

**PENYIMPANGAN DIMENSI PROSES PRODUKSI GEAR
DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI DLP (*DIGITAL
LIGHT PROCESSING*) 3D PRINTER**

TUGAS AKHIR



**Diajukan untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan
Program Diploma IV TMPP Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Sriwijaya**

**Oleh :
Nur Hidayat
061640211843**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
JURUSAN TEKNIK MESIN
PALEMBANG
2020**

***THE DEVIATION OF GEAR DIMENSION ON PRODUCTION
PROCESS USING 3D PRINTER TECHNOLOGY DLP (DIGITAL
LIGHT PROCESSING)***

TUGAS AKHIR



***Submitted to Comply with Terms of Completion
Study Program of Mechanical Production and Maintenance Engineering
Department of Mechanical Engineering
State Polytechnic of Sriwijaya***

***By :
Nur Hidayat
061640211843***

***STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
PALEMBANG
2020***

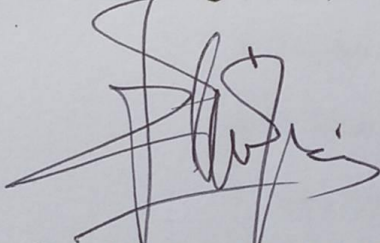
**PENYIMPANGAN DIMENSI PROSES PRODUKSI GEAR
DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI DLP (DIGITAL
LIGHT PROCESSING) 3D PRINTER**



TUGAS AKHIR

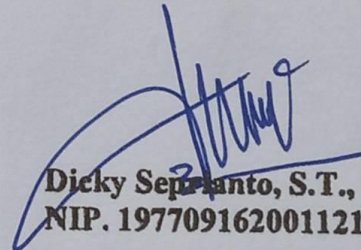
**Disetujui oleh Dosen Pembimbing Proposal Tugas Akhir
DIV TMMP – Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya**

Pembimbing Utama,



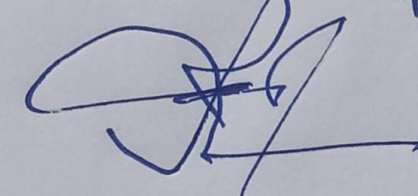
**Drs. Muchtar Ginting, M. T.
NIP. 195505201984031001**

Pembimbing Pendamping,



**Dicky Septianto, S.T., M.T.
NIP. 197709162001121001**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin,**



**Ir. Sairul Effendi, M.T.
NIP. 196309121989031005**

HALAMAN PENGESAHAN UJIAN TUGAS AKHIR

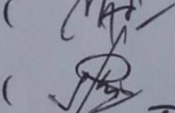
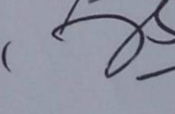
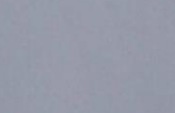
Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh

Nama : Nur Hidayat
NPM : 061640211843
Konsentrasi Studi : D-IV TMPP
Judul Proposal : Penyimpangan Dimensi Proses Produksi *Gear* dengan
Menggunkan Teknologi DLP (*Digital Light Processing*)
3D Printer

Telah selesai diuji, direvisi dan diterima sebagai
Bagian persyaratan yang diperlukan untuk menyelesaikan studi pada
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya

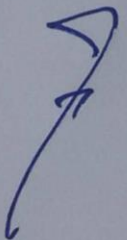
Penguji:

Tim Penguji: 1. Drs. Muchtar Ginting, M.T.
2. Dicky Seprianto, S.T., M.T.
3. Dwi Arnoldi, S.T., M.T.
4. M. Rasid, S.T., M.T.
5. Indra HB, S.T., M.T.

()
()
()
()
()

Mengetahui:

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

()

Ditetapkan di : Palembang

Tanggal : September 2020

HALAMAN MOTTO

“Dan Allah tidak menjadikan pemberian bala bantuan itu melainkan sebagai kabar gembira bagi kemenanganmu, dan agar tentram hatimu karenanya. Dan kemenanganmu itu hanyalah dari Allah Yang Maha Perkasa lagi Maha Bijaksana”

(Q.S Ali-Imran : 126)

“Jadilah seperti air mengalir, karena air yang mengalir akan selalu bersih. Dan janganlah seperti air yang tenang, karena air yang tenang lambat laun pasti akan kotor jua”.

(Imam Syafi’i)

“Orang pintar memanfaatkan waktunya untuk mencari ilmu sedangkan orang bijak memanfaatkan waktunya untuk mencari dan berbagi ilmu”

(Nur Hidayat)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim

Dengan Rahmat Allah yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang...

Karya sederhana ini kupersembahkan untuk:

Bapak terimakasih atas limpahan kasih sayang serta kerja kerasnya selama ini dengan bersusah payah membekali ilmu putra – putrinya.

Ibu terimakasih atas limpahan doa dan kasih sayang yang tak terhingga dan selalu memberikan yang terbaik.

Kakakku Fitri Nurjannah yang ku cintai dan ku sayangi.

Serta terkhusus untuk dosen pembimbing bapak Drs. Muchtar Ginting, M.T. dan bapak Dicky Seprianto, S.T.,M.T. terimakasih atas bantuan dukungan masukan dan arahan yang diberikan dalam penyelesaian tugas akhir ini semoga Allah SWT menbalas dengan amal yang berlipat ganda aamiin.

Kepada kakak tingkatku Dicky Pratama Putra, S.Tr.T atas dukungan dalam penyelesaian tugas akhir.

Kedua partnerku Triwan Cahya Persada dan Nanda Yusril Mahendra yang telah bekerja sama dengan baik.

Terimakasih saya ucapkan Kepada Teman sejawat Saudara seperjuangan Teknik Mesin Produksi Dan Perawatan 16' POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA. Seperjuangan dan sepenanggungan, terimakasih atas gelak tawa dan solidaritas yang luar biasa sehingga membuat hari-hari semasa kuliah lebih berarti. semoga tak ada lagi duka nestapa di dada tapi suka dan bahagia juga tawa dan canda, semoga kita semua dalam limpahan berkah dan karunia Allah SWT.

Semoga Allah SWT membalas jasa budi kalian dikemudian hari dan memberikan kemudahan dalam segala hal, aamiin.

ABSTRAK

**PENYIMPANGAN DIMENSI PROSES PRODUKSI GEAR
DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI DLP (*DIGITAL
LIGHT PROCESSING*) 3D PRINTER
(2020: 19 + 72 Hal. + 47 Daftar Gambar + 22 Daftar Tabel + 15 Lampiran)**

NUR HIDAYAT

061640211843

D4 TMPP JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Perkembangan teknologi di dunia sekarang ini sudah mengalami kemajuan yang sangat pesat salah satu diantara banyaknya kemajuan teknologi yang ada pada saat ini adalah 3D *printer* atau juga disebut *additive manufacturing*. Salah satu metode penggunaan *additive manufacturing* dalam kemajuan teknologi ini adalah SLA DLP 3D *Printer*. Dalam penelitian ini, membuat objek menggunakan SLA DLP 3D *Printer* menggunakan data CAD yang kemudian diubah menjadi *G-Code* dengan perangkat lunak *Creation Workshop*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter ketebalan lapisan dan waktu pencahayaan terhadap kekuatan, persentase penyimpangan dimensi yang diaplikasikan pada prototype *spur gear*, spesimen uji yang dibuat menggunakan SLA DLP 3D *printer* dengan bahan 3D UV Resin *e-Sun* dan mengacu pada ASTM D-955. Faktor-faktor yang diselidiki adalah Ketebalan lapisan, Waktu Pencahayaan dengan respons ukuran dimensi dari spesimen uji. Dimensi yang diukur dalam penelitian ini yaitu diameter dan ketebalan specimen uji. Data hasil tes dianalisis menggunakan SQC serta ANOVA dengan desain level faktorial tipe 2, desain 3 interaksi faktorial (3FI), dan replikasi 3 dimodelkan oleh perangkat lunak *Design-Expert (Trial)*. Hasil analisis mengungkapkan bahwa faktor utama yang paling pengaruh terhadap kepresisian dimensi diameter dan ketebalan spesimen uji adalah faktor ketebalan lapisan dengan persentase kontribusi dimensi diameter dan tebal yaitu 21% dan 42%, serta persentase penyimpangan dimensi diameter dan tebal yaitu 0,045% dan 0,80%. Berdasarkan analisis menggunakan ANOVA didapatkan optimasi parameter yaitu pada ketebalan lapisan 0,04 milimeter dan waktu pencahayaan 16 detik, hasil yang optimal pada dimensi diameter 40,01 milimeter dan dimensi tebal 3,20 milimeter.

Kata kunci: SLA DLP 3D, Penyimpangan Dimensi, SQC ; ANOVA; Faktorial tipe 2 ; *Gear*

ABSTRACT

THE DEVIATION OF GEAR DIMENSION ON PRODUCTION PROCESS USING 3D PRINTER TECHNOLOGY DLP (DIGITAL LIGHT PROCESSING)

(2020: 19 + 72 pp.+ 47 Figures + 22 Tables + 15 Attachments)

NUR HIDAYAT

061640211843

D4 TMPP MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
STATE POLYTECHNIC OF SRIWIJAYA

Technological development nowadays grows rapidly all over the world, one of the development which exist is 3D printer or also called additive manufacturing. One of the method for utilizing additive manufacturing is SLA DLP 3D Printer. The object for this research was created by using SLA DLP 3D Printer, utilizing CAD data which converted into G-Code with the help of Creation Workshop software. This research aims to determine the effect caused by parameters such as the layer thickness and exposure time toward the strength, the dimension deviation percentage applied to the spur gear prototype, the test specimens made by using the SLA DLP 3D printer with e-Sun 3D UV Resin material referred to ASTM D-955. The factors investigated were the thickness of the layer, the exposure time with the response of the test specimen dimensions. Dimensions measured in this research were the diameter and the thickness of the test specimen. Then, the data were analysed using SQC and ANOVA with type 2 factorial level design, 3 factorial interactopm (3FI), and 3 replication modelled by Design-Expert (Trial). The results of the analysis revealed that the main factor that mostly effect the precision of dimension such as diameter and thickness of the test specimens was the layer thickness with the contribution percentage of diameter and thickness, 21% and 42%, and also the deviation percentage of diameter and thickness, 0.047% and 0.80%. Based on the analysis process using ANOVA, it was revealed that the optimized parameter is the layer thickness with the thickness of 0.04 millimeters with the time exposure 16 seconds, the optimal results of the dimensions were 40.01 millimeters long for the diameter and 3.20 millimeters thick for layer the thickness.

Keywords: 3D DLP SLA, Dimension Deviation; ANOVA; Factorial type 2; Gear

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, penulis panjatkan puji dan syukur kehadiran Allah Subhanahuwata'ala, atas segala rahmat, karunia dan rezeki-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat pada waktunya. Adapun terwujudnya tugas akhir 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 proposal ini yaitu kepada:

1. Ayah dan Ibu serta keluarga tercinta yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
2. Bapak Ir. Sairul Effendi, M.T. sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Ibu Ella Sundari, S.T., M.T. sebagai Ketua Program Studi D-IV TMPP dan seluruh staf jurusan/prodi D-IV TMPP Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Bapak Drs. Muchtar Ginting, M. T. sebagai pembimbing utama proposal tugas akhir yang telah memberikan bimbingan dan membantu penulis.
5. Bapak Dicky Seprianto, S.T., M.T. sebagai pembimbing pendamping proposal tugas akhir yang telah membimbing dan membantu penulis.
6. Semua pihak terkait yang tidak mungkin disebutkan oleh penulis satu persatu.

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

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan yang telah diberikan oleh semua pihak, semoga menjadi amal ibadah yang mendapat ganjaran pahala dari Allah Subhanahuwata'ala, Aamiin Aamiin Aamiin

Palembang, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Motto	v
Halaman Persembahan	vi
Abstrak	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xiv
Daftar Lampiran	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Tujuan dan manfaat penelitian	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Referensi Awal.....	5
2.2 <i>Computer Aided Design (CAD)</i>	7
2.3 <i>Rapid Prototyping</i>	8
2.4 <i>3D Printer</i>	11
2.5 <i>Digital Light Processing 3D Printer</i>	19
2.6 Parameter Proses.....	21
2.7 <i>Liquid Photopolymer Resin</i>	22
2.8 Roda Gigi (<i>Gear</i>).....	22
2.9 Pengukuran Dimensi.....	24
2.10 Desain Eksperimen.....	27
2.11 Metode Analisis.....	27
2.11.1 <i>Statistical Quality Control (SQC)</i>	27
2.11.2 <i>Analysis of Variance (Two Way-ANOVA)</i>	27
2.11.3 Model Desain Eksperimen Faktorial	33

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	36
	3.1 Diagram Alir Penelitian	36
	3.2 Desain Alat Penelitian	37
	3.3 Alat dan Bahan Penelitian	37
	3.4 Metode Pengumpulan Data	39
	3.5 Proses Pembuatan Spesimen	39
	3.6 Langkah Pengukuran Dimensi	43
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	47
	4.1 Data Hasil Pengujian	47
	4.2 Analisa Data Hasil Pengukuran Dimensi	48
	4.2.1 <i>Statistic Quality Control</i> (SQC)	48
	4.2.2 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA)	53
	4.2.3 Analisa Pengaruh Variabel terhadap Dimensi Diameter	55
	4.2.4 Analisa Pengaruh Variabel terhadap Dimensi Tebal	63
	4.3 Optimasi Desain	69
BAB V	PENUTUP	71
	5.1 Kesimpulan	71
	5.1 Saran	72
	DAFTAR PUSTAKA	xvi
	LAMPIRAN	xix

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 <i>Rapid Prototyping Model</i>	9
Gambar 2.2 Proses <i>Directed Energy Deposition Model</i>	14
Gambar 2.3 Komponen FFF 3D printer.....	15
Gambar 2.4 Pemasangan langit-langit dengan mesin CC.....	15
Gambar 2.5 Cara Kerja <i>Selective Laser Sintering (SLS)</i>	17
Gambar 2.6 Cara Kerja <i>Stereolithography (SLA)</i>).....	19
Gambar 2.7 DLP <i>Process</i>	20
Gambar 2.8 Hasil Cetak DLP	20
Gambar 2.9 Resin <i>e-sun</i>	22
Gambar 2.10 Nama-nama dan istilah dalam <i>gear</i>	23
Gambar 2.11 Diameter Kepala <i>Gear</i>	24
Gambar 2.12 Lebar <i>Gear</i>	25
Gambar 2.13 Ukuran Spesimen ASTM D955.....	25
Gambar 2.14 Mikrometer Sekrup 25-50mm.....	26
Gambar 2.15 Mikrometer Sekrup 0-25mm.....	26
Gambar 2.16 Penggolongan Pengendalian Kualitas Statistik.....	28
Gambar 2.17 Grafik Batas Kontrol.....	31
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	36
Gambar 3.2 Desain alat SLA-DLP 3D <i>Printer</i>	37
Gambar 3.3 SLA DLP 3D Printer “ON”.....	40
Gambar 3.4 Gambar 3.4 DLP “ON”	40
Gambar 3.5 Resin dan <i>Tank</i>	40
Gambar 3.6 Desain Spesimen.....	41
Gambar 3.7 <i>Format STL</i>	41
Gambar 3.8 <i>Software Photon Workshop</i>	41
Gambar 3.9 Spesimen Uji pada <i>Software Photon Workshop</i>	42
Gambar 3.10 <i>Slice Setting</i>	42
Gambar 3.11 Spesimen ASTM D955.....	43
Gambar 3.12 <i>Check</i> Kalibrasi Mikrometer Sekrup	45
Gambar 3.13 Proses Pengukuran.....	46

Gambar 3.14 Pengukuran Diameter Spesimen.....	46
Gambar 3.15 Pengukuran Tebal Spesimen.....	46
Gambar 4.1 Diagram Kontrol Diameter Sampel.....	51
Gambar 4.2 Diagram Kontrol Tebal Sampel.....	52
Gambar 4.3 Grafik Residual Identik dari Nilai Dimensi Diameter.....	60
Gambar 4.4 Grafik Residual Independen dari Nilai Dimensi Diameter.....	60
Gambar 4.5 Grafik Residual Distribusi Normal dari Nilai Dimensi Diameter.....	61
Gambar 4.6 Grafik Prediksi Vs Aktual dari Nilai Dimensi Diameter.....	61
Gambar 4.7 Grafik Interaksi Faktor Terhadap Dimensi Diameter.....	62
Gambar 4.8 Grafik 3D Pengaruh Faktor Terhadap Dimensi Diameter.....	63
Gambar 4.9 Grafik Residual Identik dari Nilai Dimensi Tebal.....	66
Gambar 4.10 Grafik Residual Independen dari Nilai Dimensi Tebal.....	66
Gambar 4.11 Grafik Residual Distribusi Normal dari Nilai Dimensi Tebal.....	67
Gambar 4.12 Grafik Prediksi Vs Aktual dari Nilai Dimensi Tebal.....	67
Gambar 4.13 Grafik Interaksi Faktor Terhadap Dimensi Tebal.....	68
Gambar 4.14 Grafik 3D Pengaruh Faktor Terhadap Dimensi Tebal.....	69
Gambar 4.15 Data Maksimum dan Minimum dari Masing-Masing Respon.....	69
Gambar 4.16 Level Maksimum dan Minimum dari faktor.....	70

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Sumber Referensi.....	5
Tabel 2.2 Perkembangan Penelitian Metode <i>Rapid Prototyping</i>	10
Tabel 2.3 Ketebalan Lapisan.....	14
Tabel 2.4 Rumus Batas Kontrol.....	30
Tabel 2.5 ANOVA <i>Table for Select Factorial Model</i>	33
Tabel 2.6 <i>Main and interaction effects 2³ full factorial design</i>	34
Tabel 3.1 Alat Penelitian.....	37
Tabel 3.2 Bahan Penelitian.....	39
Tabel 3.3 Variabel Tetap.....	43
Tabel 3.4 Variabel Bebas.....	43
Tabel 3.5 Matrik Rancangan Pengukuran.....	44
Tabel 4.1 Hasil Pengujian.....	47
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Rata-Rata pada Tiap Replikasi.....	48
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Simpangan Baku Diameter.....	49
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Simpangan Baku Ketebalan.....	49
Tabel 4.5 Rata-rata, Standar Deviasi, dan Rasio dari Hasil Pengukuran.....	53
Tabel 4.6 Pengelompokan Data Hasil Pengukuran Diameter.....	55
Tabel 4.7 Hasil ANOVA dari Spesimen Pengukuran Diameter.....	57
Tabel 4.8 Residual Nilai Dimensi Diameter Spesimen Uji Aktual dan Prediksi	59
Tabel 4.9 Hasil ANOVA dari Spesimen Pengukuran Tebal.....	63
Tabel 4.10 Residual Nilai Dimensi Tebal Spesimen Uji Aktual dan Prediksi	65
Tabel 4.11 Optimasi Desain Terhadap Nilai Optimum dari Respon.....	70

DAFTAR LAMPIRAN

1. *Logbook* Pembimbing Utama
2. *Logbook* Pembimbing Pendamping
3. Rekomendasi Laporan Sidang Akhir
4. Surat Bebas Revisi
5. Surat Hasil Pengujian
6. Tabel Distribusi F
7. *Inspection Certificate Outside Micrometer* 25-50 mm
8. *Inspection Certificate Outside Micrometer* 0-25 mm
9. Desain Spesimen ASTM D955
10. Desain 2D Alat Bantu *Streolithogrhaphy* DLP 3D Printer.
11. Desain 3D Alat Bantu *Streolithogrhaphy* DLP 3D Printer
12. Desain 3D *Gearbox*