

PENGARUH PARAMETER PROSES RAPID PROTOTYPING DENGAN TEKNOLOGI STEREO LITHOGRAPHY TERHADAP KEKERASAN SPESIMEN UJI

Wirde Novarika AK¹⁾, Muchtar Ginting²⁾, Almadora Anwar Sani³⁾, Dicki Astra⁴⁾

¹⁾Teknik Industri, Universitas Islam Sumatera Utara

^{2, 3, 4)} Teknik Mesin Produksi Dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jln.Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139 Telp:0711-353414 Fax:0711-453211,

email: ¹⁾wirdanovarika@gmail.com, ⁴⁾dickiastra37@gmail.com

Abstrak

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekerasan material resin spesimen roda gigi dengan menggunakan parameter berbeda. Pada proses pengujian ini pengujian menggunakan alat uji kekerasan Brinnel (HB / BHN), yang menggunakan indenter bola baja $\varnothing 5$ mm dan P(Kg) 250 Kg. Hasil dari pengujian ini didapatkan bahwa pengaruh parameter Exposure Time berpengaruh terhadap kekerasan. Teknik pengumpulan data yang dilakukan dengan cara Studi Literatur, observasi dan Konsultasi. Dalam pengolahan data penelitian ini menggunakan metode analisis Statistical Anova.

Kata Kunci : SLA DLP 3D, Rapid Prototyping, Uji Kekerasan.

Abstract

The main objective of this research is to find out the hardness of the material is the resin gear specimens using parameter is different. In the process of testing this test using the tool testers Brinnel hardness (HB/BHN), which uses steel ball indenter $\varnothing 5$ mm and P (Kg) 250 Kg. Results of this assay are obtained that influence parameter Exposure Time affect hardness. The technique of data collection conducted by way of a Literature Study, observation and consultation. In this study data processing using the Anova Statistical analysis methods.

Keyword : SLA DLP 3D, Rapid Prototyping, Hardness Test.

1. PENDAHULUAN

Rapid prototyping adalah metode pembuatan objek tiga dimensi dari data digital secara cepat (Heynick dan Stotz, 2006). Rapid prototyping juga dikenal sebagai additive manufacturing karena memiliki prinsip additive yaitu membuat produk layer demi layer dengan menambahkan material di atas layer yang sudah terbentuk. Heynick dan Stotz (2006) menjelaskan bahwa terdapat beberapa metode additive manufacturing, yaitu: stereolithography (SLA), laminated object manufacturing (LOM), selective laser sintering (SLS), fused deposition modeling (FDM), three dimensional printing (3DP), thermal phase change inkjets, photopolymer phase change inkjets (Polyjet), dan contour crafting (CC).

Keberhasilan Stereolithography di industri otomotif memungkinkan pencetakan 3D untuk mencapai status industri dan teknologi terus menemukan kegunaan inovatif di banyak bidang studi. Upaya telah dilakukan untuk membangun

model matematika dari proses stereolithografi dan merancang algoritma untuk menentukan apakah objek yang diusulkan dapat dibangun menggunakan pencetakan 3D. SLA (Stereolithography) Teknologi high end memanfaatkan teknologi laser dengan material resin photopolymer (polimer yang berubah sifat bila terkena cahaya).

Dalam teknik SLA, sebuah protipe dibuat dengan cara menembakan sinar laser ke permukaan sebuah wadah yang berisi cairan photopolymer (resin), Cairan ini akan langsung mengeras saat laser mengenai permukaannya. Setelah satu layer selesai dikerjakan, sebuah platform digerakkan turun beberapa milimeter, sebuah penyapu (recoater blade) membersihkan sisa-sisa resin di permukaan, dan layer berikutnya dikerjakan di atas layer yang telah diselesaikan.

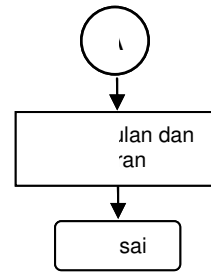
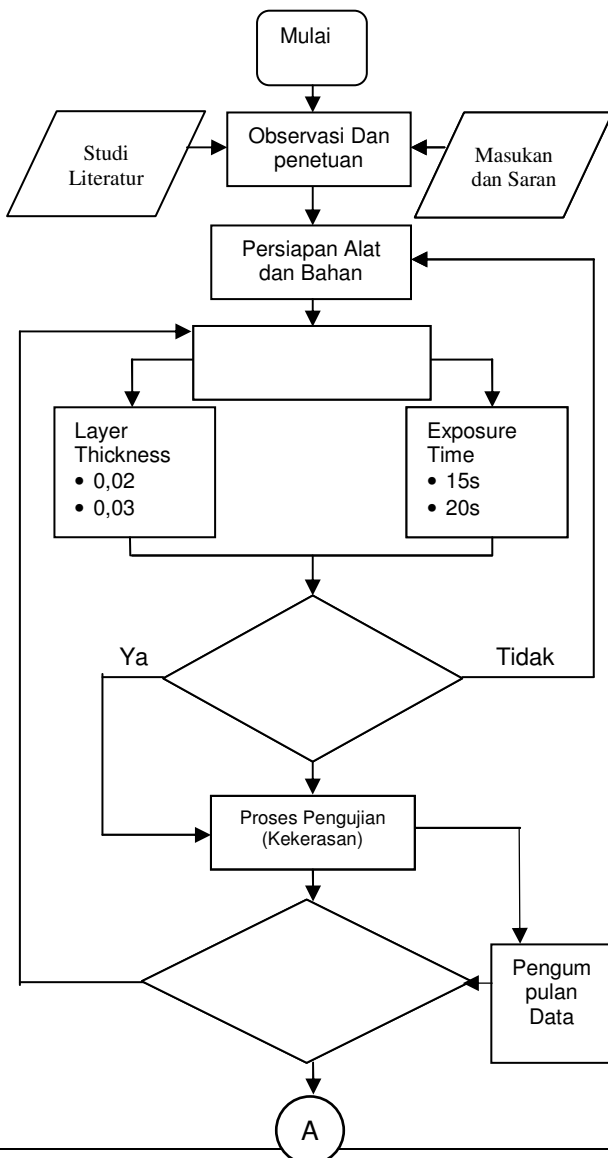
Additive Manufacturing adalah nama yang tepat untuk menggambarkan teknologi yang membangun objek 3D dengan menambahkan lapisan-lapisan atas materi, apakah bahan plastik,

logam, beton bahkan telah diteliti untuk jaringan tubuh manusia. Umum untuk AM teknologi adalah penggunaan komputer, perangkat lunak pemodelan 3D (Computer Aided Design atau CAD), peralatan mesin dan bahan layering. Setelah sketsa CAD diproduksi, peralatan AM membaca data dari file CAD dan meletakkan surut atau menambahkan lapisan-lapisan cairan, bubuk, bahan lembar atau lainnya, dalam mode lapisan upon layer untuk membuat objek 3D.

Additive Manufacturing mencakup banyak teknologi termasuk subset seperti 3D Printing, Rapid Prototyping (RP), Direct Digital Manufacturing (DDM), layered manufacturing dan additive fabrication. Aplikasi Additive Manufacturing tak terbatas, penggunaan awal dari Additive Manufacturing dalam bentuk Rapid Prototyping difokuskan pada visualisasi model praproduksi.

2. BAHAN DAN METODA

Untuk mempermudah dalam penelitian maka di buat diagram alir penelitian seperti gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Alat

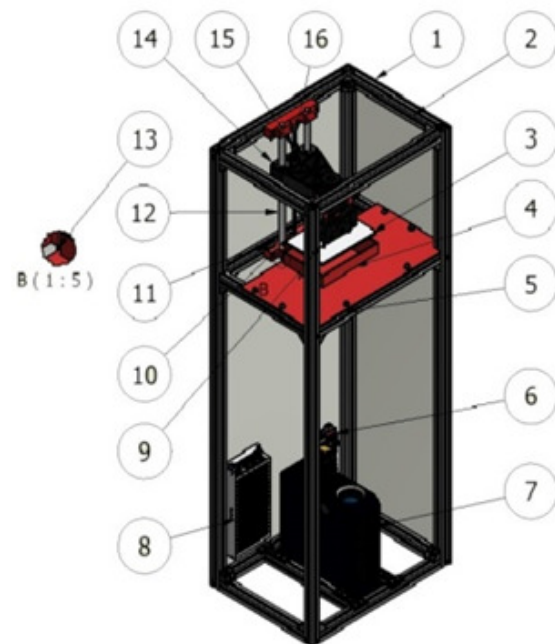
Dalam melakukan penelitian dibutuhkan bahan dan alat-alat baik kelengkapan eksperimen maupun alat uji hasil eksperimen antara lain adalah

- Mesin SLA DLP 3D Printing dengan kapasitas 220 volt.
- Laptop.
- software Autodesk® Inventor®.
- software Creation Workshop.
- software Design Expert.
- Alat Uji kekerasan Brinell (HB / BHN).
- Profil Proyektor.

2.2. Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah Liquid Photopolymer Resin.

2.3. Desain Alat Pengujian



Gambar 2. CAD SLA-DLP 3D Printer.

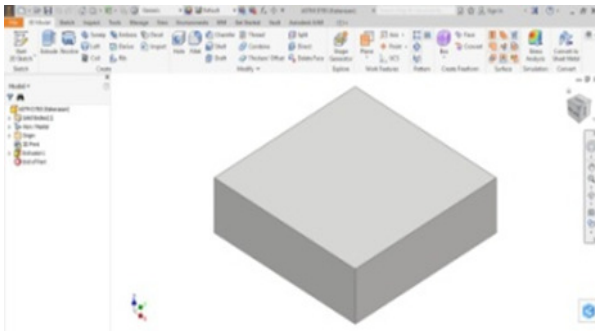
Keterangan :

1. Cover Acrylic
2. Frame
3. Bed Aluminium
4. Vet
5. Bed Acrylic
6. Arduino Mega 2560 + RAMPS
7. DLP Projector
8. Power Supply
9. Screw M3 + leveling spring
10. Coupling
11. Limit Switch
12. Linear Shaft
13. Nema 17 Mottor Stepper
14. Linear Bearing
15. Anti Backlash Nut.
16. Lead Screw + Nut

- Memasukkan file STL yang sudah dibuat sebelumnya ke dalam software Creation Workshop (CW), file yang telah dimasukan tadi.
- Kemudian dilanjutkan dengan memilih file sesuai dengan folder penyimpanan yang telah ditentukan.
- Mengatur parameter dengan memilih Tab "configure", dilanjutkan dengan memilih "configure slicing profile" seperti pada gambar 5.

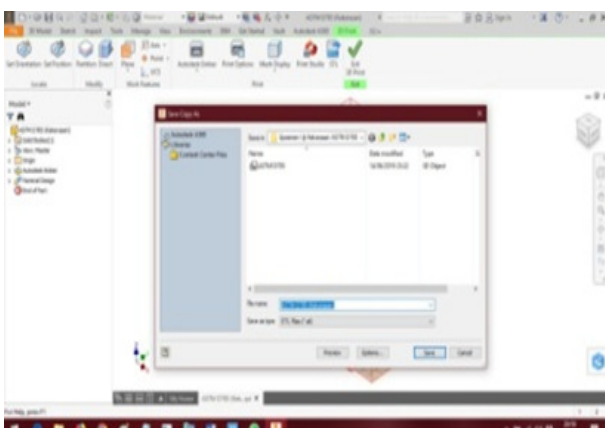
2.4. Proses Pembuatan Spesimen

- Mendesain spesimen menggunakan software Autodesk® Inventor®, yang ditunjukkan pada Gambar 3.



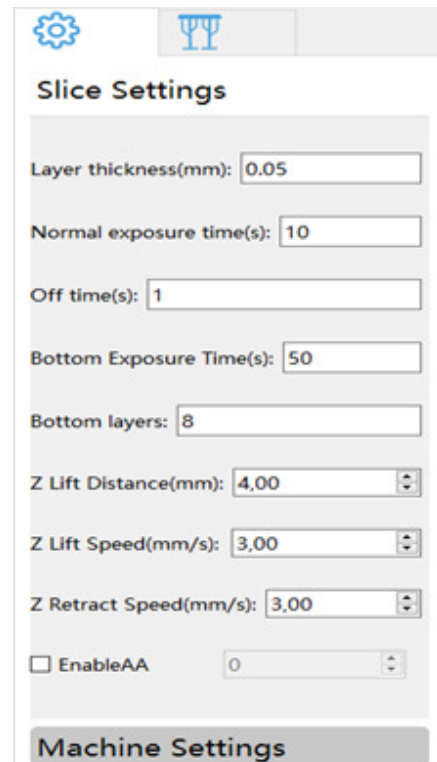
Gambar 3. Desain gambar specimen

- Mengubah format file dari .ipt menjadi .STL, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. format .STL

- Membuka software Creation Workshop (CW) pada laptop.
- Menghubungkan port USB 2.0 dan proyektor ke port USB laptop, lalu pilih "connect" pada software Creation Workshop (CW).



Gambar 5. Configure CW

Tabel 1. Variabel bebas

Parameter			
Layer Thickness	Exposure Time		Unit
0.02	15	20	(mm)
0.030	15	20	(s)

2.4. Metoda

2.4.1. Proses Pengujian

- Siapkan benda kerja.
- Pasang landasan benda uji padaudukannya.
- Gerakkan tuas pada posisi 1 dan pasang penetrator yang sesuai.
- Pilih beban yang sesuai dengan penetrator dan bahan uji (saya memakai beban 250 Kg).
- Buka tutup atas mesin dan pasang lensa pembesaran.

- Letakkan benda uji pada landasan yang tepat.
- Kencangkan penekanan benda uji dengan memutar handwheel.
- Gerakkan tuas dari posisi 1 ke posisi 2 dan selanjutnya ke posisi 3 secara perlahan-lahan, ini merupakan beban awal.
- Gerakkan tuas ke posisi 4 dan tunggu selama 20 detik (penambahan beban).
- Gerakkan tuas ke posisi 1 (posisi semula).
- Ukur diameter bekas penekanan dengan Profil Proyektor.
- Lakukan pengujian sebanyak 4X.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan pada 12 spesimen dan 4 titik penekanan pada permukaan material.

Tabel 2. Hasil Uji Kekerasan Spesimen 1.1 sampai 1.3

Titik pengujian	Spesimen	Indentor	P(Kg)	d _r (mm)	BHN (Kg/mm ²)	BHN _{rata-rata} (Kg/mm ²)
1	S1.1	Bola baja ø 5 mm	250	3,61	20,67	20,03
2				3,66	19,99	
3				3,74	18,94	
4				3,62	20,53	
1	S1.2	Bola baja ø 5 mm	250	3,62	20,53	19,95
2				3,66	19,99	
3				3,79	18,32	
4				3,60	20,81	
1	S1.3	Bola baja ø 5 mm	250	3,62	20,53	19,99
2				3,65	20,12	
3				3,71	19,32	
4				3,66	19,99	

Tabel 3. Hasil Uji Kekerasan Spesimen 2.1 sampai 2.3

Titik pengujian	Spesimen	Indentor	P(Kg)	d _r (mm)	BHN (Kg/mm ²)	BHN _{rata-rata} (Kg/mm ²)
1	S2.1	Bola baja ø 5 mm	250	3,52	21,98	20,78
2				3,65	20,12	
3				3,54	21,68	
4				3,74	18,94	
1	S2.2	Bola baja ø 5 mm	250	3,75	18,81	20,80
2				3,66	19,99	
3				3,61	20,67	
4				3,62	20,53	
1	S2.3	Bola baja	250	3,55	21,53	20,85
2				3,51	22,13	
3				3,72	19,20	

4		ø 5 mm		3,62	20,53	
---	--	--------	--	------	-------	--

Tabel 4. Hasil Uji Kekerasan Spesimen 3.1 sampai 3.3

Titik pengujian	Spesimen	Indentor	P(Kg)	d _r (mm)	BHN (Kg/mm ²)	BHN _{rata-rata} (Kg/mm ²)
1	S3.1	Bola baja ø 5 mm	250	3,33	21,53	21,48
2				3,61	20,67	
3				3,52	21,98	
4				3,62	20,53	
1	S3.2	Bola baja ø 5 mm	250	3,70	19,45	20,45
2				3,65	20,12	
3				3,60	20,81	
4				3,57	21,24	
1	S3.3	Bola baja ø 5 mm	250	3,62	20,53	21,51
2				3,51	22,13	
3				3,56	21,39	
4				3,52	21,98	

Tabel 5. Hasil Uji Kekerasan Spesimen 4.1 sampai 4.3

Titik pengujian	Spesimen	Indentor	P(Kg)	d _r (mm)	BHN (Kg/mm ²)	BHN _{rata-rata} (Kg/mm ²)
1	S4.1	Bola baja ø 5 mm	250	3,59	20,96	20,34
2				3,60	20,81	
3				3,70	19,45	
4				3,65	20,12	
1	S4.2	Bola baja ø 5 mm	250	3,72	19,20	20,33
2				3,52	21,98	
3				3,63	20,39	
4				3,74	18,94	
1	S4.3	Bola baja ø 5 mm	250	3,55	21,53	20,35
2				3,74	18,94	
3				3,63	20,39	
4				3,62	20,53	

3.2. Analisa Data Hasil Uji Kekerasan Brinell (HB / BHN)

Agar dapat mengidentifikasi analisis pengaruh parameter proses pencetakan objek, terhadap kekerasan, maka perlu dilakukan analisis data hasil pengukuran dengan analysis of variance (ANOVA). Analisis ini merupakan teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif memperkirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran hasil respon dengan

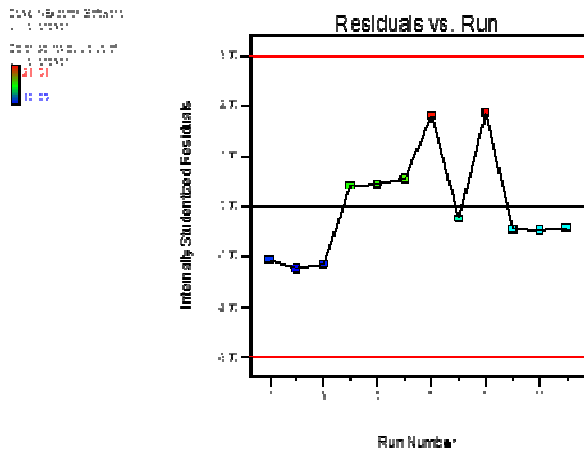
mengidentifikasi pengujian kebenaran hipotesa terhadap pengaruh faktor terkendali beserta interaksinya. Adapun hipotesa (H0) yang diuji yaitu tidak ada pengaruh dari faktor terhadap kekerasan spesimen uji10.

Untuk mengetahui pengaruh faktor terhadap nilai respon dari spesimen uji yang dibuat mengacu pada standarisasi spesimen uji kekerasan dilakukan analisis data hasil pengukuran menggunakan analysis of variance (Two-Way ANOVA) dengan metode eksperimen 2 level factorial design, menggunakan 2 (dua faktor) dan 1 response.

Tabel 6. Hasil pengujian kekerasan dengan 3 kali replikasi

Std	Run	Factor 1 A:Layer Thickness mm	Factor 2 B:Exposure Time s	Respon se 1 uji kekerasan kg/mm ²
1	11	0.02	15	20.33
2	10	0.02	15	20.34
3	7	0.02	15	21.48
4	8	0.03	15	20.45
5	4	0.03	15	20.78
6	9	0.03	15	21.51
7	3	0.02	20	19.99
8	2	0.02	20	19.95
9	5	0.02	20	20.80
10	1	0.03	20	20.03
11	12	0.03	20	20.35
12	6	0.03	20	20.85

Dari data-data hasil pengukuran tersebut terhadap spesimen uji kekerasan pada Tabel 6, maka didapat nilai minimum, maksimum, rata-rata, standar deviasi dan rasio dari masing-masing respon dan faktor pada pengujian.



Gambar 6. Grafik

Dari data-data hasil dari pengukuran pada tabel 5 dapat dianalisis pengaruh dari faktor terhadap kekerasan spesimen uji yang dibuat

menggunakan teknologi rapid prototyping digital light processing dengan analysis of variance (ANOVA) yang dibantu dengan software design expert. Hasil dari ANOVA ditunjukkan pada Tabel 6, seperti berikut :

Tabel 6. Hasil pengujian kekerasan dengan 3 kali replikasi

Response	1		Uji Kekerasan			
ANOVA for selected factorial model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Sum of			
Source	Squa res	df	Source	Squar es	df	Source
Model	3.74	3	Model	3.74	3	Model
A-Layer Thickne ss	0.077	1	A-Layer Thicknes s	0.077	1	A-Layer Thickn ess
B-Exposur e Time	0.78	1	B-Exposur e Time	0.78	1	B-Expos ure Time
AB	2.88	1	AB	2.88	1	AB
Pure Error	7.800E-003	8	Pure Error	7.800E-003	8	Pure Error
Cor Total	3.75	11	Cor Total	3.75	11	Cor Total

Dari hasil perhitungan ANOVA yang dibantu dengan software design expert seperti pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa FValue yang terbesar yaitu Exposure Time, dan faktor utama yang paling mempengaruhi kekerasan spesimen uji adalah Exposure Time. Dengan menggunakan persamaan dapat dihitung nilai persentase kontribusi dari masing-masing faktor yang mempengaruhi kekerasan spesimen uji, yaitu:

$$\text{Faktor Layer Thickness} = \frac{(0.077-0.0078)}{3.75} = 2 \%$$

$$\text{Faktor Exposure Time} = \frac{(0.78-0.0078)}{3.75} = 21 \%$$

$$\text{Interaksi Faktor layer thickness dengan Exposure Time} = \frac{(2.88-0.0078)}{3.75} = 77 \%$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan kesimpulan yang diambil dari penelitian kekerasan spesimen uji, hasil faktor Layer Thickness dan faktor Exposure Time penulis menarik kesimpulan bahwa Exposure Time berpengaruh terhadap kekerasan dan juga dapat berpengaruh terhadap kualitas spesimen dan harga tinggi dari segi ekonomis.

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

- Mampu dalam membuat sebuah produk dengan tingkat akurasi dan ketelitian yang tinggi dengan bentuk yang kompleks.
- Diketahui bahwa pengaruh parameter proses pembuatan objek dengan teknologi rapid prototyping digital light processing terhadap kekerasan spesimen uji yang dicetak menggunakan metode additive manufacturing dengan bahan dasar liquid photopolymer resin, dan diketahui hasil faktor Layer Thickness 2 % dan Faktor Exposure Time 21 % jadi faktor yang sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan spesimen, yaitu Exposure Time.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anggoro, P. Wisnu, ST., MT Tony Yuniarto, ST.,M.Eng. 2017 Proses Rapid Prototyping Master Cetakan Berbahan Resin Epoxy Sebagai Nilai Tambah Dalam Industri Souvenir Logam Pewter. Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Canfield S. 1997. Dynamics of Machinery. Tennessee Tech University, Deptment of Mechanical Engineering.
3. Dept. of Oceanography, Texas A&M University. Resin 2010. <https://id.wikipedia.org/wiki/Resin>.
4. Doruk Erdem Yunus, Ran He, Wentao Shi, Orhan Kaya, Yaling Liu. 2017. Short fiber reinforced 3d printed ceramic composite with shear induced alignment.
5. Kalpakjian, Serope, Steven R. Schmid. Stereolithography. 2006. <https://en.wikipedia.org/wiki/Stereolithography>.
6. Namchul Do. 2017. Integration Of Design And Manufacturing Data To Support Personal Manufacturing Based On 3D Printing Services, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Volume 90, Issue 9–12, pp 3761–73.
7. Rinanto, Andhy, Wahyudi Sutopo. 2017. Perkembangan Teknologi Rapid Prototyping Study Literatur. Surakarta Universitas Sebelas Maret.
8. Romli Romli. 2019. Modul Praktikum Pengujian Kekerasan. Politeknik Negri Sriwijaya.
9. Romli, Romli, Mardiana Mardiana. 2013. Pengaruh Kekerasan Dengan Busur Nyala Pada Material ST 37, ST 60 Dan Amutit, Vol 5, No 2, No-Issn 2622-7649, E-Issn 20851286.
10. Seprianto, Dicky, Romi Wilza, Iskandar. 2018. Pengembangan Desain Dan Rancang Bangun Souvenir Khas Kota Palembang Menggunakan Teknologi CAD Dan Additive Manufacturing. Palembang Politeknik Sriwijaya.
11. Shi Yaru, Cao Yan, Wang Yongming, Huang Liang. 2016. Influence of SLA Rapid Prototyping process parameters on the forming precision. Conference 2016 6th International Conference on Mechatronics, Computer and Education Informationization MCEI 2016.
12. Sudjana. 1994. Desain Dan Analisis Eksperimen. Edisi III, Tarsito, Bandung.
13. Sulaiman, Andry. 2010. Meneliti Tentang Pengembangan Perangkat Lunak Mesin Rapid Prototyping Dengan Metode FDM (Fused Depositionning Modelling). Fakultas Teknik Mesin Depok.