

THE INFLUENCE OF DIFFERENT SLICER SOFTWARE ON 3D PRINTING PRODUCTS ACCURACY AND SURFACE ROUGHNESS

Sally Cahyati

Dosen Jurusan Teknik Mesin,
Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Trisakti, Indonesia
sally@trisakti.ac.id

Haris Risqi Aziz

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin,
Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Trisakti, Indonesia

Rapid Prototyping (RP) is a manufacturing process that produces a 3D model CAD to be a real product rapidly by using additive manufacturing technology. In this case, the product will print layer by layer uses a 3D printer machine. The 3D printer requires slicer software to convert CAD data into data that a 3D printer machine can read. Research is done to analyze the effect of three kinds of slicer software on 3D printing objects on the accuracy and surface roughness of the product. The 3D model CAD is sliced using three different slicer software, namely Ideamaker, Repetier Host, and Cura. The slice model result from each slicer will be printed on a 3D printer machine with the same process parameters to be compared. Then the product's dimensional and surface roughness will be measured to determine the effect of each slicer on product quality. The best quality of the product reflected the most suitable slicer software for the 3D printing machine that used. The best results achieved by Cura slicer because it has resulted in small dimensional deviations (max $0,0308 \pm 0,0079$) and stable high surface roughness of the product (max $1,585 + 059$).

Keywords: Slicer Software, 3D Printing, Quality, Surface Roughness, Accuracy

1. PENDAHULUAN

Rapid prototyping merupakan sebuah teknik untuk mengubah model 3D CAD menjadi produk dalam waktu yang cepat dengan menggunakan metoda aditif manufaktur (*additive manufacturing*). Penamaan *rapid* mengacu kepada kecepatan prosesnya sedangkan nama aditif mengacu cara manufakturnya yang dilakukan dengan cara mencetak produk selapis demi selapis pada sumbu z atau dikenal juga dengan metode *layer by layer*. *Rapid prototyping* atau aditif manufaktur juga merupakan salah satu komponen pendukung dalam industri 4.0.[1],[2]. Hal ini karena kemampuannya membuat produk secara cepat, menggunakan berbagai variasi material, serta kecilnya kesulitan proses pencetakan yang diakibatkan oleh kerumitan geometri produk. Variasi material yang dapat digunakan pada teknologi *rapid prototyping* ini sangat beragam, mulai dari polimer, logam, karet, semen, adonan kue, coklat cair sampai ke sel manusia. Salah satu metoda dalam *rapid prototyping* adalah FDM (*Fused Deposition Modeling*) yang menjadi metoda dasar dari pembuatan mesin 3D printer yang saat ini sangat populer penggunaannya yaitu untuk membuat *prosthesis* sendi lutut buatan [3], tulang buatan [4], konstruksi bangunan [5], permen coklat [6], mainan [7], komponen manufaktur [8], dan lainnya. Berbagai penelitian dalam bidang teknologi *rapid prototyping* sudah dilakukan untuk pengembangan teknologi ini. Dalam penelitian, pemakaian material filamen ABS dan PLA terbukti memberikan sifat mekanis dan ketelitian dimensi yang berbeda pada hasil produk cetak [9]. Data masukan untuk pencetakan produk pada mesin 3D printer adalah data *stereolithography* (stl) dari 3D model hasil dari proses *forward engineering* maupun *reverse engineering* dengan menggunakan 3D scanning. Dalam bidang medis kedua teknologi ini digunakan untuk membuat cetakan untuk gigi, untuk merapihkan gigi, membuat *prosthesis*/gigi palsu [10]. Pada perawatan mesin seringkali teknologi *reverse engineering* digunakan untuk membuat model 3D dari komponen yang akan dibuat suku cadangnya. Terutama sekali jika suku cadang komponen tersebut mempunyai geometrik yang cukup sulit, kurangnya informasi teknis dari mesin yang akan diperbaiki serta pengadaan suku cadang diperlukan segera. *Rapid prototyping* (aditif manufaktur) seringkali digunakan untuk mencetak suku cadang dari komponen tersebut secara cepat. Keunggulan dari kombinasi fleksibilitas dalam teknologi *reverse engineering* dan kecepatan dalam teknologi *rapid*

prototyping inilah yang sangat diperlukan untuk menunjang keberhasilan program perawatan mesin di era industri 4.0, atau yang lebih dikenal dengan *maintenance 4.0* [11].

Rapid Prototyping merupakan salah satu komponen mesin yang termasuk dalam sistem CIM (*Computer Integrated Manufacturing*). Dalam sistem tersebut di atas peranan *hardware*, *software* dan *brainware* (operator) merupakan hal yang tidak bisa dipisahkan sebagai penentu keberhasilan dari suatu proses. *Hardware* yang dimaksud adalah komputer, mesin 3D Scanner dan mesin 3D *printer*. Pada mesin 3D *printer* sistem pemanas dan penggerak pada nozel dan meja cetakan merupakan salah satu komponen yang memegang peranan penting dalam menentukan kualitas produk. Kerataan meja mesin merupakan hal yang perlu dipastikan sebelum proses pencetakan dilakukan. Meja pada mesin 3D *printer* yang digunakan agak sulit untuk mengatur kerataannya, sehingga waktu pengaturan lama. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dipasang suatu alat yang dapat membantu mengatur kerataan meja dengan cepat, tepat dan mudah [12].

Pada proses pencetakan, data 3D model akan dibaca dulu menggunakan sebuah *software* aplikasi antarmuka disebut *software slicer* (aplikasi pengiris) untuk mengubah data stl atau obj menjadi sebuah data yg dapat dibaca mesin 3D *printer* yaitu *G Code*. Terdapat beberapa aplikasi *slicer* yang biasa digunakan yaitu *TinkerCAD*, *Cura*, *Sculptris*, *Sketchup*, *Meshmixer*, *Ideamaker*, *3D slash*, *Freecad*, *RepetierHost*, dll. Semakin lengkap suatu pengaturan pada aplikasi *slicer* maka akan membuat ketelitian produk semakin tinggi, tetapi semakin singkatnya suatu pengaturan pada aplikasi *slicer* maka waktu pembuatan produk juga akan semakin singkat. Pada penelitian sebelumnya pemakaian *software slicer* yaitu, *Slic3r*, *Cura* dan *Simplify3D* memberikan perbedaan terhadap ketelitian dimensi produk hasil cetak dan konsumsi material filamen [13].

Penelitian ini akan menggunakan *software slicer Ideamaker*, *Repetier Host*, dan *Cura*, dengan fokus pada produk hasil ketelitian dimensi dan kekasaran permukaannya hasil produk cetaknya. Pada proses ini pembentukan dilakukan dengan metode berlapis, dimulai dari pembentukan bagian bawah sehingga akhirnya terbentuk secara keseluruhan ke bagian atas. Pada produk yang ditemukan bagian produk yang melayang (dalam keadaan kemiringan tertentu), dibutuhkan bentuk pendukung (*support*) agar produk dapat terbentuk geometrinya dan tidak cacat. Penentuan orientasi pencetakan benda 3D memberi pengaruh yang berarti terhadap kekasaran dan dimensi produk yang dihasilkan [14]. Kedua parameter tersebut akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan kualitas dari sebuah produk, dan secara tidak langsung dapat juga digunakan untuk mengukur kinerja mesin yang digunakan untuk membuatnya [15]. Pada dasarnya penggunaan *software slicer* yang berbeda akan menyebabkan perbedaan cara mencetak, waktu mencetak, serta hasil produk cetak dari setiap *software slicer*. Kualitas produk hasil cetakan akan diperoleh dengan cara mengukur ketelitian dimensi serta kekasaran permukaan produk hasil cetakan. Ketelitian dimensi dan kekasaran permukaan ini nanti akan menjadi salah satu acuan pemilihan pemakaian aplikasi *slicer* yang tepat digunakan untuk membuat produk 3D *printer* makergear yang diuji.

2. METODE DAN BAHAN

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa mesin 3D Print *Maker Gear*, laptop, material PLA, 3 (tiga) *software Slicer* (*Cura v 4.5.0*, *Ideamaker v 3.1.0*, *Repetier Host v 2.1.6*), jangka sorong, *surface roughness tester*.

Mesin yang digunakan pada spesimen pengujian adalah 3D Print *Maker Gear* dengan spesifikasi mesin sebagai berikut :

Tabel 1: Spesifikasi Mesin 3D Print *Maker Gear*

NAMA	DIMENSI	SATUAN
Ukuran mesin	220 x 220 x 250	mm
Diameter Nozel	0.25 – 0.75	mm
Suhu Maksimal Ekstruder	300	°C
Berat mesin	12	kg
Daya	12	V
Dinensi kerangka	60 x 62 x 30	mm
Dimensi Rumah Nozel	62 x 52 x 52	mm
Material Printing	Filamen PLA	

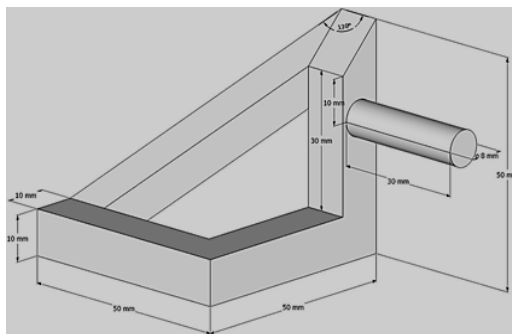
Alat uji kekasaran permukaan (*surface roughness tester*) yang digunakan adalah tipe surfest SJ-310

merk Mitutoyo. Alat uji kekasaran permukaan yang terlihat pada Gambar 1 digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan yang dapat mencari deskripsi statistik ($R\{a\}$ & $R\{q\}$), deskripsi nilai ekstrem ($R\{v\}$ & $R\{max\}$) dan deskripsi tekstur (Ra , $Rmax$ & Rz).



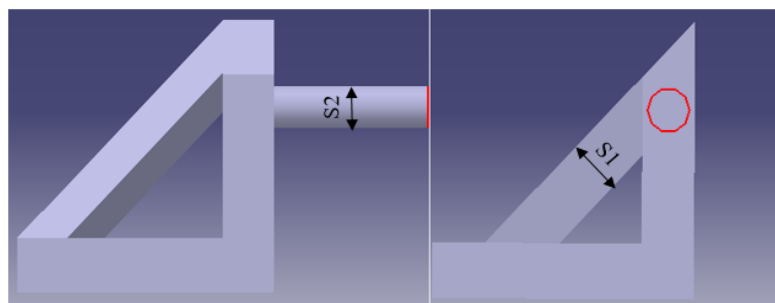
Gambar 1: Alat Uji kekasaran Permukaan

Produk yang dicetak sebanyak 3 buah, dimana dari masing-masing produk tersebut akan dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali pada dua sisi yang berbeda. Kemudian, data pengukuran yang diperoleh akan dilihat nilai kekasaran dan ketelitian dimensi pada masing-masing produk yang dihasilkan. Dimensi produk yang akan diuji dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2: Geometri benda uji

Parameter kekasaran banyak macamnya yaitu $R\{a\}$, $R\{z\}$, $R\{q\}$ dan $R\{sk\}$. Namun, yang paling digunakan untuk kekasaran yaitu parameter $R\{a\}$, oleh karena itu dalam pengukuran kekasaran permukaan ini akan diambil nilai $R\{a\}$ dari masing-masing produk $R\{a\}$ pada permukaan yang telah ditentukan. Pertimbangan lainnya $R\{a\}$ memiliki nilai historis yang tinggi paling umum dan mudah untuk digunakan. Kekasaran diambil di bidang yang sama seperti ketelitian dimensi, yaitu bidang yg terkena pendukung adalah S1 dan S2 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3. Penampang produk uji ini berbentuk segiempat sama sisi dengan lebar sisinya (S1) adalah \square 10 mm, dan S2 berbentuk silindris dengan diameter adalah ϕ 8 mm.



Gambar 3: Sisi benda yang akan dilakukan uji kekasaran

Ada 3 (tiga) *software slicer* yang akan dibandingkan hasil produk cetaknya. Masing-masing digunakan untuk mengatur parameter cetak seperti yang tertera pada Tabel 2 yaitu Cura (versi 15.04), Ideamaker (versi 3.3.0) dan Repetier-Host (versi 1.6.2).

Tabel 2: Parameter antarmuka *slicer* 3D printer

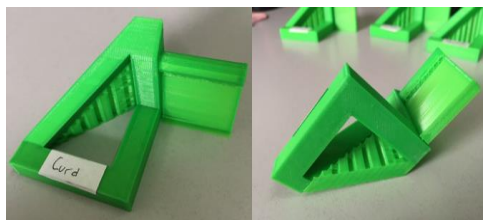
PARAMETER	DIMENSION	UNIT
Tinggi Lapisan (<i>Layer height</i>)	0.2	mm
Tebal Kulit (<i>Shell Thickness</i>)	0.8	mm
Ukuran nozel (<i>Nozzle Dimension</i>)	0.4	mm
<i>Fill Bottom</i>	0.8	mm
<i>Infill Density</i>	20	%
<i>Infill Pattern (Support Pattern)</i>	<i>Grid (Line)</i>	
Kecepatan Cetak (<i>Print Speed</i>)	55	mm/detik
Temperatur <i>Extruder Head</i>	220	⁰ C
Temperatur <i>Bed</i>	60	⁰ C
Diameter Filamen <i>PLA</i>	1.75	mm
<i>Support Structure Build</i>	ya	
Kompensasi Aliran	100	%

3. HASIL DAN DISKUSI

Setelah selesai melakukan pencetakan dengan menggunakan beberapa software *slicer*, hasil pencetakan dan analisisnya dapat dilihat sebagai berikut:

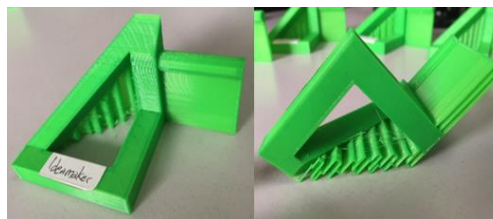
3.1 Produk menggunakan *slicer* Cura (dengan pendukung)

Hasil produk menggunakan aplikasi Cura, dicetak menggunakan 3D printer sebanyak 3 kali. Produk mempunyai hasil dengan kualitas terbaik dan kekasaran yang baik secara kasat mata pada hasil pencetakan produk, akan tetapi, terdapat filamen yang sedikit meleleh dibagian pendukung sehingga sisi yang membutuhkan pendukung mempunyai hasil yang kurang baik. Pendukung mempunyai hasil yang lentur, kuat akan tetapi mudah dipisahkan. Hasil produk dapat dilihat pada Gambar 4.

**Gambar 4:** Hasil cetak produk menggunakan *slicer* Cura

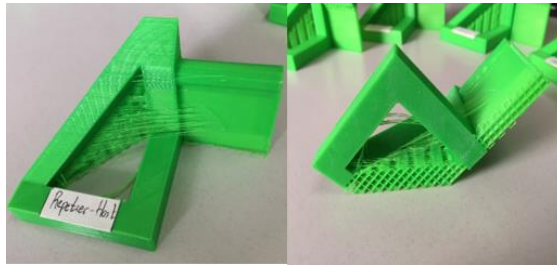
3.2 Produk menggunakan *slicer* Ideamaker (dengan pendukung)

Produk mempunyai hasil yang cukup baik dan kekasaran cukup baik secara kasat mata walaupun terdapat benang filamen pada produk hasil pencetakan. Pada sisi bagian pendukung produk pada produk terlihat lebih rapih dengan sedikit bahan yg meleleh. Produk mempunyai kualitas yang kuat sehingga membuat pendukung sangat sulit untuk dipisahkan, akibatnya terdapat sisa pendukung yang terlihat secara kasat mata. Produk mempunyai pendukung yang berbentuk berbeda dari yang lainnya, produk dapat dilihat pada Gambar 5.

**Gambar 5:** Hasil cetak produk menggunakan *slicer* Ideamaker

3.3 Produk menggunakan *slicer Repetier Host (dengan pendukung)*

Produk yang dicetak menggunakan perintah dari *slicer Repetier Host* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6: Hasil cetak produk menggunakan *slicer Repetier Host*

Walaupun dengan pengaturan temperatur, *bed*, dan kecepatan gerak nozzle yang sama pada ketiga *slicer*, ternyata pada proses pencetakan dengan *slicer Repetier Host*, diawal, dibelokan dan diakhir lintasan filamen yang keluar dari nozzle belum meleleh dan menempel sempurna pada *bed* atau lapisan sebelumnya. Hal ini diperkirakan karena kurang akuratnya perintah *software* diterima antarmuka hardware pada percepatan dan perlambatan gerakan nyata nozzle. Kemungkinan lain adalah kurang akuratnya perintah pemanasan *bed* dari *slicer* diterima oleh sensor pemanasnya. Alhasil, produk yang terbentuk secara kasat mata mempunyai kualitas yang kurang baik dan kekasaran permukaan yang kurang baik. Banyak tersisa benang filamen, *infill* kurang merata dan filamen yang meleleh pada hasil produk yang dihasilkan.

3.4 Produk menggunakan *slicer Cura (tanpa pendukung)*

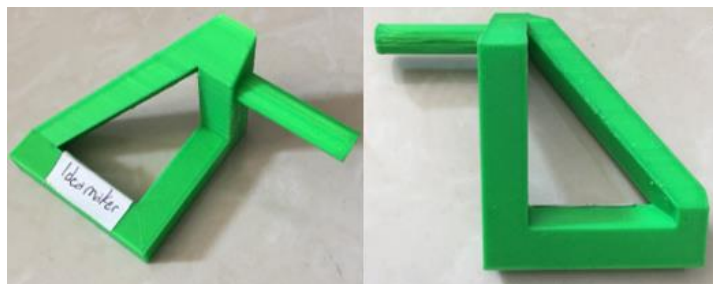
Produk mempunyai hasil pencetakan yang relatif rapih karena tidak adanya garis-garis produk yang timbul, walaupun dibagian sisi pendukung terdapat material yang meleleh pada sisi miring (sisi 1) dan terdapat celah yang terbentuk pada sisi radius (sisi 2). Produk mempunyai permukaan yang relatif rata pada setiap sisi, hasil produk dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7: Hasil cetak produk menggunakan *slicer Cura (tanpa pendukung)*

3.5 Produk menggunakan *slicer Ideamaker (tanpa pendukung)*

Produk mempunyai hasil pencetakan sisi yang tidak bergaris, sehingga produk dikatakan mempunyai hasil yang baik, akan tetapi pada bagian yang memerlukan pendukung yaitu sisi miring (sisi 1) mempunyai hasil sisi yang bergaris dan pada sisi radius (sisi 2) mempunyai hasil yang tidak rata dikarenakan terdapat sisi beralur karena naik-turun pada sisi yang memerlukan pendukung. Produk mempunyai sisi yg relatif rata, tetapi beralur dan bergaris pada sisi yang diperlukan pendukung. Hasil produk dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8: Hasil cetak produk menggunakan *slicer Ideamaker (tanpa pendukung)*

3.6 Produk menggunakan slicer Repetier Host (Tanpa Pendukung)

Produk mempunyai hasil sisi yang bergaris dan permukaan yang beralur. Pada setiap sisinya hampir ditemukan sisi yang bergaris. Permukaan sisi pada sisi miring (sisi 1) dan sisi radius (sisi 2) terdapat naik turun sisi sehingga produk mempunyai hasil yang kurang baik. Produk mempunyai sisi yang relatif beralur dan kurang rata dari sisi yang membutuhkan pendukung maupun sisi yang langsung dicetak, Hasil produk dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9: Hasil cetak produk menggunakan slicer Repetier Host (tanpa pendukung)

Pengukuran ketelitian dimensi

Model yang sudah selesai dicetak kemudian diukur ketelitian dimensi dengan menggunakan jangka sorong. Mempunyai hasil uji sisi 1 & sisi 2. Hasil produk yg diukur mempunyai bentuk yang dilampirkan pada hasil produk (tanpa pendukung). Dilakukan pengukuran dimensi terhadap produk hasil slicer Cura, Ideamaker & Repetier-Host. Produk sisi 1 dalam desain CAD mempunyai ukuran tinggi sisi 1 (S1) = 10 mm. Sedangkan sisi 2 dalam desain CAD mempunyai diameter sisi 2 (S2) = 8 mm. Nilai dimensi diambil menggunakan dimensi penyimpangan dari nilai nominal. Nilai nominal merupakan perbedaan nilai dimensi dengan sisi model, yaitu nilai sisi 1 & sisi 2. Dari hasil produk (tanpa pendukung) dilakukan pengukuran dengan jangka sorong terhadap produk 1, 2 dan 3. Hasil ketelitian dimensi diambil sisi 1 dan 2 dan dilakukan pengukuran (I, II, III, IV & V), berikut ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3: Tabel Ketelitian Dimensi

Pengukuran		Dimensi Penyimpangan dari Nilai Nominal (mm)															Rata-rata	Varian	Standar Deviasi	Ketidakpastian
		Produk 1					Produk 2					Produk 3								
		I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V				
Cura	Sisi 1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,1	0,05	0,05	0,05	-0,05	0,1	0,1	0,05	0,1	0,05	0,083	0,0009	0,0308	0,0079
	Sisi 2	-0,1	-0,05	0	0	0,15	0	0	-0,15	-0,05	0,1	0	0	0,05	-0,05	0,15	0,056	0,0035	0,059	0,015
Ideamaker	Sisi 1	0,15	0,1	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,05	0,05	0,093	0,001	0,0319	0,0082	
	Sisi 2	0	0	-0,05	-0,05	0	0	-0,1	-0,1	-0,05	0,15	0	-0,05	-0,15	-0,2	-0,05	0,063	0,004	0,063	0,0165
Repetier Host	Sisi 1	0,2	0,15	0,2	0,15	0,2	0,2	0,2	0,15	0,25	0,2	0,1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,173	0,0013	0,0371	0,0095
	Sisi 2	0,3	0,15	0,05	0,1	0,1	0,25	0,1	0,15	0,15	-0,05	0,1	0,05	0	0,05	0,1	0,113	0,0062	0,078	0,02

Berdasarkan hasil dari perhitungan Tabel 3 ketelitian dimensi yang diperoleh produk yang mempunyai dimensi paling akurat adalah produk slicer Cura dengan nilai ketidakpastian pada sisi 1 = $0,083 \pm 0,0079$ & sisi 2 = $0,056 \pm 0,015$.

3.7 Pengukuran kekasaran permukaan

Setelah dilakukan pengukuran ketelitian dimensi, produk kemudian diukur dengan alat uji kekasaran permukaan (*surface roughness tester*). Sebelum melakukan pengujian dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dan didapatkan nilai Ra= 2,97. Selain itu dilakukan pengukuran kekasaran permukaan terhadap produk Cura, Ideamaker & Repetier-Host. Produk dilakukan pengujian kekasaran permukaan pada sisi 1 (lebar =10 m) & sisi 2 (ukuran diameter = 8 mm). Nilai kekasaran diambil menggunakan dimensi penyimpangan dari nilai rata-rata. Nilai rata-rata didapatkan dari setiap slicer pada setiap sisinya yang mana merupakan perbedaan nilai kekasaran dengan perbandingan dari rata-rata perhitungan slicer Cura, Ideamaker & Repetier-Host pada sisi 1 & sisi 2. Produk tidak bisa diambil dengan nilai nominal karena nilai parameter yang dituliskan pada tabel kelas kekasaran (Tabel 4) tidak mencapai dengan toleransi kelas kekasaran yang tersedia. Dari hasil produk (tanpa pendukung) dilakukan pengukuran dengan alat uji kekasaran terhadap produk 1, 2 dan 3. Hasil

ketelitian dimensi diambil dari sisi 1 dan 2 dan dilakukan pengukuran (I, II & III), Berikut hasil ditampilkan pada Tabel 4.

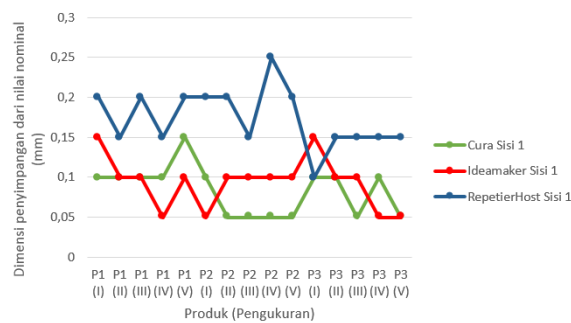
Tabel 4: Tabel Kekasaran Permukaan

Pengukuran		Kekasaran Permukaan Dari Nilai Rata-Rata (Mm)									Rata-Rata	Varians	Standar Deviasi	Ketidak-Pastian
		Produk 1			Produk 2			Produk 3						
		I	II	III	I	II	III	I	II	III				
Cura	Sisi 1	-3,56	0,624	1,33	1,751	-5,864	0,903	0,688	2,418	1,147	2,031	2,94	1,717	0,57
	Sisi 2	-1,982	1,055	-4,886	3,964	-2,101	-3,533	2,23	6,257	-1,022	3,003	3,188	1,785	0,595
Ideamaker	Sisi 1	0,149	0,249	-1,138	0,609	-0,265	0,692	-1,185	0,678	0,219	0,576	0,513	0,391	0,13
	Sisi 2	2,987	1,936	-7,548	9,311	3,401	-9,205	5	2,131	-8,005	5,502	9,217	3,036	1,012
Repetier-Host	Sisi 1	4,152	-2,842	-5,451	-5,117	0,622	-2,417	-2,935	-5,111	3,196	3,538	2,466	1,57	0,523
	Sisi 2	9,988	-8,352	-1,288	-1,654	-11,921	12,566	-0,004	8,996	-8,328	7,01	22,731	4,76	1,58

Berdasarkan hasil dari perhitungan Tabel 4 kekasaran permukaan yang diperoleh produk yang mempunyai kekasaran permukaan paling akurat adalah produk *slicer* Ideamaker pada sisi 1 & produk *slicer* Ideamaker pada sisi 2 dengan nilai ketidakpastian pada sisi 1 = $0,576 \pm 0,1$ & sisi 2 = $3,003 \pm 0,5$.

3.8 Analisis perbandingan dimensi sisi 1 dan 2 antar *slicer*

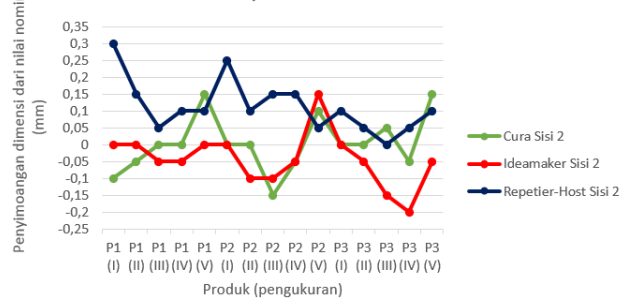
Pembandingan Penyimpangan Dimensi Benda Uji *Slicer* pada Sisi 1



Gambar 10: Pembandingan Dimensi sisi 1 antar *slicer*

Berdasarkan Gambar 10 pada pengujian Cura sisi 1 yang paling mendekati model adalah produk 2 pengukuran (II, III, IV, V) dan juga produk 3 pengukuran (III & V) karena penyimpangannya paling mendekati dimensi model CAD yang telah dibuat, Sedangkan untuk penyimpangan terjauh terjadi pada produk 1 pengukuran (V). Pada pengujian Ideamaker sisi 1 yang paling mendekati model adalah produk 1 pengukuran (IV), produk 2 pengukuran (I) dan produk 3 pengukuran (IV & V). Sedangkan untuk penyimpangan terjauh ideamaker sisi 1 terjadi pada produk 1 pengukuran (I) dan produk 3 pengukuran (I). Pada pengujian Repetier-Host sisi 1 yang paling mendekati dengan dimensi model CAD adalah produk 3 pengukuran (I), sedangkan yang paling menyimpang adalah produk 2 pengukuran (IV). Dari hasil produk sisi 1 perbedaan *slicer* yang mempunyai ketelitian dimensi yang paling mendekati model CAD adalah *slicer* Cura, karena penyimpangan yang mendekati dimensi model CAD paling banyak yaitu menggunakan *slicer* Cura dan juga mempunyai jangkauan penyimpangan dimensi yang paling kecil.

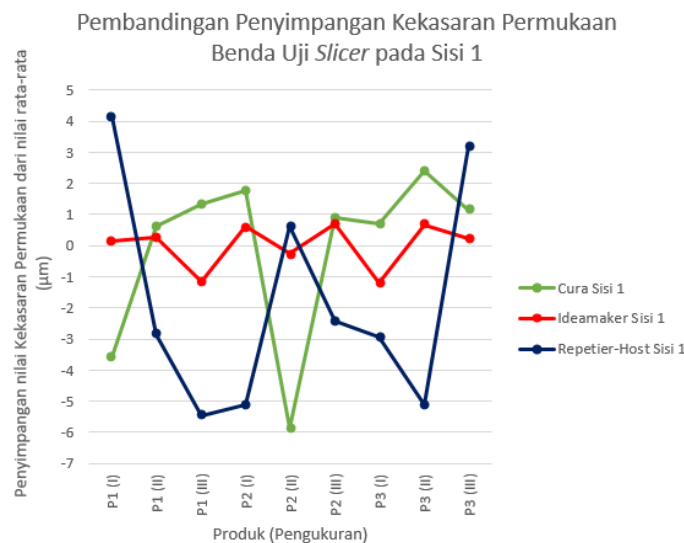
Pembandingan Penyimpangan Dimensi Benda Uji *Slicer* pada Sisi 2



Gambar 11: Pembandingan Dimensi sisi 2 antar *slicer*

Berdasarkan Gambar 11 pada pengujian Cura sisi 2 yang paling mendekati model adalah produk 1 pengukuran (III & IV) serta produk 2 pengukuran (I & II) dan juga produk 3 pengukuran (I & II) karena penyimpangannya paling mendekati dimensi model CAD yang telah dibuat, Sedangkan untuk penyimpangan terjauh Cura sisi 2 terjadi pada produk 1 pengukuran (V), produk 2 pengukuran (III) dan produk 3 pengukuran (V). Pada pengujian Ideamaker sisi 2 yang paling mendekati model adalah produk 1 pengukuran (I, II & V) dan produk 2 pengukuran (I). Sedangkan untuk penyimpangan terjauh ideamaker sisi 2 terjadi pada produk 3 pengukuran (IV). Pada pengujian Repetier-Host sisi 2 yang paling mendekati dengan dimensi model CAD adalah produk 3 pengukuran (III), sedangkan yang paling menyimpang adalah produk 1 pengukuran (I). Dari hasil produk sisi 2 perbedaan *slicer* yang mempunyai ketelitian dimensi yang paling mendekati model CAD adalah *slicer* Cura, karena penyimpangan yang mendekati dimensi model CAD paling banyak yaitu menggunakan *slicer* Cura dan juga mempunyai penyimpangan dimensi yang paling kecil.

3.9 Analisis perbandingan kekasaran permukaan sisi 1 dan 2 antar *slicer*



Gambar 12: Pembandingan Kekasaran Permukaan sisi 1 antar *slicer*

Berdasarkan Gambar 12 pada pengujian Cura sisi 1 yang mendapatkan hasil kekasaran permukaan terkecil adalah produk 2 pengukuran (II) karena memiliki kekasaran permukaan paling rendah dibanding *slicer* lainnya. Sedangkan untuk nilai kekasaran permukaan tertinggi Cura sisi 1 terjadi pada produk 2 pengukuran (II). Pada pengujian Ideamaker sisi 1 yang memiliki kekasaran permukaan paling terkecil adalah produk 3 pengukuran (I) karena nilai kekasaran yang paling rendah. Sedangkan untuk nilai kekasaran permukaan tertinggi ideamaker sisi 1 terjadi pada produk 2 pengukuran (III). Pada pengujian Repetier-Host sisi 1 yang mendapatkan hasil kekasaran permukaan terkecil adalah produk 1 pengukuran (III), sedangkan yang untuk nilai kekasaran tertinggi adalah produk 3 pengukuran (III) memiliki nilai kekasaran permukaan tertinggi dibanding *slicer* lain. Pada pengukuran kekasaran *slicer* Cura memungkinkan untuk menghasilkan kekasaran permukaan yang paling rendah. Terdapat bagian meleleh pada sisi 1 membuat alat uji kekasaran permukaan mengukur sisi yang meleleh mempunyai nilai kekasaran yang berbeda, karena permukaan meleleh lebih kasar dibanding bagian lain pada sisi 1 atau bisa dikatakan terdapat kesalahan umum pada pengukuran kekasaran permukaan sisi 1. Dari hasil produk sisi 1 perbedaan *slicer* yang mempunyai nilai kekasaran permukaan yang terbaik dari grafik adalah *slicer* Ideamaker, yaitu memiliki nilai kekasaran permukaan yang penyimpangannya memiliki jangkauan yang rendah dalam pengukurannya.



Gambar 13: Pembeding Kekasaran Permukaan sisi 2 antar *slicer*

Berdasarkan Gambar 13 pada pengujian Cura sisi 2 yang mendapatkan hasil kekasaran permukaan terkecil adalah produk 1 pengukuran (III) merupakan nilai kekasaran permukaan yang paling rendah dibanding slicer lainnya, sedangkan untuk nilai kekasaran permukaan tertinggi Cura sisi 2 terjadi pada produk 3 pengukuran (I). Pada pengujian Ideamaker sisi 2 yang memiliki kekasaran permukaan paling terkecil adalah produk 2 pengukuran (III) merupakan nilai kekasaran yang paling rendah. Sedangkan untuk nilai kekasaran permukaan tertinggi Ideamaker sisi 2 terjadi pada produk 2 pengukuran (I). Pada pengujian Repetier-Host sisi 2 yang mendapatkan hasil kekasaran permukaan terkecil adalah produk 2 pengukuran (II), karena memiliki kekasaran permukaan terkecil sedangkan yang untuk nilai kekasaran tertinggi adalah produk 2 pengukuran (III) merupakan nilai kekasaran permukaan terbesar dibanding slicer lainnya. Dari hasil produk sisi 1 perbedaan *slicer* yang mempunyai nilai kekasaran permukaan yang terbaik dari grafik adalah *slicer* ideamaker, yaitu memiliki nilai kekasaran permukaan yang penyimpangannya memiliki jangkauan yang rendah dalam pengukurannya dan mempunyai nilai kekasaran permukaan yang paling rendah dibanding *slicer* lainnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, analisis dan pengolahan data dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

- Penggunaan *slicer* yang berbeda akan mempengaruhi ketelitian dimensi dan kekasaran permukaan produk hasil cetak, diduga karena algoritmanya berbeda sehingga terjadi perbedaan eksekusi perintah pencetakan pada mesin 3D *Printing*, walaupun data masukan 3D model CAD nya sama dan pengaturan parameternya serupa.
- Pada proses pencetakan produk yang membutuhkan pendukung menunjukkan *slicer* Cura adalah *slicer* yang paling sesuai digunakan di mesin *Maker Gear* karena menghasilkan kualitas produk yang paling baik.
- Produk yang tidak membutuhkan pendukung mempunyai keakuratan dimensi dan kekasaran permukaan produk hasil cetak yang lebih baik dibandingkan dengan produk yang membutuhkan pendukung, walaupun menggunakan *software slicer* yang sama.

5 DAFTAR PUSTAKA

- [1] ACHDIANTO, S. CAHYATI, TRIYONO, AND SAIFUDIN, "Integrated CAD customization system for fused deposition models in additive manufacture with 3D printing machine," 2019.
- [2] S. CAHYATI AND A. RAHMAT, "Kualifikasi Alat 3D Laser Scanner Terintegrasi Menggunakan Tiga Tipe Smartphone Sebagai Alat Input," in *Prosiding Seminar Nasional Pakar*, Apr. 2019, vol. 1, no. 1, pp. 1-29.1-1.29.7,
- [3] C. SONG, Y. YANG, Y. WANG, D. WANG, AND J. K. YU, "Personalized femoral component design and its direct manufacturing by selective laser melting," *Rapid Prototyp. J.*, 2016.
- [4] M. HORÁČEK, O. CHARVÁT, T. PAVELKA, J. SEDLÁK, AND M. MADAJ, "Medical implants by using RP and Investment Casting Technologies," 2010.
- [5] A. PAOLINI, S. KOLLMANNBERGER, AND E. RANK, "Additive manufacturing in construction:

- A review on processes, applications, and digital planning methods,” *Additive Manufacturing*. 2019.
- [6] L. HAO, S. MELLOR, O. SEAMAN, J. HENDERSON, N. SEWELL, AND M. SLOAN, “Material characterisation and process development for chocolate additive layer manufacturing,” *Virtual Phys. Prototyp.*, 2010.
 - [7] L. PEREIRA *ET AL.*, “Design for innovation: Toys for sustainable play,” 2017.
 - [8] R. LEAL *ET AL.*, “Additive manufacturing tooling for the automotive industry,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 2017.
 - [9] Y. Y. TANOTO, J. ANGGONO, W. BUDIMAN, AND K. V. PHILBERT, “Strength and Dimension Accuracy in Fused Deposition Modeling : A Comparative Study on Parts Making Using ABS and PLA Polymers,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 69–76, 2020.
 - [10] R. ZARINA, J. JAINI, AND R. S. RAJ, “Evolution of the Software and Hardware in CAD/CAM Systems used in Dentistry,” *Int. J. Prev. Clin. Dent. Res.*, 2017.
 - [11] S. CAHYATI, SYAIFUDIN, AND ACHDIANTO, “A prototyping of additive manufacturing cell in cyber physical system for maintenance 4.0 preparation,” *Int. J. Adv. Sci. Technol.*, vol. 29, no. 05, pp. 575–584, 2019.
 - [12] S. CAHYATI AND D. P. MULIANTO, “Redesain Meja Cetakan Mesin 3D Printer Berbasis Fused Deposition Modelling,” *J. Energi Dan Manufaktur*, 2019.
 - [13] M. ŠLJIVIC, A. PAVLOVIC, M. KRAIŠNIK, AND J. ILIĆ, “Comparing the accuracy of 3D slicer software in printed enduse parts,” 2019.
 - [14] S. LUBIS, S. DJAMIL, AND Y. YOLANDA, “Pengaruh Orientasi Objek Pada Proses 3D Printing Bahan Polymer Pla Dan Abs Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketelitian Dimensi Produk,” *Sinergi*, 2016.
 - [15] S. CAHYATI, TRIYONO, M. S. ANNAS, AND A. SUMPENA, “The Influence of Eco Maintenance on Power Consumption of the Lathe Machines,” *Appl. Mech. Mater.*, 2016.