

Rekabentuk Plastic Shredder

Mohd Nubli Bin Ahmat^{1*}, *Amr Yusuf Bin Shahrin*², *Syaiful Nizam Bin Ab Rahim*^{3*}
1,2,3

Jabatan Kejuruteraan Mekanikal, Politeknik Sultan Abdul Halim Muadzam Shah (POLIMAS),
06000, Jitra, Kedah, Malaysia

*Main Corresponding author: ¹mnuibli@polimas.edu.my

*3rd Corresponding author: ³syaifuln@polimas.edu.my

Abstrak :

Inovasi pembangunan mesin penghancur plastik ini memberi tumpuan kepada penghasilan sebuah sistem automatik yang mampu mengurus dan menghancurkan sisa plastik dengan lebih efisien. Mesin ini direka bentuk menggunakan motor elektrik serta komponen elektronik yang disusun secara sistematik bagi memastikan operasi penghancuran berjalan lancar dan selamat. Matlamat utama pembangunan mesin ini ialah menyediakan satu penyelesaian praktikal terhadap isu pengurusan sisa plastik yang semakin meruncing, di samping meningkatkan keberkesanan proses kitar semula di pelbagai peringkat penggunaan. Proses pembinaan mesin melibatkan beberapa fasa penting, termasuk penyediaan reka bentuk awal, pemilihan bahan yang berkualiti tinggi, serta pembinaan prototaip untuk tujuan pengujian. Pemilihan bahan yang tahan lama dan bersesuaian dengan beban mekanikal merupakan faktor utama dalam memastikan prestasi mesin berada pada tahap optimum. Berdasarkan hasil ujian, mesin ini didapati mampu menghancurkan sisa filamen 3D dengan lebih cepat, seragam, dan berkesan berbanding kaedah manual atau tradisional yang memerlukan masa dan tenaga yang lebih tinggi. Namun begitu, kajian ini turut mengenal pasti beberapa kekangan seperti kos pembuatan, masa pembangunan, serta keperluan penyelenggaraan berkala. Secara keseluruhannya, pembangunan mesin penghancur plastik ini diyakini dapat memberikan manfaat signifikan kepada pengguna, mempertingkatkan produktiviti, serta menyumbang kepada pengurusan sisa plastik yang lebih sistematik dan mesra alam.

Kata kunci : *Mesin Penghancur Plastik, Kitar Semula, Reka Bentuk, Pengurusan Sisa Plastik*

1.0 Pengenalan

Penggunaan plastik yang semakin meningkat dalam kehidupan seharian kini menimbulkan ancaman besar terhadap kelestarian alam sekitar. Bagi menangani isu ini secara berkesan, amalan mengitar semula sisa plastik perlu dipertingkatkan agar impaknya terhadap ekosistem dapat dikurangkan. Walaupun pelbagai mesin kitar semula telah berada di pasaran, kos yang tinggi menjadi kekangan utama khususnya bagi institusi pendidikan teknikal seperti POLIMAS. Sehubungan itu, kajian ini dijalankan dengan objektif untuk mereka bentuk dan menghasilkan sebuah mesin penghancur plastik berkos rendah yang sesuai digunakan di bengkel plastik POLIMAS. Mesin yang dicadangkan dibangunkan berasaskan bekalan tenaga yang mudah diperolehi serta mekanisme dua aci (dual-shaft) bagi memastikan proses penghancuran lebih stabil, cekap dan selamat (Almeida, F. A., *et al.*, 2018). Reka bentuknya merangkumi beberapa komponen mekanikal utama seperti rangka sokongan, sistem pemasuk (hopper), aci bergigi, dan unit pembuangan bahan. Melalui sistem ini, plastik sisa dapat dihancurkan menjadi serpihan kecil yang tidak seragam, namun sesuai untuk diproses ke peringkat

seterusnya dalam rantai kitar semula. Serpihan yang terhasil akan digunakan sebagai bahan mentah dalam proses pengestrusian (Wang, C., *et al.*, 2020). Apabila dimasukkan ke dalam mesin pengestrusi, serpihan tersebut dilebur dan dibentuk semula menjadi filamen plastik, menyerupai wayar nipis yang digunakan dalam pencetak 3D. Proses ini bukan sahaja menyokong usaha pengurangan sisa plastik, tetapi juga menyediakan sumber bahan yang lebih murah dan mampan untuk tujuan pengajaran, pembelajaran dan penghasilan produk di POLIMAS (N A F Nik Abdullah *et al.*, 2019).






Rajah 1 : Mesin Shredder

Pencemaran plastik semakin membimbangkan apabila penggunaan plastik terus meningkat, manakala pengurusan sisa masih jauh daripada memadai. Keadaan ini menyumbang kepada pengumpulan sisa plastik di seluruh dunia dan menekan ekosistem semula jadi (Wong, K. *et al.*, 2019). Mesin ini berfungsi menghancurkan plastik kepada cebisan kecil, sekali gus memudahkan proses pemprosesan semula dan mengurangkan kebergantungan kepada bahan mentah plastik baharu. Pendekatan ini bukan sahaja menyumbang kepada pengurangan sisa, malah menyokong kelestarian industri plastik dalam jangka panjang (Gonzalez, C., & Caro, P., 2020). Kemajuan teknologi turut mempertingkatkan reka bentuk mesin penghancur plastik, khususnya dari segi kecekapan mekanikal dan ketahanan komponen. Elemen utama seperti shaft dan bilah memainkan peranan kritikal dalam menentukan prestasi mesin. Bentuk, sudut, dan susunan bilah memberi kesan langsung kepada keberkesanan proses penghancuran. Menurut kajian oleh Khalid, M., & Mahmud, S. (2019), geometri serta orientasi bilah pada mesin ber-shaft tunggal atau berganda secara signifikan mempengaruhi kelajuan dan mutu penghancuran plastik. Penemuan ini membuka ruang kepada penambahbaikan reka bentuk mesin, sekali gus meningkatkan keberkesanan sistem kitar semula yang lebih sistematik dan mampan. Secara keseluruhan, penggunaan mesin penghancur plastik bukan sekadar inovasi mekanikal, tetapi juga langkah strategik dalam menguruskan pencemaran plastik secara lebih bertanggungjawab dan berkesan.

2.0 Kajian Literatur

Kajian terdahulu berkaitan penggunaan plastic shredder menunjukkan peningkatan perhatian terhadap teknologi ini sebagai pendekatan penting untuk menangani isu pencemaran plastik global. Penyelidikan yang dijalankan merangkumi penilaian terhadap kecekapan operasi, kebolehpercayaan jangka panjang serta kos penyelenggaraan mesin dalam memproses pelbagai jenis plastik daripada botol minuman sehingga sisa filamen 3D.

Jadual 1 : Perbandingan kajian terdahulu

Spesifikasi	Reka Bentuk 1	Reka Bentuk 2	Reka Bentuk 3
Nama	<i>Single Shaft Shredder</i>	<i>Small shredder – Double Drive</i>	<i>Plastic Shredder</i>
			
Bahan	Keluli karbon , Keluli Panduan, Aluminium.	Keluli Karbon, Aluminium.	Keluli Karbon, Aluminium, Keluli Lembut.
Harga(RM)	13730.79	710.70	850
Saiz(mm)	2880 x 2180 x 2570	80 x 100 x 100	80 x 80 x 100
Berat(kg)	7000	15	5-10
Bahan Bilah	Hardox500	Hardox500	Mild Steel
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> Menghancurkan lebih banyak sisa plastik dalam satu masa. Effisien dalam menghancurkan sisa plastik. 	<ul style="list-style-type: none"> Fleksibiliti dengan kawalan berasingan ke atas kelajuan dan arah putaran shaft. 	<ul style="list-style-type: none"> Effisiensi yang tinggi dalam menghapuskan filamen 3D Kos yang Efektif.
Kelemahan	<ul style="list-style-type: none"> Risiko pencemaran antara material yang dihancurkan. 	<ul style="list-style-type: none"> Kos tambahan dari segi pembuatan dan penyelenggaraan 	<ul style="list-style-type: none"> Hanya digunakan dibengkel plastik POLIMAS

Melalui analisis tersebut, para penyelidik dapat mengenal pasti tahap keberkesanan mesin dalam memecahkan plastik kepada saiz yang lebih kecil bagi tujuan kitar semula. Selain aspek kejuruteraan, kajian oleh Dutta, S. (2015) turut meneliti kesan alam sekitar yang mungkin timbul daripada penggunaan mesin ini, termasuk penghasilan habuk mikroplastik serta risiko pencemaran udara akibat geseran mekanikal. Beberapa penyelidikan lain juga memberi tumpuan kepada penggunaan bahan kitar semula dalam pembuatan komponen mesin bagi meningkatkan kelestarian keseluruhan sistem penghancuran plastik. Hasil kumpulan kajian ini memberikan gambaran menyeluruh tentang kekuatan dan kelemahan teknologi plastic shredder sebagai alat pengurusan sisa moden (W Priawandiputra *et.al.*, 2015). Secara keseluruhan, penyelidikan terdahulu ini membantu memperkukuh pemahaman terhadap potensi mesin tersebut dalam mengurangkan jumlah sisa plastik, menyokong ekonomi kitar semula, serta memperluas inovasi hijau untuk masa depan yang lebih mampan.

3.0 Metodologi Kajian

Metodologi pelaksanaan projek ini bermula dengan fasa perancangan sebagai asas kepada keseluruhan pembangunan plastic shredder. Pada peringkat awal, pasukan perlu mengenal pasti isu yang ingin diselesaikan dan memilih tajuk projek yang bersesuaian. Setelah tajuk dipersetujui, perbincangan bersama penyelia dijalankan untuk menetapkan hala tuju, strategi, serta susunan kerja yang sistematik. Kelulusan penyelia dan panel membolehkan jadual perancangan projek atau carta Gantt disediakan sebagai panduan pelaksanaan. Pada fasa ini juga, elemen penting seperti objektif, skop, dan pernyataan masalah dikenal pasti melalui perbincangan serta penyelidikan awal menggunakan sumber dalam talian (Vajragupta, V., & Sakulrat, T., 2016).

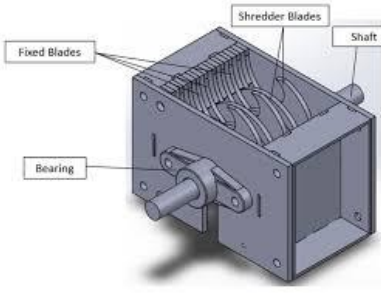
Peringkat kedua melibatkan proses pengumpulan data bagi memastikan reka bentuk dan konsep projek dibangunkan berdasarkan maklumat yang tepat. Analisis dilakukan terhadap bahan rujukan berkaitan, termasuk prinsip operasi bilah serta mekanisme putaran yang relevan dengan fungsi mesin plastic shredder. Pasukan turut meneliti pelbagai rekabentuk bilah yang berpotensi meningkatkan kecekapan penghancuran. Sumber utama merangkumi buku teknikal, jurnal akademik, dan artikel dalam talian yang membantu memperkukuh pemahaman terhadap aspek mekanikal dan kejuruteraan (S N Ab Rahim *et. al.*, 2019). Melalui kombinasi penyelidikan teori dan perbincangan bersama penyelia, maklumat yang diperoleh dijadikan asas untuk memastikan projek dibangunkan secara terancang, relevan, dan memenuhi objektif yang ditetapkan.


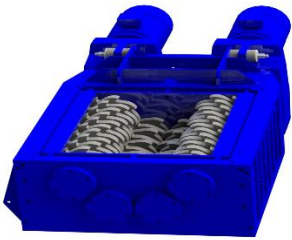
4.0 Analisis Data dan Keputusan

Analisis reka bentuk plastic shredder menekankan peranannya sebagai alat penting dalam industri kitar semula untuk mengecilkan sisa plastik agar lebih mudah diurus dan diproses semula. Mesin ini bukan sahaja membantu mengurangkan jumlah sisa, tetapi turut menyokong pemprosesan bahan mentah baharu secara lebih cekap dan sistematik. Dari aspek fungsi, plastic shredder perlu mampu menghancurkan pelbagai jenis plastik, termasuk yang tebal dan keras. Bilah pemotong mestilah cukup tajam dan kukuh bagi memastikan proses pencincangan berjalan lancar, manakala ruang pengumpulan sisa serta sistem pelinciran membantu mengekalkan prestasi mesin secara optimum (Iqbal, M., & Ahmed, R., 2019).

Dari segi material, mesin ini lazimnya dihasilkan daripada bahan tahan lasak seperti keluli tahan karat dan aloi logam bagi memastikan ketahanan penggunaan jangka panjang. Komponen kritikal seperti bilah pemotong memerlukan penyelenggaraan berkala untuk mengekalkan kecekapan dan mengelakkan kerosakan operasi (S N Ab Rahim *et.al.*, 2019). Aspek ergonomi pula memberi tumpuan kepada kemudahan penggunaan. Mesin harus direka pada ketinggian yang selesa, mempunyai panel kawalan mudah dicapai, serta menyediakan akses mudah kepada bahagian seperti bilah dan ruang sisa bagi memudahkan penyelenggaraan dan mengurangkan risiko kecederaan (Sivalingam, M. *et.al.*, 2020).

Jadual 2 : Perbandingan reka bentuk

Mesin	Kelajuan	Parameter	Keputusan %
i. Single-shaft shredder 	<ul style="list-style-type: none"> Kelajuan Putaran (RPM) : Sekitar 60–100 RPM. 	<ul style="list-style-type: none"> Ketebalan Bilah : 10–20 mm, bergantung pada jenis plastik. Keperluan Kuasa : Rendah hingga sederhana, biasanya antara 10–50 kW. 	Sesuai untuk operasi dengan kapasiti rendah atau penggunaan yang lebih fleksibel. Jika kelajuan atau kapasiti pengeluaran bukanlah keutamaan, single-shaft shredder adalah pilihan yang lebih menjimatkan.

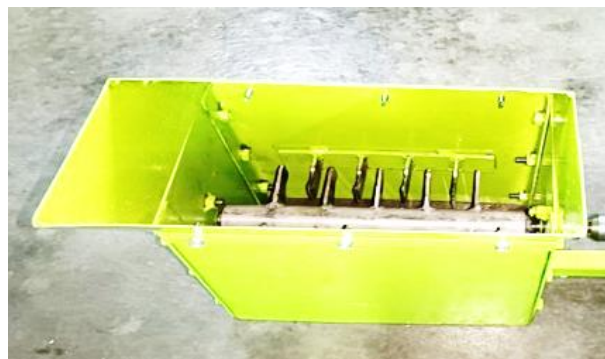
<p>ii. Double-shaft shredder</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Kelajuan Putaran (RPM): 20–40 RPM bagi setiap aci, dengan dua aci yang bergerak serentak. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ketebalan Bilah : 15–40 mm, lebih tebal untuk menghancurkan plastik keras. • Keperluan Kuasa : Sederhana hingga tinggi, sekitar 30–100 kW. 	<p>Sesuai untuk industri sederhana atau besar yang memerlukan kapasiti pemotongan yang lebih tinggi dan kemampuan menghancurkan plastik bersaiz besar atau keras. Pilihan yang baik untuk kecekapan tinggi walaupun bukan kelajuan maksimum.</p>
<p>iii. Four-shaft shredder</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Kelajuan Putaran (RPM): 10–30 RPM bagi setiap aci 	<ul style="list-style-type: none"> • Ketebalan Bilah : 20–50 mm untuk pemotongan bertahap yang tahan lama. • Keperluan Kuasa : Sangat tinggi, boleh mencapai 100–200 kW atau lebih. 	<p>Ideal untuk industri besar yang memerlukan kapasiti tinggi dan hasil potongan plastik yang seragam. Pelaburan awal yang tinggi dan keperluan kuasa besar, tetapi sesuai untuk pemprosesan besar dengan hasil yang konsisten.</p>

Reka bentuk shredder plastik hadir dalam beberapa konfigurasi, masing-masing disesuaikan dengan tahap operasi dan keperluan industri. Model single-shaft merupakan pilihan paling asas dan ekonomik, sesuai untuk operasi berskala kecil dengan kapasiti rendah. Ia mampu menjalankan tugas penghancuran pada kelajuan sederhana, sekali gus memenuhi keperluan pengguna yang mempunyai bajet terhad tanpa menjejaskan fungsi asas mesin (M. A. Lajis, 2017). Bagi operasi yang memerlukan prestasi lebih tinggi, double-shaft menawarkan gabungan kelajuan dan kekuatan penghancuran yang lebih mantap. Mesin jenis ini mampu mengendalikan plastik yang lebih keras dan tebal, menjadikannya pilihan ideal untuk industri sederhana yang memerlukan ketahanan lebih baik serta produktiviti yang stabil.

Di peringkat industri besar, four-shaft menjadi pilihan utama kerana reka bentuknya menyokong kapasiti pemprosesan tinggi, keberkesanan penghancuran yang konsisten, dan keupayaan beroperasi dalam jangka masa panjang tanpa kompromi. Walaupun kos pembinaan dan penggunaan kuasa lebih tinggi, prestasinya yang teguh serta keupayaan menghasilkan saiz cebisan yang lebih seragam menjadikannya pelaburan yang berbaloi untuk organisasi besar yang mengutamakan kecekapan maksimum (Sivalingam, M., & Kannan, P., 2020). Secara keseluruhan, pemilihan jenis shredder bergantung pada skala operasi, jenis plastik yang diproses, serta kemampuan kos dan tenaga yang boleh ditanggung oleh pengguna.

5.0 Hasil dan Perbincangan

Rekabentuk mesin penghancur plastik amat penting untuk memastikan fungsi, keselamatan dan kemudahan penggunaan. Ia perlu disesuaikan dengan jenis plastik yang akan dihancurkan, bagi memastikan pisau dan mesin berdaya tahan dan berkesan. Aspek keselamatan seperti penutup pelindung dan suis keselamatan perlu ada untuk melindungi pengguna. Faktor ergonomi juga penting supaya mesin mudah digunakan, dengan panel kawalan yang jelas dan kedudukan yang selesa (Wong, K., Lee, J., & Tan, H., 2019). Rekabentuk yang kemas memberi imej profesional, memudahkan penyelenggaraan, dan meningkatkan daya tarikan dalam industri kitar semula.



Rajah 2 : Inovasi plastic shredder machine

Dalam pembuatan plastic shredder, aspek kelestarian memainkan peranan penting bagi memastikan mesin bukan sahaja berfungsi dengan baik, tetapi turut menyumbang kepada pengurusan sisa yang lebih bertanggungjawab. Reka bentuk yang efisien perlu diutamakan agar penggunaan bahan dan tenaga dapat diminimumkan tanpa menjejaskan prestasi mesin. Pemilihan bahan turut menjadi faktor utama; penggunaan logam tahan lama atau komponen mesra alam membantu mengurangkan kesan terhadap alam sekitar dan memastikan mesin dapat digunakan untuk tempoh yang lebih panjang. Penyelenggaraan berkala pula amat diperlukan bagi memanjangkan jangka hayat mesin, mengelakkan kerosakan awal, serta mengurangkan pembaziran bahan gantian (Vajragupta, V. *et. al.*, 2016). Dengan menjaga komponen utama seperti bilah, shaft dan motor secara teratur, penggunaan sumber yang berlebihan dapat dielakkan. Selain itu, proses kitar semula plastik yang telah dihancurkan perlu dirancang sebagai sebahagian daripada keseluruhan kitar hidup produk (W Priawandiputra, AD Permana, 2015). Dengan memastikan cebisan plastik diproses semula kepada bahan baharu, nilai guna plastik dapat dipanjangkan dan penghasilan sisa dapat dikurangkan secara signifikan. Pendekatan ini bukan sahaja meningkatkan keberkesanan mesin, tetapi turut menyokong matlamat kelestarian global.

6.0 Kesimpulan

Rumusan keseluruhan menunjukkan bahawa projek pembangunan mesin penghancur plastik berasaskan pemutar tangan (hand drill) berjaya mencapai objektifnya dengan berkesan. Hasil pengujian prestasi membuktikan bahawa penggunaan hand drill sebagai sumber kuasa memberikan kelebihan dari segi mobiliti dan fleksibiliti, kerana mesin dapat digunakan tanpa bergantung pada bekalan elektrik tetap. Hal ini menjadikannya sesuai untuk kegunaan di kawasan yang mempunyai akses tenaga terhad atau bagi pengguna yang memerlukan peralatan mudah alih. Dari sudut reka bentuk, elemen keselamatan dan kemudahan operasi turut diberi perhatian, memastikan pengguna dapat mengendalikan mesin dengan lebih yakin dan selesa. Struktur mesin yang ringkas tetapi kukuh membolehkan proses penghancuran plastik dilakukan secara konsisten, manakala mekanisme pemotongan direka untuk memudahkan penyelenggaraan dan meningkatkan jangka hayat alat. Secara keseluruhan, inovasi ini bukan sahaja menyediakan penyelesaian yang praktikal dan kos efektif untuk mengurangkan sisa plastik, tetapi juga menyokong usaha pemuliharaan alam sekitar. Dengan membolehkan pengguna memproses plastik terpakai secara sendiri, mesin ini berpotensi menjadi alat bantu yang signifikan dalam memupuk amalan kitar semula di peringkat komuniti mahupun industri kecil.

Rujukan

- Almeida, F. A., et al. (2018). Mechanical Design of a Plastic Shredder for Recycling Process. *Journal of Cleaner Production*, 196, 380-391.
- Dutta, S. (2015). Design and Implementation of a Plastic Shredder. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 4(5), 623-628.
- Gonzalez, C., & Caro, P. (2020). Development of a Low-Cost Shredder for Plastic Waste Recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, 104853.
- Iqbal, M., & Ahmed, R. (2019). Development of a New Plastic Waste Shredder for Sustainable Recycling. *Waste Management*, 95, 146-156.
- Khalid, M., & Mahmud, S. (2019). Design and Development of a Plastic Shredder Machine. *International Journal of Engineering and Technology*, 11(2), 123-130.
- Mansour, A. A., & Abuelnour, A. (2021). Innovative Design and Development of a Plastic Shredder Machine. *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 3(2), 45-56.
- Raghavendra, H. R., & Chandrasekhar, K. (2017). Design and Analysis of Plastic Shredder Machine.

- International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 6(4), 117-121.
- S N Ab Rahim (2018), Effect of Hot Extrusion Parameters of AA6061 Recycle Aluminium Chips, iCompEx18 Pembentangan Kertas Penyelidikan Akademik, Publication 2018/2/28
- S N Ab Rahim, M Z Mahadzir, M A Lajis (2019), Surface fracture mode of recycling aluminum 6061 chips by the hot extrusion process, International Journal of Advanced Research in Engineering Innovation, Volume 1, Issue 2, Pages 58-64
- N A F Nik Abdullah, M A Lajis, S N Ab Rahim, M Z Mahadzir (2019), Effect of Extrusion Ratio of Recycling Aluminium AA6061 Chips by the Hot Extrusion Process, International Journal of Advanced Research in Engineering Innovation
- S.N. A Rahim, M.A. Lajis (2017), Effects on Mechanical Properties of Solid State Recycled Aluminium 6061 by Extrusion Material Processing, 730, 317–320
- M. A. Lajis, S.N. Ab Rahim (2017), Mechanical Properties and Surface Integrity of Recycling Aluminum 6061 by Hot Extrusion Process, Materials Science Forum (Volume 894), <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.894.21>
- Sivalingam, M., & Kannan, P. (2020). An Experimental Study on Plastic Waste Shredding and its Reuse in Construction. *Materials Today: Proceedings*, 27, 1336-1340.
- Vajragupta, V., & Sakulrat, T. (2016). Design and Fabrication of Plastic Shredder Machine. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(15), 8708-8713.
- W Priawandiputra, AD Permana (2015), Efektifitas Empat Perangkat Serangga dengan Tiga Jenis Atraktan di Perkebunan Pala Nu-Rancang Bangun Perangkat
- Wang, C., et al. (2020). Design Optimization of a Plastic Shredder Based on Finite Element Analysis. *Journal of Materials Processing Technology*, 276, 116440.
- Wong, K., Lee, J., & Tan, H. (2019). Design and effectiveness of UV light-based fly traps. *International Journal of Pest Management*, 65(2), 150-162.