

ANALISA KEKASARAN PERMUKAAN PRODUK MESIN CETAK TIGA DIMENSI DENGAN MATERIAL *ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE* TERLAPIS CAT EMULSI

Adhe Aryswan^{1*}, Rahman Hakim¹, dan Muhammad Rezki Saputra¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

*Corresponding author: adhearyswan@polibatam.ac.id

Article history

Received:
06-12-2019
Accepted:
31-12-2019
Published:
31-12-2019

Copyright © 2019
Jurnal Teknologi dan
Riset Terapan

Open Access

Abstrak

Kemajuan teknologi menuntut industri manufaktur untuk dapat menghasilkan produk yang bentuknya lebih rumit dalam waktu lebih cepat. Teknik *additive manufacturing* atau percetakan tiga dimensi dapat mengatasi masalah ini, dengan mencairkan material kemudian dituang sedikit demi sedikit sebagai lapisan dalam proses pembuatannya. Produk yang dihasilkan memiliki permukaan yang kasar karena lapisan-lapisan yang dibentuk mesin cetak. Untuk menyesuaikan permukaan tersebut, dapat dilakukan pelapisan oleh cat emulsi. Studi ini meneliti kekasaran permukaan rata-rata (R_a) produk mesin cetak tiga dimensi dari bahan *acrylonitrile butadiene styrene* yang dilapisi cat *acrylic* dan cat *epoxy* dengan variasi waktu perendaman 5, 10, dan 15 menit. Hasil karakterisasi R_a oleh *Surface Roughness Tester* menunjukkan tingkat kekasaran permukaan sampel yang dilapisi selama 15 menit lebih rendah daripada 5 dan 10 menit. Nilai R_a sampel yang dilapisi cat *epoxy* adalah 3,035 μm , lebih rendah daripada sampel terlapis cat *acrylic* yaitu 2,650 μm untuk waktu perendaman yang sama yaitu 15 menit.

Kata kunci: Mesin Cetak Tiga Dimensi, ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*), Cat Emulsi, *Surface Roughness*

Abstract

Technological advancements require manufacturing industries to produce more complicated products in a faster time. Additive manufacturing or 3D printing techniques can overcome this problem, by melting the material which is then poured gradually in the manufacturing process. The product has rough surfaces due to the layers made by the 3D printer. To adjust the surface, coating emulsion paint can be done. This study discusses the average surface roughness (R_a) of 3D printed products from acrylonitrile butadiene styrene materials that require wall paint and spray paint with variations in immersion time 5, 10, and 15 minutes. Characterization of R_a by the Surface Roughness Tester show the level of surface roughness of the sample that was immersed for 15 minutes is lower than one that was immersed for 5 and 10 minutes. R_a of the sample coated by spray paint is 3.035 μm , which is lower than the coated sample of wall paint 2.650 μm for the same immersion time 15 minutes.

Keywords: 3D Printer, ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*), Emulsion paint, *Surface Roughness*

1.0 PENDAHULUAN

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi menuntut industri manufaktur untuk dapat memenuhi kebutuhan produk yang berbentuk lebih rumit dan diproduksi lebih cepat. Secara tradisional, industri menggunakan *subtractive manufacturing* untuk membuat produk, dimana desain dipahat dari bongkahan padat material. Teknik ini membutuhkan waktu yang

relatif lebih lama untuk menghasilkan produk berbentuk rumit. Sebaliknya, *additive manufacturing* menggunakan teknik lapisan demi lapisan sehingga memungkinkan untuk desain yang lebih rumit. *Rapid prototyping* (RP) adalah salah satu penggunaan awal *additive manufacturing* yang memungkinkan pembuatan prototipe lebih cepat sehingga mempermudah evaluasi dan pengujian desain sebelum memproduksi produk akhir. Dalam *rapid prototyping*, model tiga dimensi dibuat terlebih dahulu menggunakan piranti lunak desain

dibantu komputer. Kemudian mesin mengkonstruksi objek tiga dimensi berdasarkan model tersebut [1].

Umumnya, terdapat 5 langkah yang terlibat dalam proses RP [2]. Di antaranya adalah pemodelan CAD (*computer aided design*); konversi model ke format STL (*stereolithography*); *slicing* model STL, yang akan memungkinkan pengguna untuk mengatur ukuran, lokasi dan orientasi model; fabrikasi model, dimana mesin akan membangun lapisan demi lapisan dari material seperti polimer, *wax*, filamen *acrylonitrile butadiene styrene* [3], keramik atau logam; dan *postprocessing* yang melibatkan pelepasan produk dari alat maupun *support*, termasuk penghalusan permukaan produk.

Proses penghalusan yang dilakukan pada langkah *postprocessing* bertujuan mengatur spesifikasi produk sesuai dengan permintaan klien serta menambah unsur estetis produk. Salah satu teknik modifikasi permukaan yang dapat digunakan adalah dengan pelapisan dengan cat emulsi, di antaranya cat *acrylic* dan cat *epoxy*.

Untuk mengukur sifat permukaan yang telah dimodifikasi, dapat digunakan parameter kekasaran permukaan (*surface roughness*). Pada dasarnya, kekasaran permukaan merujuk pada variasi ketinggian permukaan relatif terhadap bidang referensi. Kekasaran ini biasanya dikarakterisasi oleh perujuk statistik ketinggian sesuai standar ISO (*International Standardization Organization*) dan ANSI (*American National Standards Institute*), yaitu CLA (*Centre-line average, R_a*) dan RMS (*Root mean square, R_q*). CLA didefinisikan sebagai simpangan rata-rata aritmatik dari ketinggian permukaan dari garis rata-rata melalui profil, sering disebut sebagai kekasaran rata-rata (*average roughness, R_a*). Di sini garis rata-rata didefinisikan sehingga memiliki luas profil yang sama di atas dan di bawahnya. Dapat juga dinyatakan dengan persamaan:

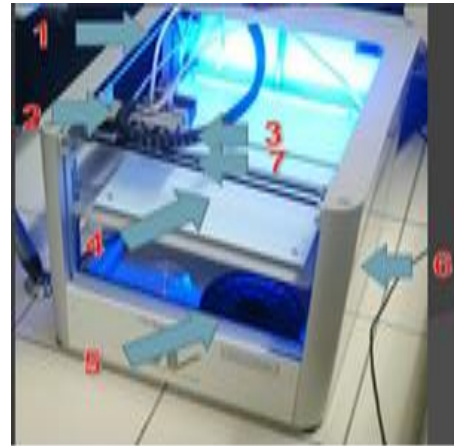
$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |Z(x)| dx \quad (1)$$

dimana $Z(x)$ adalah ketinggian permukaan di atas garis rata-rata pada jarak x dari titik origin dan L adalah panjang pengukuran pada profil [4]. Secara intuitif nilai R_a yang besar berarti didapatkan dari nilai $Z(x)$ yang besar pula, sehingga dapat dikatakan permukaan tersebut tidak homogen atau kasar.

Telah dilakukan studi analisa kekasaran permukaan produk hasil cetakan mesin dari bahan *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) yang dimodifikasi dengan pelapisan cat *acrylic* dan cat *epoxy*.

2.0 METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Batam. Material yang digunakan adalah *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) yang dicetak oleh mesin cetak tiga dimensi Leapfrog Creatr HS dengan spesifikasi arah pergerakan tiga sumbu (X, Y, dan Z). Bagian-bagian mesin cetak tiga dimensi yang digunakan ditampilkan pada Gambar 1.

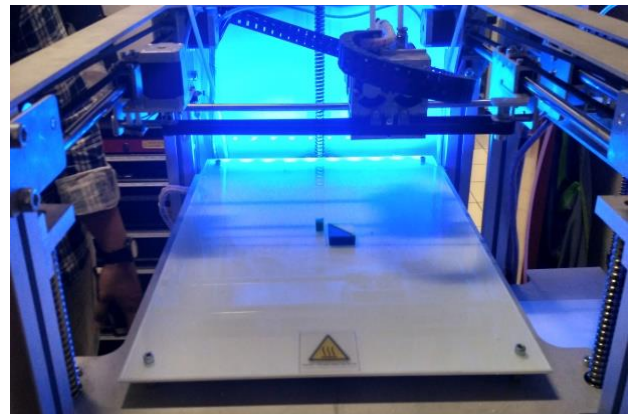


Gambar 1. Mesin Cetak Tiga Dimensi Leapfrog Creatr HS

Komponen kerja dari mesin cetak tiga dimensi tersebut adalah:

1. Filament
2. Fan
3. Heater
4. Base Plate
5. Spull Filament
6. Body
7. Nozzle

Sedangkan tampilan mesin cetak tiga dimensi saat bekerja dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Tampilan Kerja Mesin Cetak Tiga Dimensi

Kekasaran permukaan (R_a) diukur dengan *Roughness Tester* Mitotoyo SJ-310. Pelapis yang digunakan adalah cat *acrylic* merk Dulux dan cat *epoxy* merk RJ London.

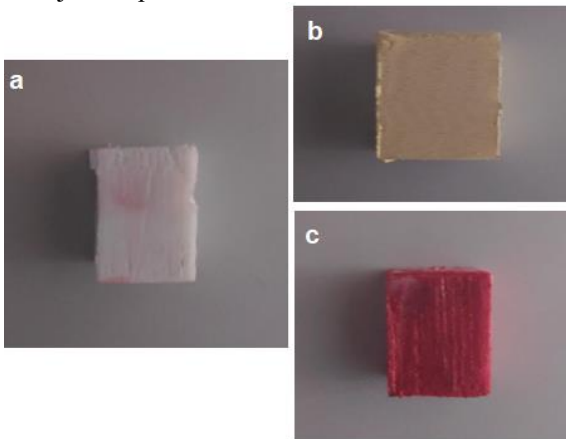
Langkah pengerjaan:

1. Produk dirancang dengan menggunakan piranti lunak Design Solidworks, lalu disimpan dalam format *stereolithography* (.stl)
2. Rancangan produk yang telah disimpan kemudian dicetak oleh mesin cetak tiga dimensi melalui piranti lunak Repetier Host. *Setting parameter* yang dipakai adalah: *infill setting* 50%; *feed rate* 100 mm/min; *nozzle temperature* 230 °C; *base plate temperature* 30 °C. Spesifikasi *print* adalah diameter 1,75 mm, *net weight* 1 kg dan *print temperature* 230-260 °C. Dimensi produk diatur menjadi 24 mm × 15 mm × 15 mm.
3. Produk yang telah tercetak dilapis dengan cat

- acrylic* atau cat *epoxy* dengan variasi waktu perendaman 5 menit, 10 menit, dan 15 menit.
4. Sampel tersebut kemudian dijemur selama 6 jam.
 5. Setelah kering, sampel dibersihkan dan dikarakterisasi dengan Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ-310.
 6. Data karakterisasi dianalisis.

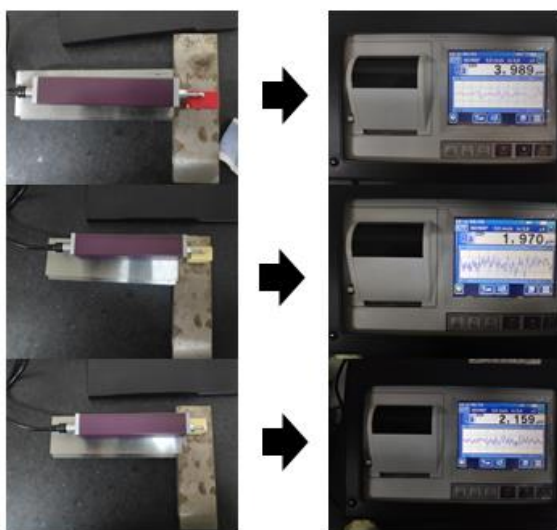
3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk dirancang dengan bentuk sederhana yaitu tetragonal dengan dimensi 24 mm × 15 mm × 15 mm. Sampel produk sebelum dan sesudah dilapisi cat ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Sampel produk: a. sebelum dilapisi cat; b. dilapisi cat *acrylic*; c. dilapisi cat *epoxy*

Instrumen karakterisasi kekasaran permukaan yang digunakan memiliki ketelitian 0,02 μm. Pengukuran dilakukan Sembilan kali pada tiap sampel di titik yang berbeda-beda. Nilai yang diperoleh dirata-ratakan. Proses karakterisasi ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Karakterisasi Kekasaran Permukaan

Pengambilan data dengan Surface Roughness Tester dilakukan dengan meletakkan *probe* pada sampel yang

diuji kekasaran permukaannya. *Probe* bergerak maju mundur melewati alur permukaan sampel dan data hasil pengukuran ditampilkan pada monitor. Hasil pengukuran sampel ditampilkan pada Tabel berikut.

Tabel 1. Data Pengukuran R_a Sampel Sebelum Dilapisi

Titik	R_a (μm)
X1	6,411
X2	7,001
X3	6,717
X4	5,769
X5	6,394
X6	5,902
X7	6,598
X8	6,075
X9	7,113
\bar{X}	6,442

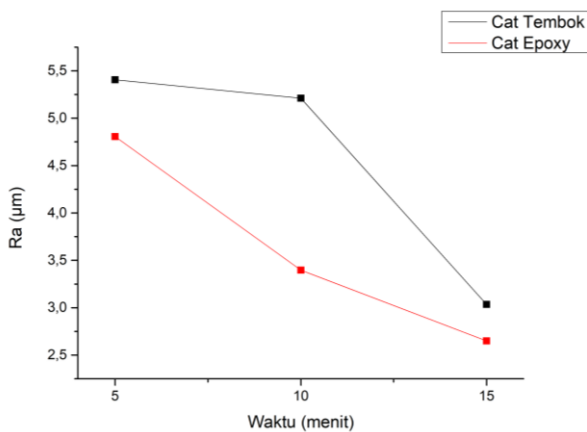
Tabel 2. Data Pengukuran R_a Sampel Terlapis Cat *Acrylic*

Titik	R_a (μm) dengan Waktu Perendaman		
	5 menit	10 menit	15 menit
X1	4,682	5,752	5,099
X2	5,594	5,823	3,639
X3	5,618	4,695	2,645
X4	5,966	5,769	2,758
X5	5,077	5,648	1,970
X6	5,309	5,510	2,443
X7	5,450	4,155	4,247
X8	5,615	5,266	2,355
X9	5,342	4,273	2,159
\bar{X}	5,406	5,210	3,035

Tabel 3. Data Pengukuran R_a Sampel Terlapis Cat *Epoxy*

Titik	R_a (μm) dengan Waktu Perendaman		
	5 menit	10 menit	15 menit
X1	5,045	3,989	2,711
X2	4,957	4,289	3,297
X3	5,454	4,191	2,562
X4	4,068	3,787	2,514
X5	4,129	2,990	2,002
X6	5,201	2,742	2,074
X7	4,896	2,862	2,752
X8	4,218	3,047	2,966
X9	5,278	2,667	2,968
\bar{X}	4,805	3,396	2,650

Perbandingan R_a rata-rata (\bar{X}) sampel terlapis cat *acrylic* dengan sampel terlapis cat *epoxy* ditampilkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Grafik Perbandingan R_a sampel terlapis cat *acrylic* dengan sampel terlapis cat *epoxy*

Berdasarkan data yang diperoleh tersebut, secara umum terlihat bahwa waktu perendaman cat mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan. Pelapisan cat dapat menurunkan nilai R_a meskipun tidak begitu signifikan. Hal tersebut disebabkan permukaan awal produk juga tidak begitu kasar, sehingga perubahan nilai R_a tidak begitu jauh. Temuan ini dapat berarti bahwa pengecatan tidak mengubah dimensi produk secara drastis, namun juga dapat menghaluskan permukaan produk beberapa mikrometer. Lama perendaman berbanding terbalik dengan tingkat kekasaran, yang artinya permukaan sampel semakin halus dengan perendaman yang lebih lama. Hal ini dapat terjadi karena terbentuknya lapisan yang lebih banyak di atas permukaan sampel. Semakin banyak jumlah lapisan yang menutupi, membuat profil permukaan semakin seragam. Dilihat dari skala mikro, pelapisan pengecatan menutup pori-pori yang terdapat pada permukaan produk sehingga permukaan yang terlapis cat lebih homogen dibandingkan yang tidak terlapis. Daya rekat cat memengaruhi nilai kekasaran, karena cat yang lebih rekat akan lebih banyak menempel sehingga membuat permukaan produk lebih homogen. Dari kedua jenis cat yang digunakan sebagai pelapis, terlihat bahwa cat *epoxy* lebih efektif dalam mengurangi tingkat kekasaran permukaan sampel dibandingkan dengan cat *acrylic*. Hal ini tentunya disebabkan perbedaan komponen kedua cat tersebut. Ada empat komponen penyusun cat, yaitu *binder* yang memberikan daya rekat cat pada permukaan; *solvent* sebagai pelarut dan mengontrol pengeringan; *pigmen* yang memberikan warna; serta *additive* untuk memperbaiki sifat-sifat komponen lain misalnya mencegah pertumbuhan jamur [5]. Perbedaan kekuatan kedua jenis cat tersebut dalam pengikatan lapisan tentu dipengaruhi oleh komponen *binder* yang melekat pada permukaan produk. Cat *epoxy* mengandung senyawa *epoxy* lebih banyak dibandingkan cat *acrylic* yang merupakan emulsi senyawa *acrylic* [6]. Sifat perekatan *epoxy* lebih kuat daripada *acrylic* karena terbentuk *crosslinking* antar rantai polimernya [7], [8]. Oleh sebab itu dapat disimpulkan permukaan terlapis cat *epoxy* akan lebih seragam daripada yang terlapis cat *acrylic* sehingga nilai kekasaran permukaannya lebih rendah.

4.0 KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa lama waktu pelapisan cat atau perendaman mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan produk yang dicetak dari mesin cetak tiga dimensi. Nilai kekasaran rata-rata (R_a) produk yang dilapisi cat *acrylic* selama 5 menit, 10 menit dan 15 menit berturut-turut adalah 5,406 μm ; 5,210 μm ; dan 3,035 μm . Sedangkan nilai R_a produk yang dilapisi cat *epoxy* dengan lama waktu perendaman selama 5 menit, 10 menit dan 15 menit berturut-turut adalah 4,805 μm ; 3,396 μm ; 2,650 μm . Hasil karakterisasi tersebut juga menunjukkan bahwa nilai R_a sampel terlapis cat *epoxy* lebih rendah daripada sampel terlapis cat *acrylic*, yang disebabkan oleh perbedaan komposisi dalam kedua jenis cat tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Su and S. J. Al'Aref, *History of 3D Printing*. Elsevier Inc., 2018.
- [2] N. Tancredi, S. Alunni, and P. Bruno, *Rapid prototyping*, vol. 422. 2016.
- [3] K. M. Conway and G. J. Pataky, "Crazing in additively manufactured acrylonitrile butadiene styrene," *Eng. Fract. Mech.*, vol. 211, no. September 2018, pp. 114–124, 2019.
- [4] P. Sahoo, *Surface topography*. Woodhead Publishing Limited, 2011.
- [5] L. W. McKeen, "The Components of Paint," *Fluorinated Coatings Finish. Handb.*, pp. 51–58, 2015.
- [6] R. Lambourne, *Paint composition and applications — a general introduction*, Second Edition. Woodhead Publishing Ltd, 2011.
- [7] G. Gibson, "Epoxy Resins," *Brydson's Plast. Mater. Eighth Ed.*, pp. 773–797, 2016.
- [8] J. K. Fink, *Epoxy Resins*. 2018.