

Rancang Bangun Alat Ekstruder Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik Polypropylene Dan Polyethylene Terephthalate Untuk Menghasilkan Filamen 3D Printing

^{(1)*}Hanafi, ⁽²⁾Ivan Sujana, ⁽³⁾Romario A. Wicaksono

^{(1),(3)}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

⁽²⁾Progran Studi Teknik Industri, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

*E-mail : hanafissr@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries with the largest plastic producers and consumers in the world. Difficult to decompose plastic waste has a bad impact on the environment. An extruder is a machine that is used in processing plastic waste The purpose of this research to make a single screw extruder machine that is easy to operate and maintain and easy to move. In this design, an extruder machine design is made with a transmission system using a pulley and a chain where the way the extruder works is by turning on the heater and setting the melting temperature on the type of plastic used, then turning on the electric motor and the rotation is continued using the pulley, gearbox, sprocket and chain to the screw. so that the screw will transfer the plastic material to the nozzle. The plastic used in this study is the plastic material used in the form of shredded PP (polypropylene) and PET (polyethylene terephthalate) plastic waste. Temperature variation for polypropylene (PP) plastic in the range of 155°C, 165°C, 175°C and 185°C while the temperature variation for polyethylene terephlate(PET) plastic is in the range of 210°C, 220°C, 230°C and 240 °C . Design result the extruder that has been made, it has produced filament, the screw rotation speed on the extruder is 17.5 RPM with a torque of 203.455 N.m. From the calculation results, the heater power requirement is 175 watts so that the heater used in this study has a capacity of 250 watts. The production capacity that can be produced on the extruder is 0.0679 kg/hour. The best temperature from the experiment using PP plastic occurred at a temperature of 175° due to the result of filament diameter produced was more stable and had a clear-grey color, while the experiment using diameter PET diameter stability is quite good at a temperature of 210°C, while at a temperature of 230°C is the best melting point.

Keywords: plastic waste, extruder machine, 3D printing filament

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara dengan dengan produsen dan konsumen plastik terbesar didunia.sampah Sulit terurainya sampah plastik menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan. Ekstruder merupakan salah satu mesin yang bermanfaat dalam pengolahan sampah plastik. Tujuan dari penelitian ini untuk membuat mesin ekstruder *single screw* yang mudah dalam pengoperasian dan perawatannya serta mudah dipindah tempatkan. Pada perancangan ini dibuat desain mesin ekstruder dengan sistem transmisi menggunakan pulli dan rantai dimana cara kerja alat ekstruder ini dengan menyalakan *heater* dan mengatur temperatur melting pada jenis plastik yang digunakan, kemudian menyalakan motor listrik dan putaran diteruskan menggunakan pulli, *gearbox*, sproket dan rantai menuju *screw* sehingga *screw* akan mentranfer material plastik menuju *nozzle*. Plastik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Material plastik yang digunakan yaitu berbentuk cacahan sampah plastik PP (*polypropylene*) dan PET (*polyethylene terephthalate*). Variasi temperatur untuk plastik *polypropylene*(PP) pada rentangan 155°C, 165°C,175°C dan 185°C sedangkan Variasi temperatur untuk plastik *polyethylene terephlate*(PET) pada rentangan 210°C, 220°C, 230°C dan 240°C . Hasil

perancangan alat ekstruder yang telah dibuat sudah menghasilkan filamen, kecepatan putar screw pada alat ekstruder sebesar 17,5 RPM dengan torsi sebesar 203,455 N.m dari hasil perhitungan didapatkan daya kebutuhan daya heater sebesar 175 watt sehingga *heater* yang digunakan pada penelitian ini berkapasitas 250 watt. Kapasitas produksi yang mampu dihasilkan pada alat ekstruder yaitu 0,0679 kg/jam. Temperatur terbaik dari percobaan menggunakan plastik PP terjadi pada temperatur 175°C dikarenakan hasil diameter filamen lebih stabil dan memiliki warna bening-keabuan, sedangkan percobaan dengan menggunakan plastik PET kestabilan diameter cukup baik terjadi pada temperatur 210°C, sedangkan pada temperatur 230°C merupakan titik *melting point* terbaik.

Kata kunci : sampah plastik, mesin ekstruder, filamen 3D printing

I. Pendahuluan

Komposit Plastik merupakan salah satu material yang tidak terlepas penggunaannya dalam kehidupan kita sehari-hari. Sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk penggunaan plastik pada kemasan makanan dan kebutuhan logistik menyebabkan meningkatnya penggunaan plastik karena sifatnya yang praktis, tahan terhadap korosi, kuat serta memiliki sifat insulasi/mengurangi laju perpindahan panas yang baik inilah yang menyebabkan penggunaan plastik sulit untuk dipisahkan dari kehidupan.

Tingginya penumpukan sampah plastik di Indonesia akan menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan jika tidak dilakukan pengolahan dengan serius. Penggunaan bahan plastik semakin meningkat setiap harinya dikarenakan memiliki sifat kuat dan tidak mudah mengalami pelapukan (Sahwan dkk, 2005).

Ekstruder termoplastik merupakan sebuah alat yang digunakan dalam proses ekstrusi atau mengubah bentuk cacahan plastik menggunakan temperatur tinggi dalam proses meleburkan limbah plastik yang selanjutnya dibentuk kembali dengan cetakan / *moulding* menjadi suatu bentuk tertentu sesuai dengan kebutuhan. Termoplastik merupakan salah satu polimer yang dapat didaur ulang berulang kali menggunakan alat ekstruder hingga mencapai titik *melting point* kemudian dibentuk disesuaikan dengan kebutuhan dan penggunaan cetakan.

Mengingat mahalnya harga filamen yang dijual dipasaran dan banyaknya sampah plastik yang belum dikelola dengan baik, sehingga dalam penelitian ini penulis akan melakukan yaitu membuat sebuah alat ekstruder untuk menghasilkan filamen berbahan dasar sampah plastik yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk 3D *printing*.

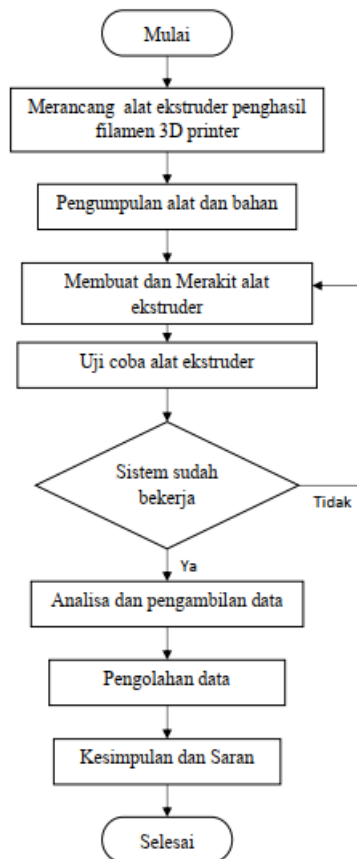


Gambar 1. Plastik PP dan Plastik PET

II. Bahan dan Metode

1. Metode

Metode penelitian ini merupakan metode eksperimen secara langsung. Untuk pelaksanaannya terkait perancangan dan pembuatan alat dilakukan di Workshop Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Untuk diagram alir yang menunjukkan tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Dari diagram alir pada gambar di atas, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Mulai, yaitu melakukan kajian literatur terkait kebutuhan dalam perancangan
2. Melakukan perancangan alat
3. Pengumpulan bahan dan alat
4. Pembuatan ekstruder
5. Pengujian alat
6. Pengujian apakah sistem yang dibuat sudah bekerja
7. Analisa dan pengambilan data yang dibutuhkan
8. Pengolahan data serta analisa yang diperlukan untuk menghasilkan kesimpulan
9. Selesai

2. Alat dan bahan

Untuk alat dan bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian ialah sebagai berikut :

Alat:

1. Gerinda
2. Mesin las
3. Bor duduk

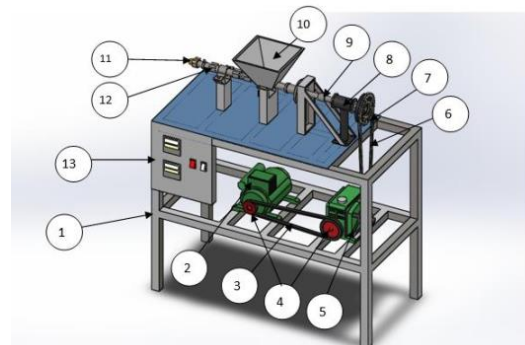
4. Mesin bubut
5. Kunci pas, obeng, tang buaya
6. Meteran dan penggaris
7. Solder
8. Palu
9. Jangka sorong
10. Timbangan digital

Bahan:

1. Heater Band
2. Motor listrik
3. Gearbox
4. Sproket dan Rantai
5. Puley dan sabuk
6. Screw
7. Silinder kuning
8. Thermocouple dan Klem selang
9. PID Controller
10. Baja siku
11. Pipa baja dan plat baja
12. Bantalan
13. Mur dan baut
14. Saklar dan kabel
15. Cacahan Plastik PP dan PET

Perancangan Alat:

Hasil dari perancangan alat adalah sebagai berikut :

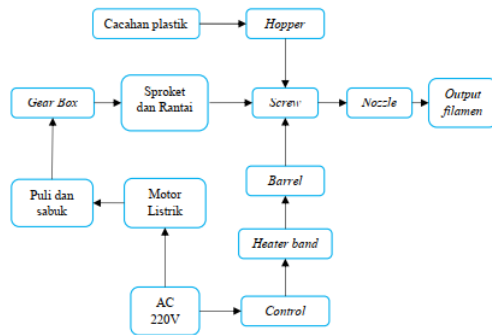


Gambar 3. Desain Pemodelan Alat Ekstruder

Keterangan gambar:

1. Rangka
2. Motor listrik
3. Van Belt
4. Pulli
5. Gearbox
6. Rantai
7. Sproket
8. Dudukan Nap Gear
9. Screw dan Barrel
10. Hopper
11. Nozzel
12. Heater Band
13. Control Panel

Skema rancangan alat ekstruder sebagai berikut :



Gambar 4. Skema Rancangan Alat Ekstruder

Penjelasan dari proses kerja Alat ekstruder untuk menghasilkan filamen 3D *printing* yaitu, arus listrik AC 220 V dialirkan menuju *control PID* dan motor listrik. *Control PID* akan menyalurkan listrik menuju sumber pemanas yaitu *heater band* /pemanas yang menempel pada *barrel*. *Heater band* akan terus memanaskan *barrel* dan *screw* yang berada sehingga suhu semakin naik sampai batas tertentu sesuai dengan settingan yang telah ditentukan pada tampilan *display control PID* dari hasil pembacaan *termocouple*. *Control PID* berfungsi sebagai pengatur batas panas yg diinginkan pada proses peleburan material plastik. Ketika suhu pada *barrel* telah mencapai suhu pengukuran, maka secara otomatis *control PID* akan memutuskan arus listrik ke *heater band* dan jika terjadi penurunan temperatur pada *barrel*, secara otomatis listrik akan kembali mengalir ke *heater band*, siklus ini terjadi secara kontinu .

Pada sisi lain dimana putaran dari motor listrik diteruskan menggunakan sistem transmisi puli dan sabuk menuju *gearbox/reducer*, setelah putaran dari *gearbox* diteruskan dengan menggunakan transmisi sproket dan rantai menuju poros *screw*. Selanjutnya masukan bahan baku plastik melalui *hopper* dan *screw* akan berputar untuk menyalurkan bahan material menuju sumber pemanas (*heater*, *Hopper*, *Screw*, *Output*, *Gearbox*, *Nozzle*, *filamen*, Puli, sabuk, Sproket, Rantai, *Barrel*, *Heater band*, Motor Listrik, *Control PID* AC 220V dan Cacahan plastik) di dalam *barrel* sehingga material plastik akan mengalami perubahan bentuk dari padat ke cair dan dikeluarkan melalui *nozzle* dikarenakan adanya dorongan dari *screw*, maka hasil keluaran dari *nozzle* menjadi

filamen yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk 3D *printing*

III. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil rancangan alat

Hasil dari proses perancangan kemudian dilanjutkan dengan pembuatan alat ekstruder secara keseluruhan ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



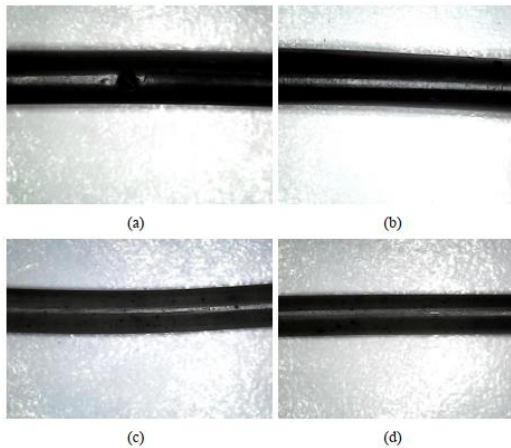
Gambar 5. Hasil Rancangan Alat Ekstruder

2. Hasil pengujian alat

A. Pengujian menggunakan plastik PP

Dari pengujian dengan menggunakan plastik PP pada rentang variasi temperatur 155°C, 165°C, 175°C, dan 185°C memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut:

1. Pada 155°C filamen memiliki penyimpangan yang tidak terlalu besar, permukaan halus, warna cenderung hitam.
2. Pada 165°C filamen mengalami penyimpang cenderung kecil, permukaan halus, ketidaksempurnaan melting, warna hitam.
3. Pada 175°C stabilitas diameter filamen baik, *melting* sempurna, permukaan halus, warna bening keabu-abuan.
4. Pada 185°C diameter filamen kecil, permukaan halus, cair saat keluar, warna bening keabu-abuan.

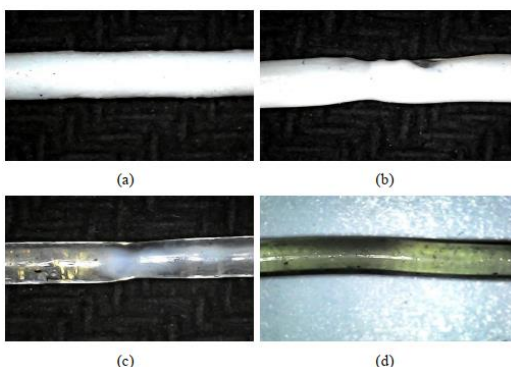


Gambar 6. (a) A-1 155°C, (b) A-2 165°C, (c) A-3 175°C dan (d) A-4 185°C

B. Pengujian menggunakan plastik PET

Dari percobaan dengan menggunakan plastik PET pada rentang variasi temperatur 210°C, 220°C, 230°C dan 240°C. Adapun kelebihan dan kekurangan yang muncul dengan menggunakan plastik PET dalam penelitian ini diantaranya :

1. Pada 210°C filamen mengalami penyimpangan yang besar, permukaan kasar, memiliki padatan yang baik dan berwarna biru muda
2. Pada 220°C penyimpangan diameter cenderung kecil, permukaan halus, melting kurang sempurna, wana putih bening
3. Pada 230°C stabilitas diameter baik, melting baik, permukaan halus, terjadi lekukan pada filamen, warna bening putih.
4. Pada 240°C diameter yang dihasilkan pipih, permukaan halus, terjadi lekukan, warna bening kuning.



Gambar 6. (a) B-1 210°C, (b) B-2 220°C, (c) B-3 230°C dan (d) B-4 240°C

IV. Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Bersarkan hasil percobaan dan pengolahan data yang telah dilakukan, dapat ditarik poin kesimpulan dalam penelitian ini. Kesimpulan yang dapat diberikan terkait dengan hasil penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut:

1. Rancang bangun alat ekstruder yang dibuat untuk mengurangi dampak dari sampah plastik dan memanfaatkan limbah plastik yang memiliki nilai fungsional lain yang lebih baik. Perancangan alat ekstruder menggunakan beberapa komponen utama yaitu rangka/dudukan, *thermocouple*, *control PID*, motor listrik, *gearbox*, puli, sabuk, sproket, rantai, *screw*, *barrel*, *hopper*, *heater band*, *nozzle* dan perlengkapan pendukung lainnya. Dari rancangan alat ekstruder yang telah dibuat sudah menghasilkan filamen, kecepatan putar *screw* pada alat ekstruder sebesar 17,5 RPM dengan torsi sebesar 203,455 N.m dari hasil perhitungan didapatkan daya kebutuhan daya *heater* sebesar 175 watt sehingga heater yang digunakan pada penelitian ini berkapasitas 250 watt. Kapasitas produksi yang mampu dihasilkan pada alat ekstruder yaitu 0,0679 kg/jam.
2. Plastik yang digunakan pada percobaan ini yaitu plastik *polypropylene*(PP) pada rentangan (155°C, 165°C, 175°C dan 185°C) dan plastik *polyethylene terephlate* (PET) pada rentangan (220°C, 230°C, 240°C dan 250°C). Dari 4 variasi temperatur percobaan dengan menggunakan plastik PP penyimpangan terbesar terjadi pada temperatur 185°C dikarenakan pada temperatur tersebut material PP mengalami penyimpangan pada diameter yang dihasilkan cenderung mengalami pengecilan dan warna yang dihasilkan cenderung bening. Temperatur terbaik dari percobaan menggunakan plastik PP terjadi pada temperatur 175°C karena diameter filamen yang dihasilkan lebih stabil dan memiliki warna beningkeabuan, bentuk permukaan yang dihasilkan lebih halus. Dari percobaan dengan menggunakan plastik PET dengan 4 variasi temperatur kualitas yang dihasilkan kurang baik pada percobaan dengan temperatur 210°C filamen yang

dihasilkan diameter yang dihasilkan cukup stabil tetapi memiliki permukaan yang kasar dan kaku warna filamen yang dihasilkan biru muda. Pada temperatur 220°C diameter filamen yang dihasilkan tidak stabil, *melting* tidak sempurna dan homogenitas yang kurang baik. Pada temperatur 230°C diameter filamen yang dihasilkan masih mengalami penyimpangan dan masih terdapat ketidak sempurnaan *melting* tetapi warna yang dihasilkan bening. Pada temperatur 240°C filamen yang dihasilkan memiliki penyimpangan diameter yang besar dan warna yang dihasilkan cenderung bening-kekuangan. Sehingga pada percobaan dengan plastik PET perlu adanya pengkajian ulang.

2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan ternyata masih terdapat kekurangan pada alat ekstruder yang telah dibuat, dapat diberikan penulis untuk mengembangkan alat ekstruder filamen yang telah dibuat yaitu :

1. Melakukan pencacahan plastik dengan ukuran yang lebih kecil sehingga bisa meningkatkan homogenitas pada filamen yang dihasilkan.
2. Pada alat ekstruder yang telah dibuat tekanan yang dihasilkan pada alat ekstruder pada saat filamen keluar dari nozzle kurang stabil sehingga untuk meningkatkan kestabilan pada alat ekstruder perlu diperhitungkan Kembali toleransi antara *screw* dan *barrel* sehingga bisa meningkatkan kestabilan dari filamen yang dihasilkan.
3. Perlu adanya modifikasi pada hopper agar material *input* pada alat ekstruder dapat terintegrasi dengan baik.

Daftar Pustaka

- Ariefin., 2013. Stabilitas Bentuk Dan Dimensi Plastik *Polypropylene* Terhadap Kecepatan Putaran *Screw* Mesin Ekstrusi. Jurusan Teknik Mesin. Politeknik Negeri Lhokseumawe. Aceh.
- Bahrul Ikam., 2016. Kabel Optik Yang Mengalami Kecacatan Diselubung Kabel Pada Mesin Extruder. Program Studi Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Mercu Buana, Jakarta. Jurnal Teknik Mesin. Vol. 05, No. 2 ISSN 2089 – 7235
- Dani Irawan dan Rahayu Mekar Bisono., 2018. Rancang Bangun Prototype Mesin Ekstrusi Polimer Single Screw. Seminar Nasional Multi disiplin Tahun 2018. Penelitian Universitas KH. Abdul Wahab. Jombang. ISSN : 2654-3184
- Dita., dkk, 2017, May 2. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. <http://lingkungan.itats.ac.id/mahasiswamenulis-cara-mengetahui-jenisjenis-plastik-berdasarkan-kode-daurlangnya/>.
- F. Keith dan A. Priyono. 1998. Prinsip prinsip Perpindahan Panas, edisi ke-3. Jakarta: Erlangga
- Gilang Heru Kencana., 2018. Prototipe Pengolah Sampah Plastik menjadi Filamen 3D *Printing*. Teknik Telekomunikasi. Departemen Teknik Elektronika. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Irvan Oktama., 2016. Analisa Peleburan Limbah Plastic Polyethylene Terphthlate (PET) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik. Program studi Teknik mesin. Universitas mercu buana. Jakarta. Jurnal Teknik mesin(JTM) Tahun 2016: VOL. 5 NO. 3
- Karuniastuti, N. (2013). Bahaya Plastik Terhadap Kesehatan Dan Lingkungan. *Swara Patra*, 3(1).Mandiri. 2012. Manual Pelatihan Teknologi Energi Terbarukan. 61: Jakarta
- Maradu Sibarani, Muhammad Piky Allan dan Putu M. Santika., 2018. Perancangan unit Extruder pada Mesin *Extrusion Lamination Flexible Packaging*. Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Indonesia. Jurnal Teknik Mesin – ITI, Vol. 2 No. 2 ISSN: 2548-3854
- Micheal, 2020. Optimasi Parameter Proses Mesin *Filament Extruder* Dalam Upaya Manufaktur Filamen *Polylactic Acid* (PLA) Sebagai Bahan Baku 3D *Printing*. Program Studi Teknik Mesin.

Departemen Teknik Mesin Dan Industri.
Fakultas Teknik. Universitas Gajah Mada.
Yogyakarta.

Rio Wicandaru Pratama., 2017. Mesin Pengolah Sampah Plastik Menjadi Pellet Plastik. Program Studi Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta

Ryanuargo. Anwar, S. Sari, SP. 2013. Generator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari Uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin. Jurnal Rekayasa Elektriika Vol. 10, No. 4. e-ISSN. 2252-620x

Sabarudin Akhmad dan Puthut Prasetyo., 2017. Mesin Hotpress Untuk Recycle Plastik HDPE dan Karakterisasi Faktor Pencetakan Terhadap Cacat dan Konsumsi Energi. Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik. Universitas Trunojoyo Madura. Seminar Nasional Riset Inovatif Tahun 2017. ISBN: 978-602-6428-11-0

Sardjito. 2002. Fisika Terapan untuk Politeknik Fisika dan Termofisika. Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada masyarakat: Departemen Pendidikan Nasional.