

## PROSES PELAPISAN PERMUKAAN SPESIMEN DARI BAHAN ABS YANG DIBENTUK MELALUI *RAPID TOOLING*

**Rachman Rio Riyanto<sup>1)</sup>, Bambang Waluyo Febriantoko<sup>2)</sup>, Patna Partono<sup>3)</sup>**

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta (penulis 1)  
email: curio\_rio@yahoo.com

### *Abstract*

*Information about the results of the 3D printing process in Indonesia is still low as the level of roughness of objects generated from the process. Such information is important to note, that the products will be used in accordance with the expected goals. The aim of this study was to determine the level of roughness of ABS plastic material 3D printer products with fill density of 20% and 50% of uncoated, coated and coated Chrome Coating Resins Gelcoat. In the process of this test using material Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) formed for specimen testing roughness and tested with test equipment roughness (Roughness Tester Type TR120 with ISO standards) with a variety of materials ABS with fill density of 20% without a coating, the coating of paint chrome and the upholstery Rengel. Fill density of 50% without a coating, the coating paints and coatings Chrome Rengel. From the test results are obtained roughness values Roughness Average (Ra). Roughness of ABS material 3D printer products with fill density of 20% uncoated generate Ra values of 10.291  $\mu\text{m}$ , whereas Chrome Coating of 1.780  $\mu\text{m}$  and coated Gelcoat Resin of 0,849  $\mu\text{m}$ . Roughness of ABS material 3D printer products with fill density of 50% uncoated generate value Ra of 5.164  $\mu\text{m}$ , whereas Chrome Coating of 1.115  $\mu\text{m}$  and coated Gelcoat Resin of 0.529  $\mu\text{m}$ . From these data the optimal kehalusanyang level in the specimen with 50% fill density and Gelcoat Resin coated.*

**Keywords:** 3D printer, ABS, Fill Density, Cladding

### 1. PENDAHULUAN

Dengan munculnya teknologi manufaktur aditif pada pertengahan 1980-an, teknologi pencetakan tiga dimensi (3D) yang mencetak benda dengan mengandalkan *ekstrusi termoplastik* untuk pembuatan prototipe/pemodelan. Bahan termoplastik yang di gunakan adalah *Asam Polylatic* (PLA) dan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) yang dicetak dengan cara dicairkan menggunakan *nozzel* yang dialirkan secara berlapis-lapis sehingga membentuk sebuah benda (Stephen B., dkk 2013).

Mesin 3D Printing membutuhkan durasi yang lebih lama. Sebagai ukuran kasar, untuk mencetak benda 3 Dimensi yang memiliki volume 250 cm (tinggi 10 cm, panjang 5 cm, lebar 5 cm) kubik bisa sampai 2 jam lebih. Tentu saja waktu yang dibutuhkan akan lebih panjang lagi apabila volume benda yang dicetak

lebih besar dari itu. Lamanya waktu disebabkan karena dalam proses mencetak benda 3D, kepadatan materi adalah sesuatu yang menjadi tujuan. Bisa saja proses cetak menjadi lebih cepat namun konsekuensinya adalah adanya bagian-bagian tertentu dari objek yang tidak padat dan mudah rapuh. (<http://www.grandtoner.com/2013/12/teknologi-printer-3d.html>).

Untuk kualitas produk diamati langsung secara visual, hasil pengamatan menunjukkan bahwa material yang dibuat dengan orientasi vertikal menghasilkan kondisi permukaan yang lebih halus dibandingkan orientasi horizontal. Bahan polymer PLA lebih halus dibandingkan bahan ABS. (Sobron L. dan David S., 2014)

Tentang kualitas produk yang dihasilkan, dimana yang penulis anggap berpengaruh besar adalah tingkat kekasaran suatu produk. Tingkat kekasaran yang dihasilkan dari printer 3D merek *COME3D* yang dipergunakan masih jauh

dari kekasaran permukaan yang di inginkan. Dengan pemakaian bahan termoplastik ABS maka dapat ditambahkan fariabel pendukung yaitu spray Chrome dan Gelcoat Resin. Dengan ditambahkan bahan tersebut diharapkan suatu produk yang dihasilkan dengan bahan ABS ini mempunyai tingkat kehalusan yang tinggi guna pemrosesan yang lebih lanjut atau produk jadi.

**A. -Tujuan Penelitian**

Tujuan yang diinginkan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui tingkat kekasaran bahan ABS dari produk printer 3D dengan fill density 20% yang tidak dilapisi, dilapisi Coating Chrome dan dilapisi Gelcoat Resin.
2. Untuk mengetahui tingkat kekasaran bahan ABS dari produk printer 3D dengan fill density 50% yang tidak dilapisi, dilapisi Coating Chrome dan dilapisi Gelcoat Resin.

**B. -Rumusan Masalah**

Berdasarkan pendahuluan yang telah diuraikan, maka perumusan ini bertujuan untuk :

Bagaimana pengaruh pelapisan permukaan spesimen dengan bahan ABS yang dibentuk melalui rapid tooling terhadap nilai kekasaran.

**C. -Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah maka penelitian ini berkonsentrasi pada :

- a. Pembuatan spesimen plastik dengan mesin printer 3D tipe exstrusion dengan teknologi FDM (Fused deposition modelling) merk COME 3D dengan bahan ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene).
- b. Variasi yang digunakan adalah :

Bahan	Fill Density	Pelapisan	Jenis Penelitian
ABS	20%	Tanpa Pelapis	Uji Kekasaran Permukaan (Ku)
		Cal Chrome	
		Gelcoat Resin	
	50%	Tanpa Pelapis	
		Cal Chrome	
		Gelcoat Resin	

**2. KAJIAN LITERATUR**

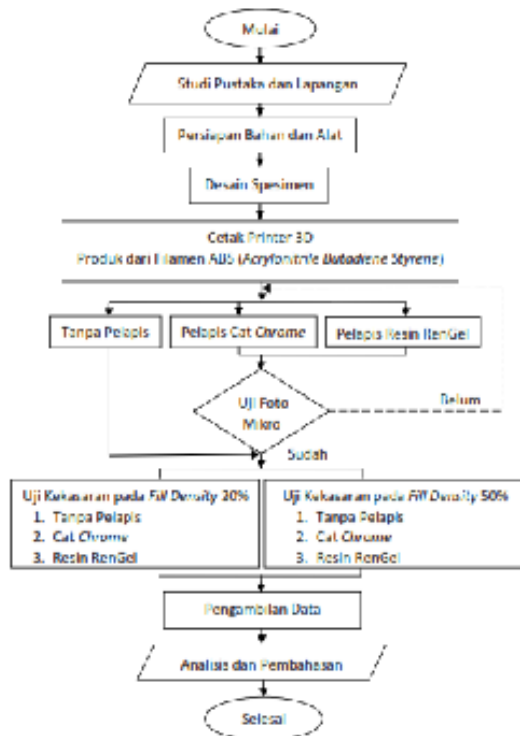
Dalam rapid prototyping dan Fused Deposition Modeling banyak menggunakan bahan jenis PLA dan ABS karena sifatnya. Sifat mekanis yang paling penting dari acrylonitrile butadiene styrene (ABS) adalah ketahanan dampak dan ketangguhan yang memiliki kekuatan tarik 22MPa dan modulus tarik 1,627MPa. Hal ini juga tahan panas dengan temperatur transisi kaca dari 104 derajat Celcius dan suhu panas lendutan dari 96 derajat Celcius. (Gouldsen dan Blake, 1998).

Salah satu karakteristik geometris yang ideal dari suatu komponen adalah permukaan yang halus. Dalam prakteknya memang tidak mungkin untuk mendapatkan suatu komponen dengan permukaan yang betul-betul halus. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya faktor manusia (operator) dan faktor-faktor dari mesin-mesin yang digunakan untuk membuatnya. Tingkat kehalusan suatu permukaan memegang peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu komponen khususnya yang menyangkut masalah gesekan pelumasan, keausan, tahanan terhadap kelelahan dan sebagainya. Dalam hal ini alat yang digunakan untuk pengukuran kekasaran permukaan adalah Roughness Tester Surtronic-25. Metode pengukuran dengan menggunakan sistem kontak seperti yang terlihat pada gambar 2.1. Alat ukur permukaan ini merupakan alat ukur elektronik dan bekerja atas dasar prinsip modulasi (modulating principle) yang dilengkapi dengan stylus. Juga terdapat skid yang membantu mengatur kontaknya ujung stylus dengan muka ukur. Untuk mengetahui ketidak teraturan permukaan dalam bentuk angka bisa dilihat pada bagian skala ukuran (meter) yang dapat dibaca secara langsung. (Pranjono, dkk.,2013.)



Gambar 1. A lat Roughness Tester Type Surtronic 25

### 3. METODE PENELITIAN



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Proses yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mengumpulkan data awal sebagai Study Literature. Study Literature bertujuan untuk mengenal masalah yang dihadapi, serta untuk menyusun rencana kerja yang akan dilakukan. Pada studi awal dilakukan langkah-langkah survey dilapangan terhadap hal-hal yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan serta mengambil data-data penelitian yang sudah ada untuk dijadikan sebagai acuan terhadap hasil pengujian yang akan dianalisa.

#### Bahan dan Alat

##### -Bahan

1. ABS (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*)
2. Cat dengan Warna *Chrome* bermerek "SAMURAI" 400cc C081
3. GelCoat Resin; Jenis RenGel<sup>®</sup> SW 404 / Ren<sup>®</sup> HY 2404 "HUNTSMAN".

##### -Alat

1. Printer 3D merek Come3D
2. Satu set komputer
3. *Photo* Mikro
4. Kompresor dan *Spray Gun*

5. *Surface Roughness Tester* type TR200
6. Alat bantu lain:
  - a. Palu
  - b. Gunting dan Kuas
  - c. Penggaris Siku
  - d. *Cutter*
  - e. Batang Besi
  - f. Tang
  - g. Benang Kenur
  - h. Papan Rata dengan Panjang satu meter
  - i. Dua buah Tongkat dengan Panjang ±30 cm
  - j. Amplas merek TAIYO cc 1000 CW
  - k. Mal Penutup Spesimen
  - l. Kamera
  - m. Kaca Mata
  - n. Masker Hidung
  - o. Tabung Suntikan
  - p. Pengaduk
  - q. Wadah Plastik
  - r. Tinner dengan merek "LOTUS"

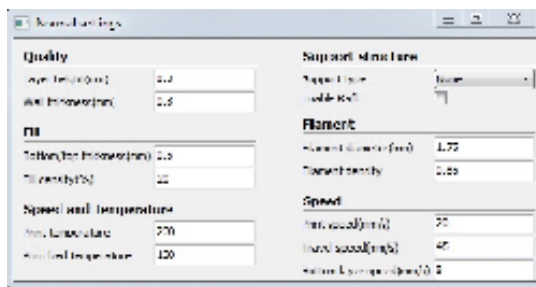


Gambar 3. Specimen uji

#### Pembuatan Benda Kerja

Proses pembuatan benda kerja diawali dengan menyiapkan alat satu set komputer dan juga aplikasi *SolidWork* 2013. Mendesain spesimen untuk uji *Roughness* berdasar kapasitas alat uji kekasaran, menggunakan aplikasi *SolidWork* 2013 yang berada di laboratorium CATIA Teknik Mesin UMS. Proses pencetakan spesimen dari *SolidWork* 2013 berupa file SLDPRT, sebelum di print menggunakan printer 3D kita ubah file menjadi STL supaya bisa diprint pada aplikasi Print Come3D.

Proses pencetakan menggunakan printer 3D diawali dengan mensetting aplikasi Print Come3D yang berada di komputer. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. Setting pada aplikasi Come3D

Dalam penelitian ini penulis menggunakan dua variabel yang berhubungan dengan Normal Setting pada pembuatan benda kerja, yaitu pada fill density (20% dan 50%) yang penulis pakai dalam pembuatan benda kerja.

Selain fill density, penulis juga memperhatikan tentang Print Temperature dan Print Bed Temperature yang sudah diteliti oleh peneliti terdahulu. Pada pengaturan Print Temperature penulis memakai suhu 230° C karena memiliki nilai rata-rata volumenya 5392,5 mm<sup>3</sup> dan mempunyai nilai rata-rata akurasi panjangnya -0,14mm, nilai rata-rata akurasi lebarnya 0,32mm dan nilai rata-rata akurasi tingginya 0,52mm. Maka dari itu suhu 230oC dapat dinyatakan suhu yang recommended untuk mencetak karena hasilnya baik volume dan akurasi mendekati pada ukuran sebenarnya (Donny Sulayman, D200100024., "Pengaruh Suhu Dari Heater Nozzle Terhadap Produk Printer 3D", Teknik Mesin UMS., 2015).

Selanjutnya pengaturan pada Print Bed Temperature, penulis menggunakan suhu 120°C karena dengan suhu tersebut spesimen yang penulis buat akan mempunyai kekuatan impact yang paling optimal yaitu sebesar 0,00206 J/mm<sup>2</sup> dan dinyatakan suhu yang recommended untuk mencetak (Sugeng Winarto, D200100058., "Pengaruh Suhu Dari Bottom Plate Terhadap Produk Print 3D", Teknik Mesin UMS., 2015).

#### Proses Pelapisan Benda Kerja

Proses pelapisan yang penulis lakukan menggunakan dua cara yang berbeda, yaitu dengan kaleng semprot untuk cat Chrome dan spray gun untuk RenGel. Namun penulis tetap menggunakan parameter yang sama untuk kedua cara tersebut. Sebelum melakukan pelapisan pada benda kerja penulis terlebih dahulu melakukan pencarian tebal lapisan

semprot untuk masing-spesimen (fill density 20% & 50%).

#### Pengamatan Foto Mikro

Pengamatan foto mikro bertujuan untuk mengetahui berapa jumlah lapisan yang harus diterima oleh benda kerja untuk menutupi profil permukaan yang bergelombang dari hasil printer 3D.

#### Uji Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan (Surface Roughness Test) dilakukan dengan menggunakan alat Surface Roughness Tester type TR200 milik jurusan teknik mesin di Lab. CATIA Teknik Mesin UMS. Langkah-langkah pengujian kekasaran adalah sebagai berikut :

- Menyiapkan spesimen yang akan diuji dengan membersihkannya dari debu yang menempel dan memberikan tanda untuk lintasan drive unit pada spesimen.
- Menyiapkan alat Surface Roughness Tester type TR200 dengan merakit bagian-bagian alat yang diperlukan serta mengatur Setting-an software di alat uji.
- Mengkalibrasi alat Surface Roughness Tester type TR200 dengan alat kalibrasi yang tersedia dari alat (Ra 1,63  $\mu$ m).
- Menaruh spesimen dibawah drive unit.
- Mengatur Pick Up Position alat uji pada posisi nol.
- Menekan tombol back dan menekan tombol start untuk memulai pengujian kekasaran.
- Mengamati nilai Ra pada display alat uji serta melakukan hal yang sama dari poin 'a' sampai dengan 'f' untuk semua spesimen.

#### Analisis dan Pembahasan

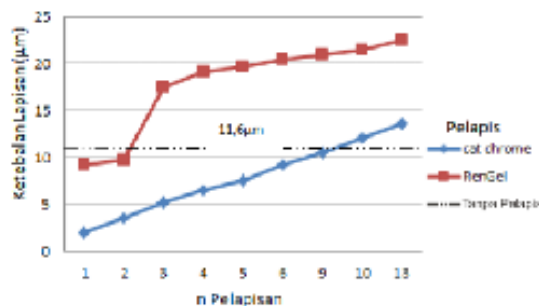
Pada tahapan ini data yang telah didapat dari hasil pengujian serta pengambilan data, kemudian diolah dan dianalisa untuk dibuat dalam bentuk grafik. Setelah grafik terbentuk kemudian dilakukan pembahasan mengenai hasil grafik yang terbentuk tersebut.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data hasil pengamatan Foto Mikro.

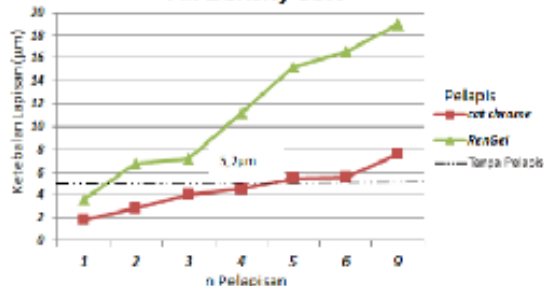
Pelapis	Fill Density	n Pelapisan	Ketebalan Lapisan (µm)	Kedalaman Lembah (µm)	
Cat Chrome	20%	0	0	11,6	
		50%	0	5,2	
	20%	1	2		
		2	3,5		
		3	5,2		
		4	5,61		
		5	7,5		
		6	9,2		
	50%	9	10,52		
		10	17		
		13	13,6		
		1	1,8		
		2	2,8		
3		4			
RenGel	20%	4	4,5		
		5	5,61		
		6	5,6		
		9	7,6		
		1	9,2		
		2	9,676		
	20%	3	17,496		
		4	19,2		
		5	19,604		
		6	20,5		
		9	21		
		10	21,83		
	50%	13	22,4		
1		3,6			
2		8,8			
3		7,2			
4		11,2			
5		15,2			
6	16,5				
9	19				

Fill Density 20%



Gambar 5. Grafik hubungan Ketebalan Lapisan dengan Banyaknya Pelapisan dengan fill density 20%

Fill Density 50%



Gambar 6. Grafik hubungan Ketebalan Lapisan dengan Banyaknya Pelapisan dengan fill density 50%

Dari tabel dan grafik diatas penulis memilih 13 kali (20%) dan enam kali (50%) pada pelapis

cat chrome untuk diaplikasikan pada spesimen. Untuk pelapis RenGel penulis memilih tiga kali (20%) dan dua kali (50%) untuk pelapisan. Ke empat pelapisan tersebut sudah menutupi permukaan bergelombang yang dihasilkan oleh printer 3D dan mendekati setara antara ketebalan kedua jenis pelapis tersebut.



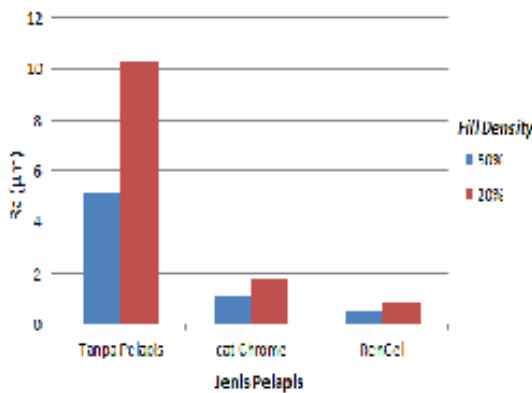
Gambar 7. Tiga posisi pengujian dengan alat uji kekasaran.

Tabel 2. Data hasil pengujian Kekasaran Permukaan dengan pelapis RenGel.

Fill Density	Posisi	Spesimen 0 (Ra)	Spesimen Terlapisi (Ra)		
			1	2	3
20 %	A (10 mm dari tepi)	10,52	1,743	1,796	2,023
		10,28	1,863	1,769	2,066
		10,17	1,85	1,763	2,054
	Spesimen)				
	Rata-rata	10,323	1,849	1,778	2,048
	O (Tengah)	10,25	1,364	1,566	1,657
		10,58	1,322	1,508	1,585
		10,66	1,302	1,519	1,511
	Spesimen)				
	Rata-rata	10,487	1,329	1,530	1,578
-A	10,15	2,364	1,850	1,873	
	10,04	2,308	1,819	1,866	
	9,972	2,353	1,824	1,960	
Spesimen)					
Rata-rata	10,054	2,335	1,831	1,900	
Rata-rata Total	10,29	1,785	1,713	1,842	
Rata-rata (Ra)			1,780 µm		
50 %	A (10 mm dari tepi)	5,16	1,102	1,100	1,226
		5,228	0,946	1,139	1,245
		5,213	0,94	1,120	1,225
	Spesimen)				
	Rata-rata	5,201	0,996	1,120	1,233
	O (Tengah)	5,203	1,024	1,012	0,965
		5,226	1,002	0,963	0,968
		5,172	1,070	0,997	0,981
	Spesimen)				
	Rata-rata	5,217	1,032	0,992	0,971
-A	5,078	1,165	1,202	1,305	
	5,133	1,159	1,216	1,280	
	5,01	1,262	1,198	1,274	
Spesimen)					
Rata-rata	5,074	1,202	1,205	1,286	
Rata-rata Total	5,164	1,077	1,106	1,163	
Rata-rata (Ra)			1,115 µm		

Tabel 3. Data hasil pengujian Kekasaran Permukaan dengan pelapis cat Chrome.

Fill Density	Posisi	Spesimen 0 (Ra)	Spesimen Terlapis (Ra)			
			1	2	3	
20 %	A (10 mm dari tepi Spesimen)	10,52	0,847	0,820	0,721	
		10,28	0,816	0,788	0,686	
		10,17	0,812	0,773	0,607	
	Rata-rata C (Tengah Spesimen)	10,323	0,825	0,795	0,705	
		10,25	0,806	0,911	0,805	
		10,58	0,865	0,881	0,835	
	Rata-rata -A	10,487	0,890	0,893	0,841	
		10,15	0,868	0,872	0,889	
		10,04	0,958	0,852	0,870	
	Rata-rata Total	9,972	0,954	0,855	0,850	
10,054		0,960	0,850	0,873		
		0,892	0,819	0,806		
Rata-rata (Ra)		0,849 μm				
50 %	A (10 mm dari tepi Spesimen)	5,16	0,847	0,503	0,847	
		5,228	0,653	0,503	0,654	
		5,213	0,650	0,510	0,663	
	Rata-rata C (Tengah Spesimen)	5,201	0,650	0,508	0,655	
		5,253	0,515	0,457	0,537	
		5,228	0,523	0,461	0,563	
	Rata-rata -A	5,172	0,525	0,472	0,584	
		5,217	0,521	0,463	0,561	
		5,078	0,458	0,403	0,507	
	Rata-rata Total	5,133	0,473	0,413	0,526	
5,01		0,460	0,421	0,541		
5,074		0,470	0,412	0,525		
Rata-rata Total		5,61	0,547	0,480	0,580	
Rata-rata (Ra)		0,529 μm				



Gambar 8. Histogram hubungan antara Fill Density, Pelapis dan nilai Ra.

Pengujian kekasaran ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekasaran (Ra) permukaan produk printer 3D sebelum maupun sesudah dilapisi pelapis. Prinsip kerja dari alat uji kekasaran ini adalah sensor ditempatkan pada permukaan dan kemudian meluncur sepanjang permukaan seragam dengan mengemudi mekanisme di dalam tester. Instrumen roughness meter ini kompatibel dengan empat standar dunia yaitu ISO, DIN, ANSI, dan JIS. Setelah pembacaan oleh sensor selesai maka

nilai kekasaran permukaan akan dikalkulasi sesuai dengan tingkat kekasaran yang telah dideteksinya sepanjang lintasan yang diukur. Bagian panjang pengukuran yang dibaca oleh sensor alat ukur kekasaran permukaan disebut panjang spesimen.

Untuk hasil pengujian kekasaran ini diambil pada spesimen dengan tiga tempat titik acuan penempatan drive unit yang berbeda, ketiga posisi ini terdapat pada 10 mm dari tepi spesimen, tengah spesimen dan 10 mm dari tepi spesimen. Pada tiap titik atau posisi tersebut dilakukan pengambilan data dengan alat uji kekasaran masing-masing tiga kali, guna mendapatkan data atau nilai kekasaran yang optimal.

Dari data yang diperoleh, spesimen dari produk printer 3D yang tanpa pelapisan dengan fill density 20% menghasilkan nilai rata-rata Ra sebesar 10,291 μm. Pelapis cat Chrome dengan fill density 20% menghasilkan nilai rata-rata Ra sebesar 1,780 μm. Sedangkan Pelapis RenGel dengan fill density 20% menghasilkan nilai rata-rata Ra sebesar 0,849 μm.

Spesimen yang tanpa pelapisan dengan fill density 50% menghasilkan nilai rata-rata Ra sebesar 5,164 μm. Pelapis cat Chrome dengan fill density 50% menghasilkan nilai rata-rata Ra sebesar 1,115 μm. Sedangkan pelapis RenGel dengan fill density 50% menghasilkan nilai rata-rata Ra sebesar 0,529 μm.

Spesimen dengan fill density 50% menghasilkan nilai rata-rata Ra yang lebih bagus dikarenakan mempunyai volume filamen ABS yang lebih rapat dibandingkan dengan spesimen yang mempunyai fill density 20%. Jadi dengan volume yang lebih rapat maka dapat menopang permukaan spesimen paling atas dengan lebih baik.

Nilai Ra yang bagus pada pelapis RenGel diperoleh karena lama waktu pengeringan dan komposisi zat(pelapis)nya. Untuk Cat Chrome berkisar 5-10 menit, sedang RenGel berkisar 30 menit untuk dua sampai dengan tiga lapisan.

## 5. SIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa pengujian serta pembahasan data yang diperoleh, dapat disimpulkan :

1. Tingkat kekasaran bahan ABS dari produk printer 3D dengan fill density 20% yang tidak dilapisi menghasilkan nilai Ra sebesar 10,291  $\mu\text{m}$ , sedangkan Coating Chrome sebesar 1,780  $\mu\text{m}$  dan yang dilapisi Gelcoat Resin sebesar 0,849  $\mu\text{m}$ .
2. Tingkat kekasaran bahan ABS dari produk printer 3D dengan fill density 50% yang tidak dilapisi menghasilkan nilai Ra sebesar 5,164  $\mu\text{m}$ , sedangkan Coating Chrome sebesar 1,115  $\mu\text{m}$  dan yang dilapisi Gelcoat Resin sebesar 0,529  $\mu\text{m}$ .

Jadi tingkat kehalusan produk printer 3D disini yang paling optimal yaitu pada spesimen dengan fill densiti 50% dengan pelapisan Gelcoat Resin.

#### Saran

Dari keseluruhan proses penelitian ini penulis mempunyai saran yang perlu diperhatikan, diantaranya :

1. Pada proses pelapisan menggunakan cat semprot maupun menggunakan spray gun praktikan di usahakan memperhatikan kondisi kecepatan angin disekitar lokasi.
2. Pengaturan luaran pada spray gun di usahakan tidak mengalami penggumpalan atau kelebihan udara, karena terlalu banyak tekanan udara yang diberikan maka akan merusak lapisan yang sudah berada di permukaan spesimen.
3. Penulis mencurigai tingkat kelengketan spesimen yang dilapisi cat chrome lebih tinggi dari pada spesimen yang dilapisi Gelcoat Resin, dikarenakan pada saat

pengambilan foto mikro penulis menemui pull off dari lapisan Gelcoat Resin terhadap permukaan spesimen.

#### 6. REFERENSI

- Gouldsen, C dan Blake, P., 1998 "*Investment Casting Using FDM/ABS Rapid Prototype Patterns*", Rapid ToolworX Stratasys Inc.
- Lubis, S. dan David S., 2014 " Pengaturan Orientasi Posisi Objek pada Proses *Rapid Prototyping* Menggunakan 3D Printer Terhadap Waktu Proses dan Kualitas Produk ", Jurusan Teknik Mesin Universitas Tarumanagara.
- Pranjono, dkk., 2013, "Pengukuran Kekasaran Permukaan Tutup Kelongsong Dari Zirkaloi Menggunakan Alat *Roughness Tester Surtronic-25*", Bidang Bahan Bakar Nuklir, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN)-Batun, Serpong.
- Sulayman, D. D200100024., 2015., "*Pengaruh Suhu Dari Heater Nozzle Terhadap Produk Printer 3D*", Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Winarto, S. D200100058., 2015., "*PENGARUH SUHU DARI BOTTOM PLATE TERHADAP PRODUK PRINT 3D*", Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- <http://www.grandtoner.com/2013/12/teknologi-printer-3d.html> diakses 02.10.2015