

Mesin Thermoforming Mini untuk Pembelajaran Sekolah Menengah

Jefri Bin Hanafiah^{1*}, Muhammad Nurhelmi Bin Hayazi², 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: ¹jeffrihanafiah@polimas.edu.my

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

Abstrak :

Projek ini dibangunkan dengan tujuan untuk mereka bentuk dan membina sebuah mesin thermoforming berskala kecil yang sesuai digunakan sebagai alat bantu pembelajaran di peringkat sekolah menengah. Pembangunan mesin ini memberi penekanan kepada aspek keselamatan, kemudahan operasi, serta keberkesanan dalam membantu pelajar memahami konsep asas proses thermoforming secara praktikal. Kaedah thermoforming yang diaplikasikan melibatkan proses pemanasan lembaran plastik sehingga mencapai keadaan lembut sebelum dibentuk menggunakan tekanan vakum. Reka bentuk mesin ini merangkumi beberapa komponen utama seperti elemen pemanas, bingkai pengapit, sistem vakum manual, dan acuan yang berfungsi sebagai medium pembentukan. Pemilihan komponen dilakukan dengan teliti untuk memastikan tahap keselamatan yang tinggi, selaras dengan keperluan penggunaan dalam persekitaran pendidikan. Selain itu, aspek ergonomik turut diberi perhatian agar mesin mudah dikendalikan oleh pelajar dan guru tanpa memerlukan kemahiran teknikal yang tinggi. Kajian kos juga dilaksanakan bagi memastikan mesin ini boleh dihasilkan pada harga yang berpatutan serta mampu dijadikan alat bantu mengajar yang praktikal dan berkesan. Hasil ujian menunjukkan bahawa mesin thermoforming yang dibangunkan berfungsi dengan baik dan berupaya menghasilkan bentuk plastik yang jelas serta konsisten mengikut acuan yang digunakan. Keberkesanan ini membuktikan potensi mesin tersebut sebagai medium pembelajaran interaktif yang dapat meningkatkan pemahaman pelajar terhadap prinsip asas kejuruteraan pembuatan. Secara keseluruhannya, projek ini diyakini mampu memberikan nilai tambah dalam proses pembelajaran dengan memperkenalkan pengalaman hands-on yang lebih menarik, sistematik dan bermakna.

Kata kunci : *Thermoforming Pendidikan, Mesin Vakum Berskala Kecil, Alat Bantu Pengajaran Teknikal, Reka Bentuk dan Pembangunan Mesin*

1.0 Pengenalan

Projek ini membangunkan sebuah mesin mini thermoforming sebagai alat bantu pembelajaran amali untuk pelajar sekolah menengah. Dalam pendidikan moden, pendedahan kepada teknologi dan proses pembuatan sebenar penting bagi meningkatkan literasi teknologi serta kefahaman pelajar tentang aplikasi industri. Namun, proses thermoforming sering diajar secara teori kerana ketiadaan peralatan yang sesuai dan selamat di sekolah. Bagi mengatasi kekangan tersebut, mesin berskala kecil ini direka bentuk secara kompak, selamat dan berpatutan kosnya (Crawford, R. J. *et. al.*, 2002). Ia memanaskan plastik sehingga lembut sebelum membentuknya menggunakan tekanan vakum. Melalui aktiviti amali ini, pelajar dapat melihat proses pembentukan plastik secara langsung, sekali gus meningkatkan pemahaman konsep dalam Sains dan Reka Bentuk dan Teknologi. Projek ini dibangunkan untuk menyediakan pendedahan praktikal kepada proses thermoforming dalam pendidikan sekolah

menengah. Walaupun teknik thermoforming merupakan kaedah penting dalam industri pembuatan plastik, penggunaannya di sekolah masih terhad kerana faktor kos, saiz mesin industri, dan isu keselamatan. Mesin Mini Thermoforming yang dibangunkan ini direka bentuk bersaiz kompak, selamat dan mudah digunakan, sekali gus sesuai sebagai alat bantu mengajar dalam bilik darjah. Melalui pendekatan pembelajaran berasaskan STEM dan aktiviti hands-on, pelajar dapat memahami proses pemanasan dan pembentukan plastik secara lebih jelas. Guru pula dapat memanfaatkan mesin ini sebagai bahan pengajaran interaktif. Secara keseluruhannya, projek ini berpotensi meningkatkan minat pelajar terhadap bidang kejuruteraan dan teknologi.



Rajah 1 : Mesin Thermoforming

Projek ini menumpukan kepada keperluan menyediakan pembelajaran praktikal dalam pendidikan STEM di sekolah menengah, khususnya bagi proses thermoforming yang jarang diterapkan secara amali. Kekangan seperti ketiadaan peralatan yang selamat, kos mesin industri yang tinggi serta kesukaran mengendalikan peralatan berskala besar menyebabkan pelajar hanya mempelajari konsep ini secara teori (Ahmad, N. *et. al.*, 2018). Untuk mengatasi masalah tersebut, pembangunan sebuah mesin thermoforming mini yang selamat, mudah digunakan dan sesuai untuk bilik darjah adalah amat diperlukan. Prototaip ini mampu membantu pelajar memahami proses pemanasan dan pembentukan plastik secara langsung, seterusnya meningkatkan minat, kefahaman serta kemahiran teknologi mereka. Mesin ini juga berpotensi menjadi alat bantu mengajar yang berkesan dan menyokong pengajaran STEM secara lebih bermakna.

Inovasi ini memberi tumpuan kepada pembangunan mesin mini thermoforming yang bersaiz kompak, selamat dan mudah dikendalikan oleh pelajar sekolah menengah. Skopnya merangkumi reka bentuk

struktur, pemilihan bahan, serta pembinaan sistem pemanas dan vakum yang sesuai untuk kegunaan pendidikan. Mesin ini direka khusus untuk tujuan pembelajaran amali dan tidak melibatkan aplikasi industri (Mohd Nasir, M. F. *et. al.*, 2021). Hasil pembangunan dijangka menghasilkan mesin yang berfungsi dengan baik, mudah digunakan di bilik darjah dan dapat membantu pelajar memahami konsep asas thermoforming dengan lebih efektif berbanding pembelajaran teori. Projek ini juga berpotensi meningkatkan minat pelajar terhadap Sains dan Teknologi, selain menjadi alat bantu mengajar yang praktikal, kos efektif dan menyokong pembelajaran berasaskan STEM.

2.0 Kajian Literatur

Mesin Longwell merupakan sebuah sistem vacuum forming khusus yang direka untuk membentuk pelbagai jenis bahan termoplastik seperti PET, PS, PP, PC dan PVC, dengan memberi tumpuan kepada ketepatan, kestabilan dan kebolehpercayaan proses. Mesin ini dihasilkan dengan teknologi kejuruteraan termaju yang berupaya mengurangkan kebocoran udara serta meningkatkan integriti struktur produk yang dihasilkan (Shahrom, M. S. *et.al.*, 2020). Melalui kawalan parameter yang lebih tepat, mesin ini juga mampu meminimumkan masalah penyimpangan dimensi dan memastikan ketebalan bahan yang dibentuk dapat dikawal secara konsisten, termasuk bagi aplikasi yang memerlukan variasi ketebalan asimetri. Mesin Longwell digunakan dalam pelbagai industri, termasuk pembinaan untuk penghasilan pelapisan lantai yang tahan lasak, industri elektronik bagi pembuatan komponen plastik yang memerlukan ketepatan tinggi, serta industri pembungkusan untuk menghasilkan bekas yang kukuh dan melindungi produk semasa pengangkutan. Keupayaannya memproses bahan secara cepat dan tepat membantu meningkatkan produktiviti, manakala tahap versatiliti mesin ini membolehkan ia menampung keperluan pelbagai aplikasi industri. Walaupun menawarkan kelebihan dari segi kualiti dan kecekapan pengeluaran, mesin ini turut mempunyai kekangan tertentu.



Rajah 2 : Mesin Longwell Vacuum

Mesin ini juga memerlukan penyelenggaraan berkala untuk memastikan semua komponen berfungsi secara optimum, yang boleh meningkatkan kos operasi dan mempengaruhi kelancaran pengeluaran sekiranya tidak dilakukan dengan betul. Kualiti produk akhir pula sangat bergantung pada pemilihan bahan mentah dan ketepatan tetapan parameter; sebarang kesilapan dalam kedua-dua aspek ini boleh

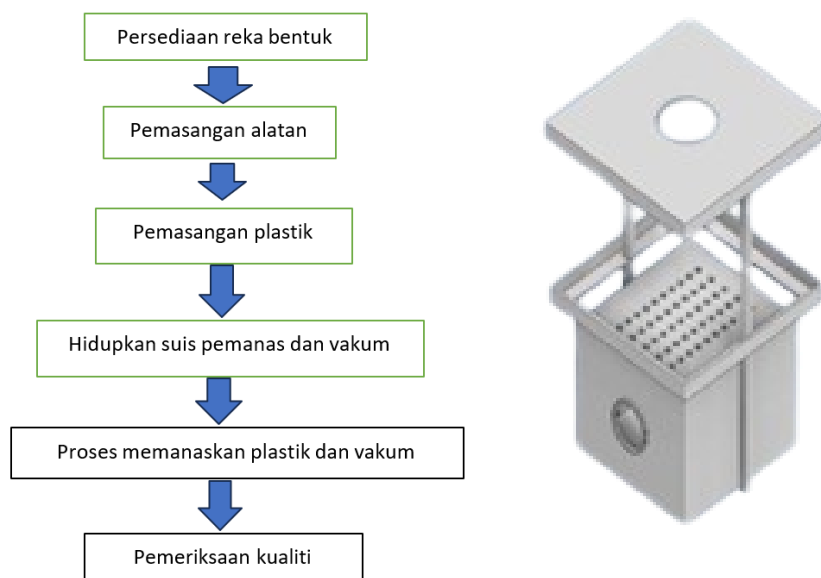
menyebabkan kecacatan produk dan peningkatan kadar penolakan (Rosli, R. *et.al.*, 2019). Keseluruhannya, Mesin Longwell menawarkan keupayaan pembentukan yang efisien dan berkualiti tinggi, namun memerlukan pengurusan operasi dan penyelenggaraan yang sistematik bagi memastikan prestasi optimum serta pulangan pelaburan yang berbaloi.

Mesin vacuum forming untuk ABS direka khusus bagi memproses lembaran Acrylonitrile Butadiene Styrene dengan cekap untuk menghasilkan pelbagai produk seperti komponen automotif, peralatan rumah dan pembungkusan industri yang memerlukan ketahanan mekanikal serta kualiti permukaan tinggi. Mesin ini lazimnya dibina dengan reka bentuk modular bagi memudahkan penggantian atau penaiktarafan komponen, serta dilengkapi sistem pemanasan inframerah atau konveksi yang memastikan pemanasan seragam dan stabil bagi mengelakkan ketidakseimbangan suhu semasa pembentukan (Layfield, D., 2013). Tambahan pula, kehadiran sistem pengendalian automatik membolehkan pemantauan serta kawalan proses dijalankan dengan lebih tepat dan konsisten, sekali gus mengurangkan kebergantungan kepada operasi manual serta menurunkan risiko ralat. Selain ABS, mesin ini turut berupaya memproses bahan lain seperti PS, PVC dan PP, menjadikannya serba boleh untuk pelbagai aplikasi industri. Antara kelebihanannya termasuk penghasilan produk yang tahan impak, mempunyai kualiti permukaan yang halus, serta kadar penolakan yang lebih rendah hasil kawalan suhu dan tekanan yang lebih terkawal. Namun begitu, mesin ini turut mempunyai beberapa kekangan, antaranya kos pelaburan awal yang tinggi yang mungkin membebankan syarikat kecil, keperluan penyelenggaraan berkala bagi memastikan operasi optimum, serta batasan terhadap ketebalan lembaran ABS yang boleh diproses dengan efektif, yang sekali gus menghadkan penggunaannya dalam sesetengah aplikasi berketebalan tinggi.

3.0 Metodologi Kajian

Proses pembangunan sebuah mesin mini thermoforming secara sistematik daripada peringkat awal sehingga tamat. Proses bermula dengan mengenal pasti masalah bagi memahami isu utama dalam

konteks pembelajaran atau penggunaan mesin berskala kecil. Seterusnya, objektif kajian ditetapkan bagi memastikan pembangunan mesin ini menepati sasaran dan keperluan pengguna. Langkah berikutnya ialah mereka bentuk konsep awal mesin mini thermoforming, yang merangkumi penentuan fungsi asas serta ciri keselamatan (Dym, C. L. *et. al.*, 2009). Kajian literatur kemudian dijalankan bagi mendapatkan rujukan berkaitan teknologi, prinsip pemanasan, dan contoh mesin sedia ada. Selepas itu, lakaran idea disediakan sebagai gambaran awal reka bentuk. Pemilihan barang dibuat berdasarkan ketahanan, kos dan kesesuaian aplikasi pendidikan. Seterusnya, proses pemasangan dilakukan mengikut pelan yang dirangka, diikuti proses suntingan untuk memperbaiki kecacatan atau ketidaktepatan. Fasa pengujian dilaksanakan untuk menilai tahap keberkesanan mesin (Strong, A. B., 2006). Jika berfungsi dengan baik, analisis data diteruskan bagi menilai prestasi secara lebih terperinci. Jika tidak berjaya, penambahbaikan dilakukan sebelum diuji semula.



Rajah 3 : Pengujian Sistem

Proses operasi mesin mini thermoforming ini bermula dengan penyediaan reka bentuk, iaitu menentukan bentuk acuan dan memastikan mesin berada dalam keadaan sedia digunakan seperti di rajah 3. Seterusnya, pemasangan alatan dilakukan, termasuk penetapan pemanas, rangka pemegang dan komponen vakum. Setelah itu, lembaran plastik dipasang pada bingkai penahan untuk memastikan ia stabil semasa proses pemanasan. Langkah berikutnya ialah menghidupkan suis pemanas dan vakum bagi memulakan operasi mesin. Apabila proses pembentukan selesai, pemeriksaan kualiti dijalankan bagi memastikan hasil akhir memenuhi spesifikasi reka bentuk serta bebas daripada kecacatan.

4.0 Analisis Data dan Keputusan

Mesin mini thermoforming ini direka bagi memastikan proses pembentukan plastik dapat dijalankan dengan efektif dan sesuai untuk tujuan pendidikan. Dari segi fungsi, mesin ini mampu memanaskan dan membentuk plastik termoplastik seperti HIPS dengan cepat melalui sistem pemanas yang cekap serta sistem vakum yang menghasilkan sedutan stabil untuk membentuk plastik mengikut acuan dengan kemas. Operasinya yang manual menjadikannya sesuai digunakan oleh pelajar, sekali gus membantu mereka memahami prinsip asas thermoforming secara praktikal (Yasin, M. H. *et. al.*, 2022).

Dari aspek bahan, pemilihan komponen dibuat dengan mengambil kira kos, ketahanan dan kemudahan pemasangan. Papan MDF digunakan untuk rangka kerana ia kukuh dan mudah dipotong, manakala kotak vakum dibina menggunakan plastik komposit yang ringan tetapi tahan tekanan (S N Ab Rahim, 2018). Pemanas elektrik dan motor vakum dipilih berdasarkan keupayaan operasinya yang stabil.

Dari sudut ergonomi, mesin direka pada saiz yang mesra pengguna dengan susunan komponen yang mudah dicapai. Butang kawalan ditempatkan secara strategik, manakala mekanisme pemegang acuan direka supaya mudah digerakkan tanpa memerlukan tenaga berlebihan. Ini memastikan pelajar dapat mengendalikannya dengan selesa dan selamat (Riduwan Bin Zakaria *et. al.*, 2024).

Jadual 1 : Jadual pengujian kakebolehfungsian mesin

Kebolehasikan baha panas					/
Kebolehgerakkan tempat letak plastik naik turun.					/
Ketahanan kotak vakum					/
Ketahanan rupa reka bentuk				/	
	1	2	3	4	5

Jadual 1 penilaian yang ditunjukkan menggambarkan keberkesanan fungsi asas mesin mini thermoforming melalui beberapa kriteria utama, iaitu keupayaan menghasilkan haba panas, kebolehan menggerakkan tempat letak plastik naik dan turun, ketahanan kotak vakum serta ketahanan rupa reka bentuk keseluruhan. Penandaan pada skala 1 hingga 5 menunjukkan tahap prestasi bagi setiap komponen berdasarkan pemerhatian semasa ujian (Rosman, M. R., 2020).

Berdasarkan dapatan, keupayaan mesin untuk menghasilkan haba panas berada pada tahap yang sangat baik, ditandakan pada skala 5. Ini menunjukkan bahawa sistem pemanas mampu mencapai suhu optimum dengan cepat dan stabil. Kebolehan menggerakkan tempat letak plastik juga berada pada tahap tinggi (skala 5), menandakan mekanisme tersebut berfungsi dengan lancar tanpa halangan. Ketahanan kotak vakum turut dinilai pada tahap memuaskan, mencerminkan struktur yang kukuh serta tahan

tekanan semasa proses penyedutan (M. A. Lajis, 2017). Manakala ketahanan rupa reka bentuk dinilai pada skala 4, menunjukkan bahawa reka bentuk mesin adalah stabil dan berdaya tahan, namun masih mempunyai ruang untuk penambahbaikan dari aspek estetika atau kemasan (Mohd Nasir, M. F *et. al.*, 2021). Secara keseluruhan, hasil penilaian ini membuktikan bahawa mesin mini thermoforming berfungsi dengan baik dan memenuhi kriteria teknikal asas untuk tujuan pembelajaran.

5.0 Hasil dan Perbincangan

Mesin ini berfungsi dengan baik dalam proses melembutkan dan membentuk plastik mengikut acuan yang disediakan. Ujian demi ujian menunjukkan bahawa plastik yang digunakan dapat dibentuk dengan kemas, jelas dan mengikut bentuk acuan dengan tepat.

Dari aspek sistem vakum, ia menunjukkan prestasi yang stabil dan efisien. Daya sedutan mencukupi untuk menarik plastik ke permukaan acuan tanpa sebarang kebocoran ketara. Sistem ini membantu memastikan hasil akhir pembentukan adalah konsisten dan berkualiti (Neza Nurulhuda Nekmat *et. al.*, 2025).

Dari sudut reka bentuk, mesin ini dibina dalam saiz yang kompak dan ringan, memudahkan pergerakan dan penyimpanan. Pemegang, tombol dan permukaan kerja direka agar mudah digunakan oleh pelajar. Ujian penggunaan bersama pelajar menunjukkan bahawa mereka boleh mengendalikan mesin ini sendiri selepas diberi sedikit penerangan asas. Ini membuktikan mesin ini mesra pengguna serta sesuai digunakan dalam sesi pengajaran dan pembelajaran yang bersifat amali (S N Ab Rahim, M Z Mahadzir, M A Lajis, 2019).

6.0 Kesimpulan

Projek ini membuktikan bahawa mesin mini thermoforming dapat dibina dengan reka bentuk ringkas, kos efektif dan berfungsi baik untuk tujuan pendidikan. Proses pembinaannya merangkumi reka bentuk struktur, pemasangan sistem pemanas serta sistem vakum yang dilaksanakan dengan teliti bagi memastikan keselamatan dan keberkesanan operasi. Mesin ini membantu pelajar memahami proses pembentukan plastik melalui pengalaman praktikal yang lebih interaktif dan menyeronokkan. Dapatan kajian menunjukkan bahawa mesin ini berpotensi tinggi sebagai alat sokongan pengajaran dalam subjek teknologi. Ia bukan sahaja meningkatkan minat pelajar terhadap proses pembuatan, tetapi turut memberi peluang kepada mereka untuk terlibat secara langsung dalam aktiviti teknikal. Reka bentuknya yang mesra pengguna dan mudah dikendalikan menjadikannya sesuai untuk pelajar sekolah menengah yang memerlukan pendedahan asas terhadap teknologi pemprosesan plastik. Sebagai penambahbaikan, beberapa aspek boleh dipertingkatkan seperti menambah sistem kawalan suhu automatik bagi memastikan pemanasan lebih tepat, menggunakan bahan binaan yang lebih tahan lama serta menyediakan modul panduan penggunaan khusus untuk guru dan pelajar. Penambahbaikan ini dapat meningkatkan prestasi mesin dan menyokong proses pembelajaran dengan lebih berkesan.

Rujukan

- Ahmad, N., & Ismail, M. H. (2018). Penggunaan teknologi dalam pengajaran Reka Bentuk dan Teknologi di sekolah menengah. *Jurnal Pendidikan Sains dan Teknologi*, 14(2), 45–52.
- Crawford, R. J., & Throne, A. (2002). *Plastics Materials and Processing*. Pearson Education.
- Mohd Nasir, M. F., & Abdul Rahman, N. S. (2021). Penggunaan mesin cetakan dalam pembelajaran amali pelajar sekolah menengah. *Jurnal TVET Malaysia*, 9(1), 63–70.
- Dym, C. L., & Little, P. (2009). *Engineering Design: A Project-Based Introduction* (3rd ed.). Wiley.
- Shahrom, M. S., & Aziz, A. (2020). Inovasi reka bentuk produk untuk pembelajaran berasaskan projek. *Prosiding Seminar Inovasi Pendidikan dan Kejuruteraan*, 2, 88–94.
- Rosli, R., & Zainudin, Z. (2019). Pembelajaran amali dan kesannya terhadap pemahaman pelajar dalam subjek teknologi. *Malaysian Journal of Science and Technology Education*, 7(2), 34–41.
- Strong, A. B. (2006). *Plastics: Materials and Processing* (3rd ed.). Pearson Prentice Hall.
- Yasin, M. H., & Zamri, N. F. (2022). Rekabentuk alat bantu mengajar untuk subjek RBT sekolah menengah. *Journal of Innovation in Technical and Vocational Education*, 3(1), 51–58.

- Rosman, M. R. (2020). Penggunaan pendekatan hands-on dalam meningkatkan minat pelajar terhadap bidang teknikal. *Jurnal Pendidikan Teknikal dan Vokasional*, 6(1), 27– 35.
- Layfield, D. (2013). *Thermoforming: A Plastics Processing Guide*. Hanser Publishers.
- 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>
- Mohd Nasir, M. F., & Abdul Rahman, N. S. (2021). Penggunaan mesin cetakan dalam pembelajaran amali pelajar sekolah menengah. *Jurnal TVET Malaysia*, 9(1), 63–70.
- Muhammad Luthfi Sonjaya, Mutmainnah (2022). Construction of Plastic Waste Extruding Machine to Produce Filaments of 3D Printing Machine, 82–90.
- Muhammad Taufiq, Gita Suryani Lubis (2023) Rancang Bangun Mesin Pultrusion Pembuat Filamen 3D Printing Berbasis Limbah Plastik Botol PET
- Neza Nurulhuda Nekmat, Syaiful Nizam Ab Rahim, Azunaidi Abdul Aziz (2025), Innovative Semi-Automated Kuih Kapit Production: Leveraging Infrared Heating for Consistent Quality and Sustainability, *Journal of Advanced Research in Technology and Innovation Management*.
- Riduwan Bin Zakaria, Mohd Hairol Mizzam Bin Haris, Syaiful Nizam Bin Ab Rahim (2024), Mereka Bentuk Sistem Kawalan untuk Mesin Eco Cutter, *Journal on Technical and Vocational Education*, Volume 9, Issue 3, Pages 74-82
- Rosli, R., & Zainudin, Z. (2019). Pembelajaran amali dan kesannya terhadap pemahaman pelajar dalam subjek teknologi. *Malaysian Journal of Science and Technology Education*, 7(2), 34–41.
- Rosman, M. R. (2020). Penggunaan pendekatan hands-on dalam meningkatkan minat pelajar terhadap bidang teknikal. *Jurnal Pendidikan Teknikal dan Vokasional*, 6(1), 27– 35.
- 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
- 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