

ANALISA PARAMETER OPTIMAL UNTUK KUALITAS HASIL CETAK 3D PRINTER DENGAN METODE TAGUCHI

Patrick¹⁾, I Wayan Sukania²⁾, Adianto³⁾

Program Studi Teknik Industri Universitas Tarumanagara

e-mail: ¹⁾patrick.545180048@stu.untar.ac.id, ²⁾wayans@ft.untar.ac.id, ³⁾adianto@ft.untar.ac.id

ABSTRAK

3D printing merupakan sebuah terobosan baru dalam dunia teknologi. Munculnya teknologi 3D printing sangat berpengaruh pada beberapa bidang industri, terutama dari segi ekonomi. Salah satu produk yang dapat dihasil oleh teknologi ini seperti prostetik dan dental 3D printing. Dari contoh produk tersebut, aspek yang perlu diperhatikan dalam produk 3D print adalah kekuatan dan ketelitian dimensi. Untuk mencari parameter optimal untuk kekuatan dan ketelitian dimensi, dibutuhkan konfigurasi parameter yang tepat pada proses 3D printing. Untuk pengolahan data, metode Taguchi digunakan dengan signal-to-noise ratios yang digunakan adalah larger-the-best untuk uji tarik kemudian nominal-the-best untuk ketelitian dimensi. Untuk ketelitian dimensi, parameter yang paling mempengaruhi adalah layer height kemudian top/bottom layer. Parameter yang paling optimal untuk mencapai target dimensi adalah dengan layer height 0,16 mm, wall line count 3, top/ bottom layer 6, dan infill pattern cubic dimana rata-rata dimensi tersebut adalah 19,856 mm dari target 20 mm. Untuk kekuatan tarik, parameter yang paling mempengaruhi untuk mencapai kekuatan tarik maksimal adalah top/bottom layer kemudian layer height. Parameter yang paling optimal untuk mencapai target kekuatan tarik adalah dengan layer height 0,24 mm, wall line count 1, top/bottom layer 6, dan infill pattern gyroid dimana rata-rata kekuatan tarik tersebut adalah 78,3 KgF.

Kata Kunci: 3D Printing, Parameter, Kekuatan tarik, Ketelitian dimensi, Metode Taguchi

ABSTRACT

3D printing is a new breakthrough in the world of technology. The emergence of 3D printing technology is very influential in several industrial fields, especially from an economic perspective. One of the products that can be produced by this technology is prosthetics and dental 3D printing. From these product examples, aspects that need to be considered in 3D printed products are strength and dimensional accuracy. To find optimal parameters for strength and dimensional accuracy, proper configuration of parameters is required in the 3D printing process. For data processing, the Taguchi method is used with the signal-to-noise ratios used are larger-the-best for tensile tests and nominal-the-best for dimensional accuracy. For dimensional accuracy, the most influencing parameter is layer height and then top/bottom layer. The most optimal parameters to achieve the target dimensions are 0.16 layer height, 3 wall line count, 6 top/bottom layer, and cubic infill pattern where the average dimension is 19.856 mm from the target 20 mm. For tensile strength, the most influencing parameter to achieve maximum tensile strength is the top/bottom layer and then the layer height. The most optimal parameters to achieve the tensile strength target are 0.24 mm layer height, 1 wall line count, 6 top/bottom layer, and infill pattern gyroid where the average tensile strength is 78.3 KgF.

Keywords: 3D Printing, Parameter, Tensile strength, Dimensional accuracy, Taguchi method

PENDAHULUAN

Hadirnya teknologi 3D *printing* dalam dunia manufaktur membawa perubahan besar pada dunia. Teknologi yang juga dikenal dengan sebutan *Additive Layer Manufacturing* ini sebenarnya sudah ada sejak tahun 1980-an. 3D *Printing* merupakan sebuah terobosan baru dalam dunia teknologi. Munculnya teknologi 3D *Printing* sangat berpengaruh pada beberapa bidang industri, terutama dari segi ekonomi. *Rapid prototyping* pada komponen mekanik dengan teknik-teknik dan volume produksi yang rendah dalam memproduksi prototype dengan cepat [1].

Salah satu produk yang dapat dihasil oleh teknologi ini seperti prostetik [2]. Prostetik yang dapat dicetak secara 3D dapat membuat prostetik menjadi lebih terjangkau. Kaki

palsu itu sendiri terbuat dari bahan yang ringan, namun tahan lama [3]. Para insinyur dan dokter dapat mengembangkan prostetik yang sepenuhnya disesuaikan dengan pemakainya. Konsumen yang memiliki 3D printer ini juga dapat membuat perangkat bantu yang dapat dicetak oleh hampir semua orang dan dimana saja [4].

Selain produk seperti prostetik, produk yang dapat dihasilkan oleh teknologi ini adalah pada *dental 3D printing* [5]. Pada *dental 3D printing*, apabila kita ingin membuat model gigi pasien maka biaya yang diperlukan sangat besar karena proses *machining* yang rumit untuk menghasilkan produk yang presisi [6]. 3D print menjadi alternatif yang mudah dan ekonomis untuk pembuatan model gigi.

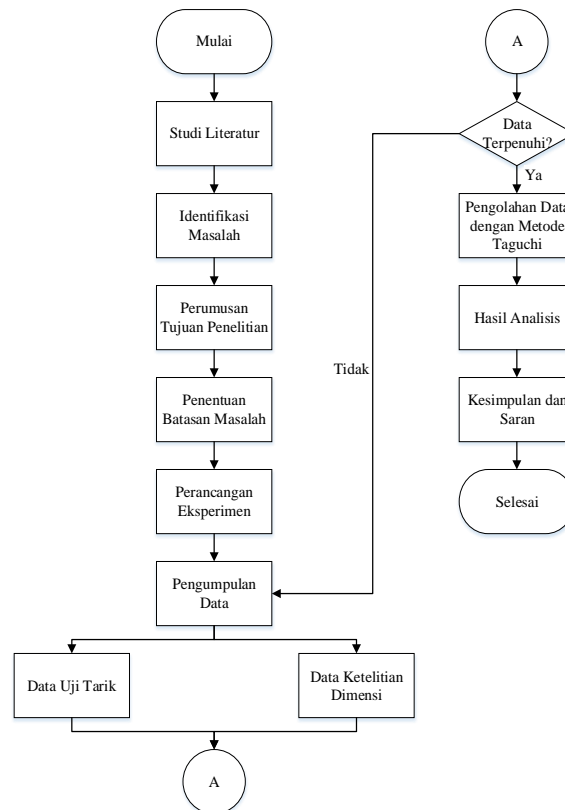
Dari kedua contoh produk tersebut, yaitu aspek yang perlu diperhatikan dalam hasil produk 3D print adalah kekuatan dan ketelitian dimensi. Untuk mencari kekuatan dan ketelitian dimensi yang optimal dibutuhkan konfigurasi parameter yang tepat pada proses 3D print. Karena 3D printer masih belum banyak digunakan di Indonesia [7]. Produk Untuk mencari kekuatan dan ketelitian dimensi yang optimal dibutuhkan konfigurasi parameter yang tepat pada proses 3D print.

Berdasarkan penelitian *Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM terhadap Akurasi Dimensi menggunakan Filamen Eflex* oleh Pristiansyah, Hasdiansah, dan Sugiyarto, *layer height* adalah parameter yang sangat mempengaruhi dalam akurasi dimensi karena jarak antar level *layer height* terlalu tinggi [8]. Oleh karena itu akan diteliti ulang lagi dengan level parameter yang jaraknya lebih rendah. Kemudian untuk parameter seperti suhu ekstrusi, suhu *bed*, *feed rate* akan menggunakan referensi dari penelitian yang berjudul *Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Filamen Polylactic Acid Menggunakan Metode Taguchi* oleh Deni Andriyansyah, Herianto, Purfaji [9]. Dari penelitian yang berjudul *Strategi Peningkatan Kualitas Kuat Tarik Produk Hasil Cetak 3D Printer dengan Pendekatan Analisis General Factorial Design* oleh Selna Rustam, [10] *infill pattern cubic* akan diteliti ulang dengan *pattern* lainnya seperti *gyroid* dan *concentric* karena ada artikel yang berjudul *What is the Best Infill Pattern for 3D Printing* oleh Michael Dwamena yang mengatakan bahwa selain *cubic*, parameter *gyroid* dan *concentric* adalah parameter yang terbaik [11]. Untuk posisi orientasi objek pada proses 3D Printing akan menggunakan posisi horizontal karena pada penelitian yang berjudul *Orientasi Objek Pada Proses 3D Printing Bahan Polymer PLA dan ABS terhadap Kekuatan Tarik dan Ketelitian Dimensi* oleh Sobron Lubis, Sofyan Djamil, dan Yolanda disimpulkan bahwa posisi tersebut yang terbaik [12].

Penelitian sebelumnya yang sudah diteliti akan dijadikan referensi dan diteliti ulang seperti *infill pattern* dan *layer height* dan parameter yang akan diuji adalah *wall line count* dan *top/bottom layer*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur, kemudian dilanjutkan dengan identifikasi masalah. Setelah identifikasi masalah sudah didapatkan maka dilanjutkan dengan perumusan tujuan penelitian, lalu penentuan batasan masalah. Setelah itu perancangan eksperimen dilakukan dengan menentukan parameter yang akan diuji dan pengumpulan data yang terdiri dari data uji tarik dan data ketelitian dimensi. Setelah data terpenuhi maka dilakukan pengolahan data dengan metode Taguchi untuk mengetahui hasil analisis. Langkah terakhir setelah mendapatkan hasil analisis adalah membuat kesimpulan dan saran. Berikut adalah gambar *flowchart* metodologi penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Metodologi Penelitian

Pada perancangan eksperimen, langkah yang perlu dilakukan adalah menentukan konfigurasi awal yang digunakan sebagai acuan atau *benchmark* pada penelitian ini. Berikut adalah tabel *benchmark* atau tolak ukur pada model untuk kedua uji pada penelitian ini yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter *Benchmark*

No	Parameter	Nilai <i>Benchmark</i>
1	<i>Layer Height</i>	0,2 mm
2	<i>Wall Line Count</i>	2
3	<i>Top/Bottom Layer</i>	4
4	<i>Infill Density</i>	20 %
5	<i>Infill Pattern</i>	<i>Cubic</i>
6	<i>Printing Temperature</i>	215 °C
7	<i>Build Plate Temperature</i>	60 °C
8	<i>Print Speed</i>	50 mm/s
9	<i>Fan Speed</i>	100 %
10	<i>Build Plate Adhesion</i>	Skirt

Selanjutnya menentukan parameter konfigurasi yang akan diuji dan *level*-nya. Berikut adalah tabel parameter cetak untuk uji tarik dan ketelitian dimensi yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Cetak

Parameter	Level		
	1	2	3
<i>Layer Height</i>	0,16 mm	0,20 mm	0,24 mm
<i>Wall Line Count</i>	1	2	3
<i>Top/Bottom Layer</i>	2	4	6
<i>Infill Pattern</i>	<i>Gyroid</i>	<i>Cubic</i>	<i>Concentric</i>

Kemudian setelah menentukan konfigurasi awal, langkah selanjutnya adalah menentukan *orthogonal array* untuk pengumpulan data. *Orthogonal array* yang digunakan adalah L9 karena jumlah faktornya 4 dengan masing-masing level 3. Berikut adalah tabel *orthogonal array* L9 yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter untuk Uji Ketelitian

No	Layer Height	Wall Line Count	Top/Bottom Layer	Infill Pattern
1	0,16	1	2	Gyroid
2	0,16	2	4	Cubic
3	0,16	3	6	Concentric
4	0,2	1	4	Concentric
5	0,2	2	6	Gyroid
6	0,2	3	2	Cubic
7	0,24	1	6	Cubic
8	0,24	2	2	Concentric
9	0,24	3	4	Gyroid

Pengumpulan data dimulai dengan membuat hasil cetakan dengan parameter yang sudah sesuai dengan *orthogonal array* sebanyak 3 replikasi, kemudian menghitung hasil uji tarik dan dimensi dari setiap cetakan.

Pengolahan data uji tarik dan ketelitian dimensi pada penelitian ini menggunakan metode taguchi. *Software* yang digunakan untuk mengolah data tersebut adalah *Minitab*. Metode ini dimulai dengan menggunakan *signal-to-noise ratios*. Pengolahan data *signal-to-noise ratios* yang digunakan adalah *larger-the-better* untuk uji tarik karena semakin tinggi nilai kuat tarik maka semakin maksimal kemudian *nominal-the-best* untuk ketelitian dimensi karena semakin dekat jarak nilai dimensi yang diinginkan semakin hasilnya maksimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji ketelitian dimensi digunakan untuk mengetahui keakuratan dari produk pada saat proses pencetakan. Metode yang digunakan untuk mengolah data tersebut adalah metode *Taguchi* dengan *S/N nominal the best* 20 mm. Sebelum mengubah parameter pada proses pencetakan, perlu adanya *benchmark* yang digunakan untuk perbandingan ketelitian dimensi dengan proses yang optimal. Berikut adalah hasil dari dimensi X, Y, dan Z yang dapat dilihat pada Tabel 4.

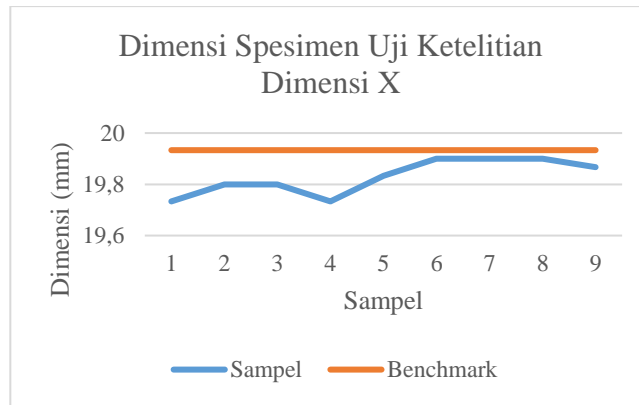
Tabel 4. Dimensi *Benchmark* Kubus

X (mm)				Y (mm)				Z (mm)			
Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	\bar{R}	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	\bar{R}	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	\bar{R}
20	19,9	19,9	19,93	19,9	19,9	19,8	19,87	19,8	19,7	19,7	19,73

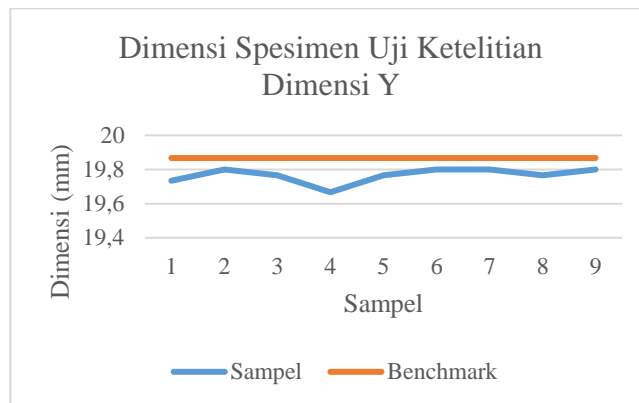
Jumlah kubus yang dicetak untuk uji ketelitian ini berjumlah 27 dan hasil cetak dari kubus kemudian diberikan nomor untuk membantu dalam pengolahan data. Berikut adalah hasil dimensi dan grafik dari masing-masing kubus yang dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 2 sampai 4.

Tabel 5. Dimensi Spesimen Uji Ketelitian Dimensi

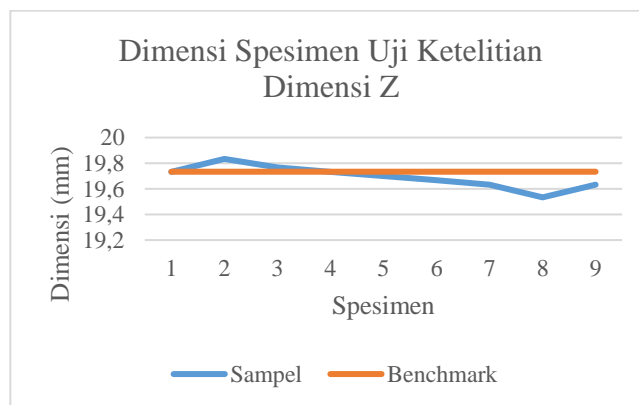
Sampel	X (mm)				Y (mm)				Z (mm)			
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	\bar{R}	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	\bar{R}	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	\bar{R}
1	19,7	19,8	19,7	19,73	19,7	19,7	19,8	19,73	19,7	19,7	19,8	19,73
2	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,9	19,9	19,7	19,83
3	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,7	19,8	19,77	19,7	19,8	19,8	19,77
4	19,7	19,8	19,7	19,73	19,7	19,7	19,6	19,67	19,7	19,8	19,7	19,73
5	19,8	19,8	19,9	19,83	19,7	19,8	19,8	19,77	19,7	19,6	19,8	19,7
6	19,9	19,9	19,9	19,9	19,8	19,8	19,8	19,8	19,6	19,7	19,7	19,67
7	19,9	19,9	19,9	19,9	19,8	19,8	19,8	19,8	19,7	19,6	19,6	19,63
8	19,9	19,9	19,9	19,9	19,8	19,8	19,7	19,77	19,5	19,6	19,5	19,53
9	19,9	19,9	19,8	19,87	19,8	19,8	19,8	19,8	19,7	19,6	19,6	19,63
\bar{R}				19,83				19,77				19,69



Gambar 2. Grafik Dimensi Spesimen Uji Ketelitian Dimensi X



Gambar 3. Grafik Dimensi Spesimen Uji Ketelitian Dimensi Y

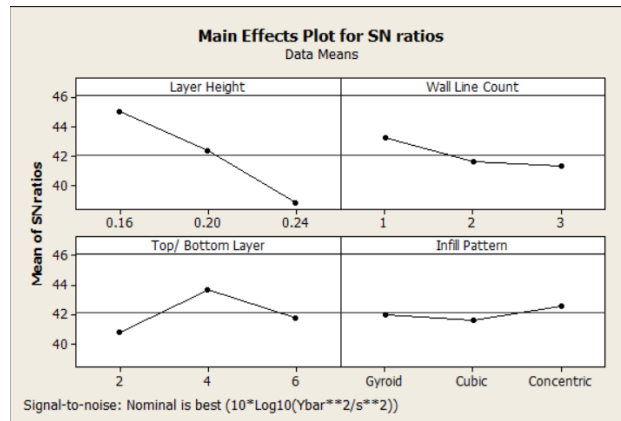


Gambar 4. Grafik Dimensi Spesimen Uji Ketelitian Dimensi Z

Pengolahan data menggunakan metode *Taguchi* dengan *software minitab 16*. Data yang dimasukkan adalah data parameter yang digunakan dan hasil dimensi dari parameter tersebut. Tabel respon untuk *signal-to-noise ratios* ketelitian dimensi dan grafik *main effect plots for signal-to-noise ratios* uji ketelitian dimensi dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 5.

Tabel 6. Respon *S/N Ratios Nominal the Best* Uji Ketelitian Dimensi

Level	Layer Height	Wall Line Count	Top/Bottom Layer	Infill Pattern
1	51,77	48,86	46,30	48,01
2	47,65	46,35	48,54	46,72
3	43,60	47,82	48,18	48,29
Delta	8,18	2,51	2,24	1,57
Rank	1	2	3	4

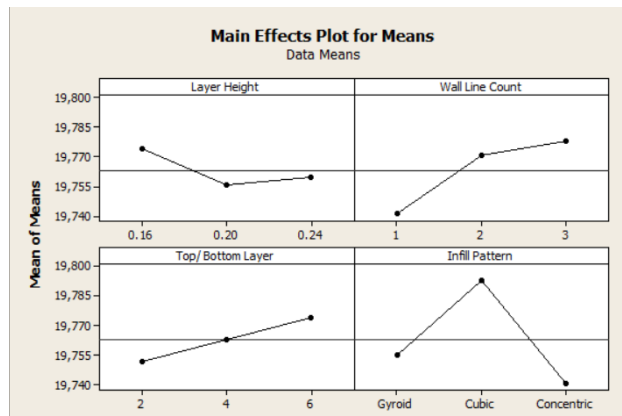


Gambar 5. Grafik *Main Effect Plots for S/N Ratios* Uji Ketelitian Dimensi

Selain *signal-to-noise ratios*, respon lain yang dihitung adalah *mean*. Tabel respon untuk *mean* ketelitian dimensi dan grafik *main effect* respon untuk *mean* dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 6.

Tabel 7. Respon *Mean* Uji Ketelitian Dimensi

Level	Layer Height	Wall Line Count	Top/Bottom Layer	Infill Pattern
1	19,77	19,74	19,75	19,76
2	19,76	19,77	19,76	19,79
3	19,76	19,78	19,77	19,74
Delta	0,02	0,04	0,02	0,05
Rank	4	2	3	1



Gambar 6. Grafik *Main Effect Plots for Mean* Uji Ketelitian Dimensi

Setelah mendapatkan tabel respons *S/N ratios* dan *mean*, langkah selanjutnya adalah untuk mendapatkan nilai *S/N ratios* dan *mean* maksimal dengan menggunakan metode *predict taguchi*. Pada *S/N ratios* parameter yang paling optimal adalah *layer height* sebesar 0,16, *wall line count* sebesar 1, *top/bottom layer* sebesar 4, dan *infill pattern* *concentric*. Untuk mencari *mean* terbaik adalah dengan *layer height* 0,16, *wall line count* sebesar 3, *top/bottom layer* sebesar 6, dan *infill pattern* *cubic*.

Dengan memasukkan nilai optimal dari setiap parameter yang diteliti maka akan mendapatkan nilai *S/N ratios* dan *mean* yang maksimal. Berikut adalah nilai *S/N ratios* dan *mean* dengan parameter terbaik yang dapat dilihat pada Tabel 8.

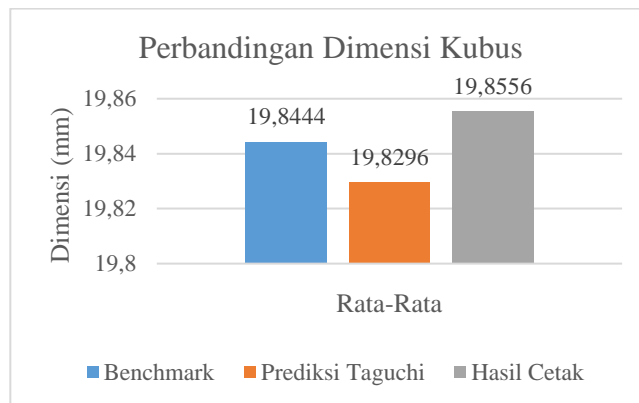
Tabel 8. Respon Prediksi S/N

Layer Height	Wall Line Count	Top/Bottom Layer	Infill Pattern	S/N Ratios	Mean
0,16	1	4	Concentric	54,4396	19,7296
0,16	3	6	Cubic	51,4673	19,8296

Setelah mendapatkan setiap parameter untuk nilai rata-rata tertinggi dari prediksi *taguchi*, maka langkah selanjutnya adalah menggunakan parameter tersebut untuk mencetak hasil kubus dan membandingkan hasil prediksi dengan hasil cetak yang dapat dilihat pada Tabel 9 dan Gambar 7.

Tabel 9. Perbandingan Dimensi Kubus

Prediksi (mm)	Hasil Cetak (mm)									Rata-Rata
	Spesimen 1			Spesimen 2			Spesimen 3			
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
19,8296	19,9	19,8	19,7	19,7	19,7	19,8	19,7	19,7	19,8	19,85556



Gambar 7. Grafik Perbandingan Dimensi Kubus

Uji kekuatan tarik digunakan untuk mengetahui kekuatan dari sebuah produk pada proses pencetakan lebih spesifiknya *tensile strength*. Metode yang digunakan untuk mengolah data tersebut adalah metode *Taguchi* dengan *S/N Larger the Better*. Sebelum mengubah parameter pada proses pencetakan, perlu adanya *benchmark* yang digunakan untuk perbandingan kekuatan dengan proses yang optimal. Berikut adalah hasil dari *benchmark* kekuatan tarik yang dapat dilihat pada Tabel 10.

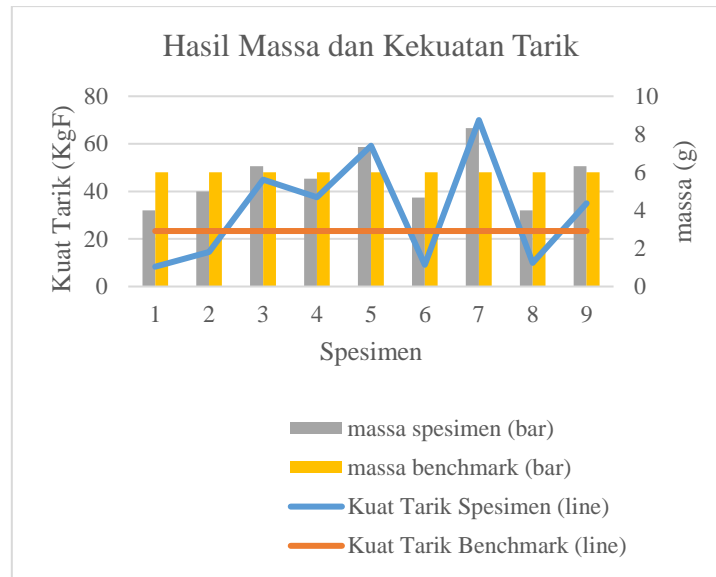
Tabel 10. Hasil Benchmark Kekuatan Tarik Spesimen

Massa Benda (g)	Kekuatan Tarik (KgF)		
	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
6	20	27,5	22,5

Jumlah spesimen yang dicetak untuk uji kekuatan tarik ini berjumlah 27 dan hasil cetak dari spesimen kemudian diberikan nomor untuk membantu dalam pengolahan data. Berikut adalah hasil kekuatan tarik dan grafik dari masing-masing spesimen yang dapat dilihat pada Tabel 11 dan Gambar 8.

Tabel 11. Hasil Kekuatan Tarik Spesimen

Spesimen	Massa Benda (g)	Kekuatan Tarik (KgF)		
		Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
1	4	10	10	5
2	5	22,5	11,25	10
3	6,33	35	40	60
4	5,67	35	40	37,5
5	7,33	57,5	60	60
6	4,67	10	10	7,5
7	8,33	70	70	70
8	4	10	10	10
9	6,33	35	35	35

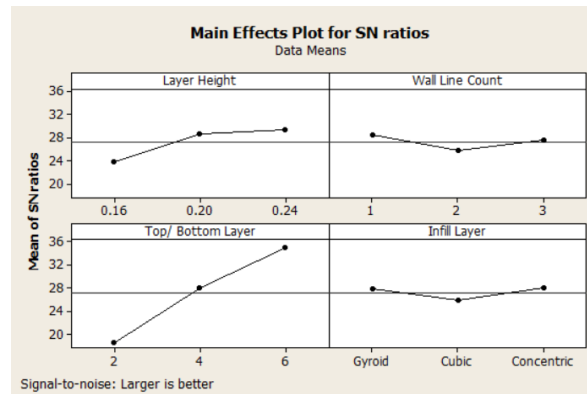


Gambar 8. Grafik Kekuatan Tarik Spesimen

Pengolahan data menggunakan metode Taguchi dengan *software minitab 16*. Data yang dimasukkan adalah data parameter yang digunakan dan hasil kekuatan tarik dari parameter tersebut. Tabel respon untuk *signal-to-noise ratios* kekuatan tarik dan grafik *main effect plots for signal-to-noise ratios* uji kekuatan tarik dapat dilihat pada Tabel 12 dan Gambar 9.

Tabel 12. Respon *S/N Ratios Larger the Better* Uji Kekuatan Tarik

Level	Layer Height	Wall Line Count	Top/Bottom Layer	Infill Pattern
1	23,73	28,44	18,66	27,77
2	28,63	25,74	28,40	25,90
3	29,26	27,43	34,92	27,95
Delta	5,53	2,70	16,26	2,06
Rank	2	3	1	4

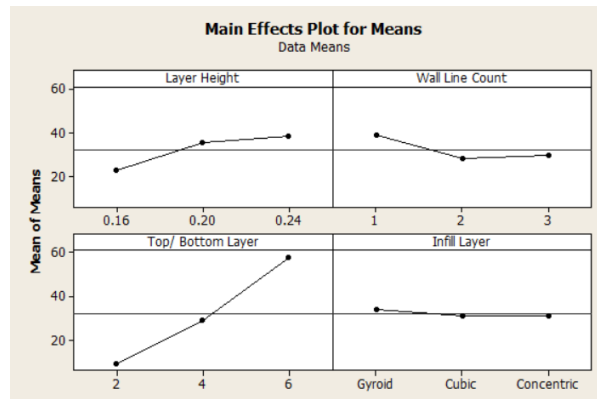


Gambar 9. Grafik *Main Effect Plots for S/N Ratios* Uji Kekuatan Tarik

Setelah *signal-to-noise ratios*, respon lain yang dihitung adalah *mean*. Tabel respon untuk *mean* ketelitian dimensi dan grafik *main effect* respon untuk *mean* dapat dilihat pada Tabel 13 dan Gambar 10.

Tabel 13. Respon *Mean* Uji Kekuatan Tarik

Level	Layer Height	Wall Line Count	Top/Bottom Layer	Infill Pattern
1	22,639	38,611	9,167	34,167
2	35,278	27,917	29,028	31,250
3	38,333	29,722	58,056	30,833
Delta	15,694	10,694	48,889	3,333
Rank	2	3	1	4



Gambar 10. Grafik *Main Effect Plots for Mean* Uji Kekuatan Tarik

Setelah mendapatkan tabel respons *S/N ratios* dan *mean*, langkah selanjutnya adalah mendapatkan nilai *S/N ratios* dan *mean* maksimal dengan menggunakan metode *predict taguchi*. Pada *S/N ratios* parameter yang paling optimal adalah *layer height* sebesar 0,24, *wall line count* sebesar 1, *top/ bottom layer* sebesar 6, dan *infill pattern concentric*. Untuk mencari *mean* terbaik adalah dengan *layer height* 0,24, *wall line count* sebesar 1, *top/ bottom layer* sebesar 6, dan *infill pattern gyroid*. Dengan memasukkan nilai optimal dari setiap parameter yang diteliti maka akan mendapatkan nilai *S/N ratios* dan *mean* yang maksimal. Berikut adalah nilai *S/N ratios* dan *mean* dengan parameter terbaik yang dapat dilihat pada Tabel 14.

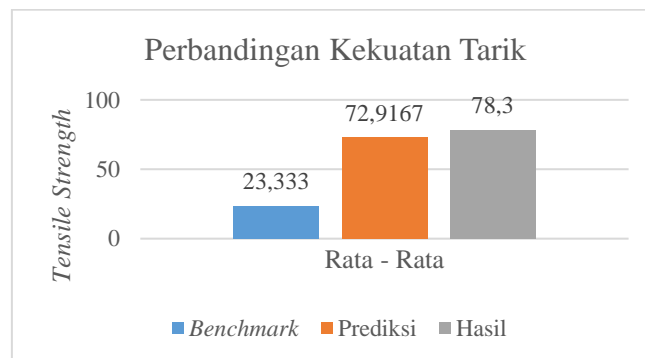
Tabel 14. Respon Prediksi *S/N Ratios* dan Respon *Mean*

<i>Layer Height</i>	<i>Wall Line Count</i>	<i>Top/Bottom Layer</i>	<i>Infill Pattern</i>	<i>S/N Ratios</i>	<i>Mean</i>
0,24	1	6	<i>Concentric</i>	38,9591	68,5833
0,24	1	6	<i>Gyroid</i>	38,7749	72,9167

Setelah mendapatkan setiap parameter untuk nilai rata-rata tertinggi dari prediksi *taguchi*, maka langkah selanjutnya adalah menggunakan parameter tersebut untuk mencetak spesimen dan membandingkan hasil prediksi dengan hasil cetak. Berikut adalah tabel dan grafik perbandingan kekuatan tarik antara prediksi dan hasil cetak yang dapat dilihat pada Tabel 15 dan Gambar 11.

Tabel 15. Perbandingan Kekuatan Tarik Spesimen

Prediksi (KgF)	Hasil Cetak (KgF)			
	Massa (g)	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
72,917	8	75	77,5	82,5
				\bar{S}
				78,3



Gambar 11. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik

Hasil uji ketelitian dimensi memiliki rata-rata dimensi 19,76 dari nominal target 20. Rata-rata tersebut dipengaruhi oleh dimensi Z yang memiliki rata-rata dimensi 19,69

sedangkan rata-rata dimensi X dan dimensi Y adalah 19,83 dan 19,77. Jauhnya rata-rata dimensi Z disebabkan oleh fenomena yang dinamakan *elephant foot* yaitu pada saat alas melebar karena *bed* yang terlalu tinggi.

Pada tabel respon *signal-to-noise ratios*, parameter yang paling mempengaruhi adalah *layer height* kemudian *wall line count*. *Layer height* menjadi parameter yang paling pengaruh dikarenakan setiap layer yang dicetak memiliki tinggi yang berbeda-beda, dimana semakin tinggi setiap layer dicetak, maka semakin tidak akurat dimensi. Sedangkan berdasarkan respon mean, parameter yang paling mempengaruhi adalah *infill pattern* kemudian *wall line count*.

Hasil uji kekuatan tarik dari semua spesimen memiliki rata-rata kekuatan tarik 32,08 KgF. Pada tabel respon *signal-to-noise ratios* dan *mean*, parameter yang paling mempengaruhi adalah *top/bottom layer* kemudian *layer height*. *Top/bottom layer* menjadi parameter yang paling pengaruh dikarenakan semakin terisi suatu layer dari sebuah objek maka semakin besar kekuatan tariknya.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan untuk mencari parameter optimal untuk kualitas hasil cetak 3D *printer* dengan metode Taguchi, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk segi ketelitian dimensi, nilai parameter yang paling mempengaruhi untuk mendapatkan dimensi yang akurat adalah *layer height* kemudian *wall line count*, *top/bottom layer*, *infill pattern*. Parameter yang paling optimal untuk mencapai target dimensi adalah dengan *layer height* 0,16, *wall line count* 3, *top/bottom layer* 6, dan *infill pattern cubic* dimana rata-rata dimensi tersebut adalah 19,86 mm dari target 20 mm. Untuk segi kekuatan tarik, nilai parameter yang paling mempengaruhi untuk mendapatkan kekuatan tarik tertinggi adalah *top/bottom layer* dilanjutkan dengan *layer height* kemudian *wall line count* dan terakhir *infill pattern*. Parameter yang paling optimal untuk mencapai target kekuatan tarik adalah dengan *layer height* 0,24 mm, *wall line count* 1, *top/bottom layer* 6, dan *infill pattern gyroid* dimana rata-rata kekuatan tarik tersebut adalah 78,30 KgF.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mohsen, A. The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. *Business Horison*, vol. 60, issue 5. P. 677-688, 2017.
- [2] Amalia, E. I. Medcom.id, "Printer 3D dapat Digunakan untuk Membuat Prostetik", April 2015, <https://www.medcom.id/teknologi/news-teknologi/Zke6ZQ6K-printer-3D-dapat-digunakan-untuk-membuat-prostetik>
- [3] Ottobock. Ottobock, "Hal yang Perlu Anda Ketahui Sebelum Mendapatkan Kaki Palsu Prostetik", April 2020, <https://www.ottobock.id/id/artikel/kaki-palsu/hal-yang-perlu-anda-ketahui-sebelum-mendapatkan-kaki-palsu-prostetik>
- [4] e-Nable. NIH 3D Print Exchange, "3D Printable Prosthetic Devices", October 2015, <https://3Dprint.nih.gov/collections/prosthetics>
- [5] Colgate. Colgate, "Dental Technology: 3D Printed Teeth and More", Jan 2021, <https://www.colgate.com/en-us/oral-health/selecting-dental-products/dental-technology-3D-printed-teeth-and-more>
- [6] Formlabs. Formlabs, "Understanding Accuracy, Precision, and Tolerance in 3D Printing", April 2018, <https://formlabs.com/asia/blog/understanding-accuracy-precision-tolerance-in-3D-printing>
- [7] Tempo.co, Tempo "Wawancara: 3D Printer Belum Banyak Dijual", April 2015, <https://tekno.tempo.co/read/654521/wawancara-3D-printer-belum-banyak-dijual>

- [8] Pristiansyah, P., Hasdiansah, H., dan Sugiyarto, S., “Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM terhadap Akurasi Dimensi menggunakan Filament Eflex”, *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 11(01), 33-40, 2019.. <https://doi.org/10.33504/manutech.v11i01.98>
- [9] Andriyansyah, D., Herianto, Purfaji, “Optimasi Parameter Proses 3D Printing terhadap Kuat Tarik Filamen Polylactic Acid menggunakan Metode Taguchi”, *In Proc. Seminar Nasional Pendidikan Teknik Otomotif*, ISSN : 2338-0284
- [10] Rustam, S., “Strategi Peningkatan Kualitas Kuat Tarik Produk Hasil Cetak 3D Printer Dengan Pendekatan Analisis General Factorial Design,” Skripsi S.T., Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia.
- [11] Dwamena, M., “What is the Best Infill Pattern for 3D Printing”, Juni 2015, <https://3Dprinterly.com/what-is-the-best-infill-pattern-for-3D-printing/>
- [12] Lubis, S., Djamil, S., Yolanda, “Pengaruh Orientasi Objek pada Proses 3D Printing Bahan Polymer PLA dan ABS terhadap Kekuatan Tarik dan Ketelitian Dimensi Produk”, *Sinergi*, vol 20, no 1, 2016, p-ISSN: 1410-2331.