

PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK DALAM PEMBUATAN FILAMEN 3D PRINTER MENGGUNAKAN MESIN EKSTRUSI PADA LAB KONVERSI ENERGI UNIVERSITAS SRIWIJAYA

AKBAR TEGUH PRAKOSO, STEVEN DAVIN ARIFIN, NANDA YUSRIL MAHENDRA,
M. A. ADE SAPUTRA, HASAN BASRI*

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia

*Corresponding author: hasan_basri@unsri.ac.id

(Received: 08 Agustus 2022; Accepted: 01 November 2022; Published on-line: 01 Desember 2022)

ABSTRAK: Salah satu material yang banyak menyebabkan pencemaran lingkungan maupun pencemaran udara berasal dari material plastik. Material plastik sendiri diperkirakan akan meningkat 850 ton pada tahun 2010 sehingga terbentuklah suatu tujuan untuk mendaur ulang limbah-limbah plastik tersebut yang menggunakan metode yang berpotensi dalam daur ulang limbah plastik adalah menggunakan mesin ekstrusi untuk proses manufaktur filament 3D printer. Proses ekstrusi menggunakan alat ekstruder dengan cara membentuk potongan-potongan kecil yang kemudian akan dileburkan dengan suhu tinggi yang kemudian akan dikeluarkan melalui nozzle dalam bentuk filament sesuai geometri pada filament pada umumnya. Mesin ekstrusi atau mesin ekstruder dirancang sedemikian rupa agar dapat mendaur ulang limbah-limbah plastik tersebut dimana terdapat hooper untuk penampang limbah plastik yang telah dihancurkan menjadi potongan - potongan yang kemudian didorong menggunakan motor screw lalu masuk ke tahap pemanasan yang dimana pada tahap ini sangat berpengaruh terhadap hasil ekstrusi dan menghasilkan filament yang dikeluarkan dari nozzle. Hasil dari filament tersebut dapat dibuat berbagai jenis bentuk dan banyak kegunaan yang dicetak menggunakan mesin 3d printer. Pada kegiatan ini memperkenalkan teknologi mesin ekstrusi serta memberikan alternatif dalam pemanfaatan limbah plastik yang nantinya akan memberikan peluang bagi masyarakat yang bergerak pada industri kreatif. Hasil kegiatan pembuatan mesin ekstrusi yang memanfaatkan limbah plastik diperkenalkan kepada teknisi lab konversi energi agar dapat mengoperasikan mesin ekstrusi untuk memproduksi filament.

KEY WORDS: *Filament, 3d printer, ekstrusi plastik*

1. PENDAHULUAN

Pencemaran pada lingkungan merupakan permasalahan yang belum dapat teratasi sepenuhnya sampai saat ini, yang tentunya menjadi perhatian khusus dalam penanggulangannya. Hal tersebut dapat menimbulkan permasalahan yang berpengaruh terhadap aktivitas dan kesehatan pada makhluk hidup. Pencemaran lingkungan disebabkan oleh pembuangan material limbah yang berlebih, terkhusus pada material yang tidak dapat terurai oleh alam dan tidak terletak sesuai pada tempatnya [1-3]. Material limbah yang mendominasi dalam menyumbang pencemaran lingkungan adalah sampah plastik. Sampah plastik memiliki karakteristik yang sulit terurai dikarenakan terbuat dari bahan anorganik yang membutuhkan waktu sangat lama untuk terurai oleh bakteri pengurai didalam tanah. Akibatnya

sampah plastik tertimbun dan dapat mempengaruhi kualitas tanah yang berdampak negatif yakni menurunnya kualitas lingkungan disekitarnya.

Dalam kehidupan manusia sehari-hari tidak terlepas dari penggunaan plastik. Material plastik digunakan dalam setiap sektor seperti industri maupun rumah tangga. Diperkirakan bahwa produksi plastik mencapai 500% dalam rentang 30 tahun terakhir dan akan terus meningkat 850 juta ton pada tahun 2050 [4-6]. Maka dari itu pentingnya sistem pengolahan yang memadai untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang berasal dari limbah plastik [7-10]. Salah satu metode yang dapat direkomendasikan adalah dengan proses daur ulang. Proses daur ulang dipakai secara efisien untuk mengolah kembali limbah plastik yang tidak terpakai ke bentuk barang yang lebih berguna untuk menghindari proses sekali pakai yang akan menimbulkan peningkatan tumpukan pada sampah plastik.

Salah satu metode yang berpotensi dalam daur ulang limbah plastik adalah menggunakan mesin ekstrusi untuk proses manufaktur filament 3D printer. Proses ekstrusi menggunakan alat ekstruder dengan cara membentuk potongan-potongan kecil yang kemudian akan dileburkan dengan suhu tinggi yang kemudian akan dikeluarkan melalui nozzle dalam bentuk filament sesuai geometri pada filament pada umumnya. Hal ini sangat berpotensi karena plastik merupakan material yang dapat diolah kembali terus-menerus. Pemanfaatan dan Penerapan teknologi 3D printer dalam pengolahan limbah plastik akan memberikan dampak mengurangi pencemaran lingkungan. Hal tersebut juga berpotensi memberikan peluang terhadap industri kreatif agar lebih berinovasi dan efisien dalam pemanfaatan barang tak pakai menjadi barang yang memiliki nilai tinggi.

Kegiatan Pengabdian pada masyarakat ini memiliki sasaran yaitu para teknisi laboratorium konversi energi Universitas Sriwijaya, dengan tujuan dapat memproduksi filament. Tujuan kegiatan ini memperkenalkan teknologi mesin ekstrusi serta memberikan alternatif dalam pemanfaatan limbah plastik yang nantinya akan memberikan peluang bagi masyarakat yang bergerak pada industri kreatif. Mesin ekstrusi yang pakai merupakan rancangan mahasiswa unsri dengan tipe single screw dengan satu heater. Jenis mesin ini dibuat dikarenakan memiliki keunggulan yakni biaya yang tidak terlalu mahal dalam proses pembuatannya serta komponen dapat diperoleh dengan mudah

2. MATERI DAN METODE PELAKSANAAN

2.1. Khalayak Sasaran

Dalam penyelenggaraan kegiatan berlangsung memfokuskan kepada teknisi lab konversi energi Universitas Sriwijaya agar dapat mengoperasikan mesin ekstrusi untuk memproduksi filament dari mesin ekstrusi yang memanfaatkan limbah plastik yang ada disekitar kampus Universitas Sriwijaya.

2.2. Keterlibatan Mahasiswa

Kegiatan pengabdian melibatkan mahasiswa sebagai pendukung untuk kegiatan sebelum maupun pada saat berlangsungnya kegiatan pengabdian pada masyarakat. Mahasiswa yang terlibat berjumlah 7 orang dan membantu proses perancangan, perakitan dan melakukan proses pembuatan mesin ekstrusi yang akan digunakan.

2.3. Kerangka Pemecahan Masalah

Sistem 3R (*Reuse, Reduce, dan Recycle*) hingga sekarang ini masih merupakan solusi yang tepat dalam mengelola limbah plastik. *Reuse* berarti menggunakan kembali sampah/limbah

yang masih dapat digunakan untuk fungsi yang sama ataupun fungsi lainnya. *Reduce* berarti mengurangi segala sesuatu yang mengakibatkan sampah, sedangkan *recycle* berarti mengolah kembali (daur ulang) sampah menjadi barang atau produk baru yang bermanfaat. Limbah kaleng termasuk limbah anorganik yang umumnya memerlukan jangka waktu tertentu yang lumayan lama untuk dapat terurai di tanah secara alami melalui proses biologis.

Dalam rangka mendukung program pemerintah untuk turut menjaga kelestarian lingkungan dan mengupayakan kegiatan pengabdian seiring sejalan dengan kegiatan penelitian tentang pengelolaan limbah padat, tim pengabdian ini mengajukan kerangka pemecahan masalah berupa rancang bangun mesin ekstrusi untuk mendaur ulang limbah plastik menjadi filamen 3D *printer*. Filamen 3D *printer* ini nantinya bisa digunakan sebagai material dasar untuk membuat objek 3 dimensi. Objek 3 dimensi dapat berupa kerajinan tangan, miniatur, alat peraga, part sementara. Tahapan dalam rancang bangun mesin ekstrusi ini dapat ditunjukkan dalam diagram alir berikut ini.

2.4. Metode Pelaksanaan

2.4.1. Pencarian Data

Dalam merencanakan sebuah perancangan alat pemanas dan pendinginan *filament Polylactic Acid* (PLA) extruder, maka terlebih dahulu dilakukan pengamatan dan uji coba alat di lapangan serta mencari studi literatur terkait alat yang dirancang bangun.

2.4.2. Perencanaan dan Perancangan Desain

Setelah melakukan pencarian data dan pembuatan konsep yang didapat dari literatur studi kepustakaan, maka dapat direncanakan bahan-bahan yang dibutuhkan dalam perancangan dan pembuatan alat pemanas dan pendingin filament Polylactic Acid (PLA) extruder. Dari studi pustaka tersebut dapat dirancang pemesinan.

Dalam Kegiatan ini proses yang akan dirancang adalah:

- Rancang bangun desain alat pemanas dan pendingin filament Polylactic Acid (PLA) extruder.
- Persiapan alat bahan yang dibutuhkan Proses perakitan dan finishing.

2.4.3. Proses Perencanaan Sistem Pemanas

Proses ini merupakan proses perancangan system pemanas yang akan digunakan pada mesin filamen ekstruder, Adapun proses sebelum perancangan system pemanas yaitu:

- Pembelian elemen pemanas, dan sensor suhu.
- Pemasangan alat elemen pemanas dan sensor suhu.
- Pengaturan suhu yang akan digunakan.

2.4.4. Proses Perencanaan Sistem Pendingin

Proses ini merupakan proses perancangan system pendinginan yang akan digunakan pada mesin filamen ekstruder. Adapun proses sebelum perancangan system pendinginan yaitu:

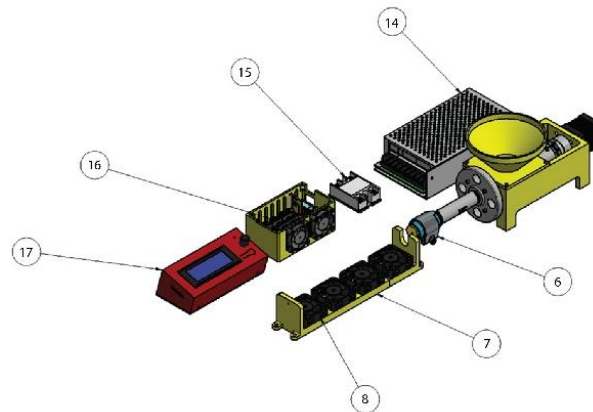
- Perakitan kipas pendingin sebagai sistem pendinginan.
- Perakitan dan pemasangan sistem pendingin pada mesin ekstruder.
- Pengaturan kecepatan kipas yang dikontrol melalui LCD.

2.4.5. Pengujian Alat

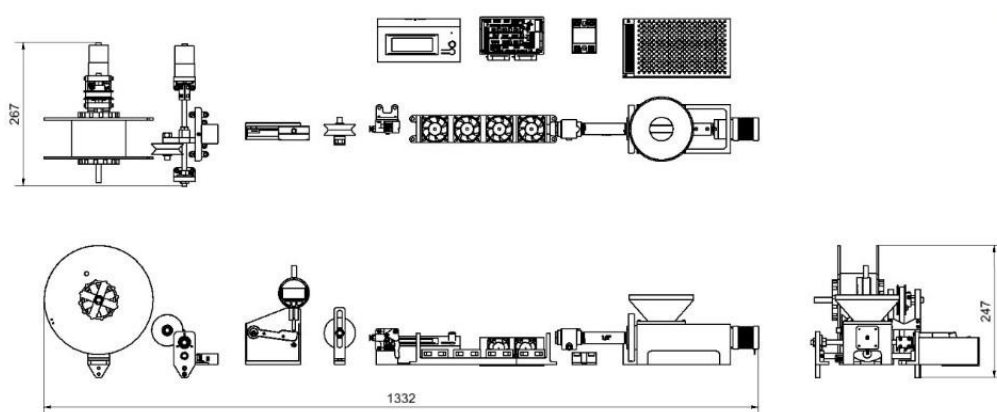
Prosedur percobaan dilakukan untuk mengetahui apakah system pemanas dan pendingin mampu bekerja sesuai fungsinya. Hal-hal yang dilakukan dalam percobaan alat sebagai berikut:

- Menguji sistem pemanas dan system pendingin.
- Menguji sensor pemanas dan kecepatan putaran kipas pendingin.

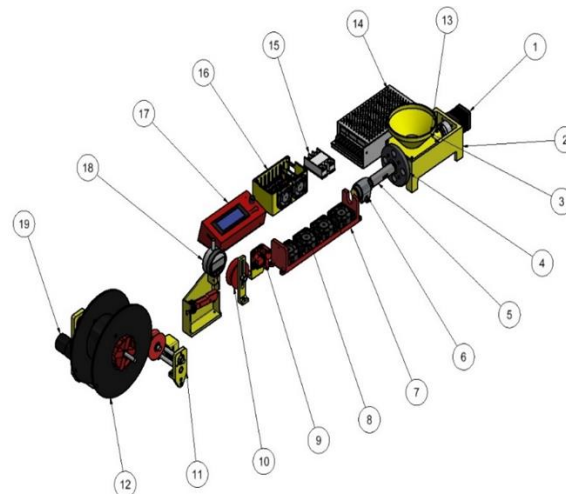
2.4.6. Desain Alat



Gambar 1. Desain 3D Sistem Pemanas dan Pendingin Mesin Ekstruder.



Gambar 2. Desain 2D *Full Assembly* Mesin Filamen Ekstruder.

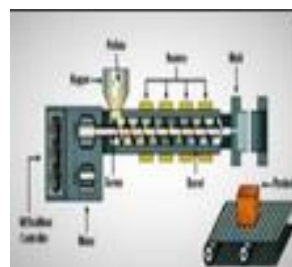


Gambar 3. Desain 3D *Full Assembly* Mesin Filamen Ekstruder.

Keterangan: 1. Motor Nema 17; 2. Base Extruder; 3. Joint Coupling; 4. Flange; 5. Pipe $\frac{1}{2}$; 6. Elemen Pemanas; 7. Fan DC 12v; 8. Base Cooling System; 9. Compact Extruder; 10. Pulley; 11. Bracket Holder; 12. Filament Spool; 13. HoPolylactic Acid (PLA)er; 14. Power Supply 24v DC; 15. SSR Relay; 16. Microcontroller; Arduino; 17. LCD; 18. Digital Indicator; dan 19. Motor DC 12/24v.

2.4.7. Morfologi Perancangan

Perancangan produk ini dimulai dengan pembuatan konsep desain, proses ini diawali dengan pembentukan tabel morfologi untuk menentukan komponen-komponen produk Berdasarkan fungsi-fungsi yang telah diuraikan tersebut, dibentuk sebuah tabel dengan fungsi-fungsi tersebut sebagai variabelnya. Setiap fungsi tentunya memiliki beberapa jenis alat tertentu yang dapat menjalankan fungsi tersebut [1]. Pada orientasi menggunakan jenis Horizontal. Orientasi Horizontal dipilih karena lebih mudah digunakan dan diaplikasikan di bandingkan vertikal dan angled. Pada pemilihan nozzle terdapat 3 pilihan yaitu nozzle berukuran 1,5 mm , 1,65 mm , dan 2 mm. Setelah melakukan riset dipilih nozzle berukuran 2 mm karena filament PLA pada dasarnya memiliki ukuran 1,75 mm. Elemen pemanas peneliti menggunakan konsep yang pertama karena sesuai dengan daya yang peneliti hitung heat transfer yang paling memumpuni adalah konsep pertama, yang di mana konsep pertama memiliki kapasitas 200 watt dan perhitungan peneliti untuk melelehkan filament PLA memerlukan daya sebesar 168 watt . Dan pada pendinginan peneliti menggunakan Fan Cooling 12v putaran tinggi karena pada waktu riset digunakan *Fan Cooling* ber putaran rendah kurang optimal untuk proses pendinginan nya sehingga dipilih lah Fan Cooling ukuran 12v yang kapasitas putaran nya tinggi.



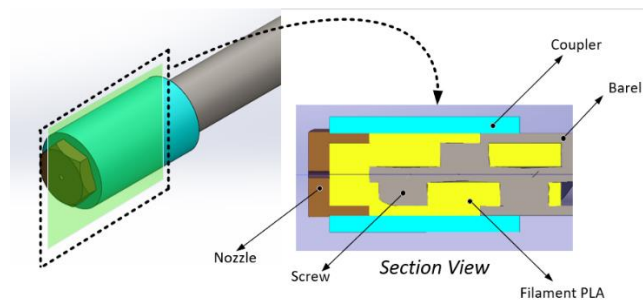
Gambar 4. Orientasi *Horizontal*.

Gambar 5. *Nozzle 2 mm.*Gambar 6. *Heater Band 200 W*Gambar 7. *Cooling System 12 V*

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Analisis Perhitungan

Gambar 8 menunjukkan pandangan bagian pipa kopling, yang menghasilkan data diatas. Pada data diatas tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai data acuan untuk mencari daya pemanas optimal untuk memanaskan Filament PolyLactic Acid (PLA). Pada table 1 menunjukkan efisiensi transmisi 0,1 - 0,5 dimana pada penghitungan rumus peneliti menggunakan efisiensi sebesar 0,3 karena bahan material yang tidak abrasive.



Gambar 8. Pandangan Pipa Kopling

Tabel 1: Data pipa kopling

Parameter	Dimensi
Massa pipa kopling	115 gram = 0,115 kg
Panas Jenis Baja A105 (C)	520 Joule/(kg°K)
Target yang ingin dicapai	230°C → 503°K
Suhu Ruang	27°C → 300°K
Waktu Pemanasan (t)	240 Second

Daya pemanas ditentukan menggunakan rumus:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (1)$$

$$Q = 0.115 \cdot 250 \cdot (503 - 300)$$

$$Q = 12.14 \text{ kJ}$$

Kemudian,

$$\text{Daya} = \frac{Q}{t} \quad (2)$$

$$\text{Daya} = \frac{12.14 \text{ kJ}}{240 \text{ detik}}$$

$$\text{Daya} = 50.58 \text{ W}$$

Untuk menghitung daya *heater* kopling:

$$P_{\text{heater}} = \frac{P_{\text{kopling}}}{\eta_{\text{kopling}}} \quad (3)$$

$$P_{\text{heater}} = \frac{50.58 \text{ W}}{0.3}$$

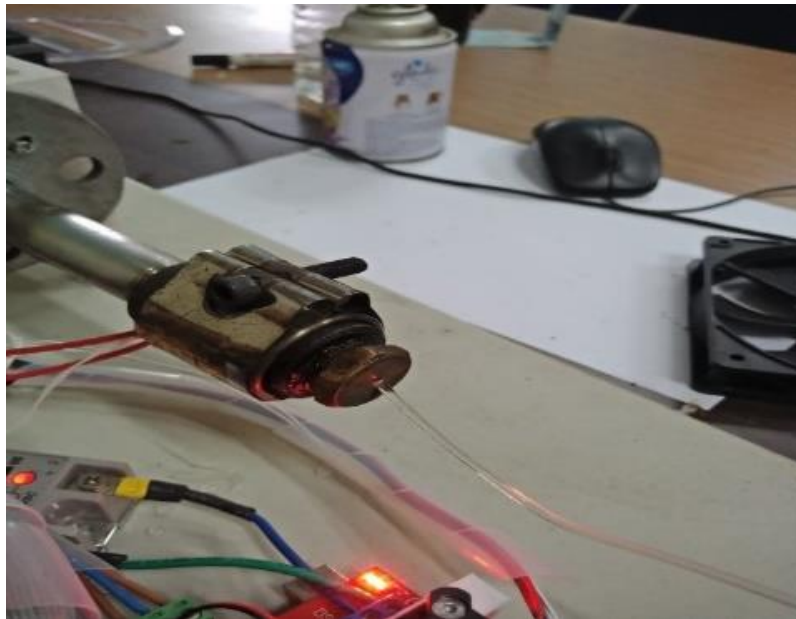
$$P_{\text{heater}} = 168 \text{ W}$$

Berdasarkan hitungan di atas maka daya yang dibutuhkan untuk proses pemanasan *heater* band ialah 168 Watt, dengan rincian sebagai berikut:

- daya *heater* yang dibutuhkan 168 W, maka dipilih heater berkapasitas 200 W.
- Pemanas adalah *band heater* karena bentuknya dapat disesuaikan.
- *Band heater* sebagai elemen pemanas yang digunakan adalah 1.

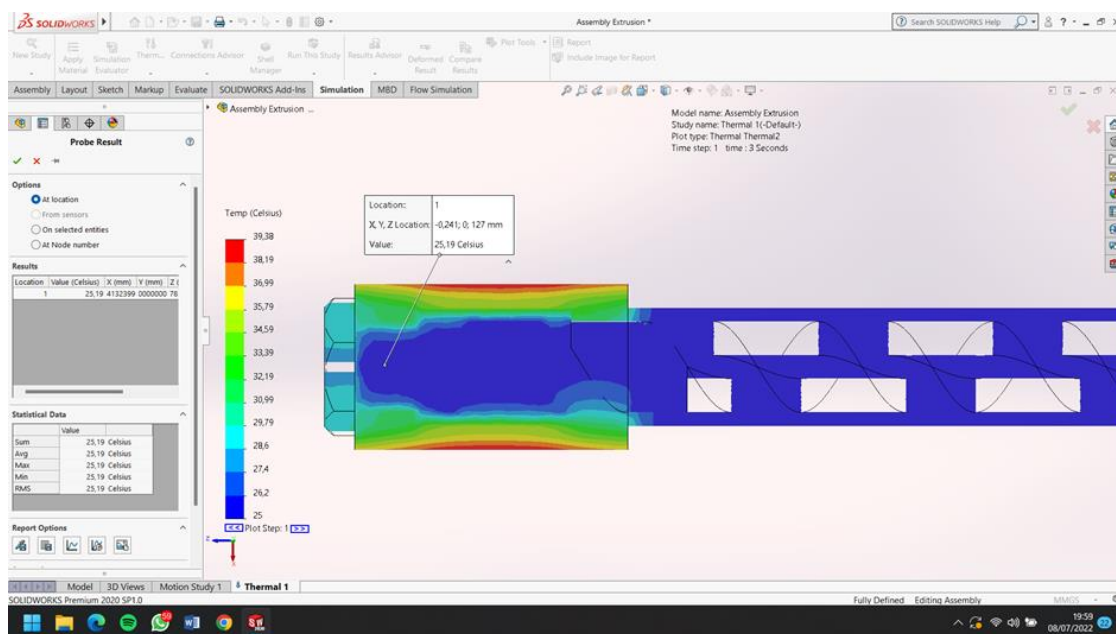
3.2. Uji Coba Alat Ekstruder

Setelah melakukan proses ekstrusi penulis dapat disimpulkan bahwa element pemanas merupakan element yang cukup penting dikarenakan akan mempengaruhi hasil ekstrusi. Jika pemanasan tidak sesuai dengan desain dan perancangan maka dikhawatirkan filament tidak akan mencapai diameter yang diharapkan.

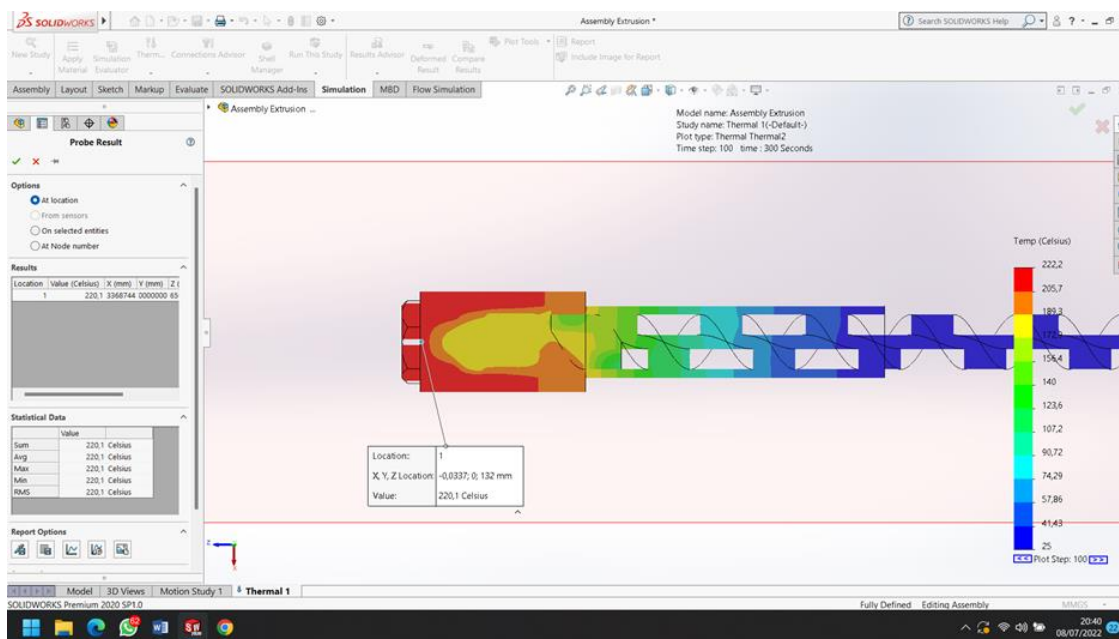


Gambar 9. Hasil Ekstrusi

3.3. Hasil Simulasi

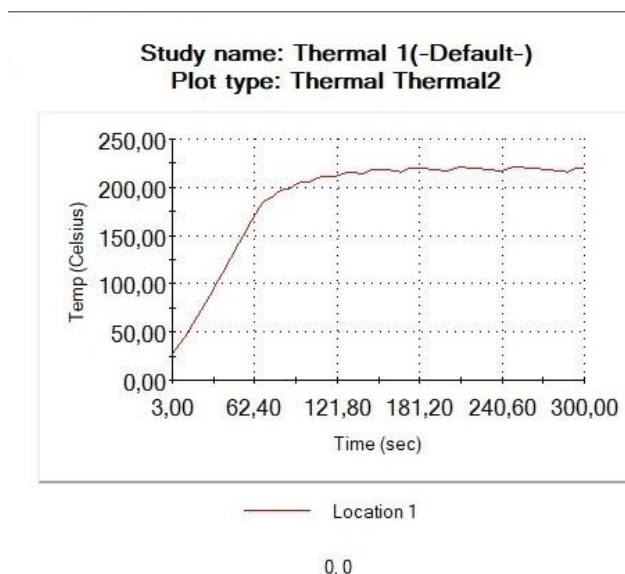


Gambar 10. Temperatur awal simulasi (lingkungan) 25°C



Gambar 11. Temperatur akhir pemanasan simulasi (220.1°C)

Dari proses simulasi di atas dapat dilihat bahwa proses simulasi dari suhu 25°C sampai dengan 220°C membutuhkan waktu 300 detik.



Gambar 11. Hasil plot data

4. KESIMPULAN

Setelah melalui beberapa proses desain didapatkanlah sebuah konsep desain yang optimal yaitu konsep *heat transfer* yang menggunakan nozzle berukuran 2 mm, elemen pemanas dengan kapasitas daya 200 Watt, dan menggunakan kipas CPU berkapasitas 12V. Berdasarkan proses analisa yang telah dilakukan maka suhu dan waktu dibutuhkan untuk melelehkan material biji PLA adalah di suhu 220°C dan membutuhkan waktu 300 detik. Mesin ekstrusi yang dihasilkan telah disosialisasikan dan dilakukan pelatihan penggunaan alat kepada teknisi

lab konversi energi agar para teknisi dapat mengoperasikan alat mesin ekstrusi tersebut guna menghasilkan filament memanfaatkan limbah plastik yang ada dilingkungan kampus Universitas Sriwijaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Lab. Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah bekerja sama dalam melaksanakan kegiatan ini.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] J.F. Rees. J. Chem. Technol. Biotechnol. 30, 1 (1980).
- [2] J.G.B. Derraik. Marine Pollution Bulletin. 44 (2002).
- [3] U.S. National Park Service. Time it takes for garbage to decompose in the environment. WWW document, (http://des.nh.gov/organization/divisions/water/wmb/coastal/trash/documents/marine_debris.pdf).
- [4] L.C.-M. Lebreton, S.D. Greer, J.C. Borrero. Marine Pollution Bulletin. 54, 3 (2012).
- [5] L. Shen, J. Haufe, M.K. Patel. Product Overview and Market Projection of Emerging Bio-based Plastics PRO-BIP 2009, Utrecht University Final Report, (2009).
- [6] A. Lotfi, Polymer Recycling. WWW document, (<http://www.lotfi.net/recycle/plastic.html>).
- [7] U. Arena, M.L. Mastellone, F. Perugini. Int. J. of Life Cycle Assessment. 8, 2 (2003).
- [8] F. Perugini, M.L. Mastellone, U. Arena. Environ. Prog. 24, 2 (2005).
- [9] P.M. Subramanian. Resources, Conservation and Recycling. 28, 3-4 (2000).
- [10] A. Björklund, G. Finnveden. Resources, Conservation and Recycling. 44, 4 (2005).