



Pengaruh Kecepatan *Screw* dan *Feeder* pada Mesin Extruder terhadap Karakteristik Hasil Biji Plastik

^{1*} Muhammad Erwin Cahyo Nugroho, ¹ Rachmadi Tutuka, ¹ Rohiman Ahmad Zulkipli

¹ Teknologi Proses Industri Petrokimia, Politeknik Industri Petrokimia Banten, Serang

¹erwin.cahyo@poltek-petrokimia.ac.id, ² rachmadi.tutuka@poltek-petrokimia.ac.id, ³ rohiman.ahmad@poltek-petrokimia.ac.id

Article Info

Article history:

Received May 06th, 2025

Revised May 07th, 2025

Accepted May 15th, 2025

Keyword:

Extruder machine

Feeder speed

PET recycling

Plastic extrusion

Screw speed

ABSTRACT

The problem of plastic waste, especially from PET bottles, continues to increase and prompts the need for innovation in processing waste into high-value products. One method used is the extrusion process, which can produce plastic ore from recycled plastic waste. This study aims to examine the effect of variations in screw speed and feeder speed in extruder machines on the characteristics of plastic ore yield. The material used was used PET plastic bottle flakes, while the cutting speed was kept constant throughout the process. Evaluation was conducted based on the ratio between screw and feeder speed to see the impact on the homogeneity, size, and shape stability of the plastic ore produced. The data combination with the range at screw speed (N_s) = 25 rpm; feeder speed (N_f) = 10 rpm appeared repeatedly and showed stable performance based on the observation test. This combination is most likely the optimal operating parameter. At a stable screw/feeder ratio of 2:1 to 2.5:1, the ore yield is more uniform and dimensional consistency is higher. The calculation results show that the ideal cutting speed is 132 rpm. The current extruder machine tool design set at only 140 rpm constant speed is too fast for this condition. Screw speed and feed rate affect the mass flow rate and melting temperature of the material. The cutting speed must be matched with the material output rate from the extruder to produce a consistent size of plastic ore. The results show that a balanced speed ratio provides a uniform size distribution and a more stable ore shape, while speed imbalance can give rise to product defects such as bubbles, rough surface, and non-uniform shape. The results of this research discussion show the importance of proper process parameter settings in extrusion systems to produce high-quality plastic ore from recycled materials.

Copyright © 2025 Nucleus Journal

All rights reserved.

DOI: <https://doi.org/10.32492/nucleus.v4i1.4102>

Corresponding Author:

Muhammad Erwin Cahyo Nugroho,

Teknologi Proses Industri Petrokimia, Politeknik Industri Petrokimia Banten,
Karang Bolong, Anyar, Serang, Banten 42166, Indonesia.

Email: erwin.cahyo@poltek-petrokimia.ac.id

Abstrak—Permasalahan limbah plastik, khususnya dari botol berbahan PET, terus meningkat dan mendorong perlunya inovasi dalam pengolahan limbah menjadi produk bernilai guna tinggi. Salah satu metode yang digunakan adalah proses ekstrusi, yang dapat menghasilkan bijih plastik dari limbah plastik daur ulang. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi kecepatan *screw* dan kecepatan *feeder* pada mesin ekstruder terhadap karakteristik hasil bijih plastik. Material yang digunakan berupa serpihan botol plastik PET bekas, sedangkan kecepatan pemotongan dijaga konstan selama proses berlangsung. Evaluasi dilakukan berdasarkan rasio antara kecepatan *screw* dan *feeder* untuk melihat dampaknya terhadap homogenitas, ukuran, dan kestabilan bentuk bijih plastik yang dihasilkan. Kombinasi data dengan rentang pada kecepatan *screw* (N_s) = 25 rpm; kecepatan *feeder* (N_f) = 10 rpm muncul berulang kali dan menunjukkan performa stabil berdasarkan uji pengamatan. Kombinasi ini kemungkinan besar merupakan parameter operasi optimal. Pada rasio *screw/feeder* stabil antara 2:1 hingga 2,5:1, hasil bijih lebih seragam dan konsistensi dimensi lebih tinggi. Hasil perhitungan menunjukkan pemotongan ideal adalah 132 rpm. Desain alat mesin ekstruder saat ini diatur hanya pada kecepatan konstan 140 rpm terlalu cepat untuk kondisi ini. Kecepatan *screw* dan laju umpan memengaruhi laju aliran massa dan suhu leleh material. Kecepatan pemotongan harus disesuaikan dengan laju keluaran material dari ekstruder untuk menghasilkan ukuran bijih plastik yang konsisten. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio kecepatan yang seimbang memberikan distribusi ukuran yang seragam dan bentuk bijih yang lebih stabil, sementara ketidakseimbangan kecepatan dapat menimbulkan cacat produk seperti gelembung, permukaan kasar, dan bentuk yang tidak seragam.

I. Pendahuluan

Industri petrokimia merupakan sektor strategis yang menghasilkan berbagai produk turunan dari minyak bumi dan gas alam, salah satunya adalah plastik. Proses ekstrusi adalah salah satu tahapan penting dalam proses pengolahan plastik. Sebelum diproses di unit ekstruder, penggunaan unit mesin penghancur berfungsi untuk menghancurkan sampah plastik yang masih utuh dalam bentuk potongan-potongan [1]. Unit ekstruder berfungsi untuk melelehkan sampah PET yang akan diekstrusi dengan menggunakan *screw*. Unit cutter beroperasi untuk memotong sampah hasil ekstrusi yang telah diproses menjadi butiran pelet. Proses ini berfungsi untuk mengubah material plastik dalam bentuk lelehan menjadi produk awal seperti bijih plastik (plastic pellets) yang kemudian digunakan sebagai bahan baku untuk produk jadi melalui proses *injection molding*, *blow molding*, atau *film blowing*.

Proses ekstrusi melibatkan pencampuran, pelelehan, dan pembentukan ulang polimer termoplastik dengan bantuan tekanan dan suhu tinggi di dalam ekstruder. Salah satu komponen utama dalam mesin ekstruder adalah *screw* (ulir), yang memiliki peran penting dalam mengatur laju aliran bahan, waktu tinggal, dan pencampuran. Kecepatan putar *screw* (*extruder speed*) berpengaruh langsung terhadap distribusi termal, tekanan di dalam barrel, dan viskositas material yang keluar dari die [2].

Setelah keluar dari die, material plastik akan dipotong menjadi bijih plastik oleh sistem pemotong (*cutter*). Kecepatan pemotongan ini memengaruhi ukuran, bentuk, dan distribusi ukuran bijih. Jika kecepatan terlalu rendah, bijih dapat menjadi terlalu besar dan tidak seragam. Jika kecepatan terlalu tinggi, dapat terjadi cacat seperti pecahnya bijih atau bentuk tidak sempurna [3]. Oleh karena itu, interaksi antara kecepatan

extruder dan kecepatan pemotongan menjadi kunci dalam menghasilkan bijih plastik dengan kualitas optimal yaitu bentuk seragam, ukuran sesuai standar, dan minim cacat.

Dalam beberapa penelitian sebelumnya, telah dibuktikan bahwa pengaturan parameter proses memiliki dampak yang signifikan terhadap output. Kombinasi antara screw speed dan kadar plastisizer dapat mengubah viskositas dan distribusi termal polimer PLA secara drastis. Perubahan kecil pada kecepatan potong menghasilkan variasi signifikan dalam bentuk dan efisiensi cacahan plastik[4].

Kajian mengenai pengaruh langsung dari kombinasi kecepatan screw, kecepatan feeder, dan kecepatan pemotong terhadap kualitas bijih plastik terutama masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mencari hubungan korelatif antara variabel kecepatan screw dan feeder terhadap kualitas butiran plastik yang dihasilkan..

II. Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan proses persiapan bahan baku berupa botol plastik bekas yang berbahan dasar polyethylene terephthalate (PET). Selanjutnya dilakukan pemisahan antara badan botol, tutup, dan label. Botol plastik PET dicuci bersih, dikeringkan, lalu dicacah hingga berukuran ± 5 mm. Setelah itu, plastik kering disimpan dalam wadah tertutup guna menghindari penyerapan kelembaban dari udara.

Proses ekstrusi menggunakan mesin extruder laboratorium yang terdiri dari corong masukan plastik, silinder pemanas horizontal dengan enam elemen pemanas dengan maksimum temperature yang dicapai adalah 300 °C. Screw extruder berdiameter 28 mm yang digerakkan motor gearbox 0.5 HP, dan nozzle berukuran 6 mm Tangki pendingin stainless steel (10x10x50 cm) berisi air yang digunakan untuk mendinginkan plastik yang keluar dari screw extruder. Unit pencacah dengan pisau baja HSS sebagai alat untuk memotong menjadi bijih plastik. Kecepatan screw dan pencacah dapat diatur melalui inverter digital, sementara keseluruhan sistem dikendalikan lewat panel kontrol terintegrasi di atas rangka kokoh dengan roda castor.

Mesin extruder dipanaskan hingga suhu operasi 250°C. Serpihan plastik PET kering dimasukkan ke dalam hopper mesin extruder. Mesin extruder memanaskan dan mendorong material ke nozzle sehingga keluar dalam bentuk lelehan panjang. Plastik yang meleleh didorong keluar menuju tangki pendingin yang berisi air bersirkulasi. Selanjutnya, plastic ditarik dan dialirkan melalui tangki pendingin untuk menuju unit pencacah yang dibantu dengan feeder. Hasil lelehan Panjang yang masuk melewati feeder langsung dipotong oleh mesin granulator menjadi butiran plastik (bijih plastik). Kecepatan screw divariasikan dalam 10 percobaan dengan rentang 15 sampai 37 rpm, sementara kecepatan feeder juga diatur sesuai kombinasi eksperimen, antara 5 hingga 20 rpm. Kombinasi kecepatan ini digunakan untuk mengamati pengaruhnya terhadap proses pencetakan dan karakteristik hasil produk. Dalam penelitian ini, kecepatan pemotong (cutter)

dijaga tetap konstan selama seluruh proses berlangsung untuk memastikan hanya kecepatan screw dan feeder yang menjadi variabel utama.

Setiap hasil butiran plastik yang diperoleh dari tiap kombinasi kecepatan screw dan feeder dikumpulkan dan dianalisis lebih lanjut. Analisis meliputi pengukuran ukuran butiran, densitas butiran, serta keseragaman bentuk dan tekstur. Ukuran butiran diukur menggunakan ayakan standar dengan ukuran mesh tertentu, sedangkan densitas dihitung dengan metode pengukuran massa dan volume displacement. Selain itu, dilakukan pula pengamatan visual terhadap warna dan homogenitas butiran untuk mendeteksi adanya degradasi termal akibat pengaturan suhu dan kecepatan ekstrusi. Semua data dari setiap percobaan dicatat dan dilakukan analisis statistik untuk mencari hubungan korelatif antara variabel kecepatan screw dan feeder terhadap kualitas butiran plastik yang dihasilkan.

III. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Kecepatan *Screw* terhadap Kualitas Biji Plastik

Table 1. Data Kecepatan *Screw*

No	Kecepatan screw (rpm)
1.	16,8
2.	20,38
3.	20,85
4.	24,5
5.	25,17
6.	25,29
7.	25,43
8.	25,66
9.	30,46
10.	37,37

Kecepatan screw dalam proses ekstrusi berperan besar terhadap laju alir material, waktu tinggal di barrel, dan tingkat pencampuran lelehan. Dalam data eksperimen ini, kecepatan screw (Ns) berkisar antara 16,8 hingga 37,37 rpm, memperlihatkan berbagai karakteristik hasil biji plastik.

Pada kecepatan *screw* yang tinggi (≥ 30 rpm), material lebih cepat terdorong keluar *nozzle*, sehingga waktu tinggal menjadi lebih pendek. Hal ini dapat menyebabkan pelelehan tidak sempurna, terutama pada

plastik PET daur ulang yang memiliki karakteristik aliran lebih tidak stabil karena sudah mengalami degradasi termal sebelumnya. PET daur ulang lebih sensitif terhadap fluktuasi suhu dan tekanan, dan pemrosesan dengan kecepatan screw tinggi sering menyebabkan pembentukan gelembung, retak mikro, dan deformasi pada produk ekstrusi [5].

Pengaruh Kecepatan *Feeder*

Table 2. Perbandingan Kecepatan Screw dan Feeder

No	Kecepatan <i>screw</i> (rpm)	Kecepatan <i>feeder</i> (rpm)
1.	16,8	6,28
2.	20,38	20,67
3.	20,85	5,57
4.	24,5	14,65
5.	25,17	10,43
6.	25,29	10,29
7.	25,43	10,38
8.	25,66	10,58
9.	30,46	15,59
10.	37,37	10,97

Kecepatan pemotong pada extruder ini bernilai tetap (konstan) yaitu sebesar 140 rpm. *Feeder* yang memberi input material ke *barrel* menentukan konsistensi aliran dan tekanan dalam extruder. *Feeder* yang terlalu lambat (misalnya 5,57 rpm pada saat *screw* 20,85 rpm) menyebabkan *underfeeding*, yang menghasilkan lelehan tidak penuh dan tekanan keluar *nozzle* yang tidak stabil. Hal ini terbukti dalam hasil pengamatan bijih, di mana muncul banyak cacat dan ukuran tidak konsisten.

Kecepatan pemotong memengaruhi ukuran dan bentuk partikel. Kecepatan ekstrusi tinggi cenderung meningkatkan tekanan internal, menyebabkan variasi ukuran. Selain itu, kecepatan pemotongan ekstrem dapat menyebabkan deformasi termal atau fragmentasi produk [6]

Sinkronisasi antara laju feeding dan kecepatan screw sangat penting dalam sistem ekstrusi dua tahap, terutama saat menggunakan bahan daur ulang. Ketidakseimbangan akan menyebabkan hasil bijih berpori, retak, atau ukuran yang fluktuatif [7].

Rasio Kecepatan *Screw* dan *Feeder*

Table 3. Indikator Rasio *Screw/Feeder*

Rasio <i>Screw/Feeder</i>	Indikator
< 1.5	Overfeeding (material terlalu banyak)
1.5 – 2.5	Stabil / Ideal untuk banyak jenis plastik daur ulang
> 3.0	Underfeeding (material kekurangan pasokan)

Table 4. Data Rasio Kecepatan *Screw/Feeder*

No	Kecepatan <i>screw</i> (rpm)	Kecepatan <i>feeder</i> (rpm)	Rasio	Catatan Kualitas
1.	16,8	6,28	2,68	Underfeeding
2.	20,38	20,67	0,99	Overfeeding
3.	20,85	5,57	3,74	Underfeeding
4.	24,5	14,65	1,67	Stabil
5.	25,17	10,43	2,46	Stabil
6.	25,29	10,29	2,46	Stabil
7.	25,43	10,38	2,45	Stabil
8.	25,66	10,58	2,43	Stabil
9.	30,46	15,59	1,95	Stabil
10.	37,37	10,97	3,41	Cacat, gelembung

Beberapa kombinasi data dengan rentang pada kecepatan *screw* (N_s) = 25 rpm; kecepatan *feeder* (N_f) = 10 rpm muncul berulang kali dan menunjukkan performa stabil berdasarkan uji pengamatan. Kombinasi ini kemungkinan besar merupakan parameter operasi optimal, karena sejalan dengan parameter indikator rasio *screw/feeder* mengenai ekstrusi material polimer daur ulang menggunakan *screw* konvensional [8]. Mereka menemukan bahwa pada rasio *screw/feeder* stabil antara 2:1 hingga 2.5:1, hasil bijih lebih seragam dan konsistensi dimensi lebih tinggi.

Kecepatan Pemotongan Ideal

Berdasarkan rasio kecepatan screw dan feeder, didapatkan rata-rata optimal $N_s = 25,39$ rpm; $N_f = 10,42$ rpm. Selanjutnya, untuk memaksimalkan hasil potongan bijih plastik perlu ada koreksi pada kecepatan pemotongan. Acuan rumus yang bisa digunakan adalah sebagai berikut [9]:

$$N_c = \frac{N_s \cdot N_f}{l} = \frac{25,39 \cdot 10,42}{2} = 132,27 \text{ rpm} \quad (1)$$

Keterangan:

N_c = kecepatan pemotongan (rpm)

N_s = kecepatan screw (rpm)

N_f = kecepatan feeder (rpm)

l = ukuran bijih plastik yang diinginkan (2 cm)

Hasil perhitungan menunjukkan pemotongan ideal adalah 132 rpm. Desain alat mesin ekstruder saat ini diatur hanya pada kecepatan konstan 140 rpm terlalu cepat untuk kondisi ini. Kecepatan screw dan laju umpan memengaruhi laju aliran massa dan suhu leleh material. Kecepatan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan over-shear, meningkatkan suhu, dan memengaruhi kualitas potongan. Kecepatan pemotongan harus disesuaikan dengan laju keluaran material dari ekstruder untuk menghasilkan ukuran bijih plastik yang konsisten. Jika kecepatan pemotongan terlalu tinggi dibandingkan dengan laju keluaran, bijih plastik yang dihasilkan akan terlalu kecil. Sebaliknya, kecepatan yang terlalu rendah dapat menghasilkan bijih plastik yang terlalu besar. Optimalisasi kecepatan pemotongan penting untuk memastikan kualitas dan konsistensi produk akhir [10].

IV. Kesimpulan

Kombinasi data dengan rentang pada kecepatan screw (N_s) = 25 rpm; kecepatan feeder (N_f) = 10 rpm muncul berulang kali dan menunjukkan performa stabil berdasarkan uji pengamatan. Kombinasi ini kemungkinan besar merupakan parameter operasi optimal. Pada rasio screw/feeder stabil antara 2:1 hingga 2,5:1, hasil bijih lebih seragam dan konsistensi dimensi lebih tinggi. Hasil perhitungan menunjukkan pemotongan ideal adalah 132 rpm. Desain alat mesin ekstruder saat ini diatur hanya pada kecepatan konstan 140 rpm terlalu cepat untuk kondisi ini. Kecepatan pemotongan harus disesuaikan dengan laju keluaran material dari ekstruder untuk menghasilkan ukuran bijih plastik yang konsisten. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio kecepatan yang seimbang memberikan distribusi ukuran yang seragam dan bentuk bijih yang lebih stabil, sementara ketidakseimbangan kecepatan dapat menimbulkan cacat produk seperti gelembung, permukaan kasar, dan bentuk yang tidak seragam. Hasil pembahasan penelitian ini menunjukkan pentingnya pengaturan parameter proses yang tepat dalam sistem ekstrusi untuk menghasilkan bijih plastik berkualitas tinggi dari bahan daur ulang.

V. Daftar Pustaka

- [1] H. Pranoto, Z. Arifin, and H. Carles, “Innovation Design and Development of PET Plastic Waste Processing Machines by Extruder Method,” *International Journal of Advanced Technology in Mechanical, Mechatronics and Materials*, vol. 1, no. 3, pp. 90–99, Jan. 2021.
- [2] S. Kumar and P. S. Rao, “Impact of Extrusion Process on Product Quality,” *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 115, 2019.
- [3] Syam Ramadhani Saputra, A. S. Nurrohkayati, Andi Nugroho, and Hery Tri Waloyo, “Pengaruh besar sudut potong mata pisau tipe flate terhadap hasil cacahan plastik pada mesin pencacah,” *TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika*, vol. 10, no. 1, pp. 30–37, Jan. 2023.
- [4] J. Gálvez, J. P. Correa Aguirre, M. A. Hidalgo Salazar, B. V. Mondragón, E. Wagner, and C. Caicedo, “Effect of extrusion screw speed and plasticizer proportions on the rheological, thermal, mechanical, morphological and superficial properties of PLA,” *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 9, Sep. 2020.
- [5] P. Brdlík, J. Novák, M. Borůvka, J. Gomez-Caturla, and P. Lenfeld, “The Influence of In-Mould Annealing and Accelerated Ageing on the Properties of Impact-Modified Poly(Lactic Acid)/Biochar Composites,” *Polymers (Basel)*, vol. 16, no. 22, Nov. 2024.
- [6] I. Gusti, N. Raditya, A. Putra, A. Suryawan, and I. G. Komang Dwijana, “Pengaruh Kecepatan Potong Dan Pisau Potong Pada Mesin Pencacah Sampah Organik Dan Sampah Plastik Terhadap Hasil Cacahan,” 2018.
- [7] A. Rizki *et al.*, “Analisis Karakteristik Mekanik dan Stabilitas Dimensi Filamen Komposit Polypropylene dan ABS Daur Ulang sebagai Bahan Baku Fabrikasi 3D Printing,” 2024.
- [8] S. Ge-Zhang *et al.*, “Advances in Polyethylene Terephthalate Beverage Bottle Optimization: A Mini Review,” Aug. 01, 2022, *MDPI*. doi: 10.3390/polym14163364.
- [9] R. Rasid, M. Michelle, and A. Atiqah, “Temperature Profile Measurement Using Modified Cooled Stainless Tube Technique in a Single Screw Extruder Coupled with a Modified Thermocouple Mesh – Effect of Screw Speed,” *J Teknol*, vol. 84, no. 6–2, pp. 145–149, Oct. 2022.
- [10] A. S. Alshetaili *et al.*, “Optimization of hot melt extrusion parameters for sphericity and hardness of polymeric face-cut pellets,” *Drug Dev Ind Pharm*, vol. 42, no. 11, pp. 1833–1841, Nov. 2016.