

## Optimasi Parameter 3D Printing Terhadap Keakuratan Dimensi dan Kekasaran Permukaan Produk Menggunakan Metode Taguchi Grey Relational Analysis

Andik Aris Setiawan<sup>1\*</sup>, Bayu Wiro Karuniawan<sup>2</sup>, Nurvita Arumsari<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia<sup>1,2</sup>

Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111, Indonesia.<sup>3</sup>

E-mail: andikaris06@gmail.com<sup>1\*</sup>

---

**Abstract** – The process of 3D printing using FDM (Fused Deposition Modelling) technology have many disadvantages, which are per layer product building system, different material properties and undefined parameters that makes it difficult to produce an optimum product quality. Therefore, the user of FDM technology 3D printing machine must do a research to achieve the correct parameter to have the optimum quality. In order to have the optimum product quality a research of parameter using optimization method is required. In this research, an experiment of specimen printing using 3D FDM technology 3D printing machine is done, the material is PLA (polylactic acid) with various different combination of parameters. The experiment is done in accordance with the experiment design designed with Taguchi Grey Relational Analysis method, combining two responses in one process to achieve the optimum parameter. After the optimum parameter is predicted, a confirmation experiment is conducted to prove that the parameter is correct and optimum. The result of this research are parameters with level of (A)1, (B)2, and (C)1 which is (A) 20 mm/s printing speed, (B) 210° C printing temperature, and (C) layer height resulting in 99% average dimensional accuracy and average roughness value of 11  $\mu\text{m}$ . Therefore, it is concluded that the best 3D printing parameter is that of low level

**Keywords:** 3D Printing, Fused Deposition Modelling (FDM), Optimization, Parameter, PLA, Taguchi Grey Relational Analysis.

---

### 1. PENDAHULUAN

Sering kali dibutuhkan produk *single part* berbahan plastik dimana hanya membutuhkan satu atau beberapa produk yang digunakan tanpa perlu produksi masal dan bersifat *custom design*, produk yang bersifat *custom design* hanya dapat dibuat dengan mesin 3d printer. Oleh karena itu teknologi 3d printing adalah solusi untuk memenuhi permintaan produk plastik yang bersifat *custom design* namun tidak harus produksi masal.

Salah satu teknologi 3D printing yang sering dijumpai di pasaran adalah 3d printer dengan teknologi FDM (Fused Deposition Modelling). Namun teknologi FDM (Fused Deposition Modelling) memiliki kelemahan karena teknologi ini menggunakan proses *building per layer* sehingga permukaan yang dihasilkan terlihat memiliki garis yang menunjukkan batas antar layer. Garis atau batas *per layer* tersebut dipengaruhi oleh kecepatan gerak printer untuk membuat pola (*print speed*), ketebalan atau ketinggian atau jarak *per layer* (*layer height*), dan *texture* plastik cair yang disebabkan suhu cetak (*printing temperature*).

Parameter-parameter tersebut tidak memiliki nilai pasti dalam proses pengerjaannya, karena hanya berupa *ranges* sehingga dibutuhkan pencarian

nilai yang tepat untuk mendapatkan hasil produk yang maksimal. Penelitian sebelumnya Abdullah dkk. (2014) mengenai analisis pengaruh orientasi cetak vertikal dan horizontal serta variasi tinggi layer untuk mengetahui sifat mekanik dan topologi spesimen ABS dengan menguji tarik spesimen hasil 3D printing. Dimana pengaturan tinggi layer terbesar pada ketinggian 0,3 dengan orientasi horizontal menunjukkan tingkat kekasaran tertinggi, dan kekuatan tarik terbesar terdapat pada percobaan dengan tinggi layer 0,1 dengan orientasi vertikal.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter yang tepat dalam proses 3d printing menggunakan material *filament* PLA agar mendapat luaran yang diinginkan yaitu permukaan yang halus dan dimensi yang lebih akurat. Semua parameter yang meliputi *print speed*, *layer high*, dan *melting temperature* dianalisa menggunakan metode Taguchi Grey Relational Analysis. Metode taguchi adalah metodologi baru bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk, proses, dan dapat menekan biaya *resources* seminimal mungkin. Metode ini digunakan karena memungkinkan melaksanakan penelitian yang memiliki banyak faktor dan jumlah, hal ini memungkinkan diperoleh suatu proses yang

menghasilkan produk yang konsisten dan kokoh terhadap faktor yang tidak dikontrol (faktor gangguan), serta menghasilkan kesimpulan mengenai respon terhadap kombinasi, komposisi faktor-faktor, dan level dari faktor-faktor yang menghasilkan respon yang optimum (Soejanto, 2009).

## 2. METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan adalah semua metode berdasarkan desain eksperimen *taguchi*, yaitu mulai dari perencanaan eksperimen, pengambilan data, analisis data, dan eksperimen konfirmasi.

### 2.1 Menentukan Matrik orthogonal.

Matrik orthogonal berdasarkan perhitungan derajat kebebasan dimana rumus untuk mencari derajat kebebasan adalah sebagai berikut:

$$V_{fl} = (\text{banyak level} - 1)^1 \quad (1)$$

Setelah derajat kebebasan didapatkan maka dapat digunakan untuk memilih matrik orthogonal atau rancangan eksperimen.

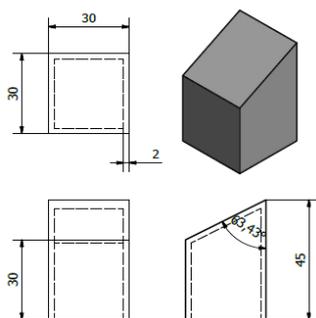
Tabel 1: Matrik Ortogonal tiga level

Matrik Ortogonal Tiga level		
$L_9(3^4)$	$L_{27}(3^{11})$	$L_{81}(3^{40})$

Pemilihan matrik orthogonal paling tidak sama dengan derajat kebebasan atau lebih besar dari derajat kebebasan.

### 2.2 Pelaksanakan Eksperimen dan Pengambilan Data

Eksperimen dilakukan dengan mencetak spesimen uji dengan jumlah yang sesuai dengan matrik orthogonal. Spesimen uji dicetak dengan bentuk sebagai berikut :



Gambar 1. Spesimen Uji

Setelah pencetakan spesimen selesai, spesimen dapat diambil data baik dari segi dimensi dan juga nilai kekasaran setiap sisinya.

### 2.3 Analisa Data

Analisa data adalah semua perhitungan analisa menggunakan metode *taguchi grey relational analysis*. Perhitungan *grey relational analysis* meliputi :

#### a. Perhitungan rasio S/N

Rasio S/N digunakan untuk mengetahui level faktor terhadap karakteristik kualitas yang diharapkan.

Dalam pemilihan rasio S/N disesuaikan dengan karakteristik yang dituju, penelitian menggunakan rasio S/N *nominal is the best* atau tertuju pada nilai dan juga *smaller is better* atau semakin kecil semakin baik.

Rasio S/N tertuju pada nilai digunakan untuk karakteristik keakuratan dimensi dengan rumus:

$$S/N = 10 \log \left( \frac{\bar{y}^2}{S^2} \right) \quad (1)$$

Dimana

$\bar{y}^2$  = Rata - rata kuadrat respon

$S^2$  = Nilai varian

$$= \frac{\sum (x - \mu)^2}{n - 1}$$

Rasio S/N untuk nilai semakin kecil semakin baik adalah sebagai berikut:

$$S/N = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (2)$$

Dimana

$n$  = jumlah pengulangan dari suatu eksperimen

$y_i$  = nilai pengamatan ke- $i$

#### b. Perhitungan Normalisasi rasio

Normalisasi rasio dilakukan untuk mengubah nilai rasio S/N menjadi nilai 0 - 1, tujuan dari normalisasi sendiri digunakan untuk proses selanjutnya untuk menghitung simpangan deviasi serta perhitungan *grey relational coefficient*. Rumus untuk normalisasi rasio adalah sebagai berikut:

$$X_i^*(k) = \frac{x_i(k) - \min x_i(k)}{\max x_i(k) - \min x_i(k)}$$

Dimana

$X_i^*(k)$  = Nilai S/N pada eksperimen ke- $i$

$\max x_i(k)$  = Nilai terbesar dari rasio S/N

$\min x_i(k)$  = Nilai terkecil dari rasio S/N

$i$  = Banyak observasi.

$K$  = Banyak respon.

#### c. Perhitungan Simpangan Deviasi

Simpangan deviasi digunakan untuk mengetahui selisih antara nilai terbesar dari nilai lainnya. Nilai simpangan deviasi selanjutnya digunakan untuk perhitungan *grey relational coefficient* (GRC), berikut adalah cara rumus untuk menentukan simpangan deviasi:

$$\Delta O_i(k) = |X_0^*(k) - X_i^*(k)|$$

Dimana

$X_0^*(k)$  = Nilai rasio S/N normalisasi yang terbesar

$X_i^*(k)$  = Nilai rasio S/N normalisasi pada eksperimen ke-i

d. Perhitungan Nilai *Grey Relational Coefficient* (GRC)

Perhitungan GRC digunakan untuk merubah nilai simpangan deviasi menjadi nilai yang ideal saat digabungkan menjadi nilai *grey relational Grade* (GRG), berikut adalah rumus perhitungan GRC:

$$\gamma_i(k) = \frac{\Delta_{min} + \zeta \Delta_{max}}{\Delta O_i(k) + \zeta \Delta_{max}}$$

Dimana

$\Delta_{min}$  = Nilai terendah dari rangkaian deviasi

$\Delta_{max}$  = Nilai tertinggi dari rangkaian deviasi

$\zeta$  = Koefisien pembeda, bersarnya antara 0 dan 1. Nilai *distinguishing coefficient* yang digunakan pada umumnya adalah 0,5

$\Delta O_i(k)$  = Nilai simpangan deviasi

e. Perhitungan Nilai *Grey Relational Grade* (GRG)

*Grey Relational Grade* (GRG) adalah nilai dari penggabungan nilai GRC untuk menjadi satu karena pada dasarnya nilai GRC adalah nilai dari setiap respon dan belum menjadi nilai gabungan dari kedua respon keakuratan dimensi dan nilai kekasaran.

f. Perhitungan *Analysis of Variance* ANOVA

Metode ANOVA digunakan untuk mengetahui faktor mana saja yang paling berpengaruh terhadap respon yang diharapkan serta untuk mengetahui persentase kontribusi setiap faktor.

g. Prediksi Level Faktor Optimal

Dalam proses ini akan dilihat level factor mana saja yang paling berpengaruh terhadap setiap respon dan juga pada nilai GRG terhadap kedua respon. Setelah kombinasi level faktor optimal didapatkan maka hasil tersebut digunakan untuk eksperimen konfirmasi.

h. Interval kepercayaan

Interval Kepercayaan digunakan untuk membuat nilai prediksi dan membandingkan nilai prediksi dengan nilai konfirmasi. Dalam interval kepercayaan ini dapat disimpulkan apakah nilai setelah eksperimen konfirmasi dapat dinyatakan berhasil atau tidak.

2.4 Eksperimen Konfirmasi.

Setelah analisa data selesai maka akan didapatkan nilai prediksi optimal, nilai tersebut adalah prediksi parameter terbaik yang selanjutnya digunakan untuk eksperimen konfirmasi, yaitu pembuktian prediksi parameter optimal dengan mencetak ulang spesimen dan pengukuran ulang terhadap nilai keakuratan dimensi dan juga kekasaran permukaan produk.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

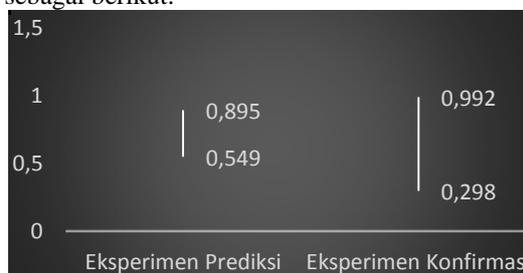
Dari analisa data dan eksperimen konfirmasi didapatkan parameter terbaik yaitu:

*Print speed* 20 mm/s, *printing parameter* 210°C, dan *layer height* 0,1 mm. Parameter tersebut digunakan untuk eksperimen konfirmasi atau eksperimen pembuktian sehingga mendapatkan hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 2: Hasil Eksperimen Konfirmasi

Replikasi	Dimensi (mm)	Kekasaran (µm)
1	29,945	11,147
2	29,914	11,307
3	29,944	12,465

Hasil di atas selanjutnya dilakukan analisa data dan sampai tahap interval kepercayaan, dalam perhitungan interval kepercayaan didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 2. Hubungan Interval Kepercayaan

Pada interval kepercayaan diatas dapat diketahui, bahwa hasil eksperimen prediksi dan eksperimen konfirmasi beririsan sehingga pembuktian parameter optimal dapat dikatakan berhasil.

4. KESIMPULAN

Nilai parameter terbaik yang didapatkan berdasarkan eksperimen dan juga analisa data yang telah dilakukan adalah yaitu *print speed* 20 mm/s, *printing temperature* 210°C, dan *layer height* 0,1 mm.

Nilai kekasaran yang didapat dari hasil terbaik yang didapatkan adalah 8,55 µm dari eksperimen konfirmasi percobaan pertama sisi ke 4. Dan rata-rata kekasaran yang didapat pada setiap sisinya adalah 11 µm.

Nilai terakurat didapat adalah 29,945 mm dari eksperimen konfirmasi pertama, dikatakan akurat karena nilainya mendekati angka 30 mm. dengan keakuratan 99.81% atau bisa dikatakan hampir semua percobaan memiliki keakuratan 99%.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak/Ibu dosen pembimbing yang telah membantu menyelesaikan penulisan serta pengujian.

Terima kasih kepada Bapak Tomas Universitas Surabaya yang membantu dalam pengujian kekasaran.

## 6. DAFTAR NOTASIO

$v$  = Kecepatan [mm/s]

$T$  = Suhu [°C]

$S$  = Jarak [mm]

$Ra$  = Kekasaran [ $\mu\text{m}$ ]

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lubis, S. , S. Jamil, dan Yolanda, 2016. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Tarumanagara. *Pengaruh Orientasi Objek Pada Proses 3D Printing Bahan Polymer PLA Dan ABS Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketelitian Dimensi Produk*. Vol.20, No.1, 27-34.
- [2] Rahmadani, N. A., S. Sunaryo, M. S. Akbar, 2012. Jurnal sains dan seni ITS. *Penerapan Pendekatan Gabungan Grey Relational Analysis (GRA) dan Principal Component Analysis (PCA) Pada Metode Taguchi Multirespon*. Vol.01, No.01., D-44 – D-45.
- [3] Rinanto, A. dan S. Wahyudi, 2017. Jurnal Metris. *Perkembangan Teknologi Rapid Prototyping: Study Literatur*. 1411-3287,105-112.
- [4] Soejanto, I., 2009. *Desain eksperimen dengan metode taguchi*. Yogyakarta: Graha ilmu.
- [5] Sunanto, M. F. A., 2016. *Analisis Pengaruh Parameter Blowing Pressure, Barrel Temperature, Blowing Time Dan Stop Time Terhadap Volume Dan Berat Botol Tempaat Cairan Pengilap Bodi Kendaraan*. S.ST: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [5] Warsiki, E. dan O. Farabie, 2007. *Pemanfaatan Hasil Samping Industri BioDiesel dan Industri Etanol serta Peluang Pengembangan Industri Integrasinya*. In: Konferensi Nasional 2007, *Review Pembuatan Asam Polilaktat (PLA) Dari Gliserol Sebagai Hasil Samping Industri Biodiesel*. Jakarta.
- [6] Widyanto, S. A., 2008. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Diponegoro. *Pengembangan Teknologi Rapid Prototyping Untuk Pembuatan Produk-Produk Multi Material*., Vol.2, No.2., 10-11.