

# Perancangan Unit Sistem Pemanas Mesin Mini *Portable* Ekstruder Bioplastik

Muhammad Wildan Satrio Bimo<sup>1</sup>, Andita Nataria Fitri Ganda<sup>2</sup>, Arya Mahendra Sakti<sup>3</sup>,  
Aji Nugroho, Khusnul Khuluq Ma'addin<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia 60231

E-mail: [anditaganda@unesa.ac.id](mailto:anditaganda@unesa.ac.id)

**Abstrak:** Penggunaan plastik konvensional sebagai bahan kemasan telah menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan karena sifatnya yang sulit terurai. Sebagai solusi, bioplastik berbasis *Polylactic Acid* (PLA) dari pati singkong menjadi alternatif yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji unit sistem pemanas pada mesin mini portable ekstruder bioplastik, guna menghasilkan suhu pemanasan yang stabil untuk proses ekstrusi PLA. Sistem pemanas menggunakan dua buah band heater dengan total daya 200 W dan dikontrol menggunakan *PID controller* untuk menjaga kestabilan suhu. Pengujian dilakukan pada tiga variasi suhu ekstrusi yaitu 130°C, 140°C, dan 150°C dengan kecepatan screw konstan 60 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu 150°C menghasilkan filamen dengan diameter paling konsisten (2 mm), permukaan halus, dan waktu produksi tercepat (15 menit). Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa sistem pemanas yang dirancang mampu bekerja secara efisien dan stabil untuk kebutuhan ekstrusi skala kecil.

**Kata kunci:** *Band Heater*, Bioplastik, Ekstruder, PLA, Suhu Ekstrusi

**Abstract:** The use of conventional plastics as packaging materials has caused negative environmental impacts due to their non-biodegradable nature. As a solution, bioplastics based on *Polylactic Acid* (PLA) derived from cassava starch have emerged as an environmentally friendly alternative. This study aims to design and test a heating system unit for a mini portable bioplastic extruder machine to achieve stable heating temperatures for the PLA extrusion process. The heating system utilizes two band heaters with a total power of 200 W, controlled by a *PID controller* to maintain temperature stability. Tests were conducted at three different extrusion temperatures: 130°C, 140°C, and 150°C, with a constant screw speed of 60 rpm. The results showed that the temperature of 150°C produced the most consistent filament diameter (2 mm), smooth surface, and the fastest production time (15 minutes). In conclusion, the designed heating system proved to operate efficiently and stably for small-scale extrusion purposes.

**Keywords:** *Band Heater*, Bioplastic, Extruder, PLA, Extrusion Temperature

© 2025, JRM (Jurnal Rekayasa Mesin) dipublikasikan oleh ejournal Teknik Mesin Fakultas Vokasi UNESA.

## PENDAHULUAN

Penggunaan plastik sebagai bahan pembungkus menghadapi berbagai masalah terhadap lingkungan, yaitu karena plastik merupakan bahan yang tidak dapat diuraikan secara alami oleh

mikroba. (Zulisma Anita, dkk., 2013). Kelemahan lain karena bahan utama pembuatan plastik berasal dari minyak bumi, yang keberadaannya semakin habis dan merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui. Maka dari itu penelitian bahan kemasan diarahkan pada bahan-bahan organik, yang dapat diuraikan secara alami dan cepat. (Pranamuda 2009).

Sebagai alternatif ramah lingkungan, bioplastik telah mendapatkan perhatian luas. Bioplastik *biodegradable* merupakan polimer plastik yang mudah mengalami penguraian oleh jamur maupun *mikroorganisme* sejenis. Proses penguraian akan lebih mudah terjadi jika dibuang ke lingkungan dengan hasil akhir berupa air dan karbon dioksida gas tanpa meninggalkan residu beracun. Karena bioplastik merupakan produk yang ramah lingkungan, tidak beracun dan terbarukan dikarenakan bahan penyusunnya berasal dari pati selulosa, dan lipid (Widyarningsih, dkk., 2012). Meski demikian, limbah plastik memerlukan teknologi yang efisien dan tepat guna supaya dapat bersaing dengan produk plastik konvensional dari segi biaya dan kualitas, teknologi ekstruder merupakan salah satu solusi utama untuk memproduksi bioplastik secara ekonomis, khususnya skala kecil menengah.

Mesin ekstruder merupakan mesin yang memproses material dari bentuk pellet (PE) diekstrusi (dari padat berubah menjadi bentuk cair). Keuntungan dari proses ekstrusi adalah membuat benda dengan permukaan yang rumit, bisa memproses bahan rapuh karena proses ini hanya bekerja hanya dengan tegangan tekan, dan tidak ada tegangan tarik sama sekali (Yuzan 2021). Selain itu, mesin ekstruder memiliki peluang besar untuk memberikan kontribusi positif pada sektor industri, khususnya industri kecil dan menengah (IKM). Penggunaan mesin ekstruder bioplastik dapat menjadi alternatif produksi yang hemat biaya, efisien, dan ramah lingkungan dalam menghasilkan kemasan yang mudah terurai. Sektor seperti industri makanan, pertanian, dan pengemasan produk berbasis organik dapat memanfaatkan produk bioplastik hasil ekstrusi ini sebagai pengganti plastik konvensional. Lebih jauh lagi, desain mesin yang portable dan berukuran kecil memungkinkan penerapannya di berbagai lingkungan lokal, seperti desa atau unit usaha kecil, sehingga turut mendorong ekonomi sirkular serta memberdayakan Masyarakat (Rijekki et al. 2024)

Salah satu komponen penting pada mesin ekstruder adalah heater yang berfungsi sebagai pemanasan dan pelelehan material. Untuk dapat menghasilkan bioplastik berkualitas, suhu dalam barrel harus dikendalikan dengan baik. Maka dari itu diperlukan perancangan sistem pemanas yang baik supaya dapat menghasilkan suhu secara stabil untuk hasil yang lebih maksimal.

Berdasarkan penelitian Didit Sumardiyanto dan Setiawan Putra, 2021, suhu terbaik untuk menghasilkan filament PLA adalah 142°C. Namun menurut Teguh, 2022 pada penelitiannya, suhu optimal untuk meleburkan bijih PLA adalah 220°C. Sedangkan pada penelitian Baru et al, 2024 Suhu terbaik untuk menghasilkan diameter filament yang konsisten adalah pada rentang 135°C-150°C.

## DASAR TEORI

### A. Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan proses alami yang terjadi ketika terdapat perbedaan suhu antara dua

sistem atau benda. Terdapat tiga mekanisme perpindahan panas, yaitu:

- **Konduksi:** terjadi pada benda padat, di mana panas merambat melalui partikel-partikel material (Yuzan, 2021).
- **Konveksi:** terjadi pada fluida, di mana partikel yang bergerak membawa energi panas (Adismar, 2020).
- **Radiasi:** tidak memerlukan media, panas dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetik (Burhani & Naryanto, 2014).

### B. PLA Dari Pati Singkong

Pati singkong memiliki potensi besar sebagai bahan baku bioplastik karena kandungan patinya yang tinggi. Proses ekstraksi dan pengolahan relatif sederhana dan murah, serta menghasilkan bioplastik yang ramah lingkungan (Maladi, 2019).

### C. Potensi Pati Singkong Sebagai Bioplastik

Pati singkong memiliki kandungan karbohidrat tinggi dan mudah diperoleh di Indonesia. Kulit singkong juga mengandung pati yang cukup besar dan bisa dimanfaatkan sebagai bahan dasar PLA setelah melalui proses fermentasi dan polimerisasi (Asmoro, 2021). Limbah kulit singkong memiliki nilai ekonomis tinggi karena proses ekstraksinya sederhana dan ramah lingkungan (Maladi, 2019).

### D. Mesin Ekstruder

Mesin ekstruder terdiri dari beberapa komponen utama: feed hopper, screw, barrel, pemanas (band heater), dan nozzle. Screw berputar untuk mendorong material dari hopper menuju zona pemanasan dan pencetakan (Tondi, 2019). Barrel bertindak sebagai ruang pelelehan dan pemrosesan material.



Gambar 1 Mesin Ekstruder  
Sumber: Dokumentasi Pribadi

### E. Band Heater

Band Heater atau elemen pemanas merupakan perangkat yang dapat menghasilkan panas melalui proses konversi energi listrik menjadi energi panas. Jumlah panas yang dihasilkan sebanding dengan nilai hambatan listriknya. Semakin besar hambatan listrik, semakin tinggi panas yang dihasilkan, dan begitu pula sebaliknya. Salah satu tujuan utama penggunaan alat ini adalah untuk meminimalkan radiasi yang

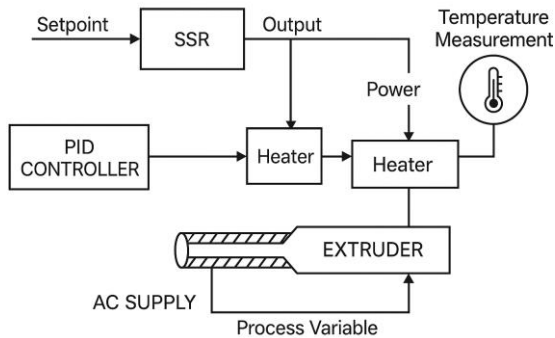
diakibatkan oleh panas yang dihasilkan (Ghifari, Aisyah, dan Toar 2022).



Gambar 2 Band Heater  
Sumber: (Teguh 2022)

**F. PID Control**

PID (Proporsional, Integral, Derivative) adalah pengontrolan dengan unsur P,I dan D berupa model matematika dengan masukan Gain+Integral+Derivative. PID merupakan pengontrolan konvensional, yang merupakan bentuk matematis yang sangat baik karena dapat mengubah error menjadi nol. Yaitu dengan menyamakan proses variabel sama dengan set point sehingga kestabilan pengontrolan dapat tercapai (Z.A, Roja, dan Sylvia 2019).



Gambar 3 PID Control

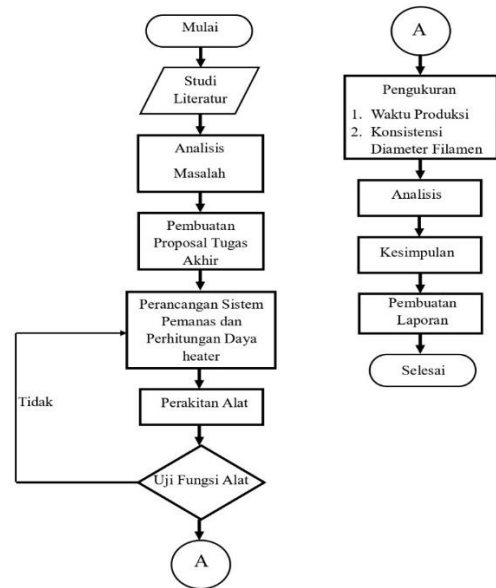
**METODE**

Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental. Penelitian eksperimen merupakan penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap subjek penelitian (Wibowo, Zulfika, dan Rijanto 2020). Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk merancang dan menguji sistem heater pada mesin ekstruder untuk proses ekstrusi bioplastik, terutama bioplastik berbasis dasar dari polylactic acid (PLA) yang terbuat dari pati singkong. Penelitian ini akan mengukur pengaruh variasi suhu terhadap kualitas hasil ekstrusi bioplastik dan menganalisis kinerja sistem pemanas dengan elemen pemanas berjenis band heater.

Eksperimen ini dilakukan dengan memodifikasi dan menguji sistem pemanas untuk dapat mencapai suhu yang optimal untuk meleburkan PLA pada mesin ekstruder. Variabel yang diukur mencakup konsistensi

diameter, waktu produksi, dan hasil akhir produk. Penelitian ini juga akan membandingkan hasil ekstrusi pada tiga suhu yang berbeda :130°C, 140°C, dan 150 °C.

Diagram alir penelitian dibuat dengan tujuan untuk mengonsep semua alur penelitian agar sesuai dengan tahap tahap penelitian, sehingga analisis dari suatu studi dapat dijelaskan secara baik dari alur penelitian.



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

**1 Studi Literatur**

Kajian literatur dilakukan untuk menghimpun berbagai informasi dari penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan perancangan sistem pemanas mesin ekstruder.

**2 Analisis Masalah**

Analisis masalah dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi dalam proses pencetakan bioplastik, khususnya terkait dengan kebutuhan akan sistem pemanas yang efisien dan stabil pada mesin ekstruder mini portable. Tujuannya adalah untuk merancang solusi teknis yang mampu mengatasi kendala suhu dalam proses ekstrusi.

**3 Perancangan**

Perancangan sistem ini merupakan tahap lanjutan setelah proses analisis masalah. Tahap perancangan dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh data teknis dan spesifikasi konstruksi yang diperlukan dalam membangun unit sistem pemanas pada mesin mini portable ekstruder bioplastik.

**4 Perakitan**

Perakitan dilakukan setelah desain sistem pemanas selesai. Komponen dirakit sesuai rancangan, lalu diperiksa kembali untuk memastikan kesiapan sebelum pengujian.

**5 Uji Fungsi**

Setelah perakitan selesai, dilakukan pengujian untuk memastikan sistem pemanas berfungsi dengan baik. Pengujian dianggap berhasil jika suhu mencapai target dan stabil. Hasilnya kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem.

**6 Analisis**

Data dari hasil pengujian digunakan untuk analisis guna memahami kinerja sistem pemanas. Hasil analisis tersebut kemudian disusun dalam laporan sebagai dokumentasi proses perancangan dan pengujian.

**7 Kesimpulan**

Setelah produk berhasil dibuat dan tidak ditemukan kesalahan, maka dapat disusun kesimpulan dari hasil penelitian dalam bentuk laporan. Penyusunan laporan dilakukan berdasarkan sistematika yang telah ditetapkan. Laporan yang telah selesai kemudian diasistensikan kepada dosen pembimbing untuk dilakukan pemeriksaan dan revisi. Apabila tidak terdapat kesalahan, laporan dinyatakan siap untuk dicetak dan diarsipkan sebagai dokumen akhir.

**F. Menghitung Daya Heater**

$$Q = \frac{M \times C \times \Delta T}{860 \times t \times \eta}$$

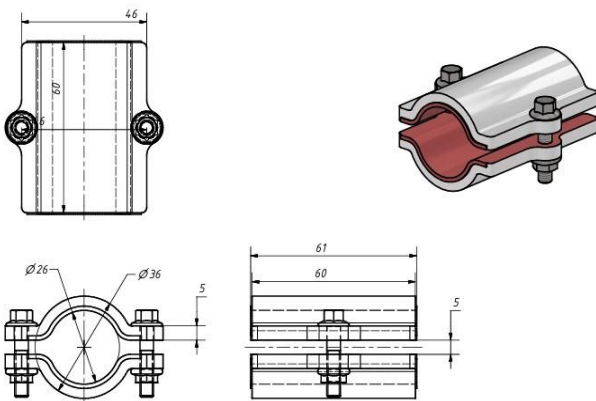
$$Q = \frac{0,5 \cdot 0,43 \cdot (200 - 27)}{860 \cdot 0,5 \cdot 0,5} \times \frac{kW \text{ jam}}{kkal}$$

$$Q = 0,1731 \text{ Kw} \left( \frac{1000 \text{ W}}{kW} \right)$$

$$Q = 173 \text{ W}$$

Dari perhitungan yang dilakukan, dapat diketahui jumlah daya yang dibutuhkan adalah 173 W. Sebuah band heater mampu menghasilkan daya sebesar 100 W sehingga jumlah band heater yang diperlukan untuk memenuhi target adalah dua band heater yang akan menghasilkan daya sebesar 200 W.

**G. Desain 2D dan 3D**



Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

**H. Prosedur Penelitian**

- Pemanasan awal pada sistem heater mesin ekstruder. Mesin ekstruder akan dipanaskan terlebih dahulu untuk mencapai suhu yang telah ditentukan (130°C, 140°C, 150°C).
- Pemberian material yaitu bijih PLA dimasukkan ke mesin ekstruder melalui feed hopper.
- Setelah material diproses, hasil ekstrusi (filamen) akan diukur menggunakan jangka sorong.

- Filamen yang dihasilkan akan dievaluasi dengan mengukur konsistensi diameter dan hasil secara tampilan, serta waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi filamen pada tiap variasi suhu.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**HASIL**

Pada bab ini dibahas mengenai hasil analisis uji fungsi sistem pemanas pada mesin ekstruder mini portable. Pengujian dilakukan dengan tiga variasi suhu, yaitu 130°C, 140°C, dan 150°C. Data yang diperoleh meliputi waktu produksi, konsistensi diameter filamen dengan pengambilan sampel sepanjang 20 cm pada setiap variasi suhu dengan interval pengukuran tiap 4 cm, serta kualitas visual filamen yang dihasilkan. Berikut merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan.

**Hasil Uji Fungsi**

Setelah proses perancangan dan pembuatan sistem pemanas selesai, dilakukan uji fungsi untuk mengetahui kinerja alat serta data yang dihasilkan. Uji fungsi ini dilakukan dengan mengoperasikan sistem pemanas untuk mencapai suhu ekstrusi yang telah ditentukan. Proses pemanasan diatur melalui sistem kontrol suhu untuk memastikan kestabilan saat proses pencetakan filamen. Berikut adalah hasil pengujian sistem pemanas dengan variasi suhu 130°C, 140°C, dan 150°C.

**TABEL 1**  
Uji Fungsi

No	Variasi Suhu (°C)	Lama Waktu Produksi	Konsistensi Diameter Filamen (mm)	Keterangan (Foto Hasil)
1	130°C	34 Menit	1,76 mm	
2	140°C	16 Menit	1,92 mm	
3	150°C	15 Menit	2,06 mm	

## A. Analisis Sistem Kinerja Pemanas

### 1. Pengaruh Suhu Terhadap Waktu Produksi

- Pada suhu 130°C, Waktu Produksi lebih lama karena material PLA belum mencapai titik leleh yang optimal, sehingga diperlukan waktu yang lebih untuk proses ekstrusi.
- Pada suhu 140°C dan 150°C, waktu produksi jauh lebih singkat karena material PLA berada pada titik leleh optimal, sehingga aliran filamen yang diekstrusi lebih lancar.

### 2. Pengaruh Suhu Terhadap Konsistensi Diameter

- Suhu 130°C menghasilkan filamen dengan diameter yang kurang konsisten karena material belum meleleh secara optimal.
- Suhu 140°C menghasilkan filamen yang cukup konsisten namun masih ada sedikit cacat yang mempengaruhi konsistensi diameter.
- Suhu 150°C menghasilkan filamen yang sangat konsisten karena pada suhu ini material dapat meleleh dengan optimal dan hasilnya diameter filamen menjadi rata.

### 3. Pengaruh Suhu Pada Kualitas dan Visual Filamen

#### a. Filamen pada suhu 130°C

1. Permukaan banyak gelombang karena aliran tidak stabil
2. Warna yang lebih gelap sering terjadi kemacetan pada screw karena material belum meleleh secara optimal. Hal ini menyebabkan material terjebak didalam barel dan terpapar panas yang lama, sehingga menyebabkan warnanya lebih gelap.
3. Tidak ada gelembung

#### b. Filamen pada suhu 140°C

1. Permukaan halus namun ada sedikit bagian yang bergelombang.
2. Warna cukup konsisten
3. Tidak ada gelembung

#### c. Filamen pada suhu 150°C

1. Permukaan sangat halus dan rata
2. Warna konsisten
3. Tidak ada gelembung

## B. Evaluasi Kinerja Band Heater

### • Kemampuan Mencapai Suhu Target

1. Sistem pemanas berhasil mencapai suhu target yang diuji, yaitu 130°C, 140°C, dan 150°C.
2. Dua unit band heater dengan daya total 200 W mampu memenuhi kebutuhan pemanasan, bahkan melebihi perkiraan teoritis (173 W). Hasil ini membuktikan bahwa desain sistem pemanas telah mencapai efisiensi daya yang diharapkan.

### • Stabilitas Suhu Selama Proses Ekstrusi

1. Sistem pemanas mampu mempertahankan suhu yang stabil selama proses ekstrusi berlangsung.

2. Fluktuasi suhu yang minimal menunjukkan bahwa kontrol PID (jika diterapkan) atau sistem pengaturan suhu bekerja dengan baik.

### • Potensi Dampak Suhu Diatas 150°C

Pengujian tidak dilakukan pada suhu di atas 150°C karena material PLA berpotensi mengalami degradasi termal. Berdasarkan literatur (Baru et al. 2024), suhu ekstrusi optimal PLA berada pada rentang 130–150°C. Suhu di atas 150°C dapat menyebabkan perubahan warna, munculnya gelembung gas akibat penguapan aditif, serta penurunan sifat mekanik filamen. Oleh karena itu, pemilihan rentang 130–150°C dianggap aman dan relevan untuk aplikasi skala kecil.

### • Kinerja Band Heater

1. Band heater berfungsi optimal dalam mentransfer panas ke barel.
2. Tidak ada indikasi overheating selama pengujian, menunjukkan keandalan komponen.
3. Distribusi panas merata pada barel, yang dibuktikan dengan konsistensi diameter.

## SIMPULAN

Setelah dilakukan pengujian terhadap sistem pemanas mesin ekstruder dengan tiga variasi suhu, yaitu 130°C, 140°C, dan 150°C, diperoleh hasil bahwa variasi suhu mempengaruhi kualitas hasil cetakan, khususnya pada diameter dan tampilan visual filamen. Semakin tinggi suhu, maka proses pelelehan material berjalan lebih cepat, namun juga berisiko terhadap kestabilan bentuk dan kualitas material jika tidak dikontrol dengan baik.

Penggunaan istilah low, medium, dan high akan mempermudah pengguna dalam menentukan pengaturan suhu sesuai kebutuhan material yang digunakan. Selain itu, pengguna juga dapat memprediksi waktu yang tepat untuk proses pemanasan dan pencetakan secara lebih efisien.

Penggunaan PID controller berperan penting dalam menjaga kestabilan suhu dengan fluktuasi yang minim, yaitu sekitar  $\pm 1^\circ\text{C}$ , sehingga menghasilkan performa pemanasan yang lebih stabil dan mendukung konsistensi hasil ekstrusi.

## REFERENSI

- Zulisma Anita, Fauzi Akbar, dan Hamidah Harahap. 2013. "Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi Dari Pati Kulit Singkong." *Jurnal Teknik Kimia USU* 2(2): 37–41.
- Pranamuda. 2009. "Pengembangan Bahan Plastik Biodegradabel Berbahan baku Pati Tropis." [http://wwwstd.ryu.titech.ac.jp/%0A~indonesia/zoa/paper/html/paper Hardaning](http://wwwstd.ryu.titech.ac.jp/%0A~indonesia/zoa/paper/html/paper%20Hardaning).
- Widyaningsih, Senny, Dwi Kartika, dan Yuni Tri Nurhayati. 2012. "Pengaruh Penambahan Sorbitol Dan Kalsium Karbonat Terhadap Karakteristik Dan Sifat Biodegradasi Film Dari Pati Kulit Pisang." *Molekul* 7(1): 69.



- Yuzan, M Ghiffari. 2021a. "Pengaruh Perpindahan Panas Tabung Barrel Pada Mesin Extruder Plastik." 1(November): 1–8.
- Rijekki, Nanda Fajar, Nurlia Pramita Sari, Akhmad Faizin, dan Siti Duratun Nasiqiati Rosady. 2024. "The effect of heating temperature on 3D print filament diameter consistency produced by HDPE and LDPE plastic extrusion machine." *Journal of Engineering and Applied Technology* 5(2): 104–17.
- Didit Sumardiyanto, dan Setiawan Putra. 2021. "Alat Pengolahan Limbah Filament 3D Print Dengan Material Polylactic Acid (Pla)." *Jurnal Kajian Teknik Mesin* 6(2): 13–23.
- Teguh, Akbar. 2022. "PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK DALAM PEMBUATAN FILAMEN 3D PRINTER MENGGUNAKAN MESIN EKSTRUSI PADA LAB KONVERSI ENERGI UNIVERSITAS." 1(2): 43–52.
- Baru, Jus, Masa Lindo, Syaiful Mansyur, dan Muchamad Malik. 2024. "Jurnal Teknik Industri Manajemen Dan Manufaktur Jurnal Teknik Industri Universitas Proklamasi 45 Perancangan Alat Daur Ulang Limbah Filament 3D Printing Jenis Pla/Pla+ Sebagai Bahan Baku Produksi Objek 3D." *Jtim* 1(1): 1–7. <https://ejournal.up45.ac.id/index.php/jtim>.
- Adismar, Fadly. 2020. Pengaruh suhu dan jenis plastik dalam pembuatan biji plastik pada mesin extruder.
- Burhani, Kharis, dan Rizqi Fitri Naryanto. 2014. "Pengembangan Media Pembelajaran Perpindahan Panas Radiasi Dengan Variasi Beda Perlakuan Permukaan Spesimen Uji." *Journal of Mechanical Engineering Learning* 2(3): 87. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jmel>.
- Maladi, Irham. 2019. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Singkong (Manihot utilissima) dengan Penguat Selulosa Jerami Padi, Polivinil Alkohol dan Bio-Compatible Zink Oksida.
- Asmoro, Novian Wely. 2021. "Karakteristik dan Sifat Tepung Singkong Termodifikasi (Mocaf) dan Manfaatnya pada Produk Pangan." *Journal of Food and Agricultural Product* 1(1): 34.
- Tondi, Haqira. 2019. "Rancang Bangun Mesin Ekstruder Filamen 3D Printer." Skripsi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia: 1–66. <https://dspace.uin.ac.id/bitstream/handle/123456789/14157/Skripsi14525044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ghifari, Muhammad Fajar Ar Rakhman, Siti Aisyah, dan Handri Toar. 2022. "Desain Mesin Filament Extruder." *Jurnal Integrasi* 14(2): 145–52.
- Z.A, Nasrul, Yonita Putri Roja, dan Novi Sylvia. 2019. "Aplikasi Kontrol PID pada Reaktor Pabrik Asam Formiat dengan Kapasitas 100.000 Ton/Tahun." *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 7(2): 135.
- Wibowo, Rahmat Restu, Dicki Nizar Zulfika, dan Achmad Rijanto. 2020. "Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Tingkat Kekasaran Baja ST 42 pada Mesin Bubut." *Majamecha* 2(2): 127–33.