

3D Pen Design For Recycled Filament (Reka Bentuk Pen 3D untuk Filamen Kitar Semula)

**Mohd Hairol Mizzam Bin Haris^{1*}, Muhammad Anas Muzammel Bin Muhamad
Khairul Azhar², 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: ¹mizzam@polimas.edu.my

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

Abstrak :

Inovasi ini memfokuskan kepada mereka bentuk dan membangunkan sebuah pen 3D yang inovatif dengan menggunakan filamen yang dihasilkan daripada sisa botol plastik. Pen 3D merupakan alat kreatif yang membolehkan pengguna menghasilkan objek tiga dimensi melalui proses pencairan dan penyemperitan filamen plastik. Penggunaannya memberikan kebebasan artistik yang tinggi, membolehkan idea dan imaginasi divisualkan dalam bentuk fizikal secara interaktif. Namun begitu, berbeza daripada pen 3D komersial yang menggunakan filamen konvensional, inovasi ini menekankan aspek kelestarian melalui penghasilan filamen kitar semula sebagai langkah mengurangkan sisa plastik dan menambah nilai ekonomi kepada bahan buangan. Rekaan pen 3D dalam projek ini akan diubah suai bagi memastikan ia sesuai dengan ciri filamen yang dihasilkan terus daripada botol plastik. Bahagian badan pen akan direka bentuk semula dengan mengambil kira aspek ergonomik agar lebih selesa digunakan berbanding model pasaran sedia ada. Proses penghasilan badan pen akan menggunakan teknologi pencetakan 3D yang tersedia di makmal, sekali gus memudahkan proses prototaip dan penambahbaikan. Filamen turut dibangunkan dalam projek ini bagi menyokong keseluruhan sistem, namun tumpuan utama diberikan kepada mekanisme dalaman pen, termasuk komponen pemanasan, penyemperitan, dan pengawalan kelajuan. Hasil penyelidikan menunjukkan bahawa pen ini hanya memerlukan masa sekitar 5 minit untuk mencapai suhu operasi sebelum digunakan. Dengan reka bentuk mesra pengguna, inovasi ini berpotensi menarik minat pelajar, kanak-kanak dan remaja, selain membuka peluang baharu dalam bidang pendidikan, seni dan keusahawanan berasaskan kitar semula.

Kata kunci : *Pen 3D Kitar Semula, Filamen Botol Plastik, Reka Bentuk Ergonomik*

1.0 Pengenalan

Sejak dua hingga tiga dekad kebelakangan ini, pencemaran alam sekitar di negara kita semakin membimbangkan. Alam sekitar merupakan elemen penting yang menyokong kelangsungan hidup manusia, namun aktiviti harian manusia sendiri menjadi punca utama kerosakan tersebut. Antara bahan yang paling kerap digunakan dalam kehidupan seharian ialah plastik, khususnya botol plastik. Penggunaan plastik secara berleluasa tanpa kawalan telah menyumbang kepada pencemaran yang serius, sekali gus menimbulkan pelbagai kesan negatif sekiranya tidak ditangani dengan segera dan berkesan (Benedek, A. *et.al.*, 2021).

Botol plastik merupakan antara penyumbang terbesar kepada pencemaran kerana sifatnya yang sukar terurai; ia mengambil masa ratusan tahun untuk lupus sepenuhnya. Lebih membimbangkan, kebanyakan botol plastik direka untuk kegunaan sekali sahaja, menyebabkan jumlah pembuangannya meningkat dari tahun ke tahun. Fenomena ini dapat dilihat dengan jelas di pelbagai lokasi seperti kawasan perumahan, tepi jalan, institusi pengajian tinggi dan kawasan awam yang lain. Lambakan botol plastik yang tidak diurus dengan baik bukan sahaja mencacatkan pemandangan, tetapi juga mengancam ekosistem dan kesihatan manusia. Justeru, isu ini memerlukan perhatian serius serta tindakan bersepadu demi memastikan kelestarian alam sekitar pada masa hadapan (Ab Rahim, S. N., 2018).



Rajah 1 : Sisa Botol Plastik Yang Tidak Dilupuskan

Keberkesanan proses ini bergantung pada kemampuan memulihkan semula sifat asal bahan tersebut. Ia menjadi alternatif yang lebih lestari berbanding kaedah pelupusan konvensional kerana membantu menjimatkan sumber, mengurangkan pelepasan gas rumah hijau, serta meminimumkan pencemaran udara dan air. Melalui kitar semula, bahan yang masih berpotensi dimanfaatkan tidak dibazirkan, sekali gus mengurangkan kebergantungan terhadap bahan mentah baharu dan penggunaan tenaga yang berlebihan. Botol plastik merupakan antara bahan yang paling kerap digunakan dalam kehidupan moden, dan jumlahnya terus meningkat dari semasa ke semasa. Sisa botol plastik yang berlebihan ini sebenarnya mempunyai potensi besar untuk diolah semula. Salah satu inovasi bernilai tambah ialah menukarkan botol plastik tersebut menjadi filamen bagi penggunaan pen 3D. Filamen kitar semula ini bukan sahaja dapat menggantikan filamen komersial, malah lebih menjimatkan dan mesra alam (Elif Aktepe *et.al*, 2024). Pen 3D yang menggunakan filamen botol plastik mampu menghasilkan objek tiga dimensi yang unik dan menarik, sesuai sebagai hiasan mahupun medium ekspresi kreatif. Inovasi ini bukan sahaja memperkukuh usaha kelestarian, tetapi turut membuka ruang kepada pendidikan, seni dan pembangunan produk berasaskan bahan kitar semula.

2.0 Kajian Literatur

3D pen merupakan alat yang sangat inovatif dan berkesan untuk menghasilkan struktur tiga dimensi dengan mudah pada permukaan rata. Pengguna dapat mencipta seni 3D secara terus tanpa perlu melakukan pemindahan fail daripada mana-mana perisian atau aplikasi, sekali gus menjadikannya alat yang sangat mesra pengguna (Ibrahim, I. *et.al.*, 2024). Dari sudut operasinya, 3D pen memanaskan filamen plastik sehingga mencair sebelum mengeluarkannya melalui muncung (nozzle). Filamen yang dilembutkan ini dapat dibentuk mengikut pergerakan tangan, dan akan mengeras dengan cepat apabila bersentuhan dengan udara, membolehkan pengguna menghasilkan bentuk dan reka bentuk yang stabil. Jadual 1 menunjukkan perbandingan kriteria sedia ada. Kaedah penggunaan 3D pen juga amat mudah, seakan-akan memegang pensil biasa, namun dengan kelebihan mencipta objek tiga dimensi secara serta-merta (Izzuddin, M. *et.al.*, 2025). Setiap gerakan tangan mampu menghasilkan bentuk yang nyata di hadapan mata, menjadikan 3D pen pilihan yang sangat sesuai untuk aplikasi kreatif, pembelajaran, projek reka bentuk, serta pembangunan prototaip secara pantas.

Jadual 1 : Perbandingan Kriteria Sedia Ada

Kriteria	(1)	(2)	(3)	(4)
Rekabentuk				
Saiz Produk	22 cm panjang X 4 cm lebar X 7 cm tinggi	17.5 cm Panjang X 10 cm lebar X 2 cm tinggi	18 cm Panjang X 2 cm lebar X 2 cm tinggi	18 cm panjang X 2 cm lebar X 4.5 cm tinggi
Motor penggerak	110/240V 2A	DC 5V 2A	5V 2A	DC 12V 2A
Nozzle diameter	0.075cm	0.07cm	0.07cm	0.07
Jenis filamen	ABS/PLA	ABS/PLA/PCL	PLA/ABS	PCL/PLA
Berat	40g	30g	35g	40g

PLA ialah filamen termoplastik biodegradasi yang dihasilkan daripada sumber boleh diperbaharui. Ia bersifat mesra alam, mudah dicetak serta mempunyai kekuatan dan kekerasan yang sesuai untuk pelbagai aplikasi, termasuk penggunaan pada 3D pen kanak-kanak (M Z Mahadzir *et.al.*, 2019). Walaupun mudah dibentuk, PLA tidak tahan haba tinggi dan boleh mencair dengan cepat apabila terdedah kepada suhu melebihi hadnya. Dengan takat lebur sekitar 180°C, PLA mampu memberikan hasil cetakan yang stabil dan konsisten. Rajah 2 menunjukkan beberapa jenis filamen.



Rajah 2 : Jenis-jenis filamen

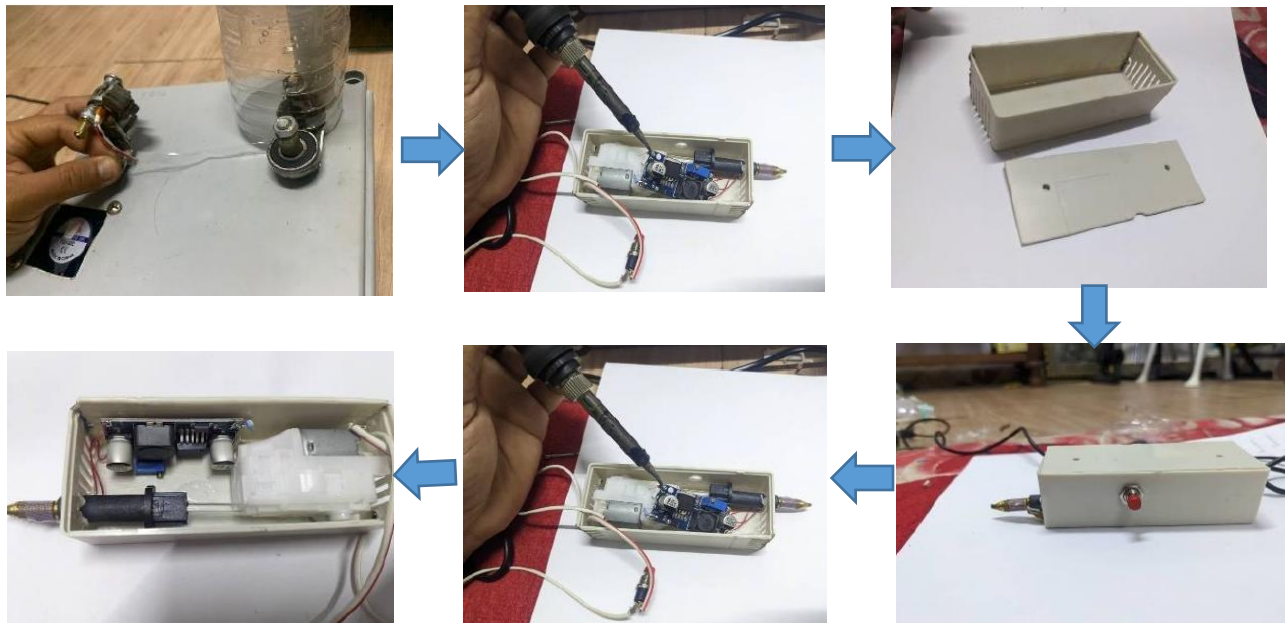
PCL ialah poliester biodegradasi yang diperoleh daripada sumber boleh diperbaharui, dan seperti PLA, ia mesra alam dan mudah terurai. Filamen PCL sangat sesuai digunakan oleh kanak-kanak kerana bahannya mudah dibentuk dan tidak menghasilkan bau kuat semasa digunakan. Dengan takat lebur yang rendah di bawah 60 °C PCL mudah dilelehkan dan dikendalikan, serta menawarkan fleksibiliti dan ketahanan tinggi. Sifat ini menjadikannya ideal untuk digunakan dalam projek prototaip berfungsi dan objek fleksibel (M. A. Lajis *et.al.*, 2017).

ABS merupakan filament plastik sintetik. Filament ini memiliki sifat keras dan kuat dibanding PLA dan PCL sehingga agak sulit digunakan. Namun, dengan sifatnya tersebut, karya Anda akan lebih kuat karena tahan terhadap suhu tinggi. Filament ini tidak disarankan untuk anak-anak. Selain terbuat dari bahan kimia, filament ini juga mengeluarkan bau menyengat saat digunakan (Mahadzir, M. Z., 2019).

PET ialah bahan polister berkepadatan tinggi yang boleh wujud dalam bentuk termoplastik amorfus atau separa kristal. PET amorfus memberikan tahap ketelusan yang tinggi, namun mempunyai kekuatan mekanikal yang lebih rendah, termasuk kekuatan tegangan dan ciri gelongsor yang kurang baik berbanding struktur separa kristalnya (Mawaddah, S. M. *et.al.*, 2023).

3.0 Metodologi Kajian

Metodologi merujuk kepada himpunan kaedah dan teknik yang digunakan untuk mereka bentuk, mengumpul serta menganalisis data bagi menghasilkan bukti yang dapat menyokong pelaksanaan sesuatu projek. Ia juga melibatkan proses pembangunan yang memanfaatkan pelbagai teknologi dan pendekatan berkesan. Bagi memastikan projek berjalan lancar, setiap peringkat pelaksanaan perlu dirancang dan diikuti secara sistematik (Nekmat, N. N., *et. al.*, 2025).



Rajah 3 : Teknik Penghasilan Inovasi

Rajah 3 di atas memaparkan satu proses pembinaan dan penyusunan komponen bagi sebuah peranti elektronik secara teratur, menggambarkan aliran kerja dari peringkat awal pemasangan sehingga terhasilnya produk akhir yang lengkap dan berfungsi. Pada peringkat awal, komponen utama seperti suis, penyambung, serta elemen pemanas sedang diuji dan disambungkan kepada sumber kuasa bagi memastikan setiap bahagian beroperasi dengan baik sebelum dipasang ke dalam bekas. Kerja pematerian ini sangat penting untuk memastikan sambungan elektrik stabil dan selamat. Selepas komponen elektronik diuji, ia dimasukkan ke dalam bekas plastik yang telah direka bentuk khusus untuk menempatkan keseluruhan sistem. Bekas tersebut terdiri daripada bahagian atas dan bawah yang membolehkan pemasangan dalaman disusun dengan kemas. Pada peringkat ini, kedudukan komponen seperti modul kuasa, suis, sistem wayar dan elemen pemanas disusun bagi memastikan aliran haba dan ruang dalaman berada dalam keadaan optimum (Ibrahim, I. *et. al.*, 2024). Akhir sekali, gambar menunjukkan penutup bekas dipasangkan, menghasilkan sebuah peranti yang kelihatan kemas, tersusun dan siap digunakan. Suis kawalan dipasang di bahagian luar untuk memudahkan pengguna menghidup atau mematikan peranti.

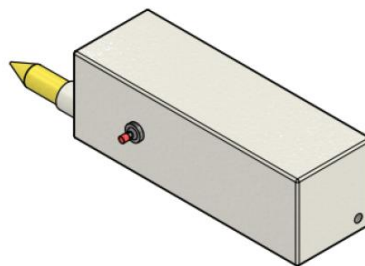
4.0 Analisis Data dan Keputusan

i. Analisa Alat Rekabentuk 3D Pen

3D pen ialah alat inovatif untuk membentuk objek tiga dimensi menggunakan filamen plastik yang dipanaskan. Alat ini mampu menghasilkan pelbagai bentuk seperti hiasan, model kecil dan prototaip ringkas. Ia sesuai untuk aktiviti seni kerana dapat membentuk garisan dan struktur bebas dengan mudah. Pengguna boleh meneroka idea secara kreatif tanpa memerlukan peralatan yang rumit. Dari segi penggunaan, 3D pen direka dengan ciri mesra pengguna. Ia mempunyai kawalan suhu, kawalan kelajuan dan bentuk ergonomik (Rashwan, O. *et.al.*, 2023). Ciri ini menjadikan 3D pen mudah dikendalikan oleh ramai pengguna. Secara keseluruhannya, 3D pen ialah alat reka bentuk yang berguna, praktikal dan sesuai untuk pendidikan serta aktiviti seni. Alat seperti di rajah 4 adalah sesuai untuk semua peringkat umur dan dapat menyokong perkembangan kreativiti pengguna.

ii. Fungsi

3D pen ini berdaya saing dengan penggunaan filamen plastik botol yang unik. Motor DC menarik dan menyemperit filamen dengan stabil, manakala nozzle panas melembutkan filamen untuk membentuk pelbagai reka bentuk dengan mudah (Zakaria, R. B. *et.al.*, 2024).



Rajah 4 : Rekabentuk 3D Pen

iii. Material

3D pen ini menggunakan bahan tahan lama dan mudah diperolehi, kebanyakannya daripada plastik. Dengan penjagaan dan penggunaan yang betul, pen ini mampu bertahan lama serta mengekalkan prestasi yang baik.

iv. Ergonomik

Reka bentuk 3D pen perlu ergonomik supaya selesa digunakan. Bentuk yang ringkas memudahkan genggam dan membantu pengguna menghasilkan pelbagai reka bentuk dengan lebih fokus. Kesselesaian ini juga menjadikan proses berkarya lebih menyeronokkan dan meningkatkan ketepatan kerja.

5.0 Hasil dan Perbincangan

Rekabentuk dalam projek 3D pen memainkan peranan penting bagi memastikan alat ini berfungsi dengan optimum serta mudah dikendalikan. Reka bentuk yang terancang bukan sahaja meningkatkan kefungsian, malah menambah nilai estetik yang mampu menarik minat pengguna. Pemahaman terhadap reka bentuk awal membantu merancang proses pembuatan dan menentukan ruang komponen dengan lebih tepat (S. H. Riza *et. al.*, 2020). Reka bentuk yang ringkas dan ergonomik meningkatkan keselesaan, sekali gus menyokong penggunaan yang lebih lama tanpa keletihan. Selain itu, sentuhan gaya yang elegan dapat menjadi faktor tarikan tambahan bagi pengguna yang mengutamakan fungsi serta penampilan produk.

Jadual 2 : Jadual perbandingan analisa rekabentuk

JENIS PEN	KELAJUAN	FILAMENT	KEPUTUSAN
1. 	DC 5V 2A	Plastik botol	Tarikan yang sederhana kuat namun mampu menarik filament botol plastik dengan baik
2. 	DC 12V 2A	PLA DAN ABS	Tarikan yang agak kuat namun ketahanan yang kurang dan susah cara kendalikan
3. 	24V power supplies.	PCL	Putaran yang bagus bagi sesuatu pencetak namun sukar untuk membawanya kemana-mana

Analisis perbandingan tiga jenis 3D pen menunjukkan variasi prestasi berdasarkan sumber kuasa, jenis filamen dan keupayaan operasi. Model pertama dengan bekalan DC 5V 2A memberikan daya tarikan sederhana namun stabil, sesuai untuk filamen plastik botol dan menunjukkan prestasi yang konsisten. Model kedua, menggunakan DC 12V 2A, menawarkan tarikan lebih kuat tetapi mempunyai ketahanan rendah serta sukar dikendalikan, terutama ketika bekerja dengan PLA dan ABS. Model ketiga yang menggunakan bekalan 24V menunjukkan keupayaan putaran yang sangat baik untuk aplikasi pencetakan PCL, namun kurang praktikal kerana tidak mudah dibawa. Ketiga-tiga model menonjolkan kekuatan dan kekangan tersendiri mengikut tujuan penggunaan (Saini, A. F., *et.al.*, 2024).

6.0 Kesimpulan

Keseluruhan projek yang dijalankan telah mencapai objektif yang ditetapkan, dibuktikan melalui pengujian keberkesanan 3D pen semasa fasa penilaian. Hasil kajian menunjukkan bahawa reka bentuk yang dicadangkan mampu menawarkan penyelesaian yang lebih mudah, praktikal dan bersifat mudah alih berbanding model sedia ada di pasaran. Keberkesanan ini bukan sahaja meningkatkan pengalaman pengguna, malah turut memperkukuh fungsi dan kestabilan operasi 3D pen tersebut. Dalam proses pembangunan, pemilihan komponen memainkan peranan penting. Motor perlu dipilih berdasarkan keupayaan daya tarikan yang mencukupi bagi memastikan filamen dapat ditarik dan disuap masuk secara konsisten tanpa gangguan. Rangka tubuh pen pula harus direka bentuk untuk menempatkan komponen secara teratur, memudahkan proses penyelenggaraan, serta menyediakan ruang yang optimum bagi aliran udara dan keselamatan haba. Selain itu, pemilihan bahan yang sesuai, terutamanya plastik berkualiti tinggi, amat penting kerana bahan yang tidak tepat boleh menjejaskan ketahanan struktur, prestasi sistem pemanasan, dan keseluruhan operasi pen. Secara keseluruhannya, kombinasi reka bentuk yang efisien, komponen yang tepat dan bahan yang sesuai telah mewujudkan sebuah 3D pen yang lebih berdaya saing, mudah digunakan dan mempunyai potensi aplikasi yang luas dalam pendidikan dan pembangunan kreativiti.

Rujukan

- Ab Rahim, S. N. (2018). Effect of hot extrusion parameters of AA6061 recycle aluminium chips. iCompEx18 Pembentangan Kertas Penyelidikan Akademik, Publication 2018/2/28.
- Benedek, A., Zsiros, M., & Kovács, E. (2021). Development of 3D printing raw materials from plastic waste – A case study on recycled polyethylene terephthalate (PET). *Applied Sciences*, 11(16), 7338. <https://doi.org/10.3390/app11167338>
- Elif Aktepe & Şükriye Aktepe. (2024), Comparison of dimensional accuracy and retraction performance of PLA and recycled PET filaments in 3D FDM printing. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 8(1), 114–123. <https://doi.org/10.46519/ij3dptdi.1400467>
- Ibrahim, I., Ashour, A. G., Zeiada, W., Salem, N., & Abdallah, M. (2024). A systematic review on the technical performance and sustainability of 3D printing filaments using recycled plastic. *Sustainability*, 16(18), 8247. <https://doi.org/10.3390/su16188247>
- Izzuddin, M., Mahadzir, M. Z., & Ab Rahim, S. N. (2025). Design and development of compass digital geometry large as education tools on engineering drawing course. In *Proceedings of the International Action Research TVET Conference 2025*.

- M Z Mahadzir, S N Ab Rahim, N A F Nik Abdullah, M A Lajis (2019), Effect of Extrusion Ratio of Recycling Aluminium AA6061 Chips by the Hot Extrusion Process, International Journal of Advanced Research in Engineering Innovation
- 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>
- Mahadzir, M. Z., Ab Rahim, S. N., Nik Abdullah, N. A. F., & Lajis, M. A. (2019). Effect of extrusion ratio of recycling aluminium AA6061 chips by the hot extrusion process. International Journal of Advanced Research in Engineering Innovation.
- Mawaddah, S. M., Chalid, M., Maulidina, S. A., Ashanti, C. K., & Nugraha, A. F. (2023). Post-consumer recycling of polymers for sustainable 3D printing filament material. Jurnal Sains Materi Indonesia, 25(1), 55–66. <https://doi.org/10.55981/jsmi.707>
- Nekmat, N. N., Ab Rahim, S. N., & Abdul Aziz, A. (2025). Innovative semi-automated Kuih Kapit production: Leveraging infrared heating for consistent quality and sustainability. Journal of Advanced Research in Technology and Innovation Management.
- Rashwan, O., Koroneos, Z., Townsend, T. G., et al. (2023). Extrusion and characterization of recycled PET filaments compounded with chain extender and impact modifiers for material-extrusion additive manufacturing. Scientific Reports, 13, 16041. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41744-8>
- S. H. Riza, S. H. Masood, R. A. R. Rashid, and S. Chandra (2020), “Selective laser sintering in biomedical manufacturing,” in Elsevier eBooks, 2020, pp. 193–233.
- Saini, A. F., & Sia, C. K. (2024), Design and development of PolyLactic Acid (PLA) recycling machine for 3D printer. Research Progress In Mechanical And Manufacturing Engineering, 5(1), 8–11. <https://doi.org/10.30880/rpmme.2024.05.01.002>
- Zakaria, R. B., Haris, M. H. M., & Ab Rahim, S. N. (2024). Mereka bentuk sistem kawalan untuk mesin Eco Cutter. Journal on Technical and Vocational Education, 9(3), 74–82.