

PENGARUH VARIASI JENIS RESIN DAN WAKTU *CURING* PADA HASIL CETAKAN 3D PRINTING TERHADAP NILAI *MATERIAL PROPERTIES*

*Muhammad Ihya Mahendra Adi¹, Rifky Ismail², Budi Setiyana²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: ihyamahendra13@gmail.com

Abstrak

Printer tiga dimensi sedang meningkat popularitasnya sebagai perangkat untuk membuat prototipe maupun peralatan dengan skala kecil secara cepat. Penggunaan 3D printer ini dapat diaplikasikan dalam berbagai macam bidang seperti *tooling*, *rapid prototyping*, *rapid manufacturing*, *cloud-based manufacturing*, *riset*, *bio-printing*, bahkan peralatan kesehatan. CV. Karya Mandiri Diponegoro memanfaatkan teknologi 3D printer ini guna memproduksi macam macam benda sesuai dengan permintaan konsumen. Salah satunya adalah lengan bionik untuk membantu mengembalikan fungsi kerja dari tangan pasien. Optimasi yang sedang ingin dicapai adalah pembuatan produk dengan biaya produksi serta dimensi yang masih dapat dikurangi lagi. Hal ini dapat dicapai apabila nilai properti material diketahui. Pada produksi selanjutnya, variasi jenis resin dan waktu *curing* dapat diatur sebaik mungkin sehingga tidak mempengaruhi nilai properti material Ketika digunakan. Pengujian tarik, *bending*, *impact*, kekerasan dan densitas dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan sebuah material yang mungkin berubah apabila memakai jenis resin atau waktu *curing* yang berbeda. Dari pengujian didapat perbedaan jenisresin dan waktu *curing* memiliki kecenderungan berbanding lurus dengan peningkatan nilai properti material yang meliputi beban maksimal tarik, tegangan maksimal, regangan, beban maksimal *bending*, tegangan maksimal *bending*, harga *impact*, dan densitas.

Kata kunci: 3d printer; jenis resin; properti material; waktu post-curing

Abstract

Three-dimensional printers are growing in popularity as a tool for rapid prototyping and small-scale equipment. The use of this 3D printer can be applied in various fields such as tooling, rapid prototyping, rapid manufacturing, cloud-based manufacturing, research, bio-printing, and even medical equipment. CV. Karya Mandiri Diponegoro utilizes this 3D printer technology to produce various kinds of objects according to consumer demand. One of them is a bionic arm to help restore the working function of the patient's hand. The optimization that is being achieved is the manufacture of products with reduced production costs and dimensions. This can be achieved if the value of the material property is known. In subsequent production, variations in the type of resin and curing time can be adjusted as well as possible so that it does not affect the value of material properties when used. Tensile, bending, impact, hardness and density tests are carried out to determine the strength value of a material that may change when using a different type of resin or curing time. From the test, it was found that the different types of resin and curing time have a tendency to be directly proportional to the increase in the value of material properties which include maximum tensile load, maximum stress, strain, maximum bending load, maximum bending stress, impact value, and density.

Keywords: 3D Printer; material properties; post-curing time; resin type

1. Pendahuluan

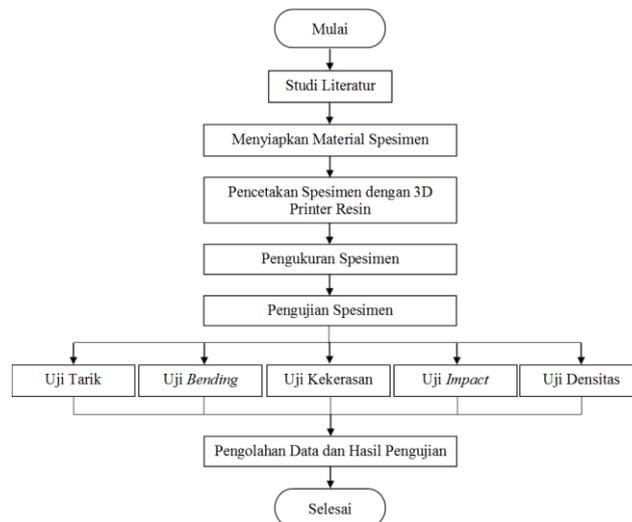
Printer tiga dimensi (3D) sedang meningkat popularitasnya sebagai perangkat untuk pembuatan prototipe secara cepat ataupun untuk manufaktur peralatan dengan skala kecil. Pengembangan versi desktop yang murah membuat teknologi ini mudah diakses untuk digunakan pada rumah maupun kantor. Mayoritas printer 3D komersial yang ada menggunakan teknik manufaktur aditif yang dikenal dengan molten polymer deposition (MDP) dimana filamen padat termoplastik didorong melalui nosel ekstruksi yang dikendalikan oleh komputer [1]. Penggunaan 3D printer dapat diaplikasikan dalam berbagai macam bidang seperti *tooling*, *rapid prototyping*, *rapid manufacturing*, *cloud-based manufacturing*, *riset*, *bio-printing*, bahkan peralatan kesehatan. Pada bidang kesehatan, 3D printer dapat menekan biaya pembuatan prostetik. Harga untuk pembuatan lengan atau tangan prostetik yang sedang dikembangkan untuk negara industrialisasi cukup tinggi oleh standar global. Harga dari prostetik yang ditenagai tubuh berkisar dari 4000 hingga 50000 Dollar Amerika, sedangkan untuk yang ditenagai tenaga luar berkisar dari 25000 hingga 50000 Dollar Amerika [2].

Berdasarkan tekniknya, 3D printer dapat dikelompokkan menjadi kategori berdasarkan standard ASTM. Kategori yang dimaksud yaitu *binder jetting*, ekstrusi material, dan *vat photopolymerization* [3].

Slicer merupakan aplikasi pendukung yang menghubungkan antara model 3D dengan printer yang akan dipakai. Software ini menyiapkan model untuk 3D printer, menciptakan G-code yang digunakan untuk bahasa pemrograman numerical control (NC). Pengujian yang dilakukan ada 5. Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat [4]. Uji bending adalah suatu proses pengujian material dengan cara di tekan untuk mendapatkan hasil berupa data tentang kekuatan lengkung (bending) suatu material yang di uji. Proses pengujian bending memiliki 2 macam pengujian, yaitu 3 point bending dan 4 point bending. Pengujian impact merupakan suatu pengujian yang mengukur ketahanan bahan terhadap beban kejut. Pengujian ini merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasional material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban uji mengalami deformasi. Uji Kekerasan adalah suatu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui ketahanan suatu material terhadap deformasi plastis. Pengujian kekerasan menggunakan metode shore hardness durometer. Densitas (ρ) suatu bahan merupakan perbandingan antara massa bahan dengan volume bahan yang sedang diuji. Pengujian densitas material dilakukan dengan mengukur massa dengan menggunakan timbangan dan dilanjutkan dengan mengukur volume berdasarkan penambahan volume air pada gelas ukur ketika dimasukan material uji. Pengukuran densitas ini dilakukan berdasarkan Hukum Archimedes.

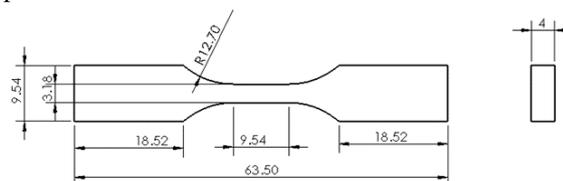
2. Metode Penelitian

Gambar 1 menunjukkan diagram alir dari penelitian yang akan dilakukan. Penelitian ini dimulai dengan studi literatur. Tahap ini dilakukan untuk menentukan topik berdasarkan permasalahan yang akan dibahas. Tahap ini juga meliputi studi Pustaka terhadap hasil-hasil dan literatur yang sudah ada sehingga dapat dipahami dengan baik dan menjadi referensi untuk penentuan judul. Selanjutnya menyiapkan material spesimen berupa resin. Variasi jenis resin yang dipakai untuk pengujian yaitu E-SUN Standard Resin dan E-SUN Water Washable Resin. Berikut adalah diagram alir penelitian, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengujian mengacu pada standar ASTM D-638 [5]. Mesin pengujian yang digunakan merupakan mesin pengujian Laboratorium Pengujian Material S-1 Teknik Mesin UNIMUS. Berikut merupakan dimensi dari spesimen uji tarik dalam satuan milimeter yang dapat dilihat pada Gambar 2.

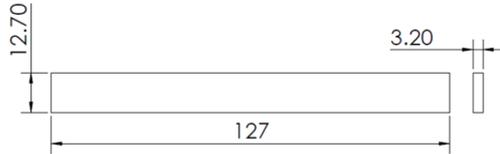


Gambar 2. Dimensi Spesimen Pengujian Tarik

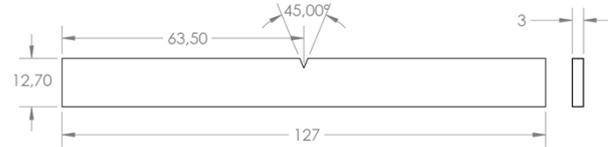
Pengujian bending menggunakan standar ASTM D-790 [6]. Dimensi spesimen pengujian dapat dilihat pada gambar 3. Pengujian dilakukan menggunakan teknik three point bending atau menggunakan 3 tumpuan dalam pengujiannya. Tensile & Bending Testing Machine merupakan mesin yang digunakan untuk menguji tarik serta bending material. Mesin

ini menggunakan hidrolik sebagai aktuator atau penggerak untuk memberikan gaya pengujian terhadap spesimen. Mesin ini dapat digunakan berbagai macam material seperti logam, logam paduan, komposit, polimer dan lain lain. Mesin pengujian yang digunakan merupakan mesin pengujian Laboratorium Pengujian Material S-1 Teknik Mesin UNDIP. Jarak antara titik yang digunakan adalah 5.1 mm.

Pengujian impact menggunakan standar ASTM D-6110 [7]. Pengujian menggunakan beban palu seberat 20 kg dengan panjang lengan 0,8 m. Mesin ini bekerja dengan memberi beban pada material dengan dipukul oleh bandul pemberat yang berayun. Mesin ini dapat menguji material dengan metode charpy maupun izod. Mesin pengujian yang digunakan merupakan mesin pengujian Laboratorium Material S-1 Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Berikut merupakan dimensi dari pengujian impact dalam satuan milimeter yang dapat dilihat pada Gambar 4.



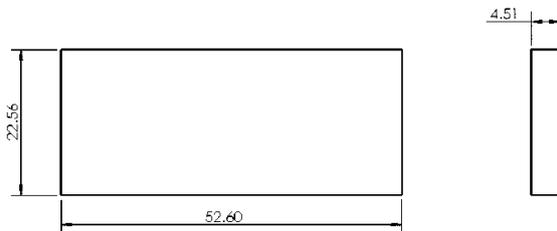
Gambar 3. Dimensi Spesimen Pengujian Bending



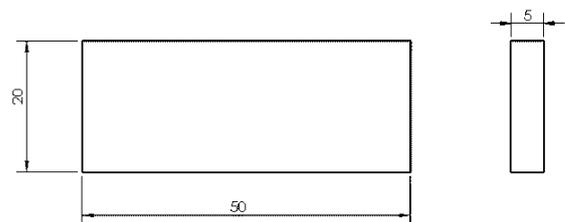
Gambar 4. Dimensi Spesimen Pengujian Impact

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan alat ukur yaitu durometer dengan ukuran spesimen berdasarkan ketentuan ASTM D- 785 [8]. Dimensi pengujian kekerasan dapat dilihat pada gambar 5. Pengertian Durometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur nilai kekerasan material. Alat ini umumnya digunakan pada material polimer dimana sulit untuk dilakukan pengujian dengan metode yang umum seperti Brinell, Vickers ataupun Rockwell. Alat yang digunakan merupakan alat milik Laboratorium D3 Teknik Mesin UGM.

Pengujian densitas dilakukan dengan densiti meter serta spesimen dicetak sesuai ketentuan ASTM D-792 [9]. Density meter digunakan untuk mengukur densitas atau massa jenis dari material. Alat ini bekerja dengan membandingkan massa benda kering saat diudara dengan massa basah saat tercelup didalam cairan. Alat pengujian merupakan alat milik Laboratorium Material S-1 Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Berikut merupakan dimensi spesimen uji densitas dalam satuan milimeter yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Dimensi Spesimen Pengujian Kekerasan



Gambar 6. Dimensi Spesimen Pengujian Densitas

3D Printer yang digunakan bermerk Anycubic Photon Zero. Penjelasan mengenai mesin Anycubic Photon Zero dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi 3D printer Anycubic Photon Zero [10]

| <i>Anycubic Photon Zero</i> | |
|-----------------------------|--|
| Teknologi Printing | LCD-Berbasis PLA (<i>Polylic Acid</i>) |
| Dimensi Printer | 180 x 195 x 367 mm |
| Dimensi Cetak | 97 L x 54 W x 150 H |
| Resolusi Lapisan | 0.01 – 0.2 mm |
| Kepresisian Posisi | XY : 0.1155mm (854x480p) , Z : 0.01 mm |
| Software dan Firmware | Photon Workshop |
| Berat | 4.7 Kg |
| Konektivitas | Wi-Fi, Kabel USB, SD Card |
| Material | 405 nm UV Resin |
| AC Input | 30 W |
| Kecepatan Print | 30 mm(H)/Jam |

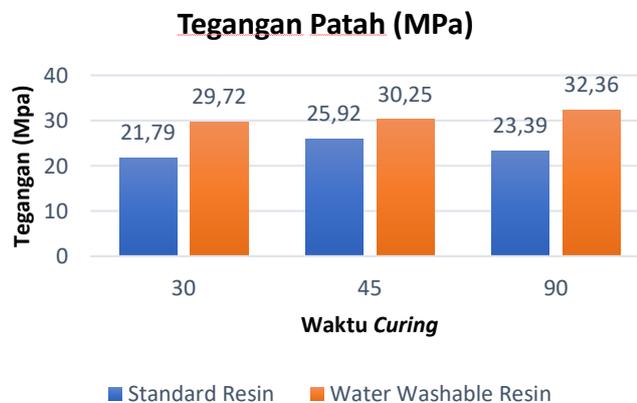
3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian material yang dilakukan dengan printer anycubic photon zero dengan setting printer yang sama untuk setiap materialnya. Konsiderasi pengaturan/ setting dilakukan berdasarkan rekomendasi dan referensi dari jurnal serta disetujui oleh operator 3D Printing CV Karya Mandiri Diponegoro. Penjelasan mengenai setting printer yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi 3D printer Anycubic Photon Zero

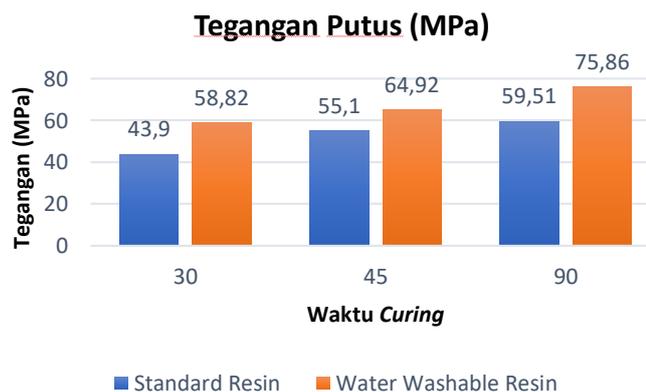
| Setting | Material | |
|--------------------------|----------------|----------------------|
| | Standard Resin | Water Washable Resin |
| Layer Thickness (mm) | 0.050 | 0.050 |
| Normal Exposure Time (s) | 8 | 8 |
| Off Time (s) | 2 | 2 |
| Bottom Exposure Time (s) | 60 | 60 |
| Bottom Layers | 3 | 3 |
| Z Lift Distance (mm) | 6 | 6 |
| Z Lift Speed (mm/s) | 3 | 3 |
| Z Retract Speed (mm/s) | 3 | 3 |
| Anti-Alias | 1 | 1 |

Berikut merupakan hasil pengujian tarik pada spesimen uji. Pada tabel, spesimen dengan huruf A merupakan spesimen dengan material Standard Resin, sedangkan huruf B adalah Water Washable Resin. Angka romawi I,II dan III merupakan spesimen dengan perlakuan curing selama 30 menit, 45 menit dan 90 menit. Berikut hasil pengujian tarik yang disajikan dalam Gambar 7.



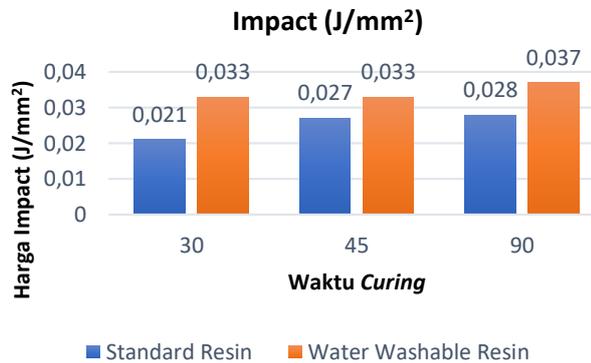
Gambar 7. Diagram Pengujian Tarik

Berikut merupakan hasil pengujian bending pada spesimen uji. Pada tabel, spesimen dengan huruf A merupakan spesimen dengan material Standard Resin, sedangkan huruf B adalah Water Washable Resin. Angka romawi I,II dan III merupakan spesimen dengan perlakuan curing selama 30 menit, 45 menit dan 90 menit. Berikut merupakan hasil pengujian bending yang disajikan dalam Gambar 8.



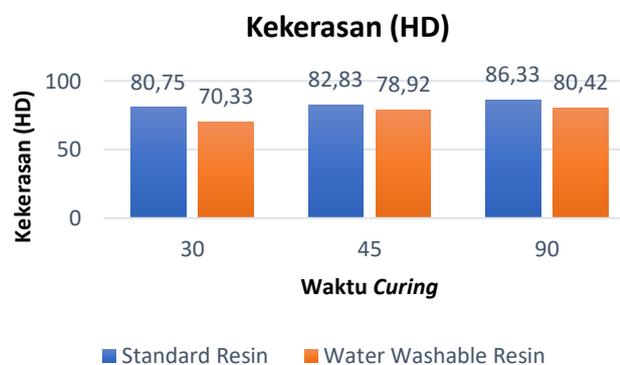
Gambar 8. Diagram Pengujian Bending

Berikut merupakan hasil pengujian impact pada spesimen uji. Pada tabel, spesimen dengan huruf A merupakan spesimen dengan material Standard Resin, sedangkan huruf B adalah Water Washable Resin. Angka romawi I,II dan III merupakan spesimen dengan perlakuan curing selama 30 menit, 45 menit dan 90 menit. Berikut merupakan hasil pengujian tarik yang disajikan pada Gambar 9.



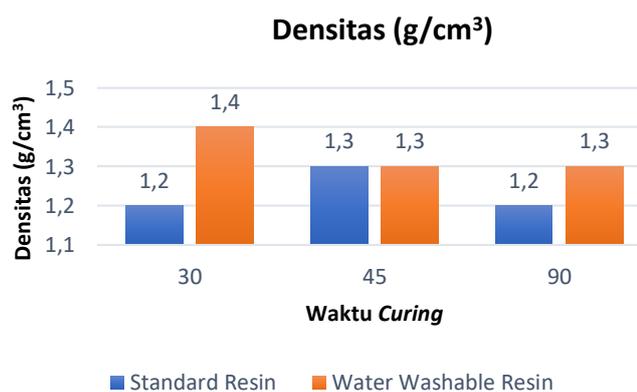
Gambar 9. Diagram Pengujian Impact

Berikut merupakan hasil pengujian kekerasan pada spesimen uji. Pada tabel, spesimen dengan huruf A merupakan spesimen dengan material Standard Resin, sedangkan huruf B adalah Water Washable Resin. Angka romawi I,II dan III merupakan spesimen dengan perlakuan curing selama 30 menit, 45 menit dan 90 menit. Berikut merupakan hasil pengujian tarik yang disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram Pengujian Kekerasan

Berikut merupakan hasil pengujian kekerasan pada spesimen uji. Pada tabel, spesimen dengan huruf A merupakan spesimen dengan material Standard Resin, sedangkan huruf B adalah Water Washable Resin. Angka romawi I,II dan III merupakan spesimen dengan perlakuan curing selama 30 menit, 45 menit dan 90 menit. Berikut merupakan hasil pengujian densitas yang disajikan



Gambar 11. Diagram Pengujian Kekerasan

Perbandingan nilai properti material dilakukan dengan membandingkan nilai properti material hasil pengujian yang sudah didapat dengan datasheet dari eSUN. Datasheet ini dipilih karena memiliki nilai yang dapat dibandingkan dengan hasil pengujianya. Berikut merupakan nilai perbandingan hasil pengujian dengan datasheet yang ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Properti Material

| Material | Nilai Properti | Variasi waktu <i>curing</i> | | | Nilai Properti eSUN |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-------|-------|---------------------|
| | | 30 | 45 | 90 | |
| Standard Resin | Tegangan Tarik (MPa) | 21.79 | 25.92 | 23.39 | 46 – 67 |
| | Tegangan Bending (MPa) | 43.90 | 55.10 | 59.51 | 46 - 72 |
| | Harga Impact (J/mm ²) | 0.021 | 0.027 | 0.028 | 0.018 – 0.040 |
| | Kekerasan (HD) | 80.75 | 82.83 | 86.33 | 80 - 82 |
| | Densitas (g/cm ³) | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.08 – 1.13 |
| Water Washable Resin | Tegangan Tarik (MPa) | 29.72 | 30.15 | 32.36 | 68 |
| | Tegangan Bending (MPa) | 58.82 | 64.92 | 75.86 | 45 - 70 |
| | Harga Impact (J/mm ²) | 0.033 | 0.033 | 0.037 | 0.018 – 0.039 |
| | Kekerasan (HD) | 70.33 | 78.92 | 80.42 | 76 |
| | Densitas (g/cm ³) | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.08- 1.25 |

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan tentang Pengaruh Variasi Jenis Resin dan Waktu *Curing* pada Hasil Cetakan 3D Printing Terhadap Nilai *Material Properties* adalah sebagai berikut:

1. Jenis material yang digunakan berpengaruh pada hasil pengujian spesimen. Jenis water washable resin memiliki hasil yang lebih baik pada pengujian tarik, bending, impact, dan densitas. Sementara jenis standard resin lebih baik pada pengujian kekerasan.
2. Variasi waktu post-curing berpengaruh pada perbedaan dari hasil pengujian spesimen. Peningkatan waktu post-curing pada spesimen memiliki kecenderungan berbanding lurus dengan peningkatan nilai properti material yang meliputi beban maksimal tarik, tegangan maksimal, regangan, beban maksimal bending, tegangan maksimal bending, harga impact, dan densitas.
3. Pada perbandingan pengujian, didapat nilai material yang mendekati datasheet eSUN yaitu pada pengujian Bending, Impact, Kekerasan dan Densitas. Sementara untuk pengujian tarik masih diperoleh hasil yang berbeda.

5. Daftar Pustaka

- [1] Bumgarner, B. (2013) "Getting started with a 3D printer," Make, hal. 12-16 bu.
- [2] Loughborough University (2011) The 7 Categories of Additive Manufacturing. Tersedia pada: <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/> (Diakses: 10 September 2019).
- [3] Bumgarner, B. (2018) "Type of 3D printer," Make, hal. 12 bu.
- [4] Askeland, D. R. dan Wright, W. J. (2015) Science and Engineering of Materials, SI Edition. Cengage Learning. Tersedia pada: <https://books.google.co.id/books?id=dW1vCgAAQBAJ>.
- [5] Gooch, J. W. (2011) "ASTM D638," in Gooch, J. W. (ed.) Encyclopedic Dictionary of Polymers. New York, NY: Springer New York, hal. 51. doi: 10.1007/978-1-4419-6247-8_856.
- [6] Gooch, J. W. (2011) "ASTM D790," in Gooch, J. W. (ed.) Encyclopedic Dictionary of Polymers. New York, NY: Springer New York, hal. 51. doi: 10.1007/978-1-4419-6247-8_856.
- [7] Gooch, J. W. (2011) "ASTM D6110," in Gooch, J. W. (ed.) Encyclopedic Dictionary of Polymers. New York, NY: Springer New York, hal. 51. doi: 10.1007/978-1-4419-6247-8_856.
- [8] Gooch, J. W. (2011) "ASTM D785," in Gooch, J. W. (ed.) Encyclopedic Dictionary of Polymers. New York, NY: Springer New York, hal. 51. doi: 10.1007/978-1-4419-6247-8_856.
- [9] Gooch, J. W. (2011) "ASTM D792," in Gooch, J. W. (ed.) Encyclopedic Dictionary of Polymers. New York, NY: Springer New York, hal. 51. doi: 10.1007/978-1-4419-6247-8_856.
- [10] Anycubic.com (2022) 3D Printing (Anycubic Photon Zero) Technical Data Sheet.