

Pengaruh suhu dan analisis kekuatan material PET (*Polyethylene Terephthalate*) terhadap ekstrusi pada mesin filamen maker 3D printer

Pebri Aryanto^a, M Zaenudin^a, YKP Saleh^{a,1}, NC Hidayat^a

^aJurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Jl. Boulevard Raya No. 2, Tirtajaya, Sukmajaya, Depok 16412, Indonesia

¹yasya@jgu.ac.id

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh suhu terhadap ekstrusi filament maker pada material (PET) *polyethylene terephthalate* serta melakukan analisis kekuatan material filamen yang dihasilkan untuk aplikasi pada 3D printer. Filamen maker merupakan alat yang dirancang khusus untuk penelitian ini, yang bertujuan untuk menghasilkan filamen dengan kualitas yang optimal untuk digunakan dalam 3D printer. Metode penelitian ini melibatkan pengujian suhu pada proses ekstrusi filamen maker, di mana berbagai suhu dieksplorasi untuk melihat pengaruhnya terhadap kualitas filamen yang dihasilkan. Selain itu, analisis kekuatan material filamen juga dilakukan menggunakan uji tarik untuk mengevaluasi performa filamen yang dihasilkan. Dalam pembuatan filamen 3D printer, bahan botol bekas digunakan (PET-A 77,0°C, PET-L 77,0 °C dan PET-V 76.0 °C) dan selanjutnya dibuat menjadi spesimen uji tarik dengan menggunakan 3D printer, serta variasi *density* mulai dari 25%, 50%, 75% dan 100%. Hasil yang kontras didapatkan terhadap uji tarik pada botol PET-A 25% (14,81 MPa), 50% (16,36 MPa), 75% (23,23 MPa) 100% (33,51 MPa), dimana hasil pada botol PET-A menjadi yang paling baik. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pemahaman terhadap parameter suhu yang optimal dalam proses ekstrusi filamen pada filamen maker, serta memberikan wawasan tentang kekuatan material filamen PET yang dihasilkan. Hal ini penting dalam pengembangan teknologi 3D *printing*, dimana pemilihan dan pemrosesan material yang tepat merupakan faktor kunci dalam menghasilkan cetakan berkualitas tinggi.

Keywords: Filamen maker, 3D printer, suhu ekstrusi, analisis kekuatan material

Received 30 September 2023; **Presented** 5 October 2023; **Publication** 27 May 2024

PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan salah satu permasalahan yang sedang dihadapi oleh masyarakat di Indonesia (Haqira, 2019) Menurut riset dari KLHK (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan) yang dikutip dari (Novelino, 2022) berjumlah 68,5 juta ton. Hal yang menarik adalah komposisi sampah nasional menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan timbulan sampah plastik dari 11 persen di 2010 menjadi 17 persen pada 2021. Menurut Rosa di dalam (Novelino, 2022), peningkatan sumbangsih sampah plastik diakibatkan oleh gaya hidup yang ingin praktis. Sehingga, pemakaian plastik sekali pakai pun meningkat. diperlukan kebijakan dan upaya luar biasa untuk mengatasi permasalahan tersebut. Bukan hanya menekan pemakaian plastik oleh individu, melainkan juga pelaku usaha.

Banyak jenis plastik yang di bisa didaur ulang yaitu plastik jenis (PET), *Polyethylene Terephthalate* (HDPE), *High Density Polyethylene* (PVC), *Polyvinyl Chloride* (LDPE), Low

Density Polyethylene (PP), *Polypropylene* dan (PS) Polystyrene. Dari jenis plastik ini ada plastik yang mempunyai karakteristik lembut dan tahan air yaitu plastik jenis PET plastik jenis ini dikenal karena mudah dicetak dan salah satu pilihan untuk mendaur ulang adalah dibuat *filament 3D printing* (Haqira, 2019).

3D *printing* atau dikenal juga sebagai *additive manufacturing* adalah proses membuat benda padat objek 3D atau dibentuk menjadi jenis digital (Galeta et al., 2016). Dengan prinsip *additive manufacturing*, mesin 3D *printing* merubah desain digital 3D *printing computer aided design* (CAD) kemudian diubah ke dalam format STL (*stereolithography*) agar dapat diterapkan pada *software* pencetak objek 3D dan kemudian dicetak menjadi sebuah produk 3D berbentuk padat dan untuk pembuatan filamen maka membutuhkan mesin *extruder* untuk membuat filamen. *Extruder* pada termoplastik adalah alat untuk melakukan proses ekstrusi atau pembentukan filamen 3D printer proses pelelehan ini melalui berbagai tahapan panas,

dibentuk kembali menggunakan cetakan menjadi bentuk tertentu.

Metode yang sering digunakan oleh peneliti pada teknologi 3D *Printing* adalah Teknik FDM (*Fused Deposition Modelling*), karena Teknik jenis ini mudah untuk mencetak 3D dan biaya produksi yang terbilang murah. Teknologi FDM (*Fused Deposition Modelling*) juga memiliki kelemahan karena teknologi ini menggunakan proses *building* per layer sehingga hasil cetak sangat mudah terlihat garis yang menunjukkan batas antar layer, sehingga perlu proses *finishing* agar mendapatkan permukaan yang halus (Pratama, et al., 2021).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Taufik et al., 2023), untuk membuat rancang bangun mesin *pultrusion* pembuat filamen menggunakan limbah PET (*polyethylene terephthalate*). Di mana mesin tersebut menggunakan bantuan *Arduino* sebagai sistem kendali mesin dan parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan temperatur *nozzle* sebesar 205 °C dengan kecepatan tarik 30 rpm hasil yang didapatkan adalah filamen memiliki diameter seragam.

Adapun penelitian yang dilakukan oleh (Suzen et al., 2020), yaitu penelitian pengaruh *infill* dan temperatur *nozzle* terhadap kekuatan tarik produk 3D Printer filamen PLA dengan diameter 1,75mm. Di mana penelitian ini dilakukan pada mesin 3D Printer FDM model PRUSA dengan dimensi 200 mm x 220 mm x 250 mm dan menggunakan *nozzle* berukuran 0,4 mm. Material yang digunakan adalah PLA+Esun dengan variasi parameter *nozzle* temperatur (205 °C, 215 °C dan 225 °C), ketebalan lapisan 0,2, *Bed* temperatur 60°C, kecepatan pencetakan 50 mm/s dan menggunakan *infill type cross*.

Penelitian tentang uji tarik terhadap spesimen yang dilakukan oleh (Budiono et al., 2020), untuk mengetahui berapakah kekuatan tarik dari bahan yang digunakan untuk membuat spesimen uji tarik menggunakan printer 3D yaitu filamen jenis ABS. spesimen yang diuji memiliki 3 variasi yaitu menggunakan variasi ketebalan layer 0.2 mm dan 0.3 mm dan spesimen yang dibuat secara manual.

Adapun perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya pada mesin filamen maker 3D Printer yaitu terdapat variasi suhu terhadap hasil ekstrusi filamen yang dihasilkan. Perbedaanya juga terdapat pada mesin 3D Printer dengan menggunakan ukuran uji tarik dengan standar ASTM D638-02a, yaitu

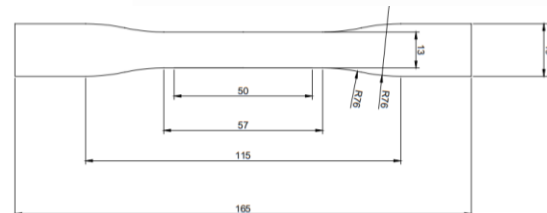
variasi Densitas terhadap sedimen yang akan dibuat (100%, 75%, 50% dan 25%) dilakukan pengujian terhadap tegangan dan regangan menggunakan pengujian tarik.

Oleh karena itu, peneliti bermaksud mengajukan penelitian ini dengan tema yaitu “Pengaruh Suhu dan Analisis Kekuatan Material PET (*Polyethylene Terephthalate*) Terhadap Ekstrusi Pada Mesin Filamen *Maker* 3D Printer”.

METODE PENELITIAN

2.1 Objek Penelitian

Objek penelitian dilakukan pada mesin filamen maker 3D printer dengan menggunakan *nozzle* berukuran 1,7mm. Di mana material yang digunakan filamen PET (*polyethylene terephthalate*) serta dilakukan pembuatan sample uji tarik menggunakan mesin Ender 3Dpro Printer dengan menggunakan standar ASTM D638-02a tipe 1 dan dilakukan pengujian terhadap kekuatan tarik pada sample spesimen yang telah di buat dengan memenuhi standar yang telah diberikan oleh peneliti. Desain objek dibuat menggunakan *software solidword* gambar dengan bentuk berdasarkan spesimen pengujian pada gambar 1.



Gambar 1. Dimensi dan bentuk spesimen uji tarik

2.2 Alat dan Bahan

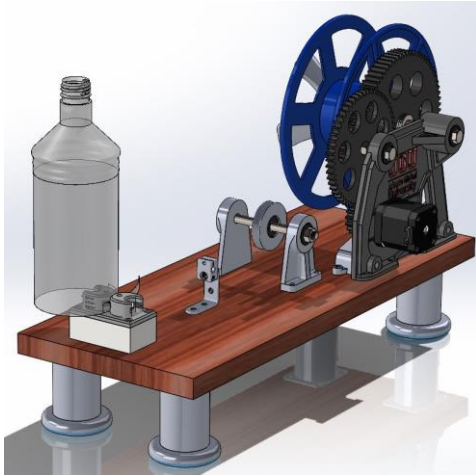
1. Mesin filamen maker 3D printer di mana metode yang dilakukan pada alat ini adalah mencari suhu yang pas untuk membuat filamen menggunakan bahan PET (*Polyethylene Terephthalate*) dengan ukuran *nozzle* yang diberikan pada alat yaitu 1,7 mm yang digunakan untuk membuat filamen seperti gambar 2.

2. Mesin 3D printer jenis Ender 3Dpro Printer Dimana penelitian ini dilakukan pada mesin 3D Printer FDM dengan dimensi 200 mm x 220 mm x 250 mm dan menggunakan *nozzle* berukuran 0,4 mm seperti gambar 2.2 dan hasil filamen hasil dari mesin filamen maker 3D printer berukuran 1,5 mm ditunjukkan pada gambar 3.

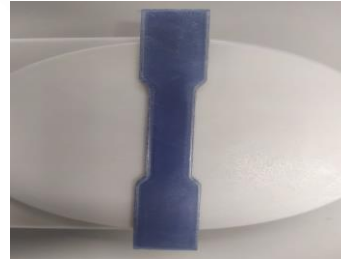
3. Spesimen hasil dari proses pencetakan melalui mesin Ender 3Dpro Printer seperti Gambar 3 dan

kemudian dilakukan pengujian pada mesin uji tarik jenis UTM (*Universal Testing Machine*) untuk mengetahui kekuatan tarik pada spesimen seperti Gambar 5

dan PET-V). Dari ketiga botol tersebut mempunyai suhu terhadap proses pembuatan filamen yang berbeda. Berikut adalah tabel suhu terhadap pembuatan filamen.



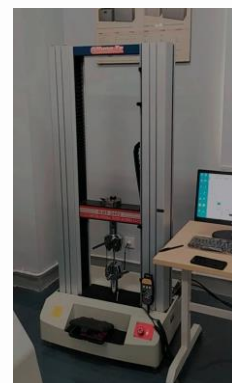
Gambar 2. Mesin filamen maker 3D printer



Gambar 5. Hasil spesimen



Gambar 3. Mesin 3D printer



Gambar 6. Mesin uji tarik

Tabel 1. Suhu terhadap pembuatan filamen

No	Jenis botol	Nozzle size (mm)	Suhu (°C)	Konstruksi hasil ekstrusi
1	PET-A	1.7	76.5 - 77.8	Baik
2	PET-L	1.7	76.4 - 77.7	Baik
3	PET-V	1.7	71.0 - 76.7	Baik



Gambar 4. Hasil filamen

. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Filamen

Hasil dalam proses pembuatan filamen 3D printer dengan berbagai jenis botol yang menurut peneliti yang bisa dibuat menjadi filamen 3D printer yaitu botol (PET-A, PET-L

Jadi dari hasil data yang sudah peneliti diperoleh untuk botol-botol plastik yang cocok untuk membuat filamen 3D printer yaitu ketiga botol di atas dengan hasil filamen yang menurut peneliti baik. Dimana jika suhu yang diberikan terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya putus saat dilakukan penarikan serta filamen yang didapatkan akan memiliki permukaan yang kasar, sehingga akan menyebabkan saat pengujian atau mencetak menggunakan mesin 3D printer tidak dapat mencetak karena filamen akan tersangkut pada *teflon tube*. Untuk hasil filamen yang baik yaitu: filamen stabilitas diameter yang dihasilkan baik, *melting* baik, permukaan halus dan warna bening.

Hasil Spesimen

Proses pembuatan spesimen yang sudah memenuhi standar ASTM D 638-02 *Type-1*

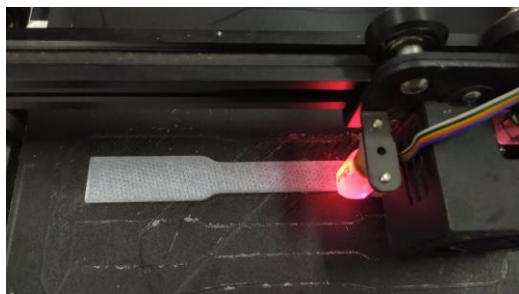
ditunjukkan pada Gambar 4.6 yang menggunakan (Mesin Filamen Maker 3D Printer). Hasil spesimen PET (*Polyethylene terephthalate*) daur ulang botol plastik dengan *setting* temperatur suhu *nozzle* 255°C - 260°C dan suhu *bed* 80°C dengan berbagai perbandingan *density* terhadap hasil spesimen yaitu *density* 25% *density* 50% *density* 75% dan *density* 100% di tunjukan pada gambar-gambar sebagai berikut.



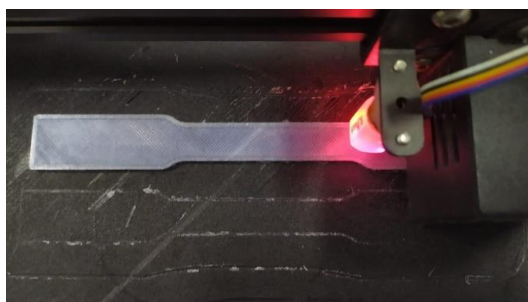
Gambar 7. Proses pembuatan spesimen 25%



Gambar 8. Proses pembuatan spesimen 50%



Gambar 9. Proses pembuatan spesimen 75%



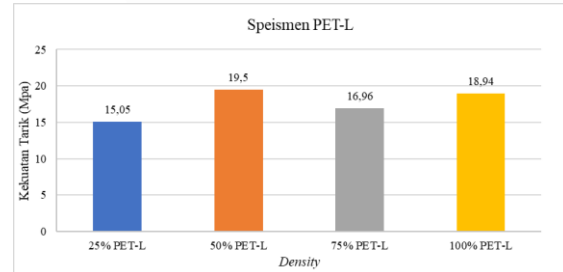
Gambar 10. Proses pembuatan spesimen 100%

Hasil Uji Tarik

Hasil Uji Tarik Spesimen PET-L

Dapat dilihat pada Gambar 11 menunjukkan terhadap perbedaan *density* atau kepadatan terhadap spesimen dengan kekuatan tarik. Pada spesimen PET-L *setting density* yang diberikan

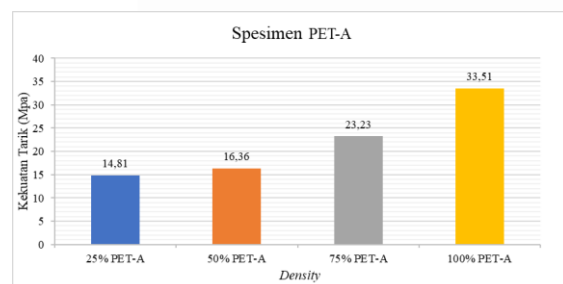
yaitu 25%, 50%, 75% dan 100% dengan jenis layer yaitu kubik. Dengan *setting density* tersebut maka didapatkan kekuatan tarik spesimen jenis PET- L 25% sebesar 15,05 MPa, PET-L 50% sebesar 19,50 MPa, PET-L 75% 16,96 MPa dan PET-L 100% sebesar 18,94 MPa.



Gambar 11. Grafik hasil uji tarik bahan PET-L

Hasil Uji Tarik Spesimen PET-A

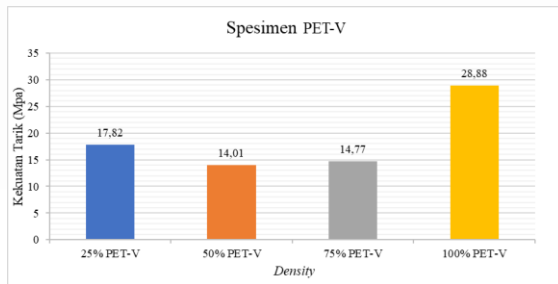
Grafik 12 menunjukkan hasil terhadap patahan dilalukan pengujian terhadap kuat tarik. Pada spesimen jenis PET-A *setting density* yang digunakan adalah 25%, 50%, 75% dan 100%. Dengan *setting density* tersebut maka peneliti mendapatkan kekuatan tarik 25% yaitu 14,81 MPa, 50% yaitu 16,36 MPa, 75% yaitu 23,23 MPa dan 100% yaitu 33,51 MPa.



Gambar 12. Grafik hasil uji tarik bahan PET-A

Hasil Uji Tarik Spesimen PET-V

Gambar 13 menunjukkan grafik tentang pengaruh perubahan jenis dan *density* spesimen PET-V 25%,50%,75% dan 100% terhadap kekuatan tarik spesimen dengan temperatur yang digunakan saat pembuatan spesimen uji tarik yaitu sebesar 255 - 260 °C di mana suhu tersebut pas untuk mencetak menggunakan mesin 3D printer menggunakan filamen PET- A, PET- L dan PET-V. dengan *setting* suhu dan *density* tersebut peneliti mendapat uji kekuatan tarik sebesar 25% yaitu 28,88 MPa, 50% yaitu 14,77 MPa, 75% yaitu 17,82 MPa.



Gambar 13. Grafik hasil uji tarik bahan PET-V

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan oleh peneliti dari proses pembuatan filamen 3D printer dan dimanfaatkan ke mesin Ender 3D pro Printer serta dilakukan pengujian kuat tarik terhadap Spesimen PET-L, PET-A dan PET-V maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Suhu yang tepat dalam proses pembuatan filamen adalah 77°C. Suhu ini menghasilkan filamen dengan ukuran 1,5mm dan permukaan yang halus.
2. Pengaturan suhu *nozzle* sebesar 260°C dan suhu *Bed* sebesar 80°C pada mesin Ender 3D Pro Printer memberikan hasil cetakan yang baik. Penyesuaian kecepatan cetak perlu dilakukan tergantung pada *density* yang diinginkan, misalnya dengan menurunkan kecepatan cetak menjadi 25-30% untuk cetakan dengan *density* berongga 25%.
3. Penggunaan bahan PET dalam proses cetak 3D memberikan hasil yang baik. Dalam penelitian ini, penggunaan bahan PET-A menghasilkan spesimen dengan kekuatan tarik yang sesuai dengan *density* yang diberikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami haturkan kepada Universitas Global Jakarta atas dukungannya selama dilaksanakannya proyek ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliexpress. (2010). Filamen HIPS 3d Kualitas Tinggi 1.75Mm. <https://id.aliexpress.com/item/32858825609.html>
- Atmoko, B. W. (2022). Pengembangan Mesin Ekstruder Single Screw Untuk Mendaur Ulang Limbah 3D Printing Pengembangan Mesin Ekstruder Single Screw. 1–35.
- Budiono, Santosa, & Herru. (2020). *Pengujian Kuat Tarik Terhadap Produk Hasil 3D Printing engan Variasi Ketebalan Layer*

0,2mm dan 0,3mm Yang Menggunakan Bahan ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene).

<https://eprints.umm.ac.id/59817/%0Ahttps://eprints.umm.ac.id/59817/45/Pendahuluan.pdf>

David, Cesar, Adame, & Betancourt. (2021). *Improving the path planning and the printing time for an optimized infill of 3D objects by reducing sharp angles and having a continuous path.*

EcoReprap. (2012). *3D Printing Filament Manufacturer in China.*

<https://ecoreprap.com/3d-printer-filament/>
Eki, & Parmin. (2022). *Alat Uji Tarik UTM dengan intensitas 300 kn.*

<https://www.alatuji.com/detail/238/34/alat-uji-tarik-utm-dengan-intensitas-300-kn>

Galeta, T., Raos, P., Stojšić, J., & Pakšić, I. (2016). Influence of structure on mechanical properties of 3D printed objects. *Procedia Engineering, 149*(June), 1–5.

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.644>

Gembird. (2009). *Filament, PVA natural (water soluble filament), 1.75 mm, 1 kg.* Gembird Europe B.V.

<https://gembird.com/item.aspx?id=12404>

Haqira. (2019). Rancang Bangun Mesin Ekstruder Filamen 3D Printer. In *Skripsi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.*

Idekubagus, W. B. (2018). *3D Printer FDM (Fused Deposition Modeling).*

<https://www.idekubagus.com/2018/02/pengeertian-3d-printer-fdm-fused.html>

rfany. (2021). *Pengaruh Parameter Proses 3D Priting Terhadap Kekuatan Impek Menggunakan Metode Charpy Pada Filamen PLA.*

Napitupulu, & Robert. (2022). *Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Plastik.*

4(1), 1–5.

<https://doi.org/10.37304/jptm.v4i1.5180>

Novelino. (2022). Sampah Plastik 2021 Naik ke 11,6 Juta Ton, KLHK Sindir Belanja Online.

<https://www.cnnindonesia.com/nasional/20225173203-20-764215/sampah-plastik-2021-naik-ke-116-juta-ton-klhk-sindir-belanja-online>.

O'Neill, & Benedict. (2022). *3D print speed: What it is and why it matters.*

<https://www.wevolver.com/article/3d-print-speed-what-it-is-and-why-it-matters>

Pratama, Hafizi, W., Hasdiansah, & Husman.

(2021). Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Material Filamen PLA + Menggunakan Metode

- Taguchi. *Sprocket Journal of Mechanical Engineering*, 3(1), 39–45.
<https://doi.org/10.36655/sprocket.v3i1.568>
- Salindeho, R. D., Soukoto, J., & Poeng, R. (2018). Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material. *Jurnal J-Ensitemc*, 3(1), 1–11.
- Salmaa. (2022). *Data Ordinal*. Deepublish.
<https://penerbitdeepublish.com/data-ordinal/>
- Supandi. (2022). *Analisis Cetakan Plastik Injeksi Spesiemen Uji Tarik Dengan Melakukan Simulasi Plastik Injeksi Menggunakan Software Autodesk Fusion 360*.
- Suzen, Z. S., Hasdiansah, & Yuliyanto. (2020). Pengaruh Tipe Infill dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, 12(02).
- Tanerxun. (2018). *Principle of 3d printing-Stereolithography(SLA)*.
<https://www.tanerxun.com/principle-of-3d-printing-stereolithography/.html>
- Taufik, M., Suryani, G., & Invanto., M. (2023). *Rancang Bangun Mesin Pultrusion Pembuat Filamen 3D Printing Berbasis Limbah Plastik Botol PET*. 4(1), 1–8.
- Tylman, Igor, Dzierzek, & Kazimierz. (2020). Filament for a 3D Printer from Pet Bottles-Simple Machine. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 9(10), 1–7.
<https://doi.org/10.18178/ijmerr.9.10.1386-1392>
- WagnerJr, R., J., GilesJr., & F., H. (2014). *Building Integrated Photovoltaic Thermal Systems*, 2022.
[sciencedirect.com/topics/engineering/lamination-process](https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/lamination-process)
- Wahyusyah. (2010). *Mengetahui Sifat Mekanik Material Dengan Uji Tarik*.
wordpress.com/2010/03/28/mengetahui-sifat-mekanik-material-dengan-uji-tarik/