikan sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Dimana :

σ = Tegangan (N/m²)

P = Beban atau gaya (N)

A = Luas Penampang (m²)

Perhitungan selanjutnya adalah hukum *Hooke* yang berbunyi :”Jika benda dibebani dalam batas elastisitas, maka tegangan berbanding lurus dengan regangannya”. Tegangan berbanding lurus dengan regangan, dalam daerah elastisnya, yaitu :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F.L}{A.\Delta L} \tag{2}$$

Dimana :

E = Modulus elastisitas atau modulus young (N/m²), σ = Tegangan (N/m²) ε = Regangan

L = Luas penampang suatu bahan (m²), ΔL = Pertambahan panjang (m)

Modulus elastisitas menunjukkan tingkat elastisitas bahan.

Pada konstanta pegas menunjukkan kekuatan dari suatu pegas. Semakin besar nilai konstanta pegas, maka semakin sulit untuk menarik atau menekan pegas tersebut. Persamaan dari konstanta pegas yang berhubungan dengan modulus young adalah :

$$k = \frac{E \cdot A}{L} \tag{3}$$

Dimana :

k = Konstanta atau tetapan pegas (N/m)

Bolt merupakan salah satu *fastener* yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Dalam kebanyakan situasi dan kondisi terdapat hubungan yang relatif sederhana antara torsi yang diterapkan pada baut atau mur dan gaya yang diciptakan di dalamnya, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut.

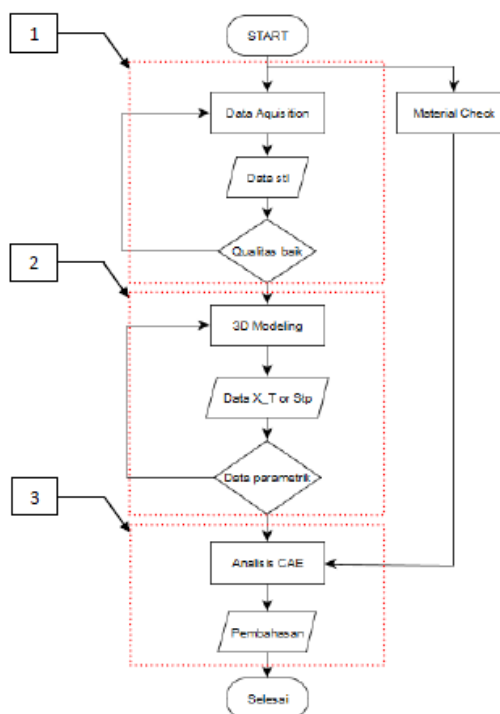
$$T = K \times d \times F \tag{4}$$

Dimana : *T* = Torsi (Nm), *d* = Diameter baut (m), *F* = Gaya (N), *K* = *Nut factor*

Tabel 1. Nilai *K*

<i>Bolt Condition</i>	<i>K</i>
<i>Non-plated, black finish</i>	0.20-0.30
<i>Zinc-plated</i>	0.17-0.22
<i>Lubricated</i>	0.12-0.16
<i>Cadmium-plated</i>	0.11-0.15

Langkah yang dilakukan dalam melakukan reverse engineering dan analisa yang ditunjukkan pada bagan yang terdapat pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Hasil dan Analisis

3D Scanning (Data Acquisition)

Tujuan : untuk mendapatkan *capture model* dalam bentuk model 3D dengan format .stl.



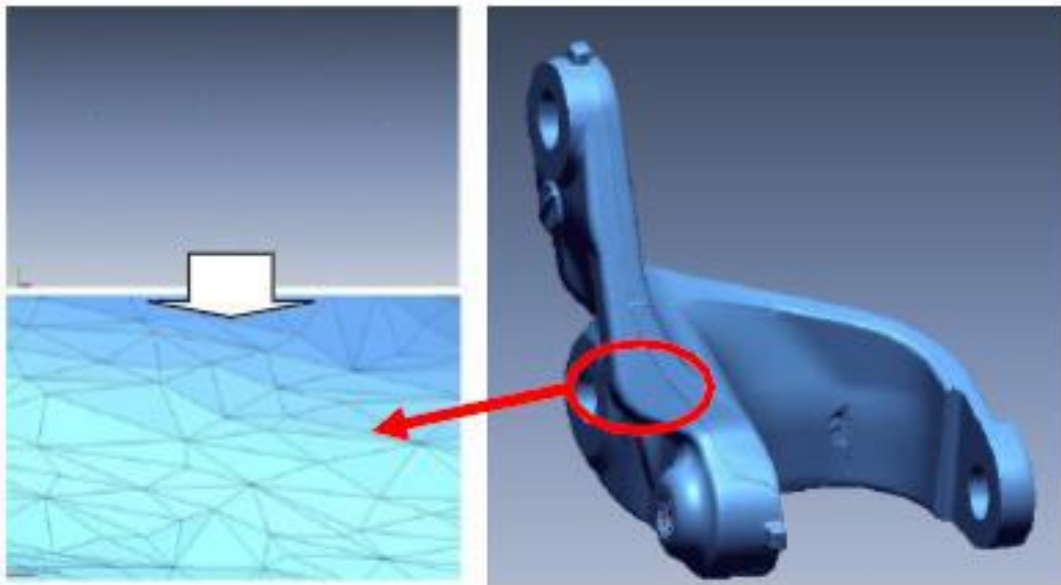
Gambar 2. Proses *scanning*

3D Modeling

Hasil dari proses *scanning* berupa data stl file, dari data ini kemudian dilakukan pembuatan permodelan 3D. Tahapan pembuatan geometri 3D model :

a. *Segmentation*

Data could point kemudian dijadikan polygon mesh untuk mendapatkan karakteristik *meshing*. Bentuk mesh adalah triangulasi. Jumlah point set : 694.462 point

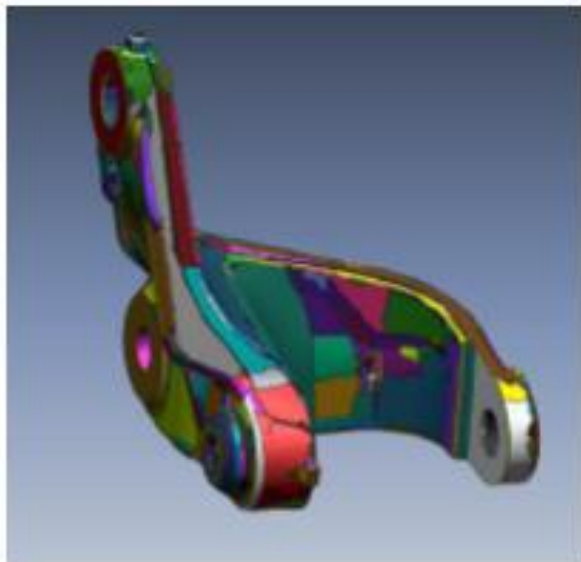


Gambar 3. *Meshing*.

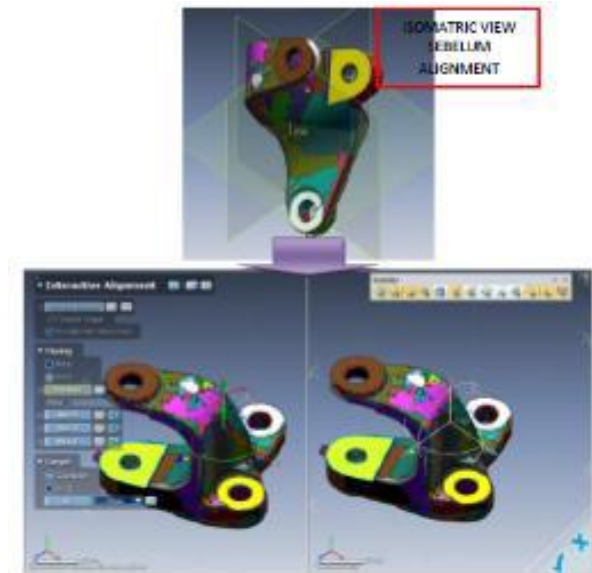
Fungsi dari segmentation ini adalah sebagai referensi untuk pembuatan datum atau proses alignment pandangan. Fungsi yang lainnya untuk pembuatan surfacing or solid model (primitives) berdasarkan region yang dihasilkan.

b. Alignment

Alignment menentukan pandangan dan plane dari produk yang akan di buat 3D model nya.



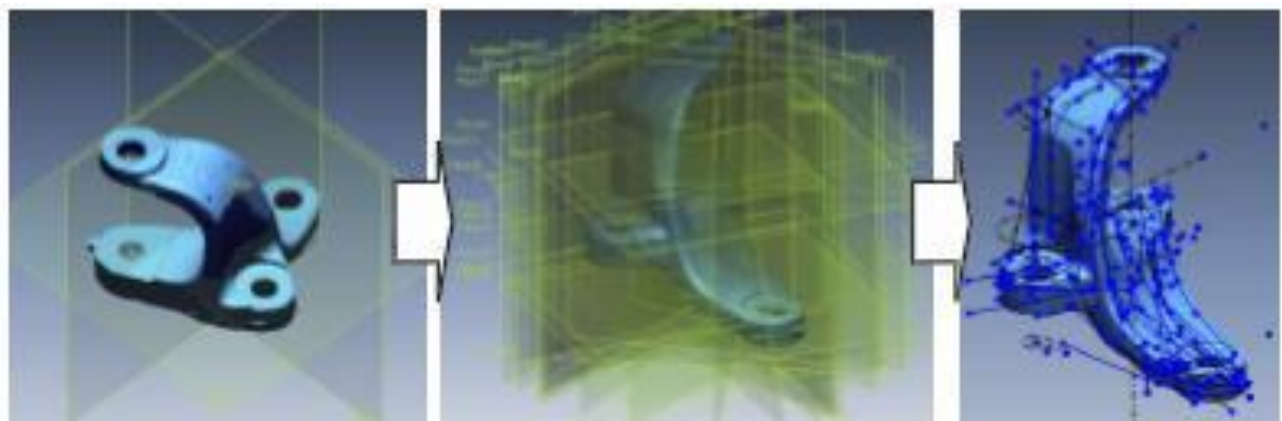
Gambar 4. Segmentation



Gambar 5. Alignment

c. Surface dan Solid Model

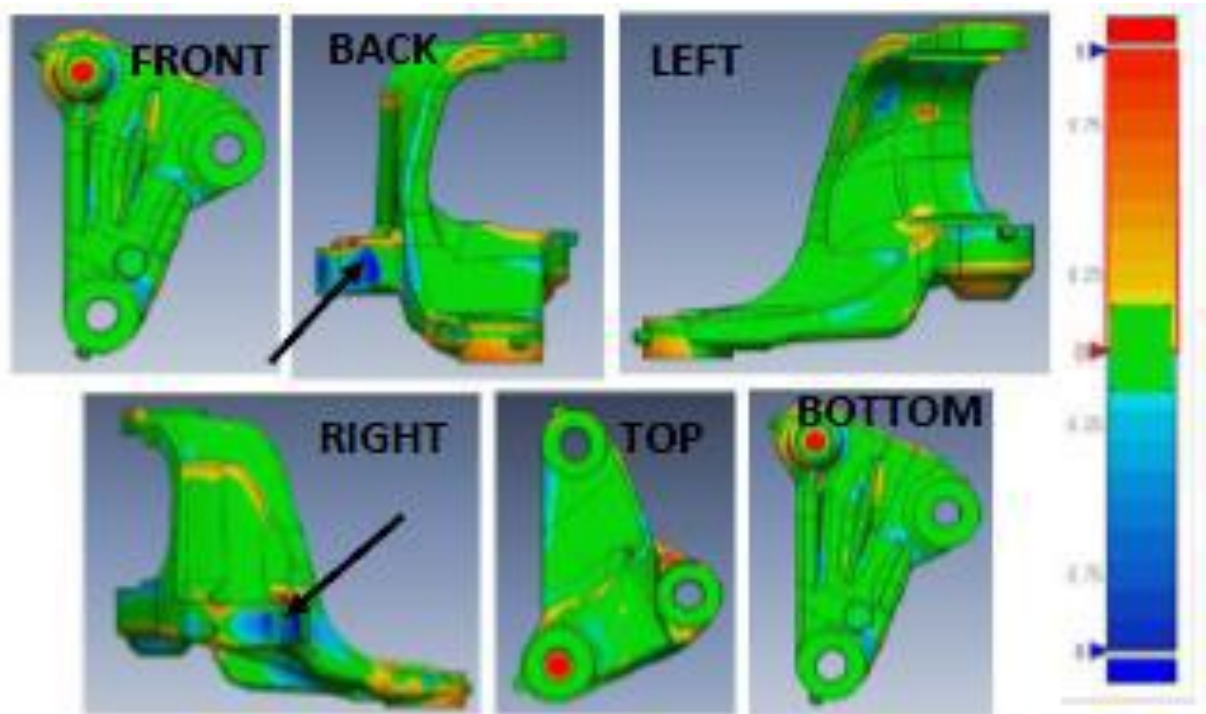
Mesh sketch akan menampilkan dan mengidentifikasi *countur* atau profil dari bagian stl produk yang telah di *meshing* berdasarkan posisi terhadap plane yang dibuat. Profil ini kemudian dijadikan sebagai referensi dalam pembuatan *sketch*.



Gambar 6. Plane & sketch

d. Penyimpangan

Penyimpangan menunjukkan seberapa besar penyimpangan surface atau geometri yang telah dibuat terhadap actual part (data stl hasil scanning).



Gambar 7. Penyimpangan

Anak panah menunjukan tingkat penyimpangan yang cukup besar dengan rata – rata penyimpangan - 0.8mm. Hal ini dikarenakan pada bagian tersebut, terdapat sisa runner dari proses casting. Pengecekan material ditunjukkan pada Tabel 2.

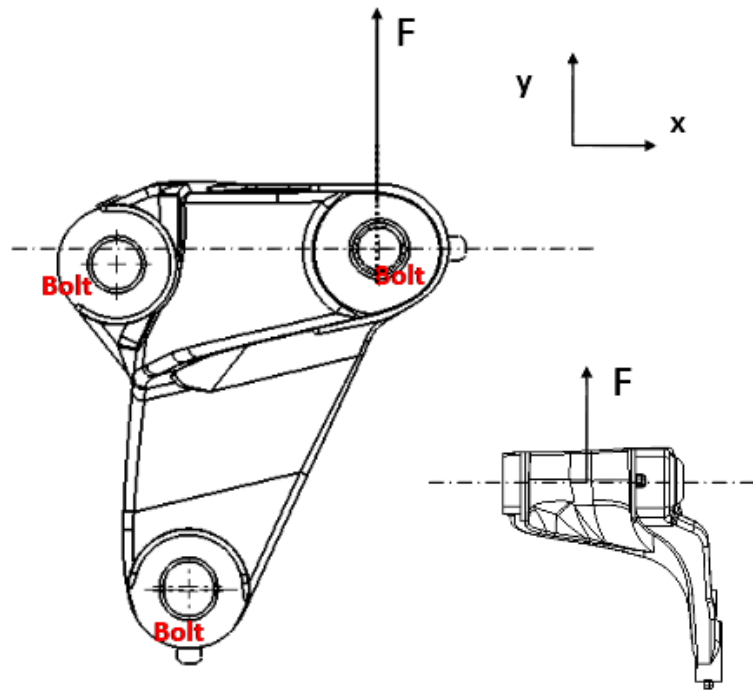
Tabel 2. Komposisi Kimia diukur dengan *Optical Spectrometer*

Chemical Composition (%)	Si		Fe		Cu		Mn		Mg	
	%	+/-3σ	%	+/-3σ	%	+/-3σ	%	+/-3σ	%	+/-3σ
Result	7	0.0825	0.111	0.0017	0.0115	0.00086	0.0028	0.00052	0.309	0.0042
AC4CH	6.5 to 7.5		0.2 max.		0.10 max.		0.10 max.		0.25 to 0.45	
Chemical Composition (%)	Cr		Ni		Zn		Ti		Pb	
	%	+/-3σ	%	+/-3σ	%	+/-3σ	%	+/-3σ	%	+/-3σ
Result	0.0025	0.0015	0.0020	0.00061	<0.0010	0.00000	0.101	0.00052	0.0028	0.00041
AC4CH	0.05 max.		0.05 max		0.10 max		0.2 max		0.05 max.	
Chemical Composition (%)	Cr									
	%	+/-3σ								
Result	0.0025	0.0015								
AC4CH	0.05 max.									

* Refer to JIS H 5202 : 1999 (Aluminium alloy castings)

CAE

Dari geometri 3D model yang dibuat, kemudian dilakukan analisa design dengan menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan perangkat lunak. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi tegangan pada design dengan penerapan beban tarik.



Gambar 8. Posisi gaya

$$F = 44.1 \text{ kN}$$

Perhitungan F bolt.

Torsi : 83 Nm

Persamaan untuk mencari F yang diberikan pada bolt yaitu :

$$T = K \times d \times F, K : 0.2$$

$$d : 12 \text{ mm} = 0.012 \text{ m}$$

$$F = 34583.33 \text{ N}$$

Perhitungan tetapan pegas

Diameter bolt = 12 mm = 0.012 m, Radius = 0.006 m

L bolt = 66.1 mm = 0.0661 m, $E = 200 \text{ GPa} = \text{N/m}^2$

$$A = \pi \cdot r^2 = 3.14 \times 0.006^2 = 1.1304 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$k = 342027231.5 \text{ N/m} = 342027.2315 \text{ N/mm}$$

Kesimpulan

1. *Reverse engineering* dilakukan untuk membuat geometri model berdasarkan *actual part* dengan melakukan proses *3D scanning*.
2. Hasil dari *3D scanning* berupa *capture 3D model* yang dapat di *export* ke dalam file *.stl*.
3. Tingkat penyimpangan dari geometri yang dibuat menunjukkan kualitas dari hasil 3D modeling. Penyimpangan terbesar adalah -0.8 mm pada bagian potongan *runner*.
4. Pengujian material *bracket* dengan menggunakan *spectrometer*, jenis materialnya adalah aluminium AC4CH.
5. Analisa pengujian tegangan pada bracket menunjukkan terdapat konsentrasi tegangan yang tinggi pada bagian tengah bracket. hal ini menunjukkan bracket akan crack dengan penerapan F 44.1KN.

Daftar Pustaka

- [1] Bagci, E. 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, 2009.
- [2] Urbanic.R.J.dkk. "A Reverse Engineering Methodology For Rotary Components From Point Cloud Data". University of Wisdor. Canada, 2008.
- [3] Vinesh Raja, and Kiran J. Fernandes. *Reverse Engineering An Industrial Perspective*. UK: Springer Science + Business Media, 2008.
- [4] Kumar, A., Jain, P.K. & Pathak, P.M. *Reverse Engineering in Product Manufacturing: An Overview*, Chapter39. Vienna : DAAAM International Scientific Book, 2013.
- [5] <https://id.m.wikipedia.org/wiki/CAD>. Diakses tanggal 14 Mei 2015.
- [6] Laintarawan, I Putu, I Nyoman Suta Widnyana dan I Wayan Artana. *Elemen Hingga* . Denpasar : Universitas Hindu Indonesia, 2009.