**PENGARUH *LAYER THICKNESS* DAN *EXPOSURE TIME* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN *GEAR* YANG DIBUAT DENGAN 3D *PRINTER* *DIGITAL LIGHT PROCESSING***

**SKRIPSI**



**Diajukan untuk memenuhi syarat menyelesaikan**

**Program Diploma IV TMPP Jurusan Teknik Mesin**

**Politeknik Negeri Sriwijaya**

**Oleh :**

**Bobby Sandy**

**061540211813**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**PALEMBANG**

**2019**

***THE EFFECTS OF LAYER THICKNESS AND EXPOSURE TIME***

***ON SURFACE ROUGHNESS OF GEAR THAT MADE FROM***

***3D PRINTER DIGITAL LIGHT PROCESSING***

***SKRIPSI***



***Submitted to Comply with Terms of Completion***

***Study Program of Mechanical Production and Maintenance Engineering***

***Department of Mechanical Engineering***

***State Polytechnic of Sriwijaya***

***By :***

***Bobby Sandy***

***061540211813***

***STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA***

***DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING***

***PALEMBANG***

***2019***

**PENGARUH *LAYER THICKNESS* DAN *EXPOSURE TIME* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN *GEAR* YANG DIBUAT DENGAN 3D *PRINTER* *DIGITAL LIGHT PROCESSING***



**SKRIPSI**

**Disetujui oleh dosen pembimbing skripsi**

**DIV TMPP – Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya**

**Pembimbing Utama, Pembimbing Pendamping,**

**Drs. Muchtar Ginting, M. T. Dicky Seprianto, S.T., M.T.**

**NIP. 195505201984031001 NIP. 197709162001121001**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Mesin,**

**Ir. Sairul Effendi, M.T.**

**NIP. 196309121989031005**

**HALAMAN PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI**

Skripsi ini diajukan oleh

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nama  | : | BOBBY SANDY |
| NPM | : | 061540211813 |
| Konsentrasi Studi | : | D-IV TMPP |
| Judul Skripsi | : | PENGARUH *LAYER THICKNESS* DAN *EXPOSURE TIME* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN *GEAR* YANG DIBUAT DENGAN 3D *PRINTER DIGITAL LIGHT PROCESSING* |

**Telah selesai diuji, direvisi dan diterima sebagai**

**Bagian persyaratan yang diperlukan untuk menyelesaikan studi pada**

**Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya**

**Penguji:**

Tim Penguji: 1. Drs. Muchtar Ginting, M. T. ( )

2. Dicky Seprianto, S.T., M.T. ( )

3. Almadora Anwar Sani, S.Pd.T. M.Eng. ( )

4. Ir. Tri Widagdo, M.T. ( )

5. Drs. Zainuddin, M.T. ( )

**Mengetahui:**

Ketua Jurusan Teknik Mesin : Ir. Sairul Effendi, M.T. ( )

Ditetapkan di : Palembang

Tanggal : 18 Juli 2019

**HALAMAN MOTTO**

**“Orang lain bisa, kenapa kita tidak!”**

**“Selesaikan apa yang telah menjadi pilihan dan tanggungjawabmu, jangan pernah lakukan itu setengah-setengah”**

*Dengan ini saya persembahkan karya ini untuk*

*(Alm) Ayahanda, terima kasih atas limpahan kasih sayang semasa hidupnya dan memberikan rasa rindu yang berarti.*

*Ibu, terima kasih atas limpahan doa dan kasih sayang yang tak terhingga dan selalu memberikan yang terbaik.*

*Juga saudara-saudara serta keluargaku yang selalu mendukung dan memberi bantuan selama ini.*

*Terkhusus untuk dosen pembimbing bapak Drs. Muchtar Ginting, M. T*. *dan bapak Dicky Seprianto, S.T., M.T.* *terima kasih atas masukan dan arahan yang diberikan dalam penyelesaian skripsi ini.*

*Terima kasih kuucapkan juga kepada teman sejawat saudara seperjuangan Jurusan Teknik Mesin khususnya Program Studi Produksi dan Perawatan ’15 Politeknik Negeri Sriwijaya, teman sekelas 8PPB yang selalu bersama selama 4 tahun, teman-teman Sriwijaya Drafter Community dan TP3D, terima kasih atas gelak tawa dan solidaritas yang luar biasa sehingga membuat hari-hari semasa kuliah lebih berarti.*

*Semoga Allah SWT membalas jasa budi kalian dikemudian hari dan diberikan kemudahan dalam segala hal, amin.*

**ABSTRAK**

**PENGARUH *LAYER THICKNESS* DAN *EXPOSURE TIME* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN *GEAR* YANG DIBUAT DENGAN**

**3D *PRINTER DIGITAL LIGHT PROCESSING***

**(2019: xiii + 54 Hal. + 39 Gambar + 13 Tabel + 8 Lampiran)**

BOBBY SANDY

061540211813

D IV TMPP JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Revolusi Industri 4.0 ditandai dengan *cyber-physical systems*. Era ini menuntut manusia agar terkoneksi dengan manusia lain, dengan mesin-mesin industri, dan dengan segala sesuatu yang ada disekitarnya. Tentunya, adanya revolusi industri 4.0 ini akan bisa meningkatkan produktivitas secara signifikan. Saat ini sering kali dibutuhkan produk *single part* dimana hanya membutuhkan satuatau beberapa produk yang digunakan tanpa perluproduksi masal dan bersifat *custom design*, dimana produk yang bersifat *custom design* hanya dapatdibuat dengan mesin 3D *printer* (3DP)*.* 3DP adalah salah satu teknologi terbaru dunia percetakan, dimana teknologi percetakan 3Dini akan menjadi salah satu tren teknologi di masa depan. Dalam penelitian ini, membuat objek menggunakan 3DP menggunakan data CAD yang kemudian diubah menjadi G-Code dengan perangkat lunak *Creation Workshop* versi 1.0.0.75. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *layer thickness* dan *exposure time,* terhadap kekasaran spesimen uji yang dibuat menggunakan 3D *Printer* tipe *Digital Light Processing* (DLP). Spesimen yang diuji berukuran 40 x 20 x 3 mm, dengan material fluida *photopolymer*. Data hasil pengujian dianalisis menggunakan ANOVA dengan tipe desain faktorial 2 tingkat dan desain 2 interaksi faktorial (2FI) dengan 3 replikasi yang dimodelkan oleh perangkat lunakDesign-Expert® versi 10. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor utama yang paling berpengaruh terhadap kekasaran spesimen uji adalah faktor *exposure time,* dan kombinasi parameter yang paling optimal pada penelitian ini adalah *layer thickness* 0,05 mm dan *exposure time* 15 *second.*

Kata kunci: 3DP, ANOVA, *layer thickness, exposure time*

***ABSTRACT***

***THE EFFECTS OF LAYER THICKNESS AND EXPOSURE TIME***

***ON SURFACE ROUGHNESS OF GEAR THAT MADE FROM***

***3D PRINTER DIGITAL LIGHT PROCESSING***

 ***(2019: xiii + 54 PP.+ 39 FIGURES + 13 TABLES + 8 ATTACHMENTS)***

*BOBBY SANDY*

*061540211813*

*D IV TMPP MECHANICAL ENGINEERING DEPARTEMENT*

*STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA*

*The industrial revolution 4.0 was characterized by cyber-physical systems. This era requires peoples to connected with other people, industrial machinery and everything around them. Surely, this 4.0 industrial revolution will be able to increase productivity significantly. Nowadays, there is often a single part should be produced without the need for mass production, so called improvement custom design, where custom design products can only be made using 3D printer (3DP) machines. 3DP is one of the latest technologies in the the scope of manufacturing, where 3D printing technology will lead the technological trends in the future. In this study, object or part will be produced using 3DP uses CAD data which is then converted to G-Code with the Creation Workshop software version 1.0.0.75. This study aims to determine the effect of layer thickness and exposure time on the roughness of test pieces made using Digital Light Processing (DLP) 3D Printers. The test piece is categorized as photopolymer fluid material with a size of 40 x 20 x 3 in mm. Test results data were analyzed using ANOVA with 2 level factorial design type and 2 factorial interaction (2FI) design with 3 replications using Design-Expert (R) software version 10th. The results of the analysis showed that the most factor that affect the roughness of the test piece is exposure time, and the most optimal combination of parameters in this study are the layer thickness with the size of 0.05 mm and 15 second of exposure time.*

Key words: 3DP, ANOVA, *layer thickness, exposure time*

**KATA PENGANTAR**

 Syukur alhamdulillah, saya sebagai penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini tepat pada waktunya. Terwujudnya skripsi ini adalah berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menghanturkan ucapan terima kasih kepada pihak yang telah membantu penulis dalam membuat skripsi ini yaitu kepada:

1. Orangtua dan keluargaku tercinta yang selalu memberikan doa dan dukungan.
2. Bapak Ir. Sairul Effendi, M.T. dan seluruh staf jurusan/prodi D-IV TMPP Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak Drs. Muchtar Ginting, M. T. sebagai pembimbing utama skripsi yang telah memberikan bimbingan dan membantu penulis.
4. Bapak Dicky Seprianto, S.T., M.T. sebagai pembimbing pendamping skripsi yang telah membimbing dan membantu penulis.
5. Sahabat-sahabatku dan teman-teman semua yang telah banyak berbagi keceriaan, kebersamaan dan kesulitan yang pernah kita alami bersama. Serta teman-teman terbaikku anggota Himpunan Mahasiwa Jurusan Teknik Mesin Polsri dan kelas 8PPB yang telah berjuang bersama-sama.
6. Semua pihak terkait yang tidak mungkin disebutkan oleh penulis satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat diharapkan untuk kesempurnaan skripsi ini.

|  |
| --- |
| Palembang, Juli 2019 |
| Penulis |

**DAFTAR ISI**

**Hal**

Halaman Judul . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . i

Halaman Pengesahan . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ii

Halaman Pengesahan Dosen Penguji . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . iii

Halaman Motto . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . iv

Abstrak . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . v

Kata Pengantar . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . vii

Daftar Isi . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . viii

Daftar Gambar . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . x

Daftar Tabel . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . xii

Daftar Lampiran . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . xiii

**BAB I PENDAHULUAN**

 1.1 Latar belakang . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 1

 1.2 Tujuan dan manfaat penelitian . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 3

 1.3 Rumusan masalah . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 3

 1.4 Batasan masalah . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 3

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

 2.1 Referensi awal . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 5

 2.2 *Rapid prototyping* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 7

 2.3 3D *printer* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 10

 2.4 Parameter proses . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 20

 2.5 Resin . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 21

 2.6 Kekasaran permukaan . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 23

 2.7 Alat uji kekasaran . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 28

 2.8 Metode analisis . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 29

**BAB III METODE PENELITIAN**

 3.1 Diagram alir penelitian . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 32

 3.2 Desain alat penelitian . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 33

 3.3 Alat dan bahan penelitian . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 33

 3.4 Proses pembuatan spesimen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 33

 3.5 Proses pengukuran nilai kekasaran . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 37

 3.6 Proses pengolahan data. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 40

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil pengujian kekasaran . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 42

4.2 Analisa data hasil pengujian. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 42

4.3 Analisa variabel yang berpengaruh terhadap kekasaran. . . . 46

**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 50

5.2 Saran . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 50

**DAFTAR PUSTAKA . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 51**

**LAMPIRAN**

**DAFTAR GAMBAR**

**Hal**

Gambar 1.1 Produk 3D *printer* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 2

Gambar 2.1 Z*printer* 650 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 12

Gambar 2.2 Proses *Directed Energy Deposition.* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 13

Gambar 2.3 Komponen FFF 3D *printer* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 14

Gambar 2.4 Pemasangan langit-langit dengan mesin CC . . . . . . . . . . . . . . 15

Gambar 2.5 Cara Kerja *Selective Laser Sintering* (SLS). . . . . . . . . . . . . . . 16

Gambar 2.6 Cara Kerja *Stereolithography*(SLA). . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 18

Gambar 2.7 DLP *Process* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 19

Gambar 2.8 Hasil Cetak 3D DLP . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 20

Gambar 2.9 Skema fotopolimer . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 22

Gambar 2.10 *Surface Texture Features* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 24

Gambar 2.11 Bidang dan profil permukaan. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 25

Gambar 2.12 Kurva kekasaran . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 27

Gambar 2.13 Alat ukur kekasaran *TR200* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 29

Gambar 3.1 Diagram alir penelitian . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 32

Gambar 3.2 Desain 3D *printer* SLA DLP. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 33

Gambar 3.3 *Screenshoot* gambar spesimen. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 34

Gambar 3.4 Ukuran spesimen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 34

Gambar 3.5 *Screenshoot* format .STL. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 34

Gambar 3.6 *Screenshoot* menu *creation workshop.* . . . . . . . . . . . . . . . . . . 35

Gambar 3.7 3D printer SLA DLP . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 35

Gambar 3.8 Menuangkan resin . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 35

Gambar 3.9 *Screenshoot Connet and Open* CW. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 36

Gambar 3.10 *Connecting port* USB . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 36

Gambar 3.11 *Screenshoot configure* CW. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 36

Gambar 3.12 *Screenshoot slice* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 37

Gambar 3.13 *Screenshoot print* CW . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 37

Gambar 3.14 Alat uji kekasaran . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 38

Gambar 3.15 Mengatur posisi permukaan. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 38

Gambar 3.16 Meletakkan jarum *stylus .* . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 38

Gambar 3.17 Tombol TR200 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 39 Gambar 3.18 Menentukan replikasi . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 40

Gambar 3.19 Menentukan nama faktor dan level. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 41

Gambar 4.1 Spesimen Uji . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 43

Gambar 4.2 12 Spesimen Uji . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 43

Gambar 4.3 Proses pengujian spesimen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 43

Gambar 4.4 Grafik residual independen dari nilai kekasaran. . . . . . . . . . . 44

Gambar 4.5 Grafik *Layer Thickness* 0,025 mm . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 44

Gambar 4.6 Grafik *Layer Thickness* 0,05 mm . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 44

**DAFTAR TABEL**

**Hal**

Tabel 2.1 Sumber referensi . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 5

Tabel 2.2 Ketebalan lapisan . .. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 21

Tabel 2.3 Spesifikasi resin . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 21

Tabel 2.4 Angka kekasaran . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 27

Tabel 2.5 Angka kekasaran menurut proses pengerjaannya . . . . . . . . . . . . 28

Tabel 2.6 ANOVA *Table For Select Factorial Model* . . . . . . . . . . . . . . . . 31

Tabel 3.1 Variabel terikat . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 37

Tabel 3.2 Variabel bebas . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 37

Tabel 3.3 Rancangan desain eksperimen dengan randomisasi . . . . . . . . . . 39

Tabel 4.1 Hasil uji kekasaran spesimen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 42

Tabel 4.2 Rata-rata, standar deviasi, dan rasio dari hasil uji spesimen. . . . 45

Tabel 4.3 Pengelompokan data hasil pengujian kekasaran. . . . . . . . . . . . . 46

Tabel 4.4 Analisis varians rata-rata kekasaran spesimen uji . . . . . . . . . . . . 49

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1Pelaksanaan Revisi

Lampiran 2 *Logbook* Pembimbing Utama

Lampiran 3 *Logbook* Pembimbing Pendamping

Lampiran 4 Lembar Rekomendasi

Lampiran 5 Surat Tanda Uji

Lampiran 6 Desain alat 3D

Lampiran 7 Desain alat 2D

Lampiran 8 Desain spesimen uji

Lampiran 9 Tabel Distribusi F