

## Pengembangan Alat Pengolah Limbah *Styrofoam* Metode Termal-Ekstruksi

Budi Triyono<sup>1)</sup>, Hadi Sutanto<sup>2)</sup>, Marsellinus Bachtiar<sup>3)</sup>, Iqbal Hafyyan<sup>4)</sup>, Nurrahman Istighfari<sup>5)</sup>, Dibyo Setiawan<sup>6)</sup>

<sup>1, 4-6)</sup>Politeknik Negeri Bandung, Kabupaten Bandung Barat

<sup>2, 3)</sup>Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta Selatan

E-mail: [budi.triyono@polban.ac.id](mailto:budi.triyono@polban.ac.id)

### Abstrak

Mesin pengolah limbah *styrofoam* metode termal-ekstruksi digunakan untuk mengolah limbah *styrofoam* menjadi *polistirena* padat. Mesin ini memiliki konsep mereduksi, limbah *styrofoam* yang memiliki volume besar dapat direduksi sehingga memiliki volume yang lebih kecil. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan mesin pengolah limbah *styrofoam* agar target kapasitas pengolahan sebesar 5 kg/jam dapat tercapai. Pada penelitian ini juga dilakukan eksperimen atau pengujian prototipe mesin pada tiga variasi temperatur yaitu 180-200°C, 220-240 °C, dan 240-250°C. Berdasarkan data hasil pengujian, prototipe mesin hasil dari penelitian ini terbukti dapat mengolah limbah *styrofoam* dengan kapasitas 5,47 kg/jam pada temperatur operasi 240-250 °C menjadi *polistirena* padat dengan reduksi volume hingga 38 kali.

**Kata Kunci:** *styrofoam*, polistirena, modifikasi, termal, ekstrusi.

### Abstract

*The styrofoam waste processing machine using the thermal-extrusion method is used to process styrofoam waste into solid polystyrene. This machine has a concept of reduction; styrofoam waste which has a large volume can be reduced into smaller volume. In this research, the styrofoam waste processing machine was developed to achieve the target processing capacity of 5 kg/hour. In this research, experiments were also carried out at three temperature variations of 180-200°C, 220-240 °C, and 240-250°C. Based on the experimental data, the prototype resulting from this research was proven to be able to process styrofoam waste at a capacity of 5.47 kg/hour at an operating temperature of 240-250 °C into solid polystyrene with a volume reduction of up to 38 times.*

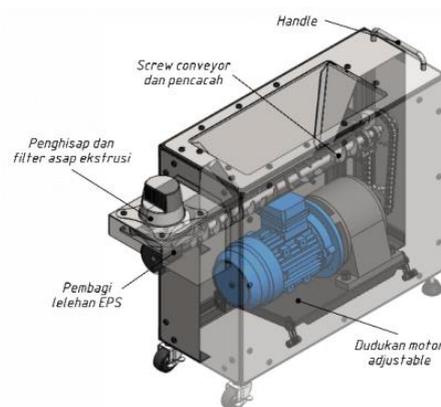
**Keywords:** *styrofoam, polystyrene, modification, thermal, extrusion..*

## Pendahuluan

*Styrofoam* merupakan bahan yang umumnya digunakan sebagai pelindung peralatan elektronik, kemasan makanan (Yeyen et al., 2018), dekorasi, dan kerajinan (Pratami et al., 2021). Seiring perkembangan zaman, penggunaan *styrofoam* semakin meningkat karena bahan ini memiliki banyak keunggulan, seperti harganya ekonomis, tidak mudah bocor, ringan, dan praktis penggunaannya. Disamping memiliki keunggulan, penggunaan *styrofoam* juga memiliki kerugian yaitu dapat berpotensi mengancam kesehatan manusia karena *styrofoam* mengandung *styrene* yang merupakan zat kimia bersifat *neurotoxic* dengan kata lain dapat merusak syaraf apabila terhirup (Ela,

Rochmawati, 2016). Selain itu limbah *styrofoam* menjadi masalah lingkungan (Maisyaroh; et al., 2024) karena sifatnya yang tidak dapat membusuk dan sulit terurai alami di alam (Lukman Harahap et al., 2020).

Salah satu cara untuk menanggulangi limbah *styrofoam* yang semakin meningkat adalah dengan memanfaatkan kembali limbah tersebut. Beberapa penelitian telah mencoba untuk membuat mesin pengolah *styrofoam* menjadi *polistirena* padat dengan metode ekstrusi. *Polistirena* padat ini dapat bermanfaat sebagai bahan baku pembuatan suatu produk (Rizki, 2021), seperti pembuatan pigura, bahan baku *styrofoam*, gantungan baju, kancing baju (Fiqratul Aulia et al., 2021) dan *CD cases* (Khairunnisa & Arumsari, 2016). *Styrofoam* juga dapat diolah secara pirolisis (Asmara & Kholidah, 2019) dengan dicampur dengan komposisi kimia (Ramadhani & Kholidah, 2019) untuk memperoleh bahan bakar (Salamah & Maryudi, 2018).



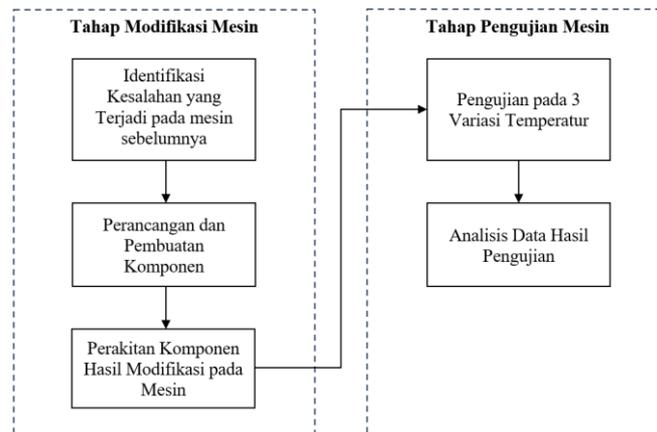
**Gambar 1.** Rancangan mesin pengolah limbah *styrofoam* (Aqil Murtadho dan Budi Triyono, 2021)

Mesin pengolah limbah *styrofoam* sesuai rancangan yang ditampilkan pada Gambar 1 menggunakan metode termal-ekstrusi, ditargetkan dapat mengolah limbah *styrofoam* menjadi polistirena padat dengan kapasitas 5 kg/jam. Namun, hasil pengujian menunjukkan kapasitas produksinya masih jauh dari target, hanya tercapai 135 gram/jam atau hanya 2,7 % dari yang ditargetkan 5 kg/jam (Murtadho et al., 2021). Selanjutnya dilakukan pengembangan lebih lanjut dengan menambahkan unit mesin pencacah *styrofoam*, namun hanya dapat meningkatkan kapasitas produksi menjadi 1,57 kg/jam

atau 31,4% dari target 5 kg/jam Hal ini menunjukkan bahwa mesin tersebut masih perlu dikembangkan kembali agar dapat mencapai target kapasitas pengolahannya.

## Metode

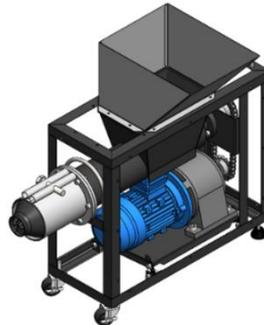
Penelitian bertujuan untuk mengembangkan alat pengolah limbah *styrofoam* metode termal-ekstrusi agar kapasitas pengolahannya dapat sesuai target yaitu 5 kg/jam. Penelitian ini dilaksanakan menjadi dua tahap kegiatan. Tahap pertama adalah modifikasi mesin pengolah limbah *styrofoam* yang meliputi identifikasi masalah mesin terdahulu, perancangan dan manufaktur komponen, serta perakitan komponen. Tahap selanjutnya yaitu melakukan pengujian dengan tiga variasi temperatur dan analisa data hasil pengujian (Mulyanto & Adi, 2020). Disain penelitian ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3.



**Gambar 2.** Alur penelitian mesin pengolah limbah *styrofoam*

Modifikasi yang dilakukan dengan melakukan kajian ukuran dari *screw conveyor* yang digunakan untuk proses ekstrusi. Hal ini cukup sulit dilakukan karena material yang akan diolah adalah *styrofoam* yang bentuk, ukuran, dan densitasnya tidak seragam sehingga belum ada standar yang dapat digunakan dalam menentukan nilai *through loading* yang dibutuhkan untuk menentukan dimensi *screw conveyor*. Pada penelitian ini, untuk pemilihan diameter *screw conveyor* digunakan *through loading* 15% yang dirancang beroperasi pada putaran 69 rpm. Untuk dapat mengolah *styrofoam* dengan kapasitas 5 kg/jam maka *screw conveyor* yang dipilih untuk digunakan adalah

berdiameter 4 inci. Rancangan modifikasi alat pengolah limbah *styrofoam* ditunjukkan oleh Gambar 3.



**Gambar 3.** Alur penelitian mesin pengolah limbah *styrofoam*

Pengujian alat dilakukan untuk mendapatkan kapasitas hasil produksi setelah dilakukan modifikasi pada mesin dan mengetahui hasil polistirena padat yang keluar. *Styrofoam* yang diproses telah dilakukan pencacahan terlebih dahulu sehingga limbah *styrofoam* berukuran di bawah 2 inci agar mudah masuk ke *screw conveyor* yang berdiameter 4 inci. Pengujian dilakukan di putaran 69 rpm pada tiga variasi temperatur yaitu 180-200°C, 220-240 °C, dan 240-250°C.

### **Hasil dan Pembahasan**

Melalui penelitian yang telah dilakukan dihasilkan rancangan mesin yang telah dimodifikasi pada beberapa komponen, terutama pada sistem ekstruksinya. Selain itu, dari hasil eksperimen/pengujian mesin diperoleh data kapasitas mesin dan bentuk fisik *polistirena* padat yang dihasilkan melalui eksperimen yang dilakukan pada beberapa temperatur pengujian.

### **Hasil Modifikasi Mesin**

Foto mesin pengolah limbah *styrofoam* yang telah modifikasi ditunjukkan oleh Gambar 4, sedangkan spesifikasinya ditampilkan pada Tabel 1. Pemanas untuk melelehkan *styrofoam* menggunakan jenis *band heater*, dipasang pada bagian ujung *screw conveyor* yang didalamnya terdapat *flow divider* yang dirancang khusus dengan

mempertimbangkan proses perpindahan panas dari *heater* sehingga pelelehan *styrofoam* dapat terjadi secara efektif dan efisien.



**Gambar 4.** Alur penelitian mesin pengolah limbah *styrofoam*

**Tabel 1.** Spesifikasi mesin hasil modifikasi.

| No. | Keterangan                     | Spesifikasi  |
|-----|--------------------------------|--|
| 1.  | Kapasitas produksi             | $\pm 5$ Kg/jam   |
| 2.  | Dimensi alat                   | 820×422×560 mm   |
| 3.  | Berat                          | $\pm 38$ Kg  |
| 4.  | Dimensi <i>screw conveyor</i>  | $\varnothing 100 \times 430$                             |
| 5.  | Material <i>screw conveyor</i> | ST37   |
| 6.  | Dimensi <i>hopper X</i>        | 290 × 210 × 195 mm                                       |
| 7.  | Dimensi <i>hopper</i>          | 334 × 290 × 201 mm                                       |
| 8.  | Motor listrik                  | Motor Listrik ½ HP – 220 Vac                             |
| 9.  | Elemen pemanas                 | <i>Band Heater</i> 0,75 kW $\varnothing 114$ mm × 110 mm |
| 10. | Konsumsi energi                | 1,15 kW  |

### Hasil Pengujian Mesin

Pengujian mesin dilakukan dengan tiga variasi temperatur yaitu pada 180-200 °C, 220-240 °C, dan 240-250 °C; masing-masing dilakukan tiga kali eksperimen. Sampel *styrofoam* yang diuji berasal dari limbah toko karangan bunga di Kota Bandung, dengan berat keseluruhan sekitar 3,5 Kg.

Data hasil pengujian pertama yaitu pada temperatur 180-200 °C ditampilkan pada Tabel 2, menunjukkan bahwa mesin belum dapat menghasilkan *polistirena* padat sebesar kapasitas yang ditargetkan, tetapi mesin hanya dapat menghasilkan kapasitas sekitar 1,28 kg/jam. Foto bentuk fisik produk *polistirena* padat yang dihasilkan ditunjukkan oleh Gambar 5. *Polistirena* padat yang dihasilkan pada temperatur 180-200 °C memiliki karakteristik warna yang cukup cerah (sampel 3). Sampel 1 dan 2 memiliki warna yang agak gelap, hal ini disebabkan karena merupakan pengujian pertama sehingga mesin

harus dilakukan pemanasan terlebih dahulu agar sisa-sisa penumpukan *polistirena* padat pada *nozzle* meleleh dan *screw conveyor* dapat berputar.

**Tabel 2.** Kapasitas produksi temperatur 180-200 °C

| Sampel | Temperatur (°C) | Waktu (menit) | Putaran (RPM) | Berat hasil produksi (gram) | Kapasitas (kg/jam) |
|--------|-----------------|---------------|---------------|-----------------------------|--------------------|
| 1      | 180-200         | 10            | 69            | 122                         | 0,7                |
| 2      |                 |               |               | 235                         | 1,41               |
| 3      |                 |               |               | 290                         | 1,74               |
|        |                 |               |               | Rata-rata                   | 1,28               |



**Gambar 5.** Hasil lelehan *styrofoam* temperatur 220-240 °C

Data hasil pengujian kedua pada temperatur 220-240 °C ditampilkan pada Tabel 3 yang menunjukkan bahwa mesin juga masih belum dapat menghasilkan *polistirena* padat sebesar kapasitas yang ditargetkan, meskipun kapasitasnya meningkat signifikan dibandingkan kapasitas yang dihasilkan pada temperatur 180-200 °C. Pada temperatur 220-240 °C, mesin bisa menghasilkan kapasitas pengolahan sekitar 2,89 kg/jam. *Polistirena* padat yang dihasilkan pada temperatur 220-240 °C memiliki karakteristik warna yang cukup cerah. Bentuk fisik *polistirena* padat yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 6.

**Tabel 3.** Kapasitas produksi temperatur 220-240 °C

| Sampel | Temperatur (°C) | Waktu (menit) | Putaran (RPM) | Berat hasil produksi (gram) | Kapasitas (Kg/jam) |
|--------|-----------------|---------------|---------------|-----------------------------|--------------------|
| 1      | 200-240         | 10            | 69            | 364                         | 2,18               |
| 2      |                 |               |               | 528                         | 3,16               |
| 3      |                 |               |               | 555                         | 3,33               |
|        |                 |               |               | Rata-rata                   | 2,89               |



**Gambar 6.** Hasil lelehan *Styrofoam* temperatur 220-240 °C

Pengujian ketiga dilakukan pada temperatur 240-250 °C dengan waktu selama 5 menit setiap sampelnya. Waktu yang dilakukan pada pengujian ketiga ini berbeda dengan sebelumnya karena pada temperatur ini proses pelelehan *styrofoam* berlangsung lebih cepat. Tabel 4 menampilkan data pengujian pada temperatur 240-250 °C, menunjukkan bahwa mesin telah dapat menghasilkan kapasitas polistirena padat sebesar 5,47 kg/jam; telah melebihi kapasitas yang ditargetkan. Produk *polistirena* padat yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 7, memiliki karakteristik warna yang masih cukup cerah, tetapi pada sampel 3 memiliki warna yang gelap karena temperatur mengalami *overshoot* akibat sistem control temperatur yang kurang responsif.

**Tabel 4.** Kapasitas produksi temperatur 240-250 °C

| Sampel | Temperatur (°C) | Waktu (menit) | Putaran (RPM) | Berat hasil produksi (gram) | Kapasitas (Kg/jam) |
|--------|-----------------|---------------|---------------|-----------------------------|--------------------|
| 1      | 240-250         | 5             | 69            | 521                         | 6,25               |
| 2      |                 |               |               | 411                         | 4,93               |
| 3      |                 |               |               | 437                         | 5,24               |
|        |                 |               |               | Rata-rata                   | 5,47               |



**Gambar 7.** Hasil lelehan *styrofoam* temperatur 240-250 °C

### Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan data hasil eksperimen/pengujian diperoleh kapasitas pengolahan limbah *styrofoam* terbesar adalah 5,47 kg/jam; telah memenuhi target kapasitas yang

direncanakan yaitu 5 kg.jam. Kapasitas tersebut dicapai pada temperatur 240-250 °C dan putaran 69 rpm. Pada temperatur di bawah 240-250 °C, maka kapasitas pengolahan juga akan menurun. Hal ini disebabkan karena adanya hubungan antara temperatur yang digunakan dengan laju perpindahan panas dari *band heater* ke material *styrofoam* dan viskositas *polistirena* cair. Semakin rendah temperatur operasi maka viskositas akan semakin tinggi sehingga membutuhkan daya motor yang harus lebih besar juga untuk memutar *screw conveyor* atau mendorong polistirena cair menuju nosel.

Daya motor yang digunakan pada mesin ini adalah ½ HP atau sekitar 375 watt. Salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kapasitas pengolahan dan kualitas produk padatan polistirena adalah dengan meningkatkan daya motor agar proses dapat dilakukan pada temperatur yang lebih rendah yaitu pada temperatur 200 °C karena pada temperatur ini terbukti dapat menghasilkan produk padatan polistirena dari limbah *styrofoam* yang memiliki kekuatan tarik, kekuatan dan kekuatan impak tertinggi (Triyono et al., 2023). Berdasarkan kajian yang telah dilakukan dengan mempertimbangkan data eksperimen dan karakteristik dari viskositas polistirena cair, maka daya motor yang direkomendasikan pada temperatur operasi 240-250 °C adalah 550 watt. Sementara itu, jika dilakukan pada temperatur di bawah 240 °C maka viskositas polistirena yang dihasilkan dari lelehan *styrofoam* semakin besar. Jika dilakukan pada temperatur operasi 220 °C maka daya motor yang dibutuhkan adalah 900 watt. Jika dilakukan pada temperatur 180 °C maka daya motor yang dibutuhkan adalah 2 kW.

Hasil dari pengujian juga menunjukkan bahwa prototipe mesin pengolah limbah *styrofoam* telah berhasil secara efektif mereduksi volume limbah *styrofoam*. Gambar 8 menunjukkan perbandingan volume sampel seberat 3,5 kg sebelum dan setelah proses termal-ekstrusi. Prototipe mesin pengolah limbah *styrofoam* metode termal-ekstrusi terbukti dapat mereduksi volume limbah *styrofoam* hingga 38 kali. Hal ini sangat berguna untuk mengurangi pemakaian lahan untuk penumpukan limbah *styrofoam*. Penumpukan limbah *styrofoam* ini terjadi karena nilai ekonomi limbahnya yang sangat rendah sehingga saat ini masih diabaikan oleh pengepul atau pendaur ulang sampah.



**Gambar 8.** Perbandingan volume *styrofoam* sebelum dan setelah proses termal-ekstrusi

Selain dapat mengurangi pemakaian lahan, hasil dari olahan limbah *styrofoam* yang berupa polistirena padat juga dapat dimanfaatkan kembali untuk membuat berbagai macam barang atau produk plastik dan memiliki nilai ekonomis yang cukup baik. Dengan kapasitas mesin yaitu 5 kg/jam dan peningkatan nilai ekonomis produk yang dihasilkan maka akan menjadi daya tarik bagi para pengepul atau pendaur ulang sampah untuk mulai memanfaatkan atau mendaur ulang limbah *styrofoam*.

### Simpulan dan Saran

Penelitian ini menghasilkan rancangan dan prototipe mesin pengolah limbah *styrofoam* metode termal-ekstrusi dengan dimensi 820 mm x 422 mm x 560 mm dan dengan daya total sebesar 1,15 kW. Modifikasi yang telah dilakukan pada mesin pengolah limbah *styrofoam* ini meliputi penggantian ukuran diameter *screw conveyor*, penggantian ukuran *barel*, penggantian daya & ukuran *band heater*, penggantian desain pembagi lelehan, penggantian *sprocket*, penyesuaian ukuran *hopper*, dan penambahan *hopper*. Prototipe mesin ini dapat mengolah limbah *styrofoam* sebanyak 5,47 kg/jam menjadi *polistirena* padat pada temperatur operasi 240-250 °C. Hasil olahan limbah *styrofoam* berupa *polistirena* padat memiliki densitas 38 kali lebih besar dibandingkan densitas limbah *styrofoam* yang belum diolah. Dengan terciptanya mesin ini diharapkan dapat menarik para pengusaha bidang daur ulang limbah plastik, khususnya usaha kecil dan menengah (UMKM), untuk mulai memanfaatkan limbah *styrofoam* menjadi produk bermanfaat dan ekonomis. Selain aspek ekonomis, hal ini secara signifikan juga akan dapat mengurangi jumlah limbah *styrofoam* di lingkungan yang terbukti sulit terurai dan salah satu penyebab terjadinya banjir.

### Daftar Pustaka

- Asmara, W., & Kholidah, N. (2019). Pengaruh Jumlah Katalis Zn Terhadap Hasil Pirolisis Limbah Styrofoam Menjadi Bahan Bakar Cair. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 2(1). <http://semnas.radenfatah.ac.id/index.php/semnasfst/article/view/63>
- Ela, Rochmawati, S. (2016). *Faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan wadah*. 1–10.
- Fiqratul Aulia, F., Lutfia Zahra, E., & Suliyanthini, D. (2021). Penilaian Produk Kancing Berbentuk Huruf Dengan Bahan Dasar Limbah Styrofoam. *Practice of Fashion and Textile Education Journal*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.21009/pftj.01.01>
- Khairunnisa, S., & Arumsari, A. (2016). Pengolahan Limbah Styrofoam Menjadi Produk Fashion | Khairunnisa | eProceedings of Art & Design. *EProceedings of Art &*

- Design*, 3(2), 253–268.  
<https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/artdesign/article/view/3554>
- Lukman Harahap, Muhammad Husin Al Fatah, & Mahfiana, L. (2020). Pemberdayaan Ekonomi Kreatif melalui Pemanfaatan Limbah Styrofoam Menjadi Barang Bernilai Ekonomis di Kampung Sentra Pengrajin Mainan Pesawat Terbang. *Engagement: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 42–50.  
<https://doi.org/10.29062/engagement.v4i1.108>
- Maisyaroh, D., Mayasari, U., & Nasution, R. A. (2024). Biogenerasi. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 9(1), 700–705.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v9i1.3192>
- Mulyanto, T., & Adi, R. (2020). Design of Styrofoam Waste Processing Machine with Heating Belt Method. *Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 2(2), 107–114.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.35814/asiimetrik.v2i2.1406>
- Murtadho, A., Triyono, B., Eka, D., Arifin, S., & Kunci, K. (2021). Perancangan Alat Pengolah Sampah Expanded Polystyrene Foam ( EPS ) Portabel untuk Mengatasi Masalah Sampah di Sektor Rumah Tangga. *Prosiding the 12th Industrial Research Workshop and National Seminar, 12*, 388–393.
- Pratami, S., Hertati, L., Puspitawati, L., Gantino, R., & Ilyas, M. (2021). Teknologi Inovasi Pengolahan Limbah Plastik Menjadi Produk UMKM Guna Menopang Ekonomi Keluarga Dalam Mencerdaskan Keterampilan Masyarakat. *GLOBAL ABDIMAS: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(1), 1–11.  
<https://doi.org/10.51577/globalabdimas.v1i1.59>
- Ramadhani, Y., & Kholidah, N. (2019). Pengaruh Aktivasi Katalis Zeolit terhadap Hasil Pirolisis Limbah Styrofoam. *In Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 2(1), 1–11.
- Rizki, M. (2021). Desain Produk Furniture Dari Material Komposit Limbah Styrofoam. *Widyakala: Journal of Pembangunan Jaya University*, 8, 6.  
<https://doi.org/10.36262/widyakala.v8i0.388>
- Salamah, S., & Maryudi, M. (2018). Proses Pirolisis Limbah Styrofoam Menggunakan Katalis Silika-Alumina. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 13(1), 1–7.  
<https://doi.org/10.23955/rkl.v13i1.8695>
- Triyono, B., Muliastri, D., & Arifin, D. E. S. (2023). The Characterization of Mechanical and Chemical Properties of Recycled Styrofoam Waste Employing Extrusion Process. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(2), 241.  
<https://doi.org/10.32497/jrm.v18i2.4615>
- Yeyen, M., Kanani, N., & Rusdi, R. (2018). Styrofoam Yang Digunakan Untuk Pembuatan Lem Lateks Dari Limbah Styrofoam Yang Digunakan Untuk Kemasan Makanan, 12(2), 189–200.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.36055/tjst.v14i2.5873>