

Asesmen Teknologi untuk Mesin 3D Printer di Laboratorium Desain Produk dan Inovasi

Bella Salsana^{1*}, Benedikta AH Siboro², Yosef Manik³ 

^{1,2,3} Program Studi Manajemen Rekayasa, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Del, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received August 25, 2021

Revised August 29, 2021

Accepted March 14, 2022

Available online April 25, 2022

Kata Kunci:

Lab. Desprin, Mesin 3D Printer, Analisis Komparasi, Fused Deposition Modeling

Keywords:

Lab. Desprin, 3D Printer Machine, Comparative Analysis, Fused Deposition Modeling



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2022 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

ABSTRAK

Mesin 3D printer adalah salah satu dampak kemajuan bidang ekonomi akibat revolusi industri 4.0. Mesin 3D printer adalah metode yang cara kerjanya dengan menumpuk material untuk membuat sebuah objek 3 dimensi. Tujuan penelitian untuk mengidentifikasi perbedaan karakteristik fasilitas mesin 3D printer A dan mesin 3D printer B sebagai fasilitas technoware di Lab. Desprin. Dengan analisis komparasi diperoleh pemetaan jenis mesin 3D printer paling relevan pada setiap mata kuliah yang dilayani lab.desprin. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan variabel yang dianalisis adalah *Usage Filament*, presisi dimensi, waktu produksi, deformasi produk dan kekasaran permukaan. Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan uji ANOVA satu arah atau *one way ANOVA* dengan bantuan software SPSS (*Statistical Package for Social Science*) version 20.0 for windows dengan tingkat signifikansi 0, 05. Dari hasil analisis ditemukan bahwa perbedaan karakteristik utama terdapat pada variabel waktu produksi, presisi dimensi, dan kekasaran permukaan. Hasil ini digunakan untuk memetakan penggunaan mesin 3D printer kedalam kebutuhan pembelajaran pada semua mata kuliah yang dilayani oleh Lab. Desprin.

ABSTRACT

The 3D printer machine is one of the impacts of economic progress due to the industrial revolution 4.0. A 3D printer is a method that works by stacking materials to create a 3-dimensional object. The purpose of the study was to identify the differences in the characteristics of the 3D printer machine A and the 3D printer B machine as a technoware facility in the Lab. Desprin. With a comparative analysis, the mapping of the most relevant types of 3D printer machines in each course served by Lab.desprin is obtained. This type of research is experimental research with the variables analyzed are *Filament Usage*, dimensional precision, production time, product deformation and surface roughness. Data processing in this study was carried out using *one-way ANOVA* or *one-way ANOVA* with the help of SPSS (*Statistical Package for Social Science*) software version 20.0 for windows with a significance level of 0.05., dimensional precision and surface roughness. These results are used to map the use of 3D printer machines into learning needs in all courses served by the Lab. Desprin.

1. PENDAHULUAN

Revolusi industri merupakan tahap perubahan yang nyata terjadi di dunia Industri dan tidak mengenal batas daerah. Saat ini, dunia menghadapi perubahan industri 4.0, sebagaimana dipaparkan dalam buku *the Fourth Industrial Revolution* oleh (Lian, 2019; Schwab, 2016). Industri 4.0 secara fundamental mengubah cara hidup, bekerja, dan interaksi antar manusia. Terjadinya perubahan ini memiliki kecepatan secara eksponensial dan memberikan dampak terhadap ekonomi, industri, pemerintahan, dan politik (Anthony, Sedyono, & Iriani, 2020; Vania, Septianingrum, Suhandi, & Prihantini, 2021). Era revolusi industri 4.0 ini disebut juga sebagai disrupsi teknologi karena otomatisasi dan konektivitas akan membuat ketidaklinearan antara persaingan kerja dan perkembangan dunia industri (Aldianto, Mirzanti, Sushandoyo, & Dewi, 2018; Ghufron, 2018). Revolusi industri 4.0 (era disruptif) yaitu era yang penuh tantangan bagi lulusan perguruan tinggi (PT) akan semakin meningkat yakni lulusan PT tidak hanya dituntut untuk bekerja di perusahaan dan instansi lainnya, namun harus dapat memanfaatkan peluang revolusi 4.0 untuk membuka lapangan pekerjaan baru (Agussani & Sulasmi, 2021; Ghufron, M, 2018; Wahyuningsih & Susanti, 2020). Salah satu elemen penting untuk mendorong daya saing dalam kanca global di era revolusi industri 4.0, yaitu sistem pembelajaran yang inovatif seperti penyesuaian kurikulum pembelajaran dan peningkatan kemampuan mahasiswa dalam hal data *Information Technology* (IT), *Operational Technology* (OT), *Internet of Things* (IoT), dan *Big Data Analytic*, mengintegrasikan objek fisik, digital dan manusia. Dengan demikian, sistem pembelajaran seperti ini akan menghasilkan lulusan

*Corresponding author.

E-mail addresses: yosef.manik@del.ac.id (Bella Salsana)

Perguruan tinggi yang kompetitif dan terampil terutama dalam aspek *data literacy*, *technological literacy*, dan *human literacy* (Ismail, Suhana, & Hadiana, 2020; Lian, 2019; Wibowo, 2019).

Untuk merespon tantangan disrupsi tersebut, Institut Teknologi Del (IT Del) telah mendirikan Laboratorium Desain Produk dan Inovasi (Lab. Desprin) pada Program Studi Sarjana Manajemen Rekayasa. Laboratorium ini berbasis *additive manufacturing*. Lab. Desprin tersebut memiliki fasilitas utama yakni 7 unit 3D printer dengan teknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM). Mesin 3D printer (3D printing) merupakan mesin yang handal dalam membuat objek tiga dimensi dengan struktur yang unik dan beragam (Mulyawan, 2017; Setiawan et al., 2021). Tentu saja ini akan memberikan peluang untuk meningkatkan literasi teknologi atau pemahaman mengenai cara kerja sebuah mesin dan aplikasi teknologi serta dapat meningkatkan kemampuan berkomunikasi dan penguasaan ilmu desain dalam menghadapi tantangan Revolusi 4.0 tersebut, sehingga diharapkan dapat menciptakan lulusan yang kompetitif (Aoun, 2017).

Teknologi 3D printing pertama kali diciptakan pada tahun 1980 oleh Dr. Komada seorang ilmuwan yang berasal dari Jepang. Pengaplikasian pertama mesin 3D printer adalah pembuatan relief dan sekarang aplikasi teknologi 3D printing sudah merambah ke berbagai Industri (Shahrubudin, Lee, & Ramlan, 2019). 3D printing tidak hanya digunakan pada industri, teknologi sudah banyak diaplikasikan pada dunia (Roberson, Espalin, & Wicker, 2013). Desktop 3D printer yang cocok digunakan sebagai alat pendidikan adalah MakerBot Replicator yang menempati rangking tertinggi dibandingkan 3D printer berjenis uPrint Plus, 3D Touch, Maker Bot Replicator, SD300 Pro, dan V-Flash FTI 230 dikarenakan kemudahan penggunaan dan waktu cetak produknya. Dalam penggunaan mesin 3D printer menggunakan input material berbentuk filament. Secara umum, terdapat dua jenis filamen PLA dan ABS yang banyak digunakan dalam sebuah penelitian. Jenis filamen PLA dan ABS dalam pemilihan posisi orientasi produk terbaik, menyatakan bahwa posisi orientasi horizontal lebih baik dibandingkan vertikal dikarenakan dapat menghasilkan proses yang lebih singkat dan nilai kekasaran permukaan yang lebih kecil (Sobron Lubis & Sutanto, 2014). Kemudian filament yang diinput di ekstruksi dari *nozzle head* dengan proses fabrikasi lapis demi lapis. Filamen dilunakkan di dalam *liquefier* di atas temperatur melelehnya kemudian ditekan oleh *nozzle die*. *Liquefier* akan bergerak untuk mengekstruksi polimer turun pada *bed* sesuai dengan desain yang akan dicetak (Carneiro, Silva, & Gomes, 2015).

Proses cetak 3D printer dimulai dengan desain objek dikonversi ke dalam beberapa format file yang relevan dengan software yang digunakan (Hager, Golonka, & Putanowicz, 2016; Stopforth, 2021). Desain awal objek menggunakan CAD seperti Solidworks, TinkerCAD, Creo, AutoCAD dll. atau dapat langsung didesain menggunakan aplikasi inventor. Hasil desain kemudian disimpan dalam format .stl lalu untuk membentuk lapisan-lapisan objek 3D, hasil desain tersebut dikonversikan kedalam bahasa program G-code menggunakan aplikasi slicer. Bahasa program tersebut berfungsi untuk mengatur proses pencetakan pada mesin 3D printer. Pada aplikasi *slicer* akan dibutuhkan pengaturan seluruh parameter proses untuk menghindari kegagalan dalam pencetakan.

Temuan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa menggunakan filamen berbahan Polylactic Acid (PLA), dengan pengamatan terhadap parameter *Nozzle Temperature*, *Extrusion Width*, *Infill Density*, dan *Infill Path*, diperoleh parameter proses yang paling berpengaruh terhadap respon akurasi dimensi yaitu *nozzle temperature*, sedangkan untuk respon kekuatan tarik dipengaruhi oleh *nozzle temperature* dan *infill density* (Sobron Lubis & Sutanto, 2014). Pengamatan terhadap parameter *layer height*, *printing speed*, *temperature*, *wall thickness*, dan *printing path*, menunjukkan bahwa *layer Height* dan *Wall Thickness* merupakan faktor yang paling penting dalam penentuan kekasaran permukaan dari sebuah produk (Pérez, Medina-Sánchez, García-Collado, Gupta, & Carou, 2018). Dengan menggunakan filamen berbahan *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) serta menggunakan 3D Printer berteknologi *Fused Deposition Modeling* memfokuskan pengamatan terhadap Parameter *Layer Height*, *Nozzle Speed*, *Nozzle Temperature* dan *Top Infill Speed*. Hal ini menunjukkan bahwa setting level faktor optimal yang didapatkan yaitu faktor A level 3 (*Nozzle Temperature* 240°C), faktor B level 3 (*Layer Height* 0,25mm), faktor C level 2 (*Nozzle Speed* 22,5 mm/s) dan faktor D level 2 (*Top Surface Infill Speed* 22,5 mm/s) (Ivandiaz, Novareza, & Sulistyarini, 2020). Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan asesmen terhadap mesin-mesin 3D printer yang tersedia di Lab. Desprin terhadap capaian pembelajaran untuk setiap mata kuliah yang dilayani oleh Lab. Desprin.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental komparatif dengan membandingkan variable-variabel penting dalam *additive manufacturing* dari dua jenis mesin 3D printer dengan teknologi *Fused Deposition Modeling* (FDM) di Laboratorium Desain Produk dan Inovasi Institut Teknologi Del. Data dikumpulkan melalui percobaan secara langsung yang dilakukan antara bulan Maret hingga Juli 2021.

Analisis data untuk pengujian hipotesis dilakukan dengan menggunakan analisis variansi (ANOVA). Adapun diagram alur penelitian ini ditampilkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

Objek penelitian yang akan dibandingkan adalah dua jenis 3D Printer yang masing-masing diidentifikasi sebagai 3D Printer A dan 3D Printer B, dengan spesifikasi sebagaimana dipaparkan pada Tabel 1.

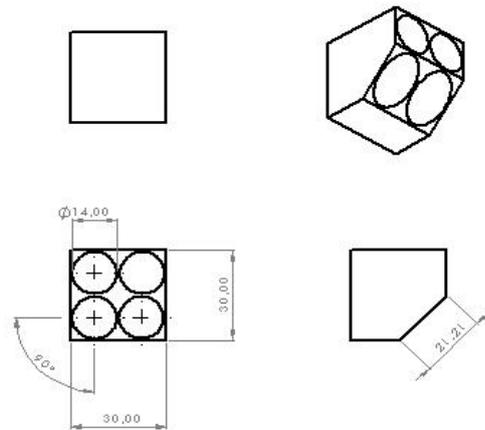
Tabel 1. Spesifikasi 3D Printer

Spesifikasi Teknis	Jenis Mesin 3D	
	3D Printer A	3D Printer B
Print volume	270 x 205 x 205 mm	150 x 150 x 150 mm
Build Accuracy	0,05-0,3 mm	±0,2 mm
Material	PLA, TPU, ABS, HIPS	PLA/ABS
Input file	format .stl/ .obj/ .dae/ .amf	format .3mf/ .stl/ obj/ .fpp/ .bmp/ png/ jpg / jpeg
Nozzle Diameter	0,4 mm/1,75mm.	0,4 mm/0,3 mm

Data kuantitatif yang dikumpulkan peneliti untuk menyelesaikan penelitian ini yaitu data hasil pengukuran untuk variabel *Usage Filament*, presisi dimensi, waktu produksi, deformasi produk dan kekasaran permukaan produk dan capaian pembelajaran pada setiap mata kuliah yang dilayani oleh Lab. Desprin yang berasal dari silabus untuk TA 2021 yang diperoleh pada portal Institut Teknologi Del. Variabel yang perlu diuji untuk mengecek hasil produk dan proses manufaktur pada kedua jenis mesin 3D printer di Lab. desprin memiliki perbedaan atau tidak yaitu konsumsi material (meter), waktu produksi (menit), presisi dimensi (millimeter), deformasi produk (millimeter), dan kekasaran permukaan (millimeter). Penentuan variabel yang akan diteliti pada penelitian ini ditentukan dengan mempertimbangkan penelitian terdahulu.

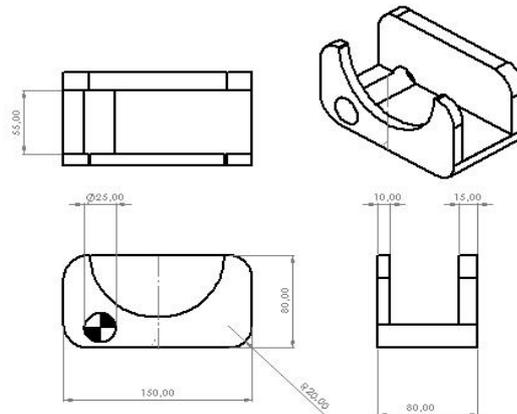
Pelaksanaan eksperimen dilakukan dengan melakukan pengukuran terhadap hasil cetakan objek 3D yang sama di mesin 3D printer yang berbeda. Objek 3D yang dicetak adalah objek 3D sederhana dan kompleks. Proses pendesainan objek 3D menggunakan *Computer Aided Design (CAD)* SolidWorks Premium 2020. Penentuan objek sederhana dan kompleks berlandaskan pada modul CAD mata kuliah Visualisasi dan Gambar Teknik TA 2020 yang membedakan objek yang kompleks dan sederhana berdasarkan tingkat kesulitan *tools* yang digunakan pada SolidWorks. Parameter proses yang digunakan untuk mencetak objek sederhana adalah *layer height* 0,18 mm, *extruder temperature* 210 °C, *print speed* 60 mm/s, dan *fill density* 15 % yang ditentukan berdasarkan rekomendasi pabrik pembuat filament PLA serta studi pustaka. Objek

sederhana yang didesain oleh peneliti berfungsi sebagai Pen Box dengan kapasitas maksimal sebanyak 4 (buah) pulpen/pena dengan panjang sisi 3 cm dan diameter lingkaran 1,4 cm.



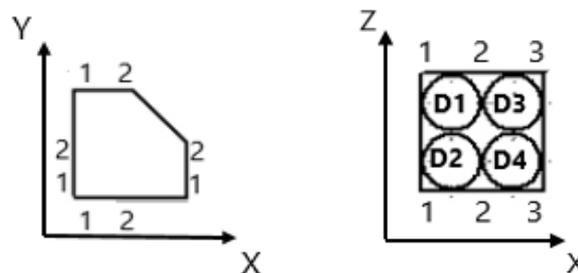
Gambar 2. Multiview Objek Sederhana

Objek kompleks yang telah didesain oleh peneliti kemudian dicetak dengan skala 50%. Objek kompleks ini berfungsi untuk menempatkan telepon genggam atau biasa disebut sebagai *Phone holder*.



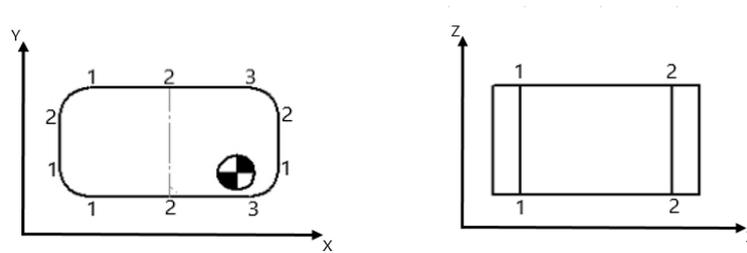
Gambar 3. Multiview Objek Kompleks

Pengukuran dimensi objek sederhana menggunakan *digital caliper* dilakukan pada 2 (dua) titik di dimensi X, 2 (dua) titik di dimensi Y, 3 (tiga) titik di dimensi Z, dan 4 (empat) titik diameter lingkaran.

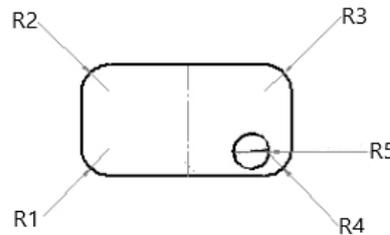


Gambar 4. Posisi Pengukuran Presisi Dimensi Objek Sederhana

Pengukuran dimensi objek 3D kompleks yang dicetak dilakukan pada 2 (dua) titik di dimensi X, 3 (dua) titik di dimensi Y, 2 (tiga) titik di dimensi Z menggunakan *digital caliper*, serta 4 radius yang diukur menggunakan Renishwa VMM *Vision Measuring Machines* (UK). Ukuran objek yang diharapkan yaitu dengan panjang dimensi X 75 mm, dimensi Y 40 mm, dimensi Z 40 mm, dan radius dari keempat sisi yaitu 10 mm.

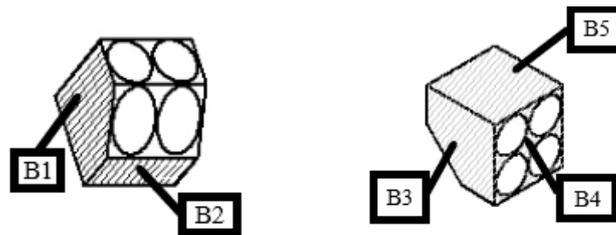


Gambar 5. Posisi Pengukuran Presisi Dimensi Objek Kompleks



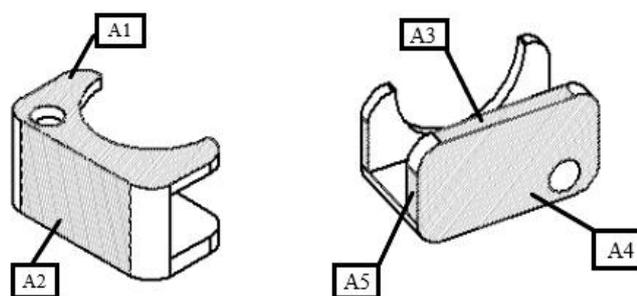
Gambar 5. Posisi Pengukuran Radius Presisi Dimensi Objek Kompleks

Pengukuran kekasaran permukaan objek 3D dengan menggunakan Renishwa VMM *Vision Measuring Machines*. Pada Objek 3D sederhana, pengukuran dilakukan pada 5 (lima) area yang diukur seperti pada [Gambar 7](#) dan setiap area dilakukan pengukuran 4 titik secara acak.



Gambar 6. Titik Pengukuran Kekasaran Permukaan Objek Sederhana

Untuk pengukuran kekasaran permukaan objek 3D kompleks yang dicetak dilakukan pada 5 (lima) bagian seperti pada [Gambar 8](#) dan setiap area dilakukan pengukuran 6 titik secara acak.



Gambar 7. Titik Pengukuran Kekasaran Permukaan Objek Kompleks

Berdasarkan rancangan percobaan (*experiment design*), pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan uji ANOVA satu arah atau *one way ANOVA* yaitu menguji rata-rata atau pengaruh perlakuan dari suatu percobaan yang mengelompokkan data berdasarkan satu faktor/kriteria saja ([Payadna & Jayantika, 2018](#)). Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan bantuan Software SPSS (*Statistical Package for Social Science*) version 20.0 for windows dengan tingkat signifikansi 0,05.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Untuk mengidentifikasi perbedaan karakteristik kedua mesin 3d printer yang dimiliki Lab. Desprin dilakukan analisis menggunakan Uji *One way analysis of variance* (ANOVA). Dengan data yang diolah pada variabel C, T, P, dan D sebanyak 10 data sedangkan untuk variabel R dan radius sebanyak 5 data. Hasil analisis data menggunakan uji *One-way ANOVA* Objek Sederhana dan kompleks ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji One Way ANOVA

Objek Sederhana						
Variabel	3D printer A		3D printer B		P-Value	Keterangan
	Rata-rata	Standar Deviasi	Rata-rata	Standar Deviasi		
c	2.4655	0,0448	2.2810	0,0309	0,000	Signifikan
t	66.3000	1,2516	69.0000	0,0000	0,000	Signifikan
p-x1	0.2710	0,0331	0.2320	0,0319	0,015	Signifikan
p-x2	0.3220	0,1698	0.1870	0,0501	0,027	Signifikan
p-y1	0.2710	0,0329	0.0230	0,0149	0,000	Signifikan
p-y2	0.0760	0,0330	0.0250	0,0195	0,001	Signifikan
p- z1	0.2850	0,0400	0.3310	0,0324	0,011	Signifikan
p- z2	0.1810	0,0247	0.3470	0,0516	0,000	Signifikan
p-z3	0.4140	0,0211	0.3090	0,0395	0,000	Signifikan
p-d1	0.4010	0,0631	0.4650	0,0419	0,016	Signifikan
p-d2	0.3620	0,0454	0.5010	0,0562	0,000	Signifikan
p-d3	0.3770	0,0611	0.3470	0,0216	0,161	Tidak Signifikan
p-d4	0.3720	0,1041	0.2020	0,0964	0,001	Signifikan
d	0.0570	0,0176	0.0530	0,0082	0,525	Tidak Signifikan
r-b1	0.0716	0,0113	0.0264	0,0072	0,000	Signifikan
r-b2	0.0586	0,0178	0.0012	0,0017	0,000	Signifikan
r-b3	0.0788	0,0102	0.0334	0,0123	0,000	Signifikan
r-b4	0.0620	0,0110	0.0010	0,0010	0,000	Signifikan
r-b5	0.0792	0,0137	0.0046	0,0008	0,000	Signifikan

Objek Kompleks						
Variabel	3D printer A		3D printer B		P-Value	Keterangan
	Rata-rata	Standar Deviasi	Rata-rata	Standar Deviasi		
c	6.7063	0,2434	7.0705	0,2557	0,004	Signifikan
t	131.2000	0,9189	132.0000	0,0000	0,013	Signifikan
p-x1	0.1120	0,0418	0.0350	0,0287	0,000	Signifikan
p-x2	0.2150	0,0287	0.0960	0,0464	0,000	Signifikan
p-y1	0.1760	0,0362	0.1470	0,0235	0,048	Signifikan
p-y2	0.1540	0,1023	0.0250	0,0195	0,001	Signifikan
p-y3	0.2850	0,0400	0.0810	0,0202	0,000	Signifikan
p-z1	0.0510	0,0521	0.1680	0,0461	0,000	Signifikan
p-z2	0.1790	0,0827	0.3980	0,0986	0,000	Signifikan
p-r1	1.2940	0,2962	1,0360	0,1520	0,121	Tidak Signifikan
p-r2	0.2478	0,1661	0.0230	0,0339	0,018	Signifikan
p-r3	0.2246	0,0733	0.0568	0,0463	0,003	Signifikan
p-r4	3.5772	0,8201	0.6794	0,1326	0,000	Signifikan
p-r5	0.4584	0,0787	0.1256	0,0487	0,000	Signifikan
d	0.2983	0,0197	0.1010	0,0114	0,000	Signifikan
r-a1	0.0512	0,0094	0.0014	0,0013	0,000	Signifikan
r-a2	0.3738	0,0573	0.0650	0,0056	0,000	Signifikan

r-a3	0.0670	0,0214	0.0652	0,0021	0,856	Tidak Signifikan
r-a4	0.0350	0,01030	0.0338	0,0110	0,863	Tidak Signifikan

Hasil analisis ANOVA dalam membandingkan kinerja kedua mesin 3d *Printer* dinyatakan dengan hasil signifikan dan tidak signifikan. Hasil yang dinyatakan signifikan atau terdapat perbedaan karakteristik antara kedua mesin 3d printer digunakan untuk menentukan mesin yang lebih unggul pada setiap variabel yang diujikan sesuai dengan objek yang dicetak. Berdasarkan hasil analisis tersebut diperoleh bahwa untuk objek sederhana sebanyak 89,47% dari variabel yang diujikan menyatakan ada perbedaan karakteristik antara kedua mesin 3D *printer* A dan mesin 3D *printer* B. Serta 10,53% dari variabel yang diujikan menyatakan tidak ada perbedaan karakteristik antara kedua mesin 3D *printer* A dan mesin 3D *printer* B. Sedangkan pada pencetakan objek kompleks diperoleh sebanyak 84,21% dari variabel yang diujikan menyatakan ada perbedaan karakteristik antara kedua mesin 3D *printer* A dan mesin 3D *printer* B. Serta 15,79% dari variabel yang diujikan menyatakan tidak ada perbedaan karakteristik antara kedua mesin 3D *printer* A dan mesin 3D *printer* B. Hipotesis yang terpilih pada setiap variabel disajikan pada [Tabel 3](#).

Tabel 3. Hipotesis yang Terpilih pada Setiap Variabel Uji

Variabel	Objek Sederhana	Objek Kompleks
c	Terima H1-1	Terima H1-1
t	Terima H2-1	Terima H2-1
p	Terima H3-1	Terima H3-1
d	Terima H4-1	Terima H4-1
r	Terima H5-1	Tolak H5-1

Berdasarkan hasil analisis tersebut dilakukan pemetaan keputusan penggunaan mesin 3D *printer* terhadap setiap variabel penelitian dapat disajikan pada [Tabel 4](#).

Tabel 4. Peta Keterkaitan Variabel Penelitian dengan Keputusan Penggunaan Mesin 3D

Variabel	Keputusan Pemilihan 3D <i>Printer</i>	
	Objek Sederhana	Objek Kompleks
c	3D <i>printer</i> B	3D <i>printer</i> A
t	3D <i>printer</i> A	3D <i>printer</i> A
p	3D <i>printer</i> B	3D <i>printer</i> B
d	3D <i>printer</i> A	3D <i>printer</i> B
r	3D <i>printer</i> B	3D <i>printer</i> B

Keputusan penggunaan mesin 3D *Printer* yang ditinjau pada setiap variabel-variabel digunakan sebagai acuan dalam melakukan pemetaan penggunaan mesin 3D *printer* untuk setiap mata kuliah. Pada Kurikulum di Program Studi Manajemen Rekayasa IT Del, Mata kuliah yang dilayani oleh Lab. Desprin dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkatannya yaitu: (1) Mata kuliah tingkat dasar yakni mata mata kuliah Visualisasi dan Gambar Teknik. Adapun kemampuan yang dibutuhkan pada mata kuliah ini yaitu dapat memahami kaidah-kaidah menggambar teknik, mampu mendemonstrasikan keahlian menggambar teknik. (2) Mata kuliah tingkat lanjutan yakni mata kuliah Perancangan dan Pengembangan Produk yang membutuhkan kemampuan untuk penerapan tahapan-tahapan perancangan dan pengembangan produk dalam sebuah *prototype*. serta Mata Kuliah Perancangan Produk Inovatif yang membutuhkan kemampuan pelaksanaan proyek rekayasa yang dibebankan. Dan (3) Mata kuliah tingkat terapan yakni Desain Proyek Rekayasa. Adapun kemampuan yang dibutuhkan pada mata kuliah ini yaitu mampu menerapkan teknologi yang mendukung perancangan produk dan mampu mengidentifikasi masalah yang ditemukan.

Dalam penelitian ini, sebelumnya peneliti melakukan wawancara bersama tim perancang dan pengelola Lab. Desprin untuk mengetahui capaian pembelajaran pada setiap mata kuliah yang menjadi fokus untuk dilayani oleh Lab. Desprin. Data capaian pembelajaran yang dilayani oleh Lab. desprin digunakan untuk menentukan variabel-variabel penting dalam *additive manufacturing* yang relevan terhadap setiap mata kuliah. Peneliti menyebarkan kuesioner kepada 3 responden pada mata kuliah Visualisasi dan Gambar Teknik dan Desain Proyek Rekayasa dan 2 responden pada mata kuliah Perancangan dan Pengembangan Produk dan Perancangan Produk Inovatif. Para responden ini terdiri

atas dosen pengampu dan instruktur pada setiap mata kuliah. Pemetaan capaian pembelajaran, variabel yang sesuai, dan rekomendasi penggunaan mesin 3D *printer* untuk masing-masing mata kuliah yang dilayani Lab. Desprin disajikan Pada [Tabel 5](#).

Tabel 5. Pemetaan Penggunaan 3D Printer

Mata Kuliah	Capaian Pembelajaran	Variabel yang sesuai	Rekomendasi 3D Printer
Visualisasi dan Gambar Teknik	Mampu memahami kaidah-kaidah menggambar teknik, Mampu mendemonstrasikan keahlian menggambar teknik.	1. Presisi Dimensi 2. Deformasi Produk	Kombinasi mesin 3D <i>printer</i> A dan <i>printer</i> B tergantung topik kajian yang dipelajari
Perancangan dan Pengembangan Produk	Mampu menerapkan tahapan-tahapan perancangan dan pengembangan produk dalam sebuah <i>prototype</i> , Mampu mengidentifikasi kebutuhan konsumen, mengklasifikasikan <i>requirement</i> melalui informasi dan data yang disebar ke konsumen diterjemahkan dan dianalisis dengan melihat beberapa aspek diantaranya <i>industrial design product architecture</i> , <i>design for manufacturing</i> sehingga menghasilkan rancangan rekayasa dalam bentuk <i>prototype</i>	1. Presisi Dimensi 2. Deformasi Produk 3. Kekasaran Permukaan	3D <i>printer</i> B
Desain Proyek Rekayasa	Mampu menjalankan proyek rekayasa yang dibebankan, Mampu mengaplikasikan prinsip dan teknik perancangan sistem, proses, atau komponen, Mampu menerapkan bahan-bahan kajian spesifik Manajemen Rekayasa, dan Mampu menghasilkan portofolio yang memuat hasil kajian atas implementasi ilmu pengetahuan, teknologi atau seni sesuai bahan kajian Manajemen Rekayasa	1. Presisi Dimensi 2. Deformasi Produk 3. Kekasaran Permukaan 4. Waktu Produksi 5. <i>Usage Filament</i>	Kombinasi mesin 3D <i>printer</i> A dan <i>printer</i> B tergantung topik kajian yang dipelajari
Perancangan Produk Inovatif	Mampu menerapkan teknologi yang mendukung perancangan produk dan Mampu mengidentifikasi masalah yang ditemukan pada perancangan produk dengan memperhatikan kebutuhan pasar yang akan menghasilkan rancangan <i>prototype</i> yang akan mengikutsertakan aspek <i>Industrial Design</i> , <i>Design for Manufacturing</i> dan <i>Design for Environment</i>	1. Presisi Dimensi 2. Deformasi Produk 3. Kekasaran Permukaan	3D <i>printer</i> B

Pembahasan

Berdasarkan hasil pemetaan penggunaan mesin 3D *printer* untuk masing-masing mata kuliah yang dilayani Lab. Desprin, maka diperoleh karakteristik pada setiap mesin 3D *printer* yakni sebagai berikut. Temuan pertama, *Usage Filament* mesin 3D *printer* A memiliki karakteristik yang lebih hemat pada pencetakan objek kompleks dibandingkan mesin 3D *printer* B. Sedangkan mesin 3D *printer* B memiliki *usage filament* yang lebih hemat pada pencetakan objek sederhana dibandingkan mesin 3D *printer* A. Temuan kedua, waktu produksi mesin 3D *printer* A lebih singkat baik pada pencetakan objek sederhana maupun objek kompleks dibandingkan mesin 3D *printer* B. Temuan ketiga, kepresisian dimensi

mesin 3D *printer* B menghasilkan produk yang lebih baik jika dikaji berdasarkan presisi dimensi baik pada pencetakan objek sederhana maupun kompleks. Temuan keempat, deformasi produk hasil cetakan mesin 3D *printer* A lebih baik pada pencetakan objek sederhana dibandingkan mesin 3D *printer* B. Sedangkan hasil cetakan mesin 3D *printer* B memiliki deformasi produk yang lebih baik pada pencetakan objek kompleks dibandingkan mesin 3D *printer* A. Temuan kelima, kekasaran permukaan mesin 3D *printer* B memiliki kekasaran yang lebih kecil pada permukaan produk baik pada pencetakan objek sederhana maupun kompleks.

Penggunaan mesin 3D *printer* memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Namun penggunaan mesin 3D sangat tepat untuk diterapkan sebagai pembuktian bahwa kita mampu mengikuti revolusi industri 4.0 yang terus berkembang. Perkembangan teknologi yang diistilahkan dengan revolusi industri 4.0 merupakan era inovasi yang berkembang sangat pesat dan memberikan pengaruh di semua bidang hingga mampu membantu terciptanya teknologi baru (Lian, 2019; Saputra & Kurniawati, 2021). Oleh karena itu, perguruan tinggi harus mampu berinovasi dengan menggunakan teknologi serta mesin yang sifatnya modern guna mempermudah dan menambah wawasan mahasiswa agar mampu bersaing setelah terjun di dunia kerja (Khonitan & Utami, 2019; Wahyuningsih & Susanti, 2020).

Mesin 3D *printer* (3D printing) atau dikenal juga sebagai *additive layer manufacturing* adalah mesin yang handal dalam membuat objek tiga dimensi dengan menampilkan data yang unik dan beragam (Mulyawan, 2017; Setiawan et al., 2021). Pemanfaatan Mesin 3D di laboratorium desain produk dan inovasi akan mampu menciptakan lulusan yang kompetitif karena karena mendapatkan peluang untuk meningkatkan literasi teknologi atau pemahaman mengenai cara kerja sebuah mesin dan aplikasi teknologi serta dapat meningkatkan kemampuan berkomunikasi dan penguasaan ilmu desain dalam menghadapi tantangan Revolusi 4.0 (Aoun, 2017; Mintasih, 2018). Keberhasilan pembuatan mesin 3D printing dapat dilihat dari hasil printing sudah sesuai dengan desain yang diharapkan (Setiawan et al., 2021). Oleh karena itu, proses cetak 3D *printer* dimulai dengan desain objek dikonversi ke dalam beberapa format file yang relevan dengan software yang digunakan (Hager et al., 2016).

Kelebihan media 3D *printer* adalah membuat proses produksi menjadi singkat dan sederhana. Hasil penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa mesin 3D *printer* 2 x 2 x 2 meter mampu mencetak sesuai dengan desain pada aplikasi SolidWork (Setiawan et al., 2021; Wibisono & Kurniawan, 2020). Adanya pengaruh terhadap peningkatan ketelitian dimensi produk cetak sebagai hasil redesain Meja mesin 3D *printer* (Cahyati & Putra, 2019). Desain 3D *printer* tipe cantilever memiliki desain yang minimalis sehingga dinilai lebih ekonomis. Mesin seperti ini cocok digunakan untuk kegiatan-kegiatan yang bersifat mobile. Sehingga kedepannya 3D *printer* ini akan dimanfaatkan untuk melakukan pelatihan kepada masyarakat untuk memperkenalkan teknologi manufaktur baru, yaitu proses cetak 3 dimensi (Andriyansyah, Sriyanto, & Jamaldi, 2021).

4. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin 3D *printer* A memiliki *usage filament* yang lebih hemat pada pencetakan objek kompleks, waktu produksi yang lebih singkat, dan deformasi produk lebih baik pada pencetakan objek sederhana dibandingkan mesin 3D *printer* B. Sedangkan mesin 3D *printer* B menghasilkan produk yang lebih baik jika dikaji berdasarkan presisi dimensi, kekasaran permukaan, dan deformasi produk pada pencetakan objek kompleks serta memiliki *usage filament* yang lebih hemat pada pencetakan objek kompleks. Direkomendasikan penggunaan mesin 3D *printer* untuk maksimal *requirement* pada setiap mata kuliah yaitu Visualisasi dan Gambar Teknik dapat mengombinasikan penggunaan mesin 3d *printer* Mesin 3D *printer* A dan Mesin 3D *printer* B berdasarkan topik yang dipelajari, Perancangan dan Pengembangan Produk direkomendasikan penggunaan Mesin 3D *printer* B, Desain Proyek Rekayasa dapat mengombinasikan penggunaan mesin 3d *printer* Mesin 3D *printer* A dan Mesin 3D *printer* B berdasarkan topik yang dipelajari, dan Perancangan Produk Inovatif direkomendasikan penggunaan Mesin 3D *printer* B.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Agussani, & Sulasmi, E. (2021). Professional Social Workers in the Era of Revolution 4.0 (Case Study in Medan ODH Social Rehabilitation Center). *Islam Realitas : Journal of Islamic and Social Studies*, 7(1). https://doi.org/10.30983/islam_realitas.v7i1.3789.
- Aldianto, L., Mirzanti, I. R., Sushandoyo, D., & Dewi, E. F. (2018). Pengembangan Science dan Technopark dalam Menghadapi Era Industri 4.0 - Sebuah Studi Pustaka. *Jurnal Manajemen Indonesia*, 18(1). <https://doi.org/10.25124/jmi.v18i1.1261>.
- Andriyansyah, D., Sriyanto, & Jamaldi, A. (2021). Perancangan dan Pembuatan Mesin 3D *Printer* Tipe

- Cantilever. *JURNAL ABDI MASYA*, 1(2), 108–114. <https://doi.org/10.52561/abma.v1i2.139>.
- Anthony, Sedyono, E., & Iriani, A. (2020). Analisis Kesiapan Kerja Mahasiswa di Era Revolusi Industri 4.0 Menggunakan Soft - System Methodology. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 7(5), 1041–1050. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2020752380>.
- Aoun, J. (2017). *Robot-Proof: Higher Education in The Age of Artificial Intelligence*. MIT Press.
- Cahyati, S., & Putra, D. (2019). Redesain Meja Cetakan Mesin 3D Printer Berbasis Fused Deposition Modelling. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 12(2), 99–102. <https://doi.org/10.24843/JEM.2019.v12.i02.p09>.
- Carneiro, O. S., Silva, A. F., & Gomes, R. (2015). Fused Deposition Modeling with Polypropylene. *Materials and Design*, 83, 768–776. <https://doi.org/10.1016/J.MATDES.2015.06.053>.
- Ghufron, M, A. (2018). Revolusi Industri 4.0: Tantangan, Peluang dan Solusi bagi Dunia Pendidikan. In *Seminar Nasional dan Diskusi Panel Multidisiplin Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat* (pp. 332 - 337). Jakarta: Universitas Indraprasta PGRI. Retrieved from <http://proceeding.unindra.ac.id/index.php/dispanas2018/article/view/73>.
- Hager, I., Golonka, A., & Putanowicz, R. (2016). 3D Printing of Buildings and Building Components as the Future of Sustainable Construction? *Procedia Engineering*, 151, 292–299. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2016.07.357>.
- Ismail, S., Suhana, & Hadiana, E. (2020). Kompetensi Guru Zaman Now dalam Menghadapi Tantangan di Era Revolusi Industri 4.0. *Atthulab: Islamic Religion Teaching and Learning Journal*, 5(2). <https://doi.org/10.15575/ath.v5i2.8659>.
- Ivandiaz, I., Novareza, O., & Sulistyarni, D. H. (2020). Analisis Parameter 3d-Printing Material Abs terhadap Kekasaran Permukaan Produk Menggunakan Metode Taguchi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Sistem Industri*, 8(6), p126-134.
- Khonitan, D., & Utami, B. N. (2019). Motivasi Generasi Muda dalam Menyongsong Revolusi Industri 4.0 Melalui Pendidikan Bidang Pertanian di Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian Malang. *Jurnal Sains Psikologi*, 8(1), 162-170. <https://doi.org/10.17977/um023v8i12019p162>.
- Lian, B. (2019). Revolusi Industri 4.0 dan Disrupsi, Tantangan dan Ancaman bagi Perguruan Tinggi. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Program Pascasarjana Universitas Pgrri Palembang 12 Januari 2019*, 2, 364–370.
- Mintasih, D. (2018). Mengembangkan Literasi Informasi Melalui Belajar Berbasis Kehidupan Terintegrasi PBL untuk Menyiapkan Calon Pendidik dalam Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0. *ELEMENTARY: Islamic Teacher Journal*, 6(2), 271–290. <https://doi.org/10.21043/elementary.v6i2.4390>.
- Muliyawan, M. D. (2017). Rancang Bangun Konstruksi Rangka Mesin 3d Printer Tipe Cartesian Berbasis Fused Deposition Modeling (Fdm). *Jurnal Teknik Mesin*, 6(4), 252–257. <https://doi.org/10.22441/jtm.v6i4.2075>.
- Payadna, I. P. A. A., & Jayantika, I. G. A. N. T. (2018). Panduan Penelitian Eksperimen Beserta Analisis Statistik dengan SPSS. *Penerbit Deepublish*, 1, 175.
- Pérez, M., Medina-Sánchez, G., García-Collado, A., Gupta, M., & Carou, D. (2018). Surface Quality Enhancement of Fused Deposition Modeling (FDM) Printed Samples Based on The Selection of Critical Printing Parameters. *Materials*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/ma11081382>.
- Roberson, D. A., Espalin, D., & Wicker, R. B. (2013). 3D Printer Selection: A Decision-Making Evaluation and Ranking Model. *Virtual and Physical Prototyping*, 8(3), 201–212. <https://doi.org/10.1080/17452759.2013.830939>.
- Saputra, W. D., & Kurniawati, Y. (2021). Desain Media Pembelajaran Berbasis Android pada Materi Praktikum Pengenalan Alat Laboratorium Kimia Sekolah Menengah Atas. *Journal of Natural Science and Integration*, 4(2). <https://doi.org/10.24014/jnsi.v4i2.12068>.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*.
- Setiawan, B., Triyanti, I., Walid, A., Prasetyo, R., Umro, V., & Cahya, D. (2021). Aplikasi Solidwork untuk Rancangan CAD 3D pada Mesin 3D Printer 2x2x2 Meter. *JURNAL ELTEK*, 19(2), 9–16. <https://doi.org/10.33795/eltek.v19i2.283>.
- Shahrubudin, N., Lee, T. C., & Ramlan, R. (2019). An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications. In *Procedia Manufacturing* (Vol. 35, pp. 1286–1296). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.089>.
- Sobron Lubis, & Sutanto, D. (2014). Pengaturan Orientasi Posisi Objek pada Proses Rapid Prototyping Menggunakan 3D Printer terhadap Waktu Proses dan Kualitas Produk. *Jurnal Teknik Mesin*, 15(1), 27–34. <https://doi.org/10.9744/jtm.15.1.27-34>.
- Stopforth, R. (2021). Conductive Polylactic Acid fFlaments for 3D Printed Sensors: Experimental Electrical and Thermal Characterization. *Scientific African*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e01040>.

- Vania, A. S., Septianingrum, A. D., Suhandi, A. M., & Prihantini. (2021). Revitalisasi Peran Guru dalam Pengelolaan Kelas di Daerah Terdepan, Terluar, dan Tertinggal (3t) pada Era Revolusi Industri 4.0. *JURNAL BASICEDU (Research & Learning in Elementary Education)*, 5(6). <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i6.1587>.
- Wahyuningsih, S., & Susanti, R. D. (2020). Meningkatkan Kemampuan Bahasa Inggris Calon Guru Madrasah Ibtidaiyyah di Era Revolusi Industri 4.0 Melalui Project-Based Learning. *ELEMENTARY: Islamic Teacher Journal*, 8(1), 1–18. <https://doi.org/10.21043/elementary.v8i1.6384>.
- Wibisono, A. G., & Kurniawan, B. (2020). 3D Printer Chocolate Berbasis Arduino. *TELEKONTRAN*, 8(1), 86–92. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v8i1.3080>.
- Wibowo, U. D. A. (2019). Prophetic Softskills untuk Bersaing di Era Revolusi Industri 4.0. *Insight: Jurnal Ilmiah Psikologi*, 21(1). <https://doi.org/10.26486/psikologi.v21i1.758>.