

## Analisis Perbandingan Metode Pengeringan Filamen Resin 3D Jenis Anycubic Photon Bio PLA Menggunakan Sinar UV dan Mesin Photon Wash and Cure Terhadap Kekuatan Tarik Material

Reza Azizul Nasa Al Hakim<sup>\*1</sup>, Dandun Mahesa Prabowoputra<sup>2</sup>, Mohammad Irham Akbar<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

<sup>3</sup>Teknik Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

Email: <sup>1</sup>[reza.azizul@unsoed.ac.id](mailto:reza.azizul@unsoed.ac.id), <sup>2</sup>[dandun.mahesa@unsoed.ac.id](mailto:dandun.mahesa@unsoed.ac.id), <sup>3</sup>[mohammad.irham@unsoed.ac.id](mailto:mohammad.irham@unsoed.ac.id)

### Abstrak

Perkembangan teknologi 3D *manufacturing* sangat pesat. Pembuatan benda 3 dimensi menggunakan 3D *printing* sudah sangat lazim digunakan pada perusahaan besar untuk menghindari terjadinya kesalahan saat produksi massal. Selain itu teknologi 3D *printing* juga sering digunakan untuk *biomedical engineering*. Bentuk yang detail dan presisi membuat produk 3D *printing* banyak digunakan di dunia kesehatan. Ada 2 jenis 3D *printing* yang umum dipasarkan yaitu menggunakan material *Polylactic acid* atau biasa disebut dengan PLA dan material berbasis dasar cairan atau biasa kita sebut dengan resin. Penelitian ini menggunakan teknologi 3D *printing* yang digunakan adalah *Digital Light Processing* (DLP), yang memiliki keunggulan dalam kecepatan dan tingkat akurasi dimensi yang tinggi. Spesimen uji pada penelitian ini dicetak dengan menggunakan Standar ISO 527/2-5A. Penelitian ini berfokus pada membandingkan durasi pengeringan hasil cetak menggunakan sinar UV dan mesin Photon Wash and Cure. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui dan menentukan efektifitas pengeringan permukaan pada hasil cetak resin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengeringan menggunakan mesin Photon Wash and Cure selama 30 menit memiliki kekuatan tarik yang mendekati dengan metode pengeringan menggunakan sinar UV selama 60 menit. Penelitian ini menunjukkan bahwa pengeringan menggunakan mesin Photon Wash and Cure lebih efektif karena memiliki perbedaan waktu sebesar 50% dibandingkan dengan pengeringan menggunakan sinar UV secara langsung.

**Kata kunci:** 3D *printing*, *photon wash and cure*, resin, sinar UV

### *Comparative Analysis of Anycubic Photon Bio PLA 3D Resin Filament Drying Methods Using UV Light and Photon Wash and Cure Machine on Material Tensile Strength*

#### Abstract

The development of 3D manufacturing technology is very rapid. The creation of three-dimensional objects using 3D printing is already very commonly used by large companies to avoid errors during mass production. Additionally, 3D printing technology is also frequently used in biomedical engineering. The detailed and precise shapes make 3D printing products widely used in the healthcare field. There are 2 types of 3D printing commonly available in the market, namely using Polylactic Acid material or commonly referred to as PLA and liquid-based materials or commonly referred to as resin. This research uses 3D printing technology known as Digital Light Processing (DLP), which has advantages in speed and high dimensional accuracy. The test specimens in this study were printed using the ISO 527/2-5A Standard. This research focuses on comparing the drying duration of the printed results using UV light and the Photon Wash and Cure machine. Tensile testing was conducted to determine the effectiveness of surface drying on resin prints. The test results showed that drying using the Photon Wash and Cure machine for 30 minutes had tensile strength close to the UV light drying method for 60 minutes. This study indicates that drying using the Photon Wash and Cure machine is more effective because it has a time difference of 50% compared to direct UV light drying.

**Keywords:** 3D *printing*, *photon wash and cure*, resin, UV light

## 1. PENDAHULUAN

*Addictive Manufacturing* merupakan salah satu teknologi yang sering digunakan dalam *Rapid Prototyping* (RP) di berbagai industri [1]. *Addictive manufacturing* memiliki tingkat kebebasan desain yang lebih tinggi dan kemampuannya untuk membuat produk yang kompleks pada suatu mesin [2]. Pada penelitian ini akan

menggunakan *addictive manufacturing* dengan jenis *vat photopolymer* resin yang terkenal dengan cepat, murah, dan mudah dibentuk [3]. Proses *addictive manufacturing* dibagi menjadi beberapa tahapan diantaranya *pre-process*, *in-process*, dan *post-process* [4].

*Digital light processing* menggunakan cairan polimer resin yang diletakkan pada wadah transparan [5]. Pada tahap awal dilakukan pemilihan tipe material yang akan digunakan dan jenis teknologi pencetakan [6], kemudian pada tahap pencetakan atau *in-process* dilakukan pemilihan parameter proses untuk mendapatkan hasil yang diinginkan diantaranya *exposure time*, *layer thickness*, *lifting speed*, *build orientation*, dan *light intensity* [7] dan terakhir adalah tahap *post-process* dilakukan dengan cara melepas produk dari *build plate*, mencuci produk dengan alkohol kemudian melakukan proses *curing* dengan menggunakan sinar UV [6]. Pemilihan parameter proses dapat mempengaruhi hasil akhir permukaan dan kekuatan mekanis dari produk yang dicetak [8].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Dulaijan dkk pada tahun 2023 yang menganalisis tentang kekuatan lentur menggunakan variabel orientasi printing dan lama waktu pengeringan. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan menggunakan sudut  $0^\circ$  dan waktu pengeringan selama 120 menit memiliki *flexural strength* yang paling baik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan lama waktu penyinaran menggunakan UV dan mesin *Photon Wash and Cure* yang paling baik terhadap kekuatan tarik material.

## 2. METODE PENELITIAN

Isi dari metode penelitian adalah memformulasikan permasalahan yang diteliti dengan lebih rinci (sedapat mungkin ditulis secara matematis) dan menjelaskan metode yang diusulkan. Apabila menggunakan sebuah algoritma, dapat dijelaskan di bagian

3D *printing* adalah salah satu bentuk teknologi manufaktur *addictive manufacturing* dimana mesin akan membuat benda kerja dalam bentuk 3 dimensi dengan cara meletakkan lapisan material secara berturut-turut [9]. Teknologi 3D *printing* merupakan salah satu teknologi dalam membuat *prototype* yang paling banyak digunakan dalam dunia industri terutama yang bergerak dalam bidang manufaktur. Perkembangan teknologi industri pada sektor manufaktur yang meliputi desain dari suatu produk menjadi sangat penting karena begitu banyaknya pesaing dan cepatnya laju pertumbuhan inovasi dari setiap produk [10].

Prinsip utama dari proses *addictive manufacturing* adalah merubah atau mengkonversi data 3 dimensi yang berasal dari *Computer Aided Design* (CAD) secara langsung menjadi *prototype* dalam bentuk fisik. Teknik 3D *printing* beroperasi dengan cara layer per layer dalam menghasilkan suatu *prototype* [11]. Saat ini *addictive manufacturing* digunakan untuk aplikasi yang jauh lebih luas dan bahkan digunakan untuk membuat suku cadang yang berkualitas produksi dalam jumlah yang relatif kecil. Untuk menciptakan sebuah objek membutuhkan model 3D secara digital yang didapatkan dengan melakukan *scanning* atau pemindaian objek secara 3D atau dengan cara menggambar manual dengan *software* 3D design seperti *solidworks*, *AutoCAD*, *Inventor*, dan lainnya [12].

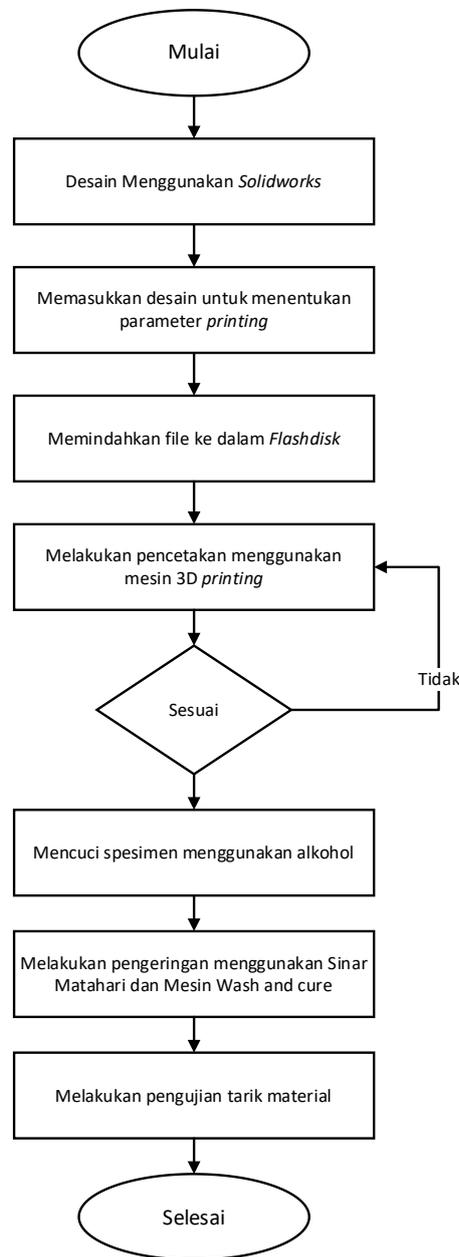
Istilah *addictive manufacturing* (AM) mulai populer di tahun, 2000-an yang terinspirasi oleh tema bahan yang ditambahkan bersama-sama (dengan berbagai cara). Istilah pencetakan 3D masih hanya mengacu pada teknologi polimer di sebagian besar pemikiran dan istilah *addictive manufacturing* lebih cenderung digunakan dalam proses pengolahan logam dan penggunaan pada konteks produksi antara lain polimer, ink jet, atau stereo litografi.

Pemodelan 3D adalah salah satu proses analisis dan pengumpulan data tentang bentuk dan penampilan dari suatu objek. Berdasarkan data ini, Model 3D dari objek yang dipindai dapat diproduksi. Model 3D ini dapat diciptakan menggunakan *software* khusus untuk desain 3D. File yang digunakan juga harus disamakan dengan 3D *printing*, supaya benda kerja dapat dibuat menggunakan 3D *printing*.

Pada tahun 1983 Charles Hull menemukan sebuah mesin yang bernama *stereolithography apparatus* (SLA). Prinsip dari mesin ini sendiri adalah mengubah plastik cair *photopolymers* menjadi benda padat menggunakan sinar *ultraviolet* atau laser. Ketika sebuah objek sedang dicetak menggunakan *photopolymers* pada titik di sebuah platform, secara bersamaan sinar *ultraviolet* atau laser ditembakkan pada titik yang diinginkan sehingga cairan resin tersebut akan segera mengeras. *Bed* atau platform yang digunakan dapat bergerak keatas dan ke bawah sehingga proses pembuatan objek 3D terjadi dengan cara berlapis (ditumpuk). Proses perancangan objek serta pengontrolan printer sendiri dilakukan dengan menggunakan komputer [13].

Sinar *ultraviolet* (UV) merupakan sinar yang dipancarkan oleh matahari yang mencapai permukaan bumi selain cahaya tampak dan sinar inframerah (*infrared*). Sinar UV berada pada kisaran panjang gelombang 200 nm – 400 nm [14]. Spektrum UV terbagi menjadi 3 kelompok berdasarkan panjang gelombang UV-A (320 nm – 400 nm), UV-b (290 nm – 320 nm), dan UV-C (200 nm – 290 nm). Sinar UV yang mempunyai dampak terhadap kulit adalah sinar UV-A dan UV-B [15].

Indeks UV adalah angka tanpa satuan untuk menjelaskan tingkat paparan radiasi sinar *ultraviolet* yang berkaitan dengan kesehatan manusia. Setiap skala UV indeks setara dengan 0,025 Wm<sup>2</sup> radiasi sinar UV. Skala tersebut diperoleh berdasarkan *fluks spectral* radiasi UV dengan fungsi sesuai dengan efek fotobiologis pada kulit manusia, terintegrasi antara 250 – 400 nm. Warna hijau kategori *low risk* , warna kuning *medium risk*, dan warna merah *high risk* [16].



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Dapat dilihat pada gambar 1 merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan. Metode dari penelitian ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu :

**1. Desain 3D spesimen**

Objek yang akan dicetak terlebih dahulu akan digambar menggunakan *software solidworks* dengan menggunakan standar ISO 527/2-5A kemudian disimpan dalam format STL.

**2. Slicing dan seting layer thickness**

Objek 3 dimensi dengan ukuran yang telah ditentukan pada proses sebelumnya kemudian dibuka menggunakan aplikasi *creality slicer* untuk dilakukan proses setting sebelum memulai pencetakan. Salah satu seting yang dilakukan adalah *layer thickness*.

**3. Pencetakan 3D**

Setelan dari objek yang sudah *valid* pada aplikasi *creality slicer* kemudian dicetak menggunakan 3D *printing*.

**4. Pengujian Kekuatan Tarik**

Selanjutnya hasil cetakan objek 3D yang telah berbentuk spesimen uji tarik kemudian dilakukan pengujian mekanik dengan menggunakan standar ISO 527/2-5A.

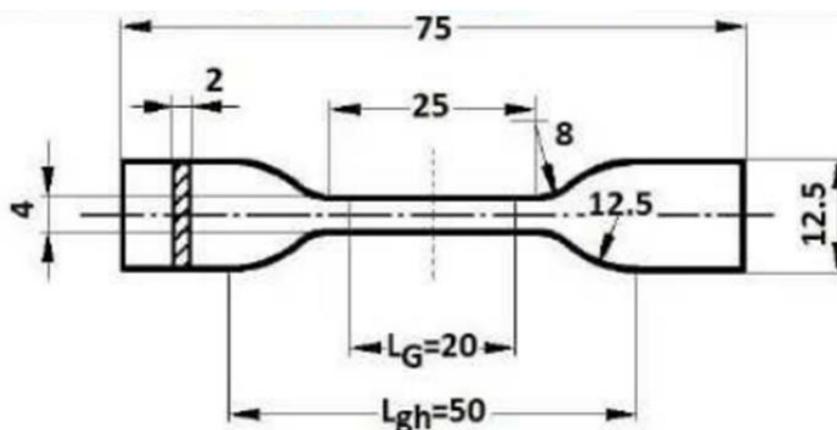
**5. Analisis dan perbandingan variasi**

Sampel hasil uji mekanik kemudian di analisis untuk mengetahui pengaruh dari proses pengeringan dengan menggunakan sinar matahari dan photon wash and cure.

**2.1. Desain Spesimen Uji**

Pada umumnya sistem kerja mesin 3D *printing* merupakan mesin pencetak khusus yang menghasilkan cetakan dalam bentuk 3 dimensi berdasarkan hasil desain yang sudah dibuat dalam format STL. Mesin beroperasi dengan cara menggerakkan sinar UV sesuai dengan desain yang sudah dibuat.

Pembuatan desain CAD dilakukan dengan menggunakan *software solidworks* dengan menggunakan format STL. Standarisasi spesimen uji tarik yang digunakan adalah ISO 527/2-5A dengan ketebalan 4mm. Dimensi dari spesimen uji dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2. Standar pengujian ISO 527/2-5A

**2.2. Alat dan Bahan**

Ada beberapa alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. *3D Printing Resin*

*3D printing* jenis resin yang digunakan merupakan merek *Flashforge* dengan tipe *Hunter*. 3D print ini menggunakan metode DLP untuk menghasilkan suatu produk. Dimensi maksimal dari produk yang bisa dihasilkan menggunakan printer ini adalah 14,4 cm x 8,1 cm dengan ketinggian 18 cm.



Gambar 3. 3D printing *Flashforge Hunter*

## 2. *Curing Machine*

Mesin *curing* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Anycubic Wash and Cure 2.0. Mesin ini memiliki UV *lights* sebesar 405nm dengan 12 titik lampu.



Gambar 4. *Anycubic Wash and Cure 2.0*

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

### 1. Alkohol 99%

Alkohol digunakan untuk membersihkan spesimen dari resin setelah selesai di cetak. Alkohol dituang ke dalam mesin *wash and cure* secukupnya hingga seluruh permukaan spesimen terendam. Setelah itu mesin akan di setting supaya spesimen dibersihkan menggunakan putaran mesin.



Gambar 5. Alkohol

### 2. Resin

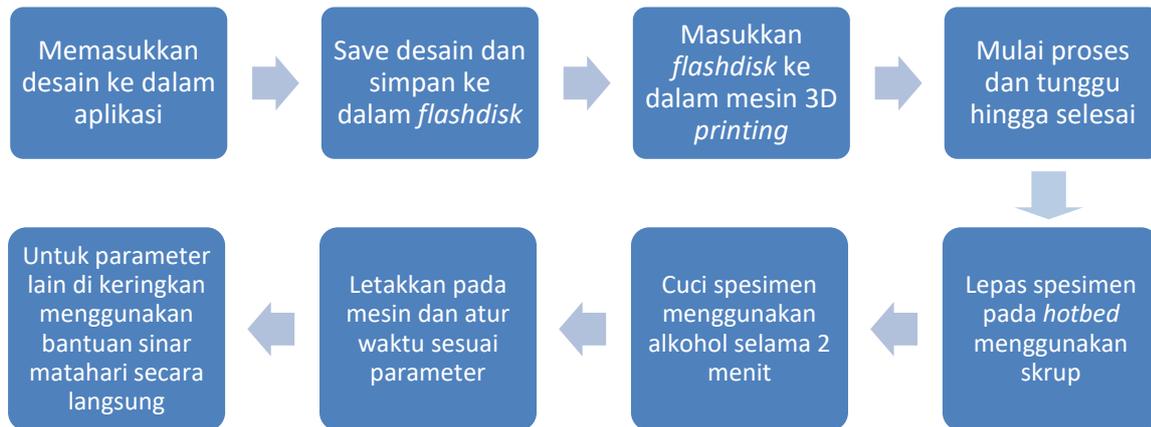
Resin yang digunakan pada penelitian ini menggunakan resin Anycubic Photon Bio PLA. Resin ini memiliki keunggulan yaitu tidak berbau menyengat seperti resin lain.



Gambar 6. *Anycubic Photon Bio PLA*.

### 2.3. Prosedur Pengeringan

Setelah selesai membuat desain spesimen dan membuat rancangan eksperimen langkah selanjutnya adalah mencetak spesimen. Proses pencetakan dilakukan dengan menggunakan mesin 3D *printing* dengan teknologi DLP buatan *Flashforge* dengan tipe *Hunter* yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan menggunakan material *photopolymer* resin buatan *Anycubic* dengan tipe ECO UV resin yang berbahan dasar dari tanaman (*plant based*). Setelah dicetak setiap spesimen akan dicuci dengan menggunakan alkohol 99% selama 120 detik dan di-curing dengan menggunakan mesin *Anycubic Wash & Cure 2.0* yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Proses pembuatan spesimen uji

### 2.4. Mencetak Spesimen

Langkah selanjutnya yang dilakukan setelah seluruh proses pencetakan spesimen selesai adalah melakukan pengukuran dimensi. Pengukuran dimensi dilakukan untuk mengetahui penyimpangan dimensi yang terjadi dari berbagai perlakuan yang telah dilakukan berdasarkan rancangan eksperimen di dalam desain matriks. Pengukuran dimensi dilakukan pada tiga bagian yaitu pengukuran dimensi panjang, lebar, dan tinggi. Pengukuran dimensi dilakukan 24 jam setelah proses *curing*. Berikut merupakan data yang digunakan dalam membuat spesimen uji.

Tabel 1. Data spesimen uji tarik

No	Kode	Keterangan
1	A1	Untreatment
	A2	
	A3	
2	B1	Sinar UV 1 Menit
	B2	
	B3	
3	C1	Sinar UV 30 Menit
	C2	
	C3	
4	D1	Sinar Matahari 15 Menit

	D2	
	D3	
5	E1	Sinar Matahari 60 Menit
	E2	
	E3	

Dengan menggunakan data spesimen yang ada pada tabel 1 dibuatlah 15 spesimen uji dengan kode yang sesuai dengan tabel. Setiap parameter diberikan 3 spesimen uji untuk menentukan tingkat keberhasilan atau kegagalan dari pengujian tarik. Pengujian tarik dilakukan di Universitas Wahid Hasyim Semarang. Pengujian tarik dilakukan dengan cara menjepit ujung spesimen uji kemudian ditarik berlawanan arah hingga spesimen uji. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pengujian diantaranya yang paling sering ditemui adalah grip atau pengecam yang kurang kencang sehingga spesimen uji tergelincir pada saat ditarik yang menyebabkan hasil grafik tidak maksimal.



Gambar 8. Spesimen uji tarik.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

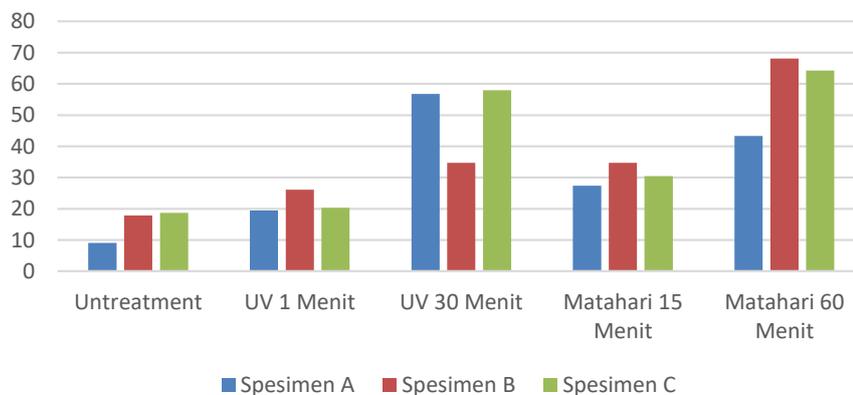
#### 3.1. Hasil

Setelah dilakukan pengujian tarik terhadap 15 spesimen uji, data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data hasil pengujian tarik

No	Kode	Keterangan	Data hasil pengujian tarik
1	A1	Untreatment	9.075 MPa
	A2		17.837 MPa
	A3		18.736 MPa
2	B1	Sinar UV 1 Menit	19.472 MPa
	B2		26.083 MPa
	B3		20.129 MPa
3	C1	Sinar UV 30 Menit	56.790 MPa
	C2		34.701 MPa
	C3		57.975 MPa
4	D1	Sinar Matahari 15 Menit	27.345 MPa
	D2		34.738 MPa
	D3		30.479 MPa
5	E1	Sinar Matahari 60 Menit	43.352 MPa
	E2		68.147 MPa
	E3		64.286 MPa

### Hasil pengujian Tarik Spesimen

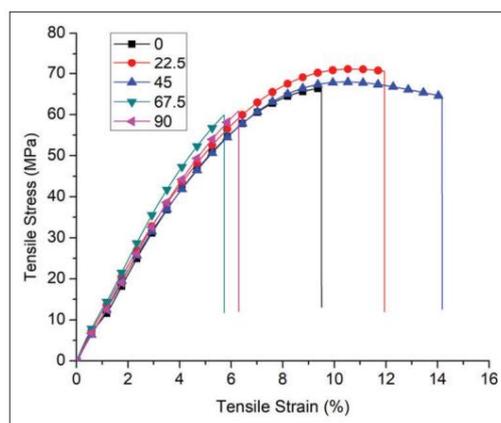


Gambar 9. Hasil pengujian tarik spesimen

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa lama penyinaran *Ultraviolet* pada spesimen uji mempengaruhi kekuatan tarik material. Semakin lama penyinaran maka semakin tinggi pula kekuatan tarik material yang diperoleh. Pada data hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen dengan penyinaran di bawah sinar matahari selama 60 menit. Kekuatan tarik yang dihasilkan oleh spesimen E (M60) lebih baik dibandingkan dengan spesimen C (UV30) namun waktu yang dibutuhkan selisih 30 menit.

### 3.2. Pembahasan

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Saini [17] yang dilakukan menggunakan orientasi layer pada material Stereolithography Apparatus (SLA) dengan metode DLP menghasilkan data pengujian tarik rata-rata sebesar 60MPa. Untuk kekuatan tarik material dapat disesuaikan dengan penggunaan atau kebutuhan. Metode menyinari material dengan sinar UV yang lama dapat menambah kekuatan material tetapi juga membutuhkan waktu yang cenderung lebih lama. Posisi layer saat melakukan printing juga mempengaruhi kekuatan tarik dari material itu sendiri.



Gambar 10. Data pengujian tarik SLA [17]

## 4. KESIMPULAN

Dari data yang ditampilkan diatas, dapat disimpulkan bahwa untuk efektifitas pembuatan material menggunakan resin disarankan untuk menggunakan metode C karena memiliki hasil pengujian yang cenderung tidak berbeda jauh dengan spesimen E tetapi waktu yang dibutuhkan bisa lebih singkat 50%. Pengeringan dalam waktu singkat menggunakan mesin *Photon Wash and Cure 2.0* menawarkan kekuatan tarik yang hampir sama dibandingkan dengan penyinaran secara manual di bawah sinar matahari. Lama penyinaran pada spesimen dapat disesuaikan dengan kebutuhan dari pengguna. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa metode *curing* menggunakan mesin lebih efektif dibandingkan dengan pengeringan secara manual.

## 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada LPPM Universitas Jenderal Soedirman untuk pendanaan program penelitian Riset Peningkatan Kompetensi tahun anggaran 2024 dengan nomor: 26.687/UN23.35.5/PT.01/II/2024.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Gibson, D. Rosen, and B. Stucker, "Additive Manufacturing Technologies", 2nd ed. New York: Springer, 2015, doi: 10.1007/978-1-4939-2113-3.
- [2] T. Pereira, J. V. Kennedy, and J. Potgieter, "A comparison of traditional manufacturing vs additive manufacturing, the best method for the job", *Procedia Manufacturing*, vol. 30, pp. 11–18, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2019.02.003.
- [3] P. Stavropoulos and P. Foteinopoulos, "Modelling of additive manufacturing processes: a review and classification", *Manufacturing Review*, vol. 5, no. 2, 2018, doi: 10.1051/mfreview/2017014.
- [4] S. Kumar, "Additive Manufacturing Solutions", 1st ed. Switzerland: Springer Nature, 2022.
- [5] A. Davoudinejad, "Vat photopolymerization methods in additive manufacturing", in *Additive Manufacturing*, J. Pou, A. Riverio, and P. J. Davim, Eds., pp. 159–181. Elsevier, 2021, doi: 10.1016/B978-0-12-818411-0.00007-0.
- [6] S. Kamara and K. S. Faggiani, "Fundamentals of Additive Manufacturing for the Practitioner", 1st ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2021.
- [7] D. Wu, Z. Zhao, Q. Zhang, H. J. Qi, and D. Fang, "Mechanics of shape distortion of DLP 3D printed structures during UV post-curing", *Soft Matter*, vol. 15, no. 30, pp. 6151–6159, 2019, doi: 10.1039/C9SM00725C.
- [8] R. Prabhakaran, P. Pitchipoo, S. Rajakarunakaran, and R. Venkatesh, "Experimental investigation and optimization of process parameters on digital light processing (DLP) 3D printing process based on Taguchi-grey relational analysis", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 2024, doi: 10.1177/09544089241236267.
- [9] N. Tyagi et al., "3D printing technology in the pharmaceutical and biomedical applications: a critical review", *Biomedical Materials & Devices*, vol. 2, no. 1, pp. 178-190, Jan.-Mar., 2024. doi.org/10.1007/s44174-023-00105-9.
- [10] R.A.Wicaksono et al., "Rancang Bangun dan Simulasi 3D Printer Model Cartesian Berbasis Fused Deposition Modelling", *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur Dan Material*, vol. 5, no. 2, pp. 53-64, 2021, doi: 10.30588/jeemm.v5i2.895.
- [11] M.Dawoud et al., "Strain sensing behaviour of 3D printed carbon black filled ABS", *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 35, pp. 337-342, Aug., 2018. doi.org/10.1016/j.jmapro. 2018.08.012
- [12] A.Setiawan, "Pengaruh Parameter Proses Ektrusi 3D Printer Terhadap Sifat Mekanis Cetak Komponen Berbahan Filament PLA (Poly Lactide Acid)", *Teknika STTKD: Jurnal Teknik Elektronik dan Engine*, vol. 4, no. 2, pp. 20-27.
- [13] A.S.Wijaya et al., "Uji Functional Suitability Dan Usability Pada Sistem Kendali Mesin 3D Print Berbasis IoT", *Jurnal Teknik Elektro*, vol .12 , no .1 , pp .45-53 , Jan .2023 , doi :10 .26740/jte.v12n1.p45-53.
- [14] D.L.Narayanan et al., "Ultraviolet radiation and skin cancer", *International Journal of Dermatology*, vol .49 , no .9 , pp .978-986 , Sep .2010 , doi :10 .1111/j .1365-4632 .2010 .04474.x.
- [15] E.A.Dutra et al., "Determination of sun protection factor (SPF) of sunscreens by ultraviolet spectrophotometry", *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, vol .40 , pp .381-385 , doi :10 .1590/S1516-93322004000300014.
- [16] E.Fatmasari et al., "3 ,4-dimethoxychalcone novel ultraviolet-A-protection factor in conventional sunscreen cream", *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, vol .12 , no .3 , pp .279-284 , doi :10 .4103/japtr.JAPTR\_89\_21.
- [17] J.S.Saini et al., "Investigations of the mechanical properties on different print orientations in SLA 3D printed resin", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, vol .234 , no .11 , pp .2279-2293. doi.org/10.1177 /0954406220904106.