

# Reverse Engineering Blok Silinder, Comp-Head Genset X dan Pengaruh Developer terhadap Hasil 3D Scanning

Muhammad<sup>1</sup>, Herwan Yusmira<sup>2, a</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Presiden, Bekasi, Jawa Barat, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Presiden, Bekasi, Jawa Barat, Indonesia

<sup>a</sup>herwan.yusmira@president.ac.id

**Abstract.** *Reverse engineering is a process in manufacturing, which aims to reproduce or recreate an existing model either component, sub-assembly, or product without using the data document design or picture of the existing work. Reverse engineering on the cylinder block and com.head conducted to determine the actual size and shape of the part is to create a 3D surface or solid using Geomagic software design x based stl-file of the 3D scanning using ATOS II. Critical part of this part is located in the combustion chamber and the position of head hole, so the tolerance used is  $\pm 0.03$  mm. By testing the differences between type A developer using the addition of an average dimension of 2 – 8 mm. With the addition of developer type B average dimension of 4 – 14 mm. While the difference between type A and type B by a margin dimensions of  $\pm 0 – 11$  mm, which developer A can affect the size of the work piece is better than the developer B.*

**Keywords.** *Reverse Engineering, Developer, Cylinder block, CAE, CAM.*

**Abstrak.** *Reverse engineering adalah sebuah proses dalam bidang manufaktur 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. Reverse engineering pada blok silinder dan com.head dilakukan untuk mengetahui bentuk dan ukuran aktual dari part tersebut dengan membuat 3D surface atau solid menggunakan software geomagic design x berdasarkan stl-file dari proses 3D scanning dengan ATOS II. Bagian critical dari part ini adalah terletak pada ruang bakar dan posisi head hole, sehingga toleransi yang digunakan adalah  $\pm 0.03$  mm. Dengan pengujian terdapat perbedaan antara penggunaan developer tipe A terjadi penambahan dimensi rata-rata 2 – 8 mm. Dengan developer tipe B terjadi penambahan dimensi rata-rata 4 – 14 mm. Sedangkan perbedaan antara tipe A dan tipe B dengan selisih dimensi sebesar  $\pm 0 – 11$  mm, dimana developer A dapat mempengaruhi ukuran benda kerja lebih baik dibanding developer B.*

**Kata kunci.** *Reverse Engineering, Developer, Blok Silinder, CAE, CAM.*

## Latar Belakang

Persaingan dalam dunia industri terutama sektor manufaktur komponen otomotif cenderung meningkat akibat adanya pertumbuhan ekonomi yang positif dari tahun ke tahun. Oleh sebab itu, setiap perusahaan yang terkait dengannya berupaya untuk selalu menciptakan keunggulan kompetitif dalam hal teknologi, kualitas produk yang dihasilkan, produktifitas dan yang lebih penting adalah menurunkan cost agar dapat bersaing dengan perusahaan lain. Untuk merealisasikan tujuan dalam hal menciptakan keunggulan kompetitif tersebut banyak metode dan cara yang dilakukan oleh masing – masing perusahaan. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan metode *reverse engineering* dengan mengurai, menganalisis, mempelajari produk atau rancangan dari pihak lain untuk menghasilkan produk yang baru atau lebih baik. *Reverse engineering* yang boleh dilakukan adalah mempelajari konsep, mutu, dan proses dari produk tersebut, bukan dengan tujuan meniru sama persis dengan produk tersebut. *Reverse engineering* dimulai dengan produk sedangkan rekayasa maju adalah meneliti suatu produk dan diakhiri dengan suatu produk. Konsep *reverse engineering* dalam

dunia industri pada dasarnya adalah menganalisa suatu produk yang sudah ada sebagai dasar untuk merancang produk baru yang sejenis, dengan memperkecil kelemahan dan meningkatkan keunggulan produk yang dihasilkan.

Dengan menggunakan bantuan *software CAD*, produk dapat digambarkan dalam produk digital, sehingga dapat dianalisis bagaimana produk itu bekerja, apa yang bisa dilakukannya, estimasi biaya produksi, komponen–komponennya terdiri dari apa saja, materialnya seperti apa, dan lain sebagainya. Proses *reverse engineering* lebih cepat dalam memenuhi kebutuhan pasar dari pada harus melakukan penelitian dari awal yang membutuhkan waktu lebih lama dan menghabiskan biaya yang lebih banyak sehingga tidak efisien. Hal ini menjadi salah satu dasar mengapa metode atau teknologi ini menjadi sangat penting dan akan terus dikembangkan untuk hasil yang lebih baik. Beberapa negara yang sukses dalam melakukan reverse engineering dalam banyak hal adalah India, Iran, Brazil dan juga Tiongkok. *Reverse engineering* juga muncul sebagai jawaban dalam penyediaan suku cadang untuk mengganti bagian yang rusak atau aus dimana tidak adanya data teknik yang tersedia. Hal ini terjadi akibat dari produk yang diimpor tanpa adanya *drawing* atau *drawing* yang salah atau hilang. Hal ini tentunya menjadi pilihan yang lebih murah dan efisien dibandingkan dengan *re-importing*, tidak hanya untuk menggantikan *spare part* dengan segera, tetapi untuk membuat suku cadang tambahan guna mempertahankan periode produk yang lebih lama.

Tujuan dan manfaat yang ingin diperoleh adalah :

1. Mengetahui tahapan – tahapan dari proses *reverse engineering* suatu produk sebagai salah satu metode untuk membuat dan mengembangkan produk berdasarkan actual part.
2. Mampu melakukan proses *reverse engineering* sampai dihasilkan *drawing 3D CAD*.
3. Mampu menganalisa dan mengetahui parameter yang berpengaruh terhadap hasil dari *reverse engineering* yang dilakukan.

## **Metodologi Penelitian**

### **a. Melakukan *Reverse Engineering***

Langkah ini dilakukan untuk mengetahui tahapan – tahapan proses *reverse engineering* sebagai salah satu metode dalam membuat suatu produk, mengembangkan dan membuat inovasi pada produk tersebut. Laser 3D scanner yang digunakan untuk men-scan benda kerja adalah ATOS II (GOM) dengan akurasi ketelitian yang cukup tinggi. Sedangkan untuk mengolah data hasil 3D *scanning* menggunakan *software reverse engineering* yaitu *Geomagic Design X*. *Reverse engineering* yang dilakukan untuk mendapatkan *3D drawing* berdasarkan *actual part*. Hasil dari proses ini dapat digunakan sebagai dasar dalam membuat design dan juga dapat digunakan langsung dalam *CAE* maupun *CAM*.

### **b. Pengujian *Developer***

Pengujian *developer* dilakukan dengan menggunakan sampel uji berupa benda uji berbentuk silinder dan solid dengan 2 jenis karakter warna. *Developer* yang akan diuji adalah jenis *developer* yang sering digunakan dalam melakukan *reverse engineering*.

### **c. Lokasi Pengujian**

Lokasi dilakukannya proses *scanning* adalah di departemen *CFS (Central Facility Support)* bagian metrologi. Untuk pengolahan data CAD dilakukan di departemen *PDE (Product Development)* bagian Engine.

d. Waktu Pengumpulan dan Pengolahan Data

Waktu pengumpulan dan pengolahan data pada bulan Juni 2015.

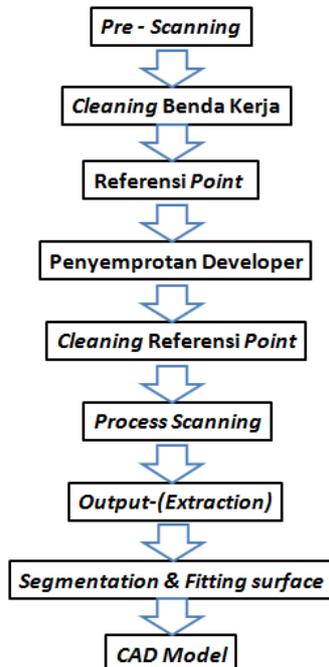
e. Analisis

Tahapan ini merupakan tahap dimana data – data yang diperoleh diteliti dan dianalisa. Dengan melakukan *reverse engineering* dapat diketahui parameter – parameter yang berpengaruh terhadap hasil akhir yang diinginkan. Analisa dilakukan pada hasil dari pengukuran pada benda uji dengan membandingkan penggunaan *developer* yang berbeda. Sehingga dapat diketahui berapa besar pengaruh penggunaan *developer*.

### Hasil dan Analisis

#### Flow Proses Reverse Engineering Blok Silinder & Comp. Head

Informasi dalam flow proses dapat memberikan pengertian tentang jalannya proses kegiatan. Berikut adalah flow proses reverse engineering blok silinder & comp. head:



Gambar 2. Flow proses scanning blok silinder & comp. Head

*Equipment* yang digunakan adalah : Seperangkat 3D laser scanner & Software ATOS II dari GOM, developer, point, cleaner dan alat pendukung seperti jig.

a. *Pre-scanning*

Proses persiapan sebelum melakukan *scanning*.

b. *Cleaning* benda kerja

Benda kerja yang akan di scan dibersihkan dari minyak, air dan kotoran menggunakan kain lap dan cleaner. Dalam proses ini perlu diperhatikan benar – benar kebersihannya agar hasilnya dapat maksimal. Apabila terdapat bagian – bagian yang tidak diperlukan, maka diusahakan agar bagian tersebut dipisahkan dari objek benda kerja karena dapat berpengaruh terhadap besarnya ukuran file.

c. *Reference point*

Pemberian point ditempatkan pada bagian blok silinder, minimal point yang dapat ditempatkan pada benda kerja atau meja putar adalah 4 buah. Apabila dalam melakukan scanning diharuskan

untuk merubah posisi benda, maka titik referensi benda kerja tidak akan berubah. Hal ini memungkinkan untuk mengambil posisi atau ukuran benda kerja dapat ter-capture dengan maksimal.

d. Penyemprotan *developer*

*Developer* yang diterapkan pada benda kerja harus setipis mungkin untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Karena ketebalan *developer* akan berpengaruh pada hasil dimensi yang diperoleh.

e. *Cleaning referensi point*

Setelah dilakukan penyemprotan dengan *developer*, *point – point* yang ditempatkan pada benda kerja akan tertutupi oleh lapisan dari *developer*, sehingga harus dibersihkan menggunakan *cutton bud* atau tisu.

f. Proses *scanning*

Proses ini merupakan proses utama dalam melakukan *scanning* benda kerja. Parameter – parameter yang berkaitan dengan proses ini juga perlu diperhatikan diantaranya temperatur, vibrasi, kelembaban udara, dan lain sebagainya.

Data – data pada saat dilakukan *scanning* :

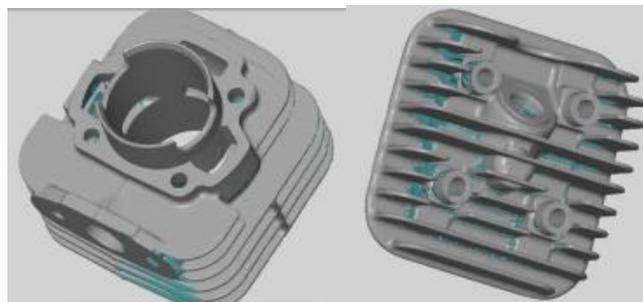
- Temperatur : 22,9° C
- Humadity : 58%
- Dew point : 14,2° C

g. *Extraction*

Output dari proses ini adalah *capture* obyek benda berupa yang dapat disimpan dalam bentuk *3D file* dengan format *stl-file*.



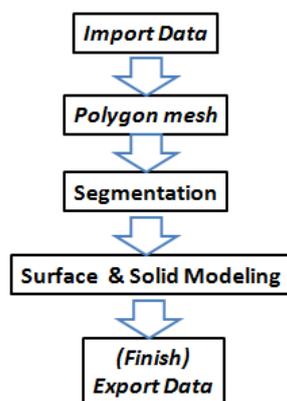
Gambar 3. Proses *scanning*



Gambar 4. Data *stl* blok silinder & *Comp.Head*

h. *Segmentation & fitting surface*

Setelah proses *scanning*, selanjutnya dilakukan proses mengolah data hasil *scanning* menjadi bentuk *3D surface* atau *3D solid* dari data *stl* blok silinder dan *comp.head*. Berikut adalah langkah – langkah yang dilakukan dalam proses ini :



Gambar 5. Diagram *fitting surface*

- *Import Data*

Data yang akan dibuat berupa *stl-file* yang terdiri dari *point – point* dalam jumlah yang banyak membentuk profil benda kerja.

- *Polygon mesh*

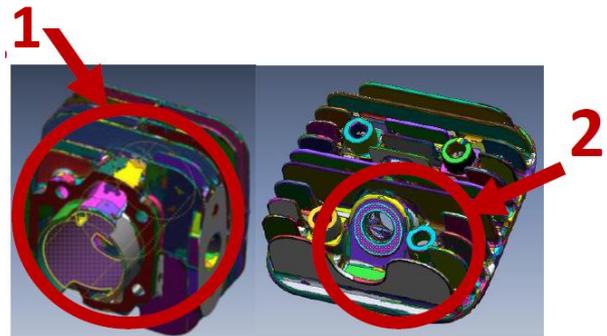
*Polygon mesh* adalah kumpulan *polygon* (“permukaan”) yang bersama-sama membentuk “kulit” dari suatu obyek. Bagian yang kurang *smooth* atau tidak ter-*scan* dapat di edit dan direpair sehingga hasil yang diperoleh akan maksimal.

- *Segmentation*

Langkah ini mengelompokkan bagian – bagian dari objek *mesh* ke dalam bagian yang terdeteksi sebagai profil yang serupa.



Gambar 6. *Polygon mesh*



Gambar 7. *Region group*.

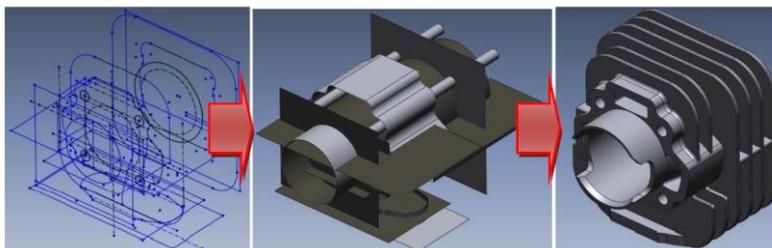
Contoh : *Region 1* terdeteksi sebagai *cylinder*

*Region 2* terdeteksi sebagai *plane* / permukaan yang rata

Apabila dalam *region group* ini terdapat bagian yang serupa tetapi tidak dalam satu zona *region* maka dapat dilakukan pengelompokan *region* dengan cara manual yaitu menggabungkannya (*merge*).

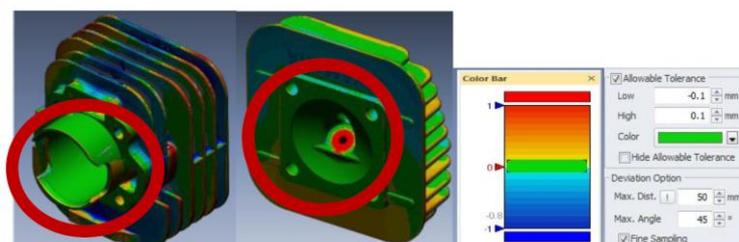
- *Surface & solid modeling*

Untuk membuat *surface or solid* model dilakukan dengan cara mengambil *sketch* dari masing – masing profil blok silinder dan *comp. head*. Kemudian membuat *surface* dari *sketch* tersebut dan yang terakhir adalah menggabungkan *surface*-nya (*ex. trim, fillet, chamfer, merge*).



Gambar 8. Pembuatan *surface & solid* model

Sebelum atau setelah membuat *surface & solid* model harus dilakukan pengecekan deviasi dari *surface* yang di buat dengan *actual part* (blok silinder & *comp. head*). Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan ukuran yang terjadi.



Gambar 9. *Deviation analysis*

Zona yang dilingkari adalah bagian *critical* yang harus dijaga, hal ini dikarenakan pada area tersebut sebagai ruang bakar. Toleransi yang digunakan pada area tersebut adalah  $\pm 0.03$  mm.

- *Export data (finish)*

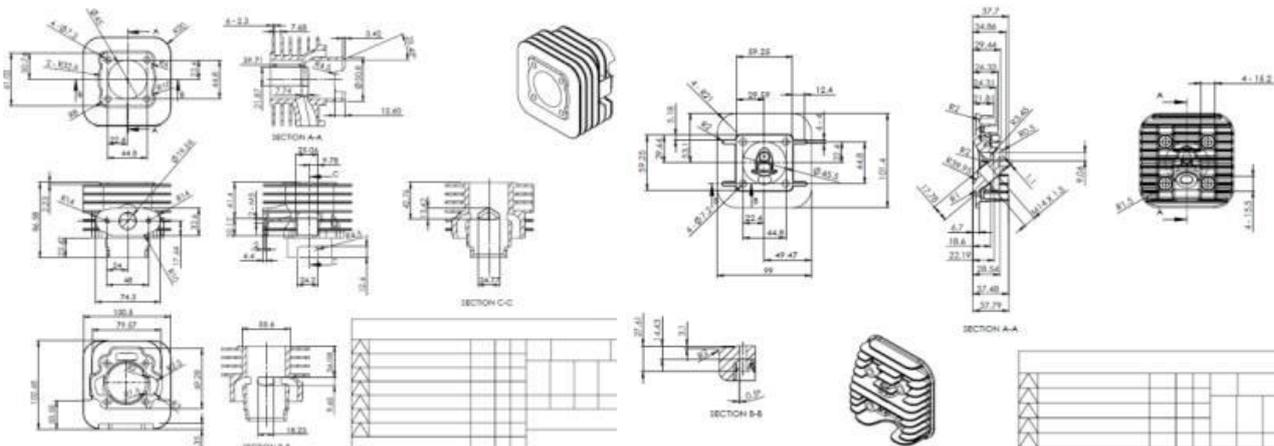
Beberapa format *file data* yang dapat di *export* dengan menggunakan *software geomagic design x* adalah *iges file (igs)*, *parasolid text file (x\_t)*, *step file (stp)*, *CATIA V5 file (catpart)*. Sedangkan untuk silinder blok dan *head comp.* yang telah di buat solid modelnya di *export* dalam format *x\_t file* dan *stp file*.

### Pembuatan 3D & 2D CAD

Setelah mendapatkan 3D *solid* dari proses *reverse engineering* dilakukan pengeditan dan penyempurnaan *drawing* 3D diantaranya membuat *thread hole* dan membuat *drawing* 2D-nya menggunakan *software solidwork* 2014. Hal ini dikarenakan untuk profil tertentu tidak dapat dikerjakan dengan menggunakan *software geomagic design x*.



Gambar 10. 3D *solid* blok silinder & *comp. head*.



Gambar 11. *Drawing* 2D blok silinder & *comp. Head*

### Hasil Pengujian Developer

- Parameter Pengujian

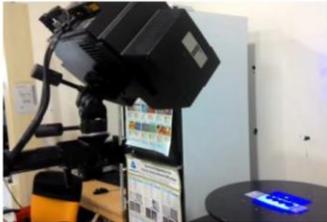
Pengujian ini dilakukan pada *sample developer* yang digunakan dalam proses *reverse engineering* di bagian departemen CFS. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *developer* terhadap dimensi dan kualitas objek benda yang di *scan*. Sampel yang digunakan adalah benda yang berbentuk silinder. Parameter pengukuran :

- Sample developer* : 2 buah (tipe A dan Tipe B)
- Benda uji : 4 buah

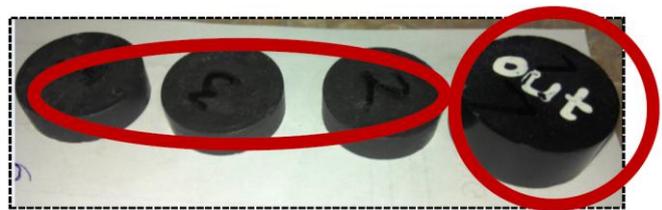
- c. Lensa kamera scanner : kamera kecil
- d. Temperatur ruangan : standar 20 - 23° C
- e. Ukuran point : Ø 0.5 mm

- Proses Pengujian

Dalam pengujian ini penempatan *point* diletakkan pada meja uji sebanyak 6 buah, hal ini dilakukan supaya proses *scanning* selanjutnya dapat menghemat *point*. Jarak penyemprotan antara *developer* dengan sampel uji dengan jarak ± 20 cm .



Gambar 12. Proses scanning sampel

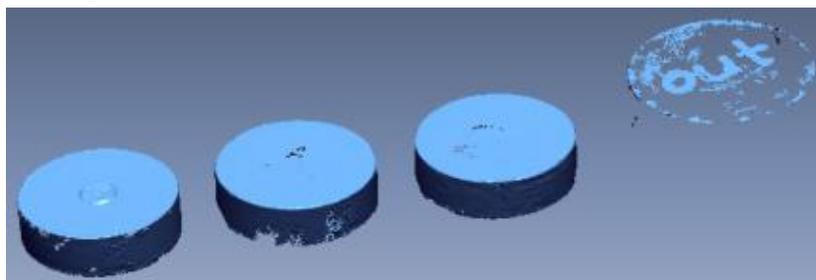


Gambar 13. Sampel pengujian

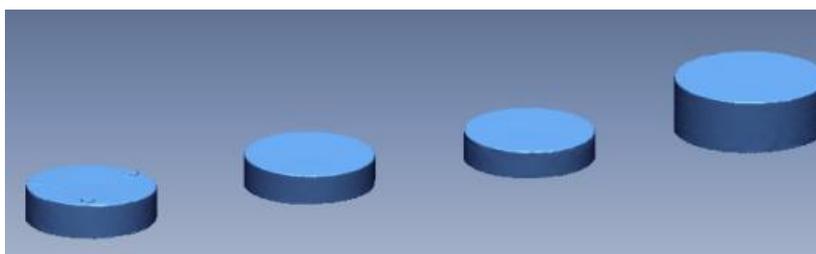
Keterangan : Sampel 1-3 : Karakter warna abu – abu ( tidak shine)

Sampel 4 : Karakter warna shine

Bagian yang ditunjukkan anak panah berwarna biru adalah bagian top surface. Pada bagian ini digunakan sebagai referensi plane yang kemudian di offset sejauh 1 – 5 mm dari top surface, hal ini dikarenakan profil dari benda uji mempunyai cylindricity yang kurang bagus.



Gambar 14. Hasil 3D scan tanpa menggunakan developer



Gambar 15. Hasil 3D scan menggunakan developer

Analisa : Pada gambar 14 yang tidak dilingkari menunjukkan bahwa profil benda uji dapat ter-capture dengan baik, sedangkan pada benda uji yang dilingkari profil benda uji tidak dapat ter-capture. Objek

benda yang shine akan memantulkan cahaya apabila terkena cahaya laser scanner, sehingga menyebabkan objek benda tersebut tidak dapat ter-capture.

Pada gambar 15 menunjukkan bahwa dengan menggunakan developer hasil scanning terlihat smooth, sedangkan untuk bagian yang dilingkari dapat ter-capture. Hal ini menunjukkan bahwa secara kualitas pengaruh penggunaan developer sebagai solusi terhadap profil benda yang shine serta profil benda yang kurang bagus.

### Data Pengujian

Berikut adalah data yang didapat dalam melakukan pengujian :

1. Data perbedaan dimensi antara benda uji tanpa *developer* dengan penggunaan *developer* tipe A.

Tabel 1. Perbedaan dimensi antara benda uji tanpa *developer* dengan penggunaan *developer* tipe A.

No. Work Piece	Jarak Pengukuran (frm Top.surf.) (mm)	Tanpa Developer	Devp.A (R-mm)	Selisih	Rata - Rata
1	1	13,6126	13,6198	0,0072	0,0081
	2	13,6378	13,6384	0,0006	
	3	13,6333	13,6459	0,0126	
	4	13,6288	13,6459	0,0171	
	5	13,6468	13,6498	0,003	
2	1	13,6459	13,6538	0,0079	0,006
	2	13,6489	13,6538	0,0049	
	3	13,6499	13,6548	0,0049	
	4	13,6483	13,6570	0,0087	
	5	13,6567	13,6603	0,0036	
3	1	13,6285	13,6303	0,0018	0,0024
	2	13,6498	13,6505	0,0007	
	3	13,6593	13,6591	-0,0002	
	4	13,663	13,6636	0,0006	
	5	13,6588	13,6679	0,0091	

Analisa : Data di atas menunjukkan bahwa terdapat selisih ukuran antara penggunaan *developer* tipe A. Dimana dengan menggunakan *developer* A terjadi penambahan dimensi rata – rata sebesar 2 - 8  $\mu\text{m}$ .

2. Data perbedaan dimensi antara benda uji tanpa *developer* dengan penggunaan *developer* tipe B.

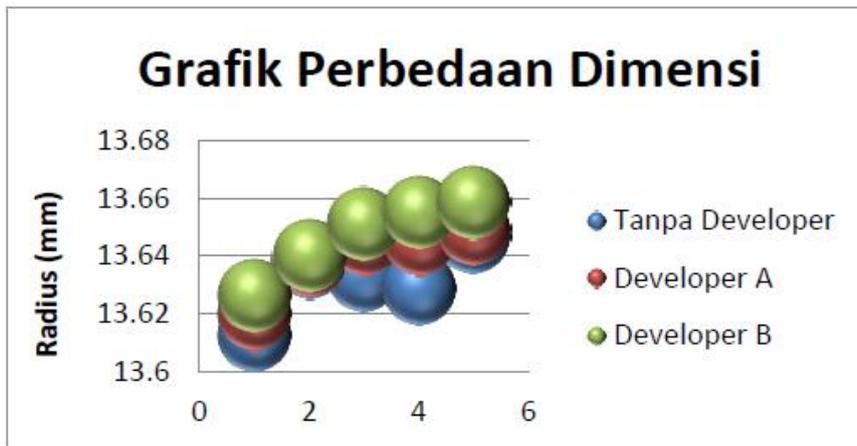
Tabel 2. Perbedaan dimensi antara benda uji tanpa *developer* dengan penggunaan *developer* tipe B.

No. Work Piece	Jarak Pengukuran (frm Top.surf.) (mm)	Tanpa Developer	Devp.B (R-mm)	Selisih	Rata - Rata
1	1	13,6126	13,6262	0,0136	0,0145
	2	13,6378	13,6404	0,0026	
	3	13,6333	13,6514	0,0181	
	4	13,6288	13,6553	0,0265	
	5	13,6468	13,6585	0,0117	
2	1	13,6459	13,6614	0,0155	0,01468

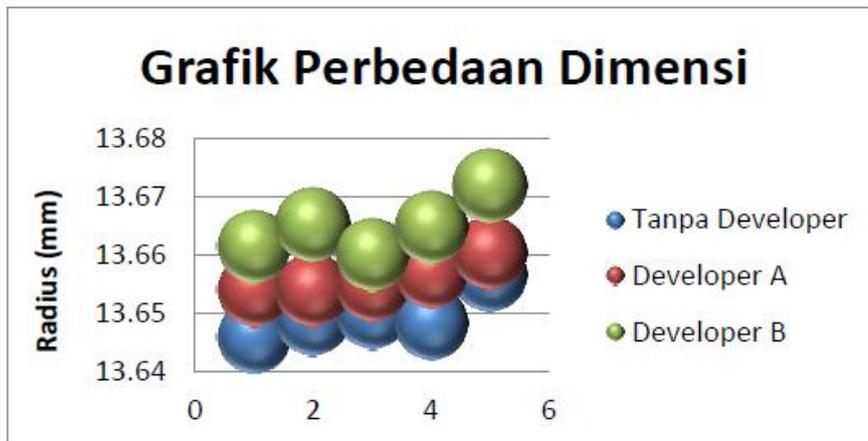
	2	13,6489	13,6653	0,0164	
	3	13,6499	13,6599	0,01	
	4	13,6483	13,6647	0,0164	
	5	13,6567	13,6718	0,0151	
	1	13,6285	13,6352	0,0067	
3	2	13,6498	13,6517	0,0019	0,00434
	3	13,6593	13,6601	0,0008	
	4	13,663	13,6661	0,0031	
	5	13,6588	13,6680	0,0092	

Analisa : Data di atas menunjukkan bahwa terdapat selisih ukuran antara penggunaan *developer* tipe B. Dimana dengan menggunakan *developer* B terjadi penambahan dimensi rata – rata sebesar 4 – 14  $\mu\text{m}$ .

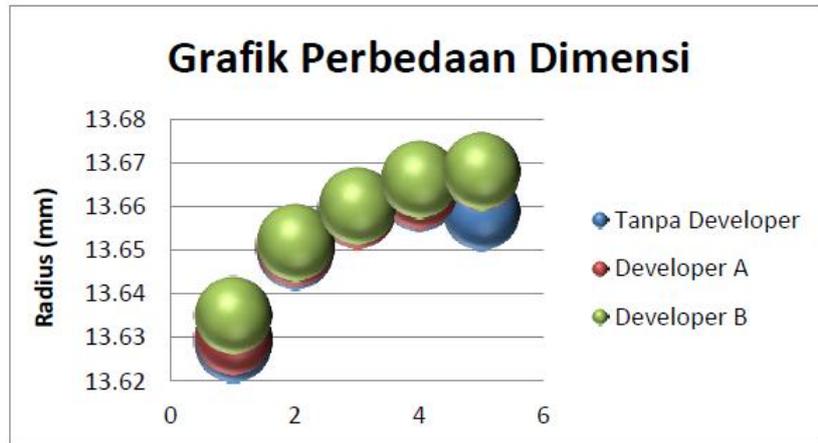
Untuk mengetahui secara jelas selisih dimensi antara penggunaan *developer* dengan tanpa menggunakan *developer* dapat dilihat dari garafik di bawah ini.



Selisih perbedaan dimensi antara benda uji tanpa *developer* dengan penggunaan *developer* jenis A dan B pada benda uji 1



Selisih perbedaan dimensi antara benda uji tanpa *developer* dengan penggunaan *developer* jenis A dan B pada benda uji 2



Selisih perbedaan dimensi antara benda uji tanpa *developer* dengan penggunaan *developer* jenis A dan B pada benda uji 3

Benda uji ke 4 tidak dilakukan perbandingan, hal ini dikarenakan pada proses scanning tanpa *developer* benda uji tidak *ter-capture*. Untuk mengetahui selisih dimensi antara penggunaan *developer* A dengan *developer* B dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 3. Selisih dimensi antara *developer* tipe A dengan B

No. Work Piece	Jarak Pengukuran (frn Top.surf.) (mm)	Tanpa Developer	Devp.B (R-mm)	Selisih	Rata - Rata
1	1	13,6198	13,6262	0,0064	0,0064
	2	13,6384	13,6404	0,002	
	3	13,6459	13,6514	0,0055	
	4	13,6459	13,6553	0,0094	
	5	13,6498	13,6585	0,0087	
2	1	13,6538	13,6614	0,0076	0,01468
	2	13,6538	13,6653	0,0115	
	3	13,6548	13,6599	0,0051	
	4	13,6570	13,6647	0,0077	
	5	13,6603	13,6718	0,0115	
3	1	13,6303	13,6352	0,0049	0,00434
	2	13,6505	13,6517	0,0012	
	3	13,6591	13,6601	0,001	
	4	13,6636	13,6661	0,0025	
	5	13,6679	13,6680	0,0001	
3	1	15,8529	15,8556	0,0027	0,00434
	2	15,8537	15,8550	0,0013	
	3	15,8547	15,8552	0,0005	
	4	15,8556	15,8545	-0,0011	
	5	15,8547	15,8548	0,0001	

Analisa : Dari data diatas diketahui bahwa selisih dimensi antara *developer* A dengan *developer* B adalah  $\pm 0 - 11 \mu\text{m}$ . Dan data dimensi yang lebih kecil adalah dengan menggunakan *developer* A.

## Kesimpulan

Reverse engineering pada blok silinder dan *comp-head* dilakukan untuk mengetahui bentuk dan ukuran actual dari part tersebut dengan membuat *3D surface or solid* menggunakan *software geomagic design x* berdasarkan *stl-file* dari proses *3D scanning* yang menggunakan *software ATOS II*. Sedangkan untuk membuat *drawing 2D* dan memperbaiki data *3D* digunakan *software solidwork 2014*. Deviasi penyimpangan harus selalu diperhatikan dalam membuat *3D surface or solid* agar kesalahan dalam menggambar dapat diperkecil. Bagian critical dari kedua part ini adalah terletak pada ruang bakar dan posisi *thead hole*, sehingga toleransi yang digunakan adalah  $\pm 0.03$  mm.

Benda dengan karakter warna yang *shine* tidak dapat ter-capture oleh kamera, sehingga diperlukan *coating* agar dapat ter-capture yaitu dengan menerapkan developer. Penggunaan *developer* berpengaruh terhadap kualitas hasil *scanning* dan dimensi meskipun tidak terlalu signifikan. Sehingga dilakukan pengujian, jenis developer yang diuji adalah 2 tipe yaitu tipe A dan B. Setelah dilakukan pengujian, terdapat perbedaan antara penggunaan developer dengan tanpa menggunakan developer yaitu :

1. Dengan menggunakan developer tipe A terjadi penambahan dimensi rata – rata 2 – 8  $\mu\text{m}$ .
2. Dengan menggunakan developer tipe B terjadi penambahan dimensi rata – rata 4 – 14  $\mu\text{m}$ .

Sedangkan perbedaan antara tipe A dan tipe B dengan selisih dimensi sebesar  $\pm 0 - 11\mu\text{m}$ , dimana developer A dapat mempengaruhi ukuran benda kerja lebih baik dibanding developer B.

## Daftar Pustaka

- [1] <http://bertozone.blogspot.com/2011/10/rendering-3d-desain-permodelan-grafis>. Diakses tanggal 20 Mei 2015.
- [2] <https://id.m.wikipedia.org/wiki/CAD>. Diakses tanggal 14 Mei 2015.
- [3] <http://www.cadanda.com>. CAD Solutions, LLC. 2011. Computer-Aided Design & Applications. Diperoleh tanggal 12 Maret 2015.
- [4] Kumar, A., Jain, P.K. & Pathak, P.M. 2013. Reverse Engineering in Product Manufacturing: An Overview, Chapter39. Vienna : DAAAM International Scientific Book.
- [5] Peter hervay, dkk. 2012. CAD BOOK. Budapest: Budapest University
- [6] Prof.Dr.Suryana,M.si. 2010. Metodologi Penelitian – Model Praktis Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif (Buku Ajar Perkuliahan) : Universitas Indonesia.
- [7] Rathone, N. & Jain, P.K. 2014. Reverse Engineering Applications in Manufacturing Industries: An Overview, Chapter 45. Vienna : DAAAM International Scientific Book.
- [8] Raja, Vinesh. 2008. Introduction to Reverse Engineering. UK: University of Warwick.
- [9] Vinesh Raja, and Kiran J. Fernandes. 2008. Reverse Engineering An Industrial Perspective. UK: Springer Science + Business Media.
- [10] [www.dimeg.poliba.it](http://www.dimeg.poliba.it). Semi-Aautomatic Low Cost 3D Active Scanning Systems for Reverse Engineering. Diperoleh tanggal 12 Maret 2015.
- [11] [www.scribd.com](http://www.scribd.com). Bambang WF. 2009. Materi Kuliah CAD/CAM. Diakses tanggal 29 Mei 2015.