

# PENGARUH TEMPERATUR NOZZLE DAN BASE PLATE PADA MATERIAL PLA TERHADAP NILAI MASA JENIS DAN KEKASARAN PERMUKAAN PRODUK PADA MESIN LEAPFROG CREATR 3D PRINTER

Rahman Hakim<sup>1\*</sup>, Ihsan Saputra<sup>1</sup>, Gilang Prabowo Utama<sup>1</sup>, Yuris Setyoadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Mesin, Universitas PGRI Semarang

\*Corresponding author: hakim@polibatam.ac.id

## Article history

**Received:**  
13 April 2019  
**Accepted:**  
24 Juni 2019  
**Published:**  
29 Juni 2019

Copyright © 2019  
Jurnal Teknologi  
dan Riset Terapan

Open Access

## Abstrak

*3D Printing* adalah sebuah *printing* yang menampilkan data dalam bentuk cetakan, namun berbeda dengan *printing* biasanya yang mencetak data dalam sebuah kertas ataupun lembaran lainnya. Dengan teknologi dari *3D printing* sebuah perusahaan dapat membuat sebuah *prototype* tanpa harus menghabiskan bahan baku ataupun material. Dalam penelitian ini, dikaji tentang pengaruh parameter temperatur *nozzle* dan *base plate* pada material PLA terhadap kehalusan permukaan. Pada proses penelitian ini material yang dipakai adalah *Poly Lactid Acid* (*Poly Lactic Acid*) yang kemudian akan dibentuk menjadi spesimen dengan ukuran 30x30x10 mm. Dengan menggunakan temperatur *nozzle* yaitu 190°C, 205°C, 220°C dan temperatur *base plate* 30°C dan 50°C serta menggunakan lem dan tidak menggunakan lem. Pada penelitian ini, didapatkan hasil *density* yang paling mendekati dengan *density* material adalah pada temperatur *nozzle* 190°C dan temperatur *base plate* 50°C dengan menggunakan lem ataupun tidak pada *single nozzle* sebesar 1.734 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan pada *dual nozzle* temperatur *nozzle* 220°C dan *base plate* 30°C dengan menggunakan lem sebesar 1.772 g/cm<sup>3</sup>. Sedangkan hasil kekasaran permukaan pada penelitian ini terdapat pada temperatur *nozzle* 190°C dan temperatur *base plate* 30°C dengan menggunakan lem sebesar 5.709 µm, sedangkan *dual nozzle* terdapat pada temperatur *nozzle* 220°C dan temperatur *base plate* 30°C dengan menggunakan lem sebesar 10.6 µm.

Kata Kunci: 3D printer, filament PLA (*Poly-lactid Acid*), *density*, surface roughness, lem kertas

## Abstract

*3D Printing* is a printing that displays data in the form of prints, but is different from printing which usually prints data on a paper or other sheet. With technology from *3D printing* a company can create a prototype without having to spend raw materials or material. In this study, the effect of nozzle and base plate temperature parameters on PLA material on surface fineness was examined. In this research process the material used is *Poly Lactid Acid* (*Poly Lactic Acid*) which will then be formed into specimens with a size of 30x30x10 mm. Using a nozzle temperature of 190 ° C, 205 ° C, 220 ° C and a base plate temperature of 30 ° C and 50 ° C and using glue and not using glue. In this study, the results of the density closest to the material density were obtained at nozzle temperature 190 ° C and base plate 50 ° C temperature using glue or not on the single nozzle at 1.734 g / cm<sup>3</sup>, while the dual nozzle temperature nozzle 220 ° C and base plate 30 ° C using glue of 1.772 g / cm<sup>3</sup>. While the results of surface roughness in this study were found at nozzle temperature 190 ° C and base plate 30 ° C temperature using glue of 5.709 µm, while the dual nozzle was at nozzle temperature 220 ° C and base plate temperature 30 ° C using glue of 10, 6 µm.

Keywords: 3D printer, filament PLA (*Poly Lactid Acid*), *density*, surface roughness, paper glue

## 1.0 PENDAHULUAN

Teknologi FDM (*Fused Deposition Modelling*) merupakan salah satu teknologi untuk membuat objek 3D. Tentu saja, *printer* dengan teknologi 3D sangatlah mahal. *Printer* tradisional yaitu *printer* 2D bisa dibeli

dengan hanya beberapa ratus ribu rupiah saja. Sedangkan untuk *printer* 3D, anda harus mengeluarkan uang ratusan juta rupiah untuk memilikinya. Karena harga yang sangat mahal, berbagai orang mulai membuat *printer* 3D yang setidaknya dapat mengurangi harganya [4] [11]. Dari kemampuan itulah 3D Printing

disebut-sebut sebagai teknologi terbaru yang akan mampu mengubah dunia. Oleh karena itu, dalam karya tulis ilmiah ini saya akan menjelaskan cara kerja dan mekanisme dari printer 3D. Sehingga dengan begitu, pembaca dapat memahami cara kerja dan mekanime printer 3D dan dapat digunakan sebagaimana mestinya. Seperti halnya untuk mempermudah pekerjaan manusia baik di bidang manufaktur, kesehatan dan lain - lain. 3D cetak juga dikenal sebagai *prototyping* cepat teknologi adalah proses desain dimana panduan pemrograman *computer* pembuatan model tiga dimensi melalui *layering* bahan fabrikasi. Insinyur, desainer dan teknisi akan mendapat manfaat dari produk si *prototype* maju. Baru-baru ini teknologi baru telah dikembangkan memproduksi banyak keuntungan bagi mereka yang membutuhkan teknologi *prototype* cepat [2]. Printer 3D tersedia saat ini adalah lebih cepat, lebih mudah dan lebih terjangkau daripada teknologi fabrikasi sebelumnya. Cetak 3D juga menghilangkan kebutuhan untuk alat mahal dan pengrajin terampil untuk menghasilkan desain prototipe, membuat proses lebih terjangkau, biaya efisien dan diinginkan [1].

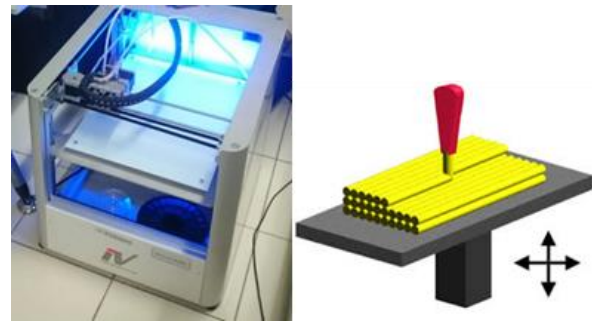
Pada Gambar 1, dijelaskan secara skematis tentang 3D printing atau sering juga disebut sebagai *additive manufacturing* yang merupakan suatu proses pembuatan suatu objek solid tiga dimensi (3) dari suatu model digital yang secara skematis dijelaskan pada gambar 2. Proses pencetakan 3D dikerjakan dengan proses aditif, dimana objek dibuat dengan cara meletakkan/menambahkan material lapis demi lapis. Metode pencetakan 3D sangat berbeda dengan teknik pemesinan tradisional yang lebih dikenal dengan proses subtraktif dimana pembuatan produk dengan cara mengurangi material awal melalui proses penyayatan [6].

Tujuan penelitian pada studi temperatur pada 3d printer ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu temperatur pada *nozzle* dan *base plate* terhadap kehalusan permukaan dan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan material perekat (*adhesive*) terhadap hasil produk 3D print.

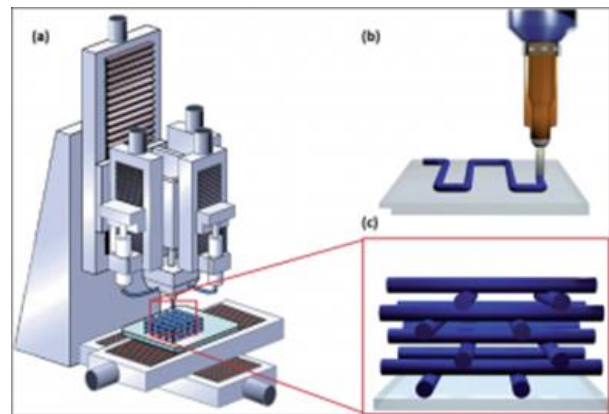
Batasan masalah pada studi temperatur pada 3d printer ini adalah menggunakan mesin 3d printer tipe *extrusion dual nozzle* dan *heated table* merek *The Leapfrog Creatr HS* [10], menggunakan material *filament* jenis PLA dengan diameter 1,75 mm, dan suhu ruangan yaitu 40 – 50. Serta menggunakan *infill setting* 50 % [5], temperatur *nozzle* 190°C [7], 205°C, 220°C [8][9] dan temperatur *base plate* nya 30°C, 50°C. Pengukuran urface roughness serta penghitungan density menjadi tolak ukurnya [9].

*Filament* termoplastik atau kawat logam yang melilit pada kumparan untuk masuk ke kepala *nozzle* ekstrusi (3D printer extruder). Pemanas *nozzle* memanaskan material dan mengubah alirannya dan mati. Biasanya motor *stepper* atau motor *servo* digunakan untuk memindahkan meterial yang sudah cair dan menyesuaikan mengalir. *Printer* biasanya memiliki 3 sumbu gerak. Sebuah perangkat lunak *computer-aided manufacturing* (CAM) yang digunakan untuk menghasilkan G-Code dan dikirim ke mikrokontroler yang mengontrol motor. Ekstrusi dalam pencetakan 3-D

menggunakan ekstrusi material melibatkan ujung yang dingin dan ujung yang panas.



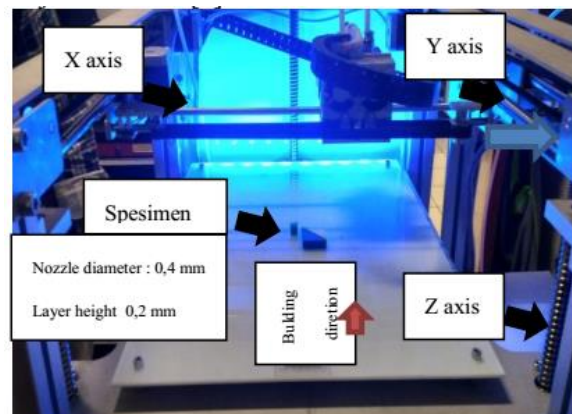
Gambar 1. 3D Printer dan prinsip kerjanya



Gambar 2. Cara kerja 3D Print

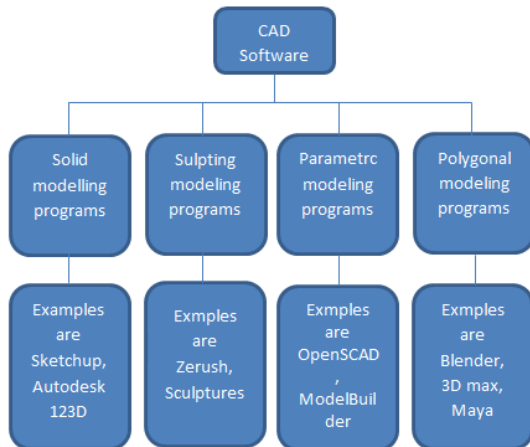
Gambar 3 menunjukkan bagian dari komponen penyusun serta spesifikasi teknis mesin 3D Print yang dimana cara kerja dari mesin 3d printer ini yaitu *filament* di tarik oleh *feeder* yang berputar kemudian akan masuk kedalam bagian heater (pemanas) tempat *filament* tersebut akan mencair dan akan keluar melalui *nozzle* dan akan membentuk layer per layer di *base plate* dengan menggunakan sumbu X,Y,Z sehingga berbentuk objek 3 dimensi [2].

Pada proses pembuatannya desain dibuat dengan memakai *software* CAD, setelah selesai data dari desain tersebut dimasukkan ke dalam *software* CAM dan menjadi file (.stl) yang selanjutnya akan di *import* ke 3D *print* untuk pemrosesan produksinya, hal senada juga telah di jelaskan pada gambar 4 dan gambar 5.

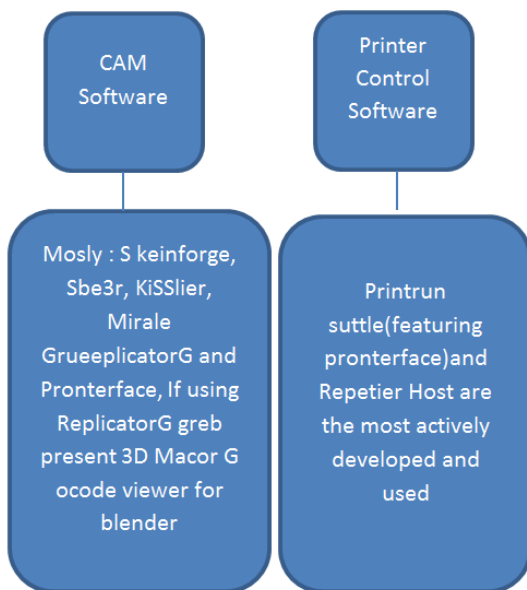


Gambar 3. Sistem penggerak pada 3D print

3D *printing* membutuhkan tiga jenis perangkat lunak. Penggunaan perangkat lunak untuk prototipe objek fisik disebut sebagai *computer aided design* (CAD). Kedua, ada program *computer aided manufacturing* (CAM) juga disebut sebagai penggeser yang mengubah desain menjadi spesifik, instruksi mekanis untuk *printer* robot. Ketiga, ada perangkat lunak kontrol *printer* yang mengirimkan instruksi ke *printer* agar menjadi bahan *prototipe*/ hasil cetak [3].



Gambar 4. Skema CAD Software



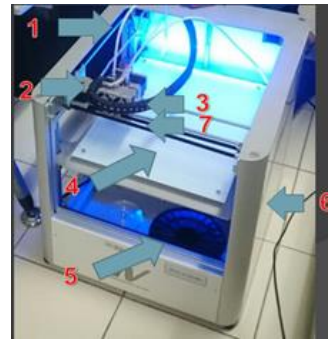
Gambar 5. Skema CAM Software

Pada table 1, menjelaskan tentang kelebihan dan kekurangan pada mesin 3d printer secara umum, diantaranya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Kelebihan dan kekurangan 3D print

Kelebihan	Kekurangan
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proses pembuatan produk cepat.</li> <li>• Proses pembuatan produk mudah.</li> <li>• Mendeteksi dini dan pengurangan kesalahan desain.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material yang digunakan jenisnya terbatas.</li> <li>• Bau material yang menyengat.</li> </ul>

Berikut adalah bagian bagian pada mesin 3D *printer* :



1. Filament
2. Fan
3. Heater
4. Base plate
5. Spull filament
6. Body

Gambar 6. Bagian-bagian 3d *printer*

Material yang akan digunakan pada penelitian ini adalah jenis *filament* PLA. Asam *polylactic* atau *polyactide* (PLA) adalah *poliester biodegradable* dan bioaktif yang terdiri dari blok bangunan asam laktat.

Pada masa awal, hanya PLA dengan kepadatan rendah yang diproduksi. Dengan menggunakan laktida sebagai bahan baku dan melalui proses polimerisasi pembukaan cincin, versi PLA kepadatan tinggi akhirnya dikembangkan. Berikut spesifikasi material PLA :

- Diameter Filamen: 1.75 mm
- Berat Spool : 1 kg
- Nozzle Temp : 190-220 ° C
- Base Plate Temp : 30 - 50 ° C
- Density : 1.25 g/cm<sup>3</sup> [5]

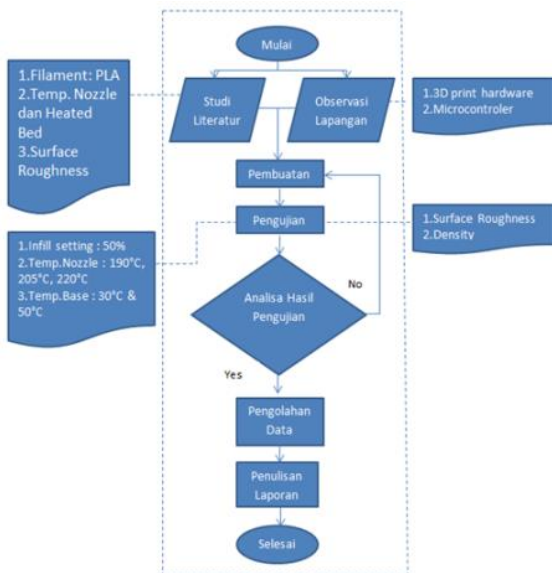
## 2.0 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium CNC jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Batam. Alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah :

1. 1 unit Mesin 3d printer merek *The Leapfrog Creatr HS*
2. *Filament* PLA
3. 1 unit PC
4. 1 unit kapi
5. 1 unit alat ukur *density*
6. 1 unit alat *surface roughness*

Gambar 7 merupakan langkah-langkah pengerjaan penelitian yang dijelaskan sebagai berikut:

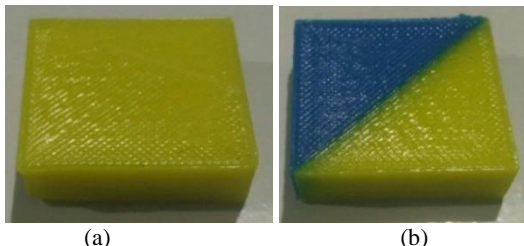
1. Membuat *design* dengan dengan *solidwork* kemudian *save as* dengan format (.stl)
2. *Connect printer* dengan laptop/pc
3. *Load file* (.stl) di aplikasi reptier host
4. *Print drawing*
5. Pengambilan data menggunakan alat ukur *density*
6. Pengambilan data menggunakan *surface roughness*



Gambar 7. Flowchart penelitian

### 3.0 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

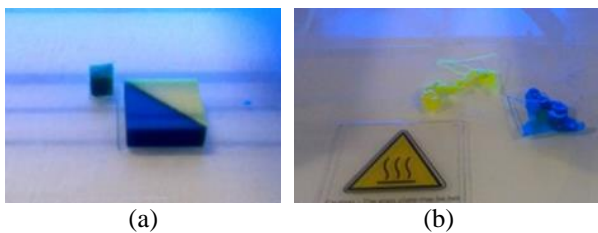
Di penelitian ini pengambilan data dilakukan dengan mencetak *speciment* terlebih dahulu. *Speciment* yang dicetak mempunyai ukuran 30x30x10 mm.



Gambar 8. *Speciment* (a) Single Nozzle (b) Dual Nozzle

Gambar 8 menjelaskan tentang perbedaan hasil akhir secara sempurna dari produk mesin 3D print dengan menggunakan *single* maupun *dual nozzle*. Pada saat proses cetak tiga dimensi pada *speciment* ada beberapa temperatur yang diteliti pada penelitian ini menghasilkan *speciment* yang *reject* atau gagal dalam proses cetak tiga dimensi.

Gambar 9 merupakan contoh *speciment* yang *reject* (Tidak berhasil membentuk benda 3D) dan tidak dapat melanjutkan ke proses penelitian berikutnya.



Gambar 9. (a) *Speciment approve* (b) *Speciment reject*

Selanjutnya, metode pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

**1. Proses pengambilan data dan perhitungan *density*** *Density* atau disebut dengan massa jenis adalah perbandingan antara massa suatu zat dengan volumenya.

$$\rho = m/V \tag{1}$$

$\rho$  = Massa jenis zat (kg/m<sup>3</sup> atau g/cm<sup>3</sup>)  
 $m$  = Massa benda (kg atau g)  
 $V$  = Volume benda (m<sup>3</sup> atau cm<sup>3</sup>)

Spesifikasi alat ukur, Gambar 10, *density* diatas adalah :

- Merk : KERN
- Ketelitian : 0.0001 g
- *Max Load* : 220 g
- *Min Load* : 10 mg



Gambar 10. (a) Alat ukur *density* (b) Pengukuran *density* pada *speciment*

Tabel 2 menjelaskan tentang hasil data yang didapatkan dengan parameter infill setting 50%, dengan federate 50mm/min:

Tabel 2. Data *Density Infill 50%*

Setting Parameter			Density (gr/cm <sup>3</sup> )			
Infill Setting (50%)	Temp. Nozzle	Temp. Base plate	Single Nozzle		Dual Nozzle	
			Glue	No glue	Glue	No glue
Feed rate (50 mm/min)	190 ° C	30° C	0.878	( Reject)	0.905	( Reject)
		50° C	0.870	0.867	0.890	( Reject)
	205 ° C	30° C	0.882	( Reject)	0.912	( Reject)
		50° C	0.877	0.882	0.891	( Reject)
220 ° C	30° C	0.880	0.869	0.886	( Reject)	
	50° C	0.882	0.872	0.890	( Reject)	

Dari data diatas diketahui bahwa pada spesifikasi material PLA sendiri mempunyai *density* yaitu 1.25 g/cm<sup>3</sup>, maka data diatas akan dikali dua , karena data diatas mempunya *infill setting* 50%. Tabel 3 dibawah ini mempunyai *density* dengan *infill setting* 100% :

Tabel 3. Data *Density Infill 100%*

Setting Parameter			Density (gr/cm <sup>3</sup> )			
Infill Setting (100%)	Temp. Nozzle	Temp. Base plate	Single Nozzle		Dual Nozzle	
			Glue	No glue	Glue	No glue
Feed rate (50 mm/min)	190° C	30° C	1.756	( Reject)	1.810	( Reject)
		50° C	1.739	1.734	1.781	( Reject)
	205° C	30° C	1.764	( Reject)	1.824	( Reject)
		50° C	1.755	1.764	1.782	( Reject)
	220° C	30° C	1.761	1.737	1.772	( Reject)
		50° C	1.764	1.744	1.781	( Reject)

Hasil *density* yang paling mendekati dengan *density* material PLA yakni 1.25 g/cm<sup>3</sup> adalah pada temperatur *nozzle* 190°C dan temperatur *base plate* 50°C dengan menggunakan lem ataupun tidak pada *single nozzle*, sedangkan pada *dual nozzle* temperatur *nozzle* 220°C dan *base plate* 30°C dengan menggunakan lem.

**2. Proses pengambilan data *Surfae Roughness***

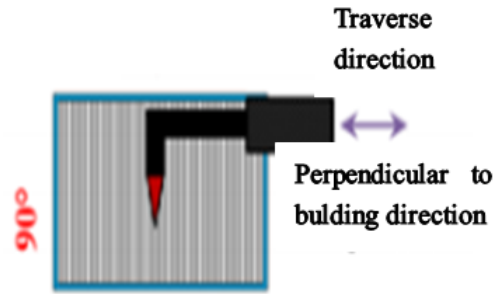
Angka kekasaran	Harga kekasaran (µm)
N12	50
N11	25
N10	12,5
N9	6,3
N8	3,2
N7	1,6
N6	0,8
N5	0,4
N4	0,2
N3	0,1
N2	0,05
N1	0,025



Gambar 11. Nilai harga kekasaran dan *surface roughness* tester

*Surface Roughness Tester* merupakan alat yang mampu mengukur tingkat kekasaran permukaan. Seperti dijelaskan pada gambar 11 dan gambar 12, Alat ini mempunyai ketelitian 0.02 µm. Ra (*roughness average*

of the *R-curve*) : nilai rata – rata aritmatik dari pengukuran kekasaran permukaan untuk panjang tertentu. Parameter pengukuran yang dipakai pada penelitian ini adalah Ra ( nilai rata-rata).



Gambar 12. Pengambilan data *surface roughness* 90°[5].

*Experiment method* pada pengukuran *surface roughness*:

**A. Single Tone**

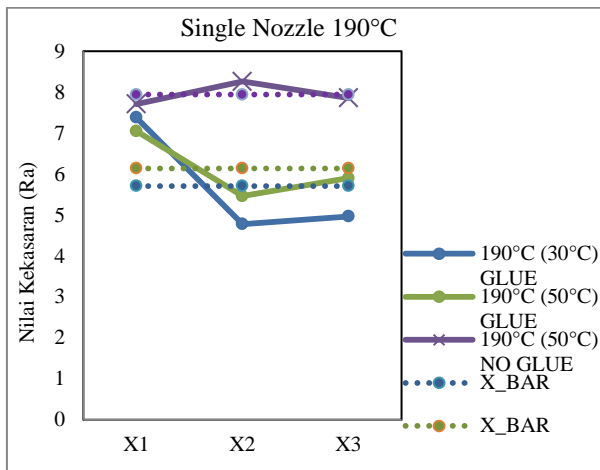
Proses pengambilan data dengan *surface roughness* pada *single tone* dengan metode mengarahkan ujung *dial indicator* dengan sudut 45°C dari arah alur pembuatan spesimen, seperti yang dijelaskan pada gambar 13 berikut ini.



Gambar 13. Pengambilan data *surfae roughness*

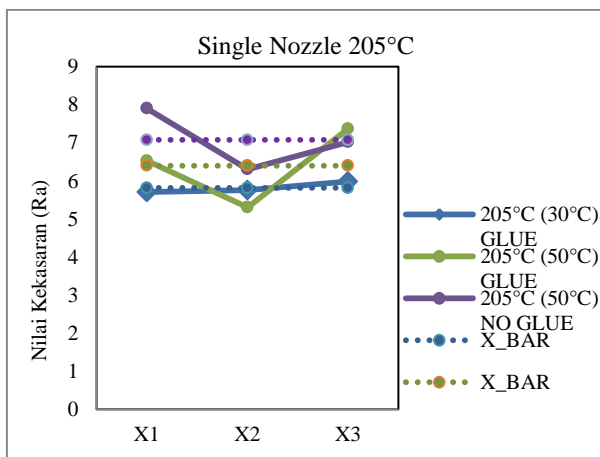
Tabel 4. Data *Surface Roughness* Single Nozzle

Setting Parameter			Surface Roughness (µm)							
Infill Setting (50%) Feedrate (50mm/min)	Temp. Nozle	Temp. Base plate	Single Nozzle							
			Glue				No glue			
			X1	X2	X3	X bar	X1	X2	X3	X bar
			190° C	30° C	7.383	4.778	4.966	5.709	( Reject)	
50° C	7.050	5.462		5.902	6.138	7.709	8.262	7.859	7.943	
205° C	30° C	5.708	5.757	5.985	5.816	( Reject)			( Reject)	
	50° C	6.531	5.306	7.371	6.402	7.904	6.308	7.022	7.078	
220° C	30° C	6.620	4.898	6.377	5.965	6.603	5.551	7.061	6.405	
	50° C	8.985	6.866	8.868	8.240	4.574	5.089	8.483	6.048	



Gambar 14. Grafik *surface roughness single nozzle temp. Nozzle 190°C*

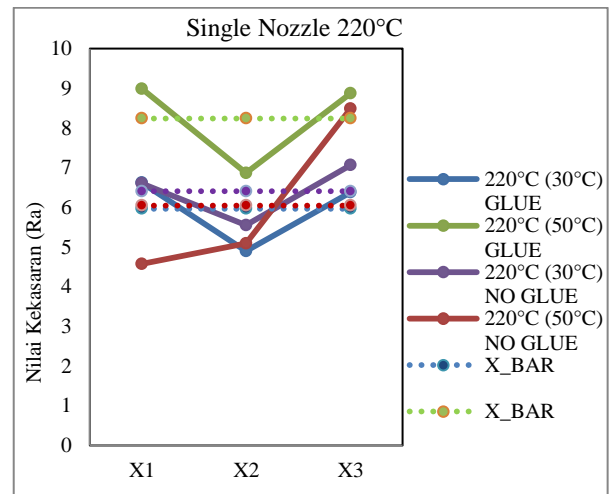
Pada gambar 14 di atas diketahui bahwa pada temperatur *nozzle* 190°C *base plate* 30°C dan tidak menggunakan lem adalah nilai kekasaran rata rata paling baik di *single nozzle* 190°C dengan Ra : 5.709 μm. Sedangkan hasil yang *reject* pada temperatur ini adalah dikarenakan material tidak menempel pada *base* karena tidak menggunakan lem.



Gambar 15. Grafik *surface roughness single nozzle temp. Nozzle 205°C*

Pada gambar 15 di atas diketahui bahwa pada temperatur *nozzle* 205°C *base plate* 30°C dan menggunakan lem adalah nilai kekasaran rata rata paling baik di *single nozzle* 205°C yaitu Ra : 5.816 μm. Sedangkan hasil yang *reject* pada temperatur ini adalah dikarenakan material tidak menempel pada *base* karena tidak menggunakan lem.

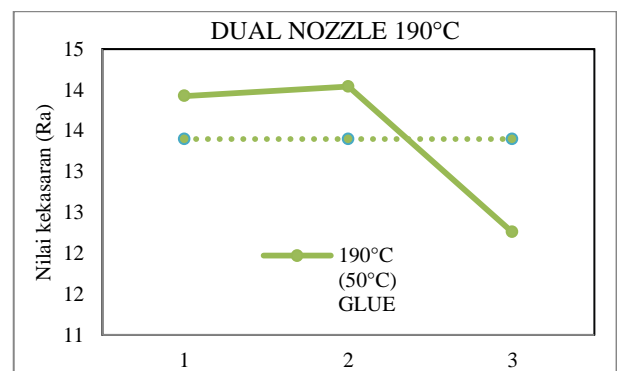
Pada gambar 16 diketahui bahwa pada temperatur *nozzle* 220°C *base plate* 30°C dan menggunakan lem adalah nilai kekasaran rata rata paling baik di *single nozzle* 220°C yaitu Ra : 5.965 μm.



Gambar 16. Grafik *surface roughness single nozzle temp. Nozzle 220°C*

### B. Dual Tone

Proses pengambilan data pada *dual tone* dengan metode 90° dari arah alur pembuatan *speciment*, dengan menggunakan arah ini dapat mengambil tingkat kekasaran paling tinggi diantara batas *dual tone* yang berbeda.

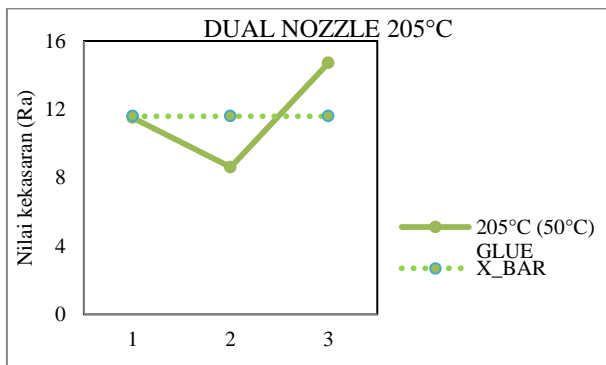


Gambar 17. Grafik *surface roughness dual nozzle temp. Nozzle 190°C*

Pada gambar 17 diketahui bahwa pada temperatur *nozzle* 190°C *base plate* 50°C dan menggunakan lem adalah nilai kekasaran rata rata paling baik di *dual nozzle* 190°C yaitu Ra : 13.40 μm. Sedangkan yang *reject* dikarenakan material mengangkat dan tidak menempel ke *base*, sehingga material akan lengket pada ujung *nozzle*. Dan pada data yang hasilnya *misalignment* maksudnya adalah saat proses pengambilan data pada *surface roughness* terdapat step atau sisi yang berbeda pada batas diantara *single tone* dan *dual tone* pada spesimen yang mengakibatkan *over range* pada hasil di data di *surface roughness test*.

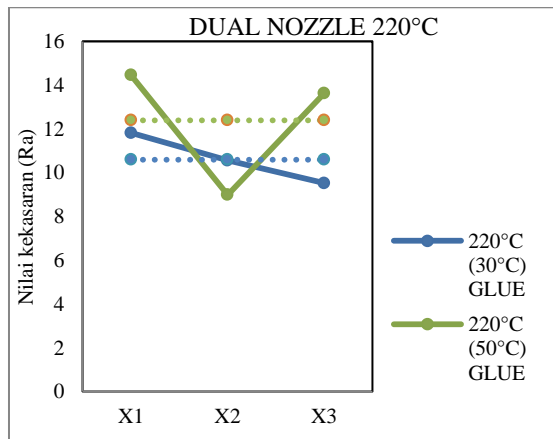
Tabel 5. Data Surface Roughness Dual Nozzle

Setting Parameter			Surface Roughness (µm)							
Infill Setting (50%) Feedrate(50m m/min)	Temp. Nozle	Temp. Base plate	Dual Nozzle							
			Glue				No glue			
			X1	X2	X3	X_bar	X1	X2	X3	X_bar
	190 °C	30° C	(Over Range)				( Reject)		( Reject)	
		50° C	13.927	14.043	12.260	13.4	( Reject)		( Reject)	
	205° C	30° C	(Over Range)				( Reject)		( Reject)	
		50° C	11.507	8.608	14.708	11.6	( Reject)		( Reject)	
	220 °C	30° C	11.825	10.566	9.526	10.6	( Reject)		( Reject)	
		50° C	14.463	8.992	13.636	12.4	( Reject)		( Reject)	



Gambar 18. Grafik surface roughness dual nozzle temp. Nozzle 190°C

Pada gambar 18 diketahui bahwa pada temperatur nozzle 205°C base plate 50°C dan menggunakan lem adalah nilai kekasaran rata rata paling baik di dual nozzle 205°C yaitu Ra : 11.6 µm. Sedangkan yang reject dikarenakan material mengangkat dan tidak menempel ke base, sehingga material akan lenket pada ujung nozzle. Dan pada data yang hasilnya miss alignment maksudnya adalah saat proses pengambilan data pada surface roughness terdapat step atau sisi yang berbeda pada batas diantara single tone dan dual tone pada spesimen yang mengakibatkan over range pada hasil di data di surface roughness test.



Gambar 19. Grafik surface roughness dual nozzle temp. Nozzle 220°C

Pada gambar 19 dapat disimpulkan bahwa pada

temperatur nozzle 220°C base plate 30°C dan menggunakan lem adalah nilai kekasaran rata rata paling baik di dual nozzle 220°C yaitu Ra :10.6 µm. Sedangkan yang reject dikarenakan material mengangkat dan tidak menempel ke base, sehingga material akan lenket pada ujung nozzle.

Spesimen reject atau miss alignment ( over range) pada saat pengukuran di surface roughness terdapat pada gambar 20 dibawah ini :



Gambar 20. Speciment Misalignment

### 3.0 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan pada penelitian ini didapat bahwa hasil kehalusan permukaan paling baik di single nozzle pada penelitian ini adalah pada temperatur nozzle 190°C dan base plate 30°C dengan menggunakan GLUE yaitu 5.709 µm. Sedangkan hasil density pada single nozzle yang paling mendekati dengan densitas material adalah pada temperatur nozzle 190°C dan base plate 50°C dengan tidak menggunakan GLUE yaitu 1.734 g/cm<sup>3</sup>.

Untuk hasil kehalusan permukaan paling baik di dual nozzle pada penelitian ini adalah pada temperatur nozzle 220°C dan base plate 30°C dengan menggunakan GLUE yaitu 10.600 µm. Hasil density pada dual nozzle yang paling mendekati dengan densitas material adalah pada temperatur nozzle 220°C dan base plate 30°C dengan menggunakan GLUE sebesar 1.772 g/cm<sup>3</sup>.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pratama, Fikri Galih, "Makalah 3D printing", Universitas Gunadarma, 2015.
- [2] Shahi, Baljinder Singh, "Advanced Manufacturing Techniques(3D Printing)", BBSBEC Fatehgarh Sahib, 2016.
- [3] Saxena, Abhishek, " A Comprehensive Study on 3D Printing Technology", U.P., India, 2016.

- [4] A. E. Larasati, Mengenal Lebih Dekat Teknologi 3D Printing, 04-Oct-2018. [Online]. Available: <https://idseducation.com/articles/mengenal-lebih-dekat-teknologi-3d-printing/>. [Accessed: 28-Dec-2018]
- [5] Elsayed, Abdurahman E, " *How Surface Roughness Performance of Printed Parts Manufactured by Desktop FDM 3D Printer with PLA is influenced by Measuring Direction*", Umm Al-Qura University, 2017
- [6] Sulayman, Donny, "Pengaruh Suhu Dari Heater Nozzle Terhadap Produk Printer 3D", Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia, 2015.
- [7] Shahi, S., Baljinder, "Advanced Manufacturing Teknik (Printing 3D)", Master's of Technology CAD/CAM Department of Mechanical Engineering, BBSBEC Fatehgarh Sahib, Volume- 4, 2016.
- [8] Khamran, Medhavi, Saxena, Abhishek, "Comprehensive Study on 3D Print Technology", M.Tech Scholar Mechanical Engineering Department, AKGEC, Ghaziabad,U.P.India, Faculty of MED, MIT,Moradabad, U.P., India,Vol-6,No- 2, India, 2016.
- [9] Al soufi, S.Mohammad, "How Surface Roughness Performance of Printed Parts Manufactured by Desktop FDM 3D Printer withPLA+ is Influenced by Measuring Direction", Department of Mechanical Engineering, College of Engineering and Islamic Architecture, Umm Al-Qura University, Makkah, KSA,.Saudi Arabia, Vol-5 No.5, 2017.
- [10] Alec, "Leapfrog 3D Printers unveils partnership with Ingram Micro and Materialise at CES". Jan 8, 2015. diakses Mei 2018. <http://www.3ders.org/articles/leapfrog-3d-printers-unveils-partnership-with-ingram-micro-and-materialise-at-ces.html>
- [11] Mengenal 3D Printer, 21-Mar-2017. [Online]. Available: <http://ilmuti.org/2017/03/21/mengenal-3d-printer/>. [Accessed: 07-May-2018].