

Reka Bentuk dan Pembangunan Penjana Tenaga Elektrik Mudah Alih Berasaskan Tenaga Mekanikal Spring

Mohd Zaniel Bin Mahadzir^{1*}, Amri Amierul Bin Abu Hasan², 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: ¹mzaniel@polimas.edu.my

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

Abstrak :

Inovasi ini membentangkan pembangunan *Flywheel Spring Generator*, iaitu suatu sistem penjana tenaga alternatif yang direka untuk menghasilkan tenaga elektrik melalui gabungan tenaga mekanikal daripada roda tenaga (*flywheel*) dan mekanisme spring. Sistem ini beroperasi tanpa kebergantungan kepada sumber tenaga luaran seperti bahan api fosil, cahaya matahari, angin atau air, sekali gus menjadikannya lebih praktikal, bersih dan mesra alam. Dalam sistem ini, *flywheel* berfungsi menyimpan tenaga kinetik melalui putaran, manakala spring bertindak menyerap serta melepaskan tenaga secara beransur-ansur bagi mengekalkan kestabilan putaran dan memastikan aliran tenaga yang lebih konsisten. Tenaga mekanikal yang terhasil dipindahkan kepada sebuah alternator untuk ditukarkan kepada tenaga elektrik sebelum disimpan di dalam bateri 12V. Kajian ini merangkumi proses reka bentuk, pembangunan prototaip, serta penilaian prestasi bagi menentukan kebolehfungsian dan kecekapan sistem. Hasil kajian menunjukkan bahawa *Flywheel Spring Generator* berupaya menukar tenaga mekanikal kepada tenaga elektrik dengan keberkesanan yang memuaskan. Secara keseluruhannya, projek ini bukan sahaja berpotensi mengurangkan kebergantungan terhadap tenaga fosil dan impak negatif terhadap alam sekitar, malah menawarkan satu penyelesaian tenaga lestari berskala kecil yang kos efektif dan praktikal untuk kegunaan masyarakat.

Kata kunci : Roda Tenaga (*Flywheel*), Mekanisme Spring, Penyimpanan Tenaga Mekanikal

1.0 Pengenalan

Dalam era perindustrian moden dan perkembangan teknologi tenaga lestari, sistem penyimpanan tenaga memainkan peranan yang semakin penting bagi memastikan kecekapan, kebolehpercayaan dan kestabilan bekalan elektrik. Seiring dengan peralihan global menuju sumber tenaga bersih, teknologi penyimpanan tenaga mekanikal turut mendapat perhatian sebagai alternatif yang berpotensi tinggi. Antara teknologi tersebut ialah *Flywheel Spring Generator*, iaitu sistem penyimpanan dan penjana tenaga yang berasaskan tenaga kinetik menggunakan roda tenaga (*flywheel*) sebagai medium utama penukaran tenaga mekanikal kepada tenaga elektrik (June Tharaphe Lwin, 2019).

Flywheel berfungsi dengan menyimpan tenaga dalam bentuk momentum putaran, manakala tenaga kinetik yang tersimpan kemudiannya ditukarkan semula kepada tenaga elektrik melalui mekanisme penjana kuasa seperti generator atau motor (Ravi Kumar Gorsa *et al.*, 2024). Sistem ini semakin

relevan dalam pelbagai aplikasi, termasuk dalam rangkaian tenaga boleh diperbaharui, kawasan perumahan, serta industri kecil yang memerlukan sumber tenaga sokongan yang stabil dan boleh dipercayai. Pembangunan *Flywheel Spring Generator* berasaskan gabungan roda tenaga dan mekanisme spring memberi kelebihan tambahan dari segi kestabilan aliran tenaga serta peningkatan kecekapan penyimpanan. Mekanisme spring membantu menambah daya pecutan dan menstabilkan pelepasan tenaga, sekali gus menjadikan sistem lebih efisien dan konsisten dalam menjana elektrik. Integrasi teknologi mekanikal ini bersama prinsip Revolusi Industri 4.0 turut membuka ruang kepada sistem penyimpanan tenaga yang lebih pintar, responsif dan mudah diselenggara. Melalui pendekatan ini, inovasi *Flywheel Spring Generator* berpotensi menjadi penyelesaian penyimpanan tenaga yang cekap, mesra alam dan kos efektif bagi memenuhi keperluan tenaga elektrik berskala kecil seperti penggunaan di rumah. Teknologi berasaskan roda tenaga menawarkan kaedah penyimpanan tenaga yang fleksibel, tahan lama dan sesuai untuk menyokong infrastruktur tenaga masa depan yang lebih lestari dan boleh dipercayai (Ravi Kumar Gorsa *et al.*, 2024).

Rajah 1 : *Flywheel generator*

Pembangunan *Flywheel Spring Generator* ini bertujuan untuk menyediakan satu penyelesaian alternatif bagi mengatasi isu gangguan bekalan elektrik yang sering berlaku di kawasan perumahan, khususnya di kawasan luar bandar atau pedalaman. Gangguan bekalan elektrik bukan sahaja menjejaskan aktiviti harian masyarakat, malah boleh memberi kesan kepada keselamatan, keselesaan dan produktiviti pengguna. Di samping itu, pergantungan berterusan terhadap penjana tenaga berasaskan bahan api fosil turut menyumbang kepada pencemaran alam sekitar, pelepasan gas rumah hijau dan pemanasan global. Melalui pemerhatian terhadap situasi semasa, didapati bahawa keperluan terhadap sumber tenaga sokongan yang lebih bersih, mampu milik dan mudah diakses semakin meningkat (D. Manasa, 2024). Masalah ketidakstabilan bekalan tenaga telah mendorong pengkaji menumpukan usaha kepada pembangunan sistem penjanaan tenaga mekanikal yang mampu beroperasi tanpa sumber tenaga luaran yang mahal atau mencemarkan. Dalam konteks ini, reka bentuk peranti memainkan peranan penting bagi memastikan pengguna memperoleh output tenaga yang optimum ketika diperlukan. Selain aspek keberkesanan, kos pembangunan dan operasi turut diambil kira bagi memastikan alat yang dibangunkan tidak membebankan pengguna serta dapat menjadi penyelesaian praktikal untuk pelbagai situasi

kecemasan tenaga (Ramkant Patil *et. al*, 2018). Oleh itu, projek ini menetapkan objektif utama untuk mereka bentuk sebuah penjana tenaga elektrik bersih menggunakan mekanisme spring sebagai pengganti motor konvensional, sekali gus meningkatkan kecekapan tenaga, mengurangkan penggunaan bahan api, serta menyediakan alternatif tenaga yang lebih mesra alam.

2.0 Kajian Literatur

Variasi saiz sistem *flywheel* ini menunjukkan bahawa pemilihan dimensi adalah bergantung pada objektif pembangunan. Reka bentuk bersaiz besar lebih sesuai untuk aplikasi industri, sistem penyimpanan tenaga jangka panjang atau penggunaan tenaga yang lebih tinggi (Daiv, P. A., 2022). Sebaliknya, reka bentuk kompak lebih ideal untuk kegunaan domestik, projek pendidikan, atau kajian awal yang menekankan kemudahan operasi dan mobiliti. Perbandingan ini sekali gus membantu penyelidik dalam menentukan reka bentuk paling sesuai bagi memenuhi keperluan projek *Flywheel Spring Generator* yang sedang dibangunkan.

Jadual 1 : Perbandingan kajian terdahulu

PENULIS	REKA BENTUK	SAIZ ALAT	MOTOR	KOMPONEN
June Tharaphe Lwin, 2019			AC Motor 220 V 1500 RPM 1.5 HP	Flywheel Belt Pulley Shaft
Ravi Kumar Gorsa, 2024 O. Veera Babu, 2024 J. Sai Krishna, 2024 D. Manasa, 2024 Ch.Amaranadh, 2024			AC Motor 220 V 1440 RPM 2 HP	Flywheel Bearing Pulley Belt Shaft
Ramkant Patil, 2018 Pravin D Patil, 2018 Dr. DS. Deshmukh, 2018 Dr.Am Valaya, 2018		Panjang = 167 cm Lebar = 81 cm Tinggi = 107 cm		Flywheel Battery Gear

Idea dan konsep pembangunan *Flywheel Spring Generator* ini tercetus hasil daripada kajian terhadap reka bentuk *flywheel generator* sedia ada yang didapati masih belum mencapai tahap kecekapan dan prestasi yang memuaskan. Kebanyakan sistem *flywheel generator* konvensional tidak mampu

menghasilkan tenaga secara optimum, sekali gus tidak memenuhi jangkaan serta keperluan pengguna. Kekangan ini mendorong penyelidik meneliti semula aspek reka bentuk dan mekanisme sistem sedia ada bagi mengenal pasti ruang penambahbaikan yang dapat menyokong pembangunan sebuah model yang lebih efisien dan praktikal.

Kajian terdahulu menunjukkan bahawa reka bentuk sistem tenaga berasaskan *flywheel* mempunyai variasi yang ketara dari segi komponen utama, kaedah pemindahan kuasa serta integrasi elemen sokongan yang bertujuan meningkatkan kecekapan operasi. Menurut June Tharaphe Lwin (2019), sistem *flywheel* yang dibangunkan menggunakan komponen asas seperti *flywheel*, *pulley*, *belt* dan *shaft*, menjadikannya ringkas dan sesuai untuk aplikasi tenaga berskala kecil. Reka bentuk ini memberi tumpuan kepada penyampaian kuasa asas tanpa integrasi komponen kompleks.

Sebaliknya, Ravi Kumar Gorsa et al. (2024) memperkenalkan reka bentuk yang lebih stabil dengan menambah komponen bearing sebagai sokongan putaran. Penambahan ini terbukti mampu meningkatkan kelancaran pergerakan *flywheel*, sekali gus mengurangkan kehilangan tenaga mekanikal dan meningkatkan kecekapan sistem dalam jangka masa panjang.

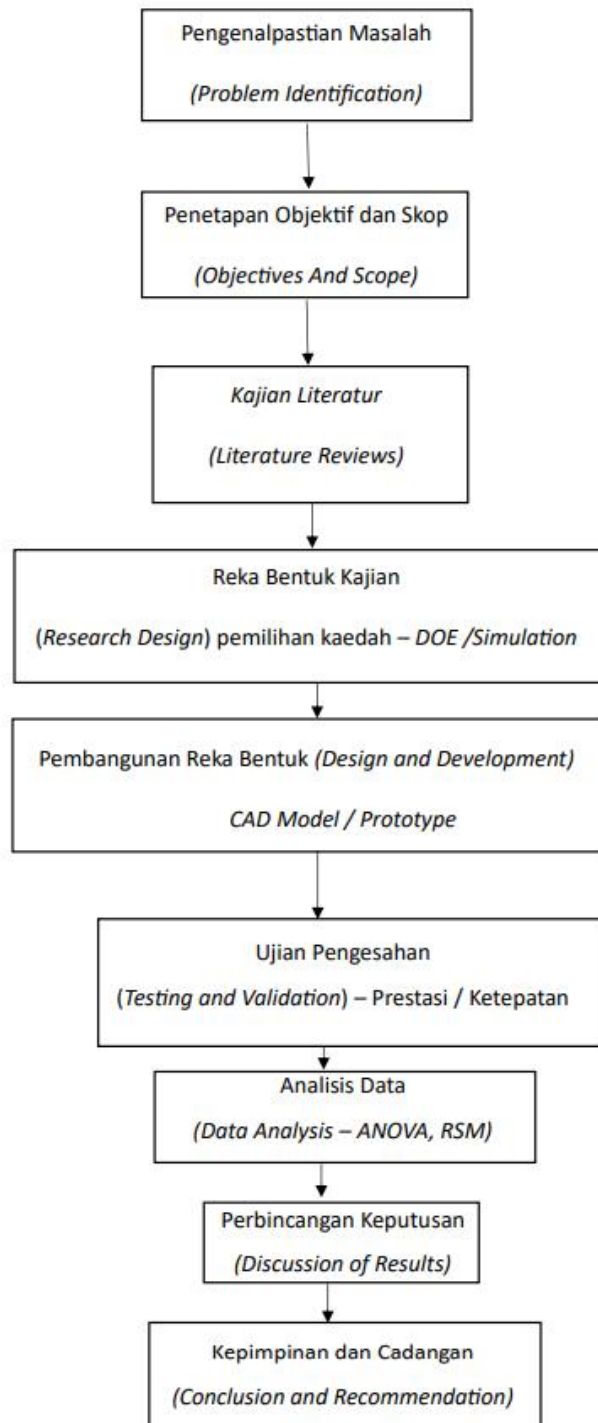
Kajian oleh Ramkant Patil et al. (2018) dan Chindamani Meyyapan et al. (2022) pula memperlihatkan sistem yang lebih maju melalui integrasi bateri sebagai komponen penyimpanan tenaga. Pendekatan ini bukan sahaja membolehkan sistem menjana tenaga, malah menyimpannya untuk memastikan bekalan tenaga yang lebih berterusan. Ramkant Patil et al. (2018) turut menambah elemen gear, memperkukuh keupayaan sistem dalam pemindahan daya mekanikal dengan lebih efisien.

Sementara itu, Mohammed Asif Kattimani et al. (2019) menampilkan reka bentuk yang lebih kukuh melalui penggunaan rangka setebal 2 inci, menekankan keutamaan terhadap kekuatan struktur dan kestabilan sistem. Walaupun mengekalkan komponen asas seperti *flywheel*, *pulley*, *belt*, *bearing* dan *shaft*, reka bentuk ini dilengkapi dimensi yang lebih besar bagi menampung keperluan tenaga yang lebih tinggi (Lwin, J. T., 2018).

Penelitian terhadap kajian-kajian terdahulu ini menjadi asas penting dalam pembangunan *Flywheel Spring Generator* yang lebih efisien (Vikram Singh, S. A., 2023). Penambahbaikan terhadap aspek reka bentuk, kestabilan putaran dan mekanisme pemindahan tenaga diharapkan mampu menghasilkan sistem yang bukan sahaja berprestasi tinggi, tetapi juga lebih mesra pengguna serta sesuai untuk aplikasi tenaga berskala kecil.

3.0 Metodologi Kajian

Rajah 2 menunjukkan Carta Alir Metodologi Kajian Kejuruteraan yang digunakan sepanjang pelaksanaan Projek Akhir pelajar Politeknik. Metodologi ini membentuk satu rangka kerja sistematik yang merangkumi keseluruhan proses pembangunan projek, bermula daripada pengenalpastian masalah sehingga kepada penghasilan laporan akhir dan cadangan penambahbaikan.



Rajah 2 : Carta alir metodologi kajian kejuruteraan

Proses pertama melibatkan pengenalpastian masalah, di mana penyelidik meneliti isu teknikal, kelemahan sistem sedia ada serta jurang prestasi melalui pemerhatian, analisis awal dan rujukan literatur. Langkah ini memastikan permasalahan yang dikaji adalah relevan, signifikan dan mempunyai asas teknikal yang kukuh. Seterusnya, objektif dan skop kajian ditentukan dengan jelas bagi memastikan penyelidikan dijalankan secara fokus, terarah dan boleh diukur (Wong, K., Lee, J., & Tan, H. (2019).

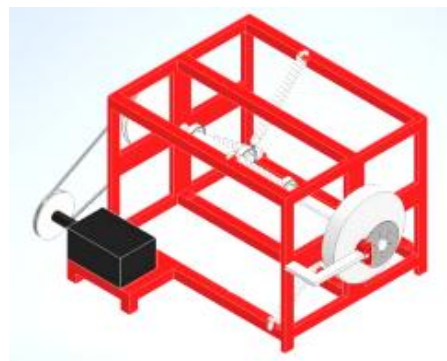
Fasa berikutnya ialah kajian literatur, yang bertujuan mengenal pasti teori asas, prinsip kejuruteraan, teknologi semasa dan hasil penyelidikan terdahulu yang berkaitan. Maklumat ini berfungsi sebagai landasan kepada pemilihan metodologi serta pendekatan teknikal yang bersesuaian. Dalam fasa reka bentuk kajian, penyelidik merangka strategi pelaksanaan termasuk pemilihan kaedah penyelidikan seperti pembangunan prototaip, simulasi, atau ujikaji makmal (Tan, W., Ho, J., & Lim, Y. (2021). Pada peringkat ini juga, pemboleh ubah kajian, alat pengukuran serta reka bentuk eksperimen (Design of Experiment, DOE) ditetapkan.

Seterusnya, proses pembangunan reka bentuk dijalankan melalui penghasilan lakaran konsep, pemilihan bahan, pemodelan 3D CAD serta pembangunan prototaip awal. Proses ini boleh melibatkan pendekatan Rapid Prototyping atau integrasi sistem berasaskan IoT bagi meningkatkan ketepatan dan fungsi prototaip. Setelah prototaip dibangunkan, ujian dan pengesahan dilakukan bagi menilai prestasi, ketepatan dan kebolehpercayaan sistem. Analisis seperti ANOVA, perbandingan bahan atau simulasi komputer digunakan untuk mendapatkan keputusan yang lebih sahih dan konsisten (Mohammed Asif Kattimani, M. A., 2019).

Dalam fasa analisis data, maklumat yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif untuk mengenal pasti corak prestasi, hubungan parameter dan tahap pencapaian objektif kajian. Akhir sekali, perbincangan dan kesimpulan dirumuskan dengan menilai keberkesanan sistem yang dibangunkan, membincangkan kekangan yang dihadapi serta mencadangkan penambahbaikan dan arah kajian masa hadapan (S N Ab Rahim, 2018). Keseluruhan metodologi ini memastikan penyelidikan kejuruteraan dilaksanakan dengan teratur, terancang dan memenuhi piawaian teknikal yang diperlukan dalam bidang industri dan pendidikan teknikal.

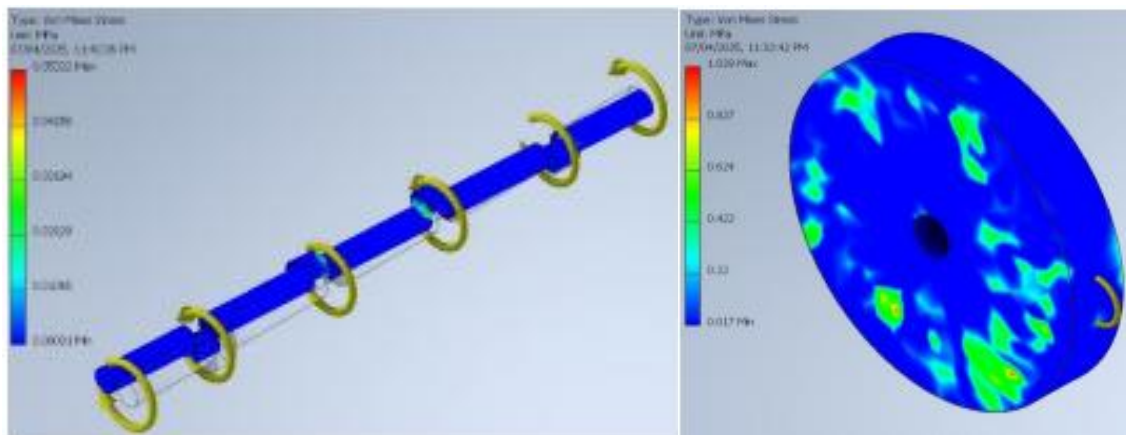
4.0 Analisis Data dan Keputusan

Rajah 3 memperlihatkan reka bentuk prototaip *Flywheel Spring Generator* yang dibangunkan oleh penyelidik. Reka bentuk prototaip ini diberi penekanan khusus terhadap aspek keselamatan, ketahanan struktur serta kestabilan operasi. Bagi memastikan rangka utama mampu menampung beban komponen mekanikal seperti flywheel, spring, shaft dan sistem pemindahan kuasa, kerangka prototaip dibina menggunakan bahan yang lebih kukuh bagi mengelakkan berlakunya keretakan, ubah bentuk atau kegagalan struktur semasa operasi. Selain itu, bahagian atas kerangka turut dilengkapi dengan pemberat yang berfungsi meningkatkan kestabilan keseluruhan sistem (Manasa, D., 2024). Penambahan pemberat ini membantu mengurangkan getaran berlebihan yang terhasil daripada putaran flywheel pada kelajuan tertentu, sekali gus mengelakkan ketidakstabilan yang boleh menjejaskan kecekapan tenaga dan keselamatan pengguna. Reka bentuk ini bukan sahaja memastikan operasi prototaip lebih lancar dan stabil, malah meningkatkan ketahanan jangka panjang serta prestasi sistem penjanaan tenaga yang dibangunkan.



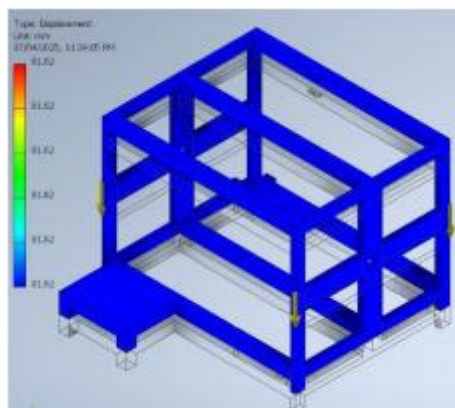
Rajah 3 : Lakaran rekabentuk prototype

Shaft disimulasikan dalam perisian Inventor 2024 dan dikenakan beban momentum (moment) sebanyak 100 Newton meter (Nm) seperti di rajah 4. Analisis Tegasan (Von Mises Stress) merujuk kepada warna pada shaft menunjukkan taburan tegasan Von Mises. Warna merah menandakan kawasan dengan tegasan tertinggi, manakala warna biru menunjukkan kawasan tegasan paling rendah. Kedudukan Tegasan Tertinggi wujud pada kedudukan Tegasan tertinggi biasanya berlaku di sekitar kawasan sambungan atau titik di mana beban dimanfaatkan (N A F Nik Abdullah *et. al.*, 2019). Dalam simulasi ini, kelihatan beberapa zon berwarna hijau kekuningan yang menunjukkan tegasan sederhana hingga tinggi. Shaft mampu menahan beban momen 100 Nm dengan taburan tegasan yang menunjukkan tiada bahagian kritikal yang melebihi had ketahanan bahan. Reka bentuk shaft adalah optimum jika tegasan maksimum berada di bawah nilai had material.



Rajah 4 : Rekabentuk shaft

Warna pada *flywheel* menunjukkan taburan tegasan. Warna hijau kekuningan dan biru mendominasi, yang bermaksud tegasan yang dikenakan adalah pada tahap sederhana hingga rendah di kebanyakan bahagian. Kawasan Tegasan Tinggi wujud pada beberapa titik menunjukkan tegasan yang lebih tinggi, kemungkinan sekitar kawasan sambungan pusat (lubang tengah) di mana putaran dan beban diterima secara langsung. Zon tegasan tertinggi tidak menunjukkan tanda-tanda kegagalan struktur, mengesahkan bahawa *flywheel* direka dengan dimensi dan bahan yang sesuai untuk menahan beban tersebut (S.N. Ab Rahim *et. al.*, 2017).

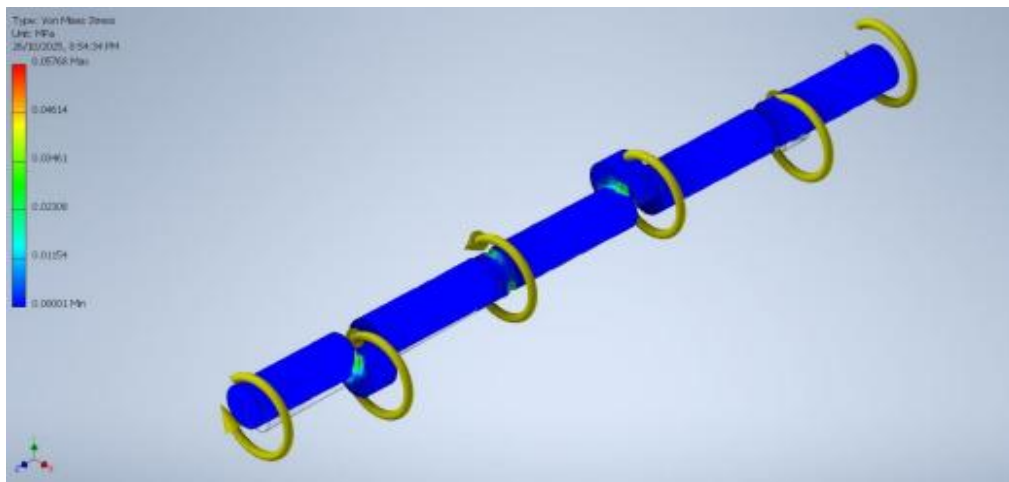


Rajah 5 : Rekabentuk kerangka alat

Perbandingan dengan Had Material untuk memastikan keselamatan dan ketahanan struktur, tegasan maksimum Von Mises pada shaft dan *flywheel* perlu dibandingkan dengan had kekuatan bahan (*yield strength* dan *ultimate tensile strength*) yang digunakan. Tegasan maksimum harus berada di bawah nilai had ini untuk mengelakkan kegagalan material. Analisis Faktor Keselamatan melalui tentukan faktor keselamatan (*safety factor*) berdasarkan perbandingan tegasan maksimum dengan had kekuatan bahan untuk memastikan reka bentuk memenuhi piawaian keselamatan. Jika terdapat kawasan dengan tegasan tertinggi yang hampir dengan had material, reka bentuk boleh diubah suai dengan menambah ketebalan, mengubah geometri atau memilih bahan yang lebih kuat (Vikram Singh, S. A., 2023).

5.0 Hasil dan Perbincangan

Simulasi struktur adalah seperti di rajah 6 menunjukkan bahawa keseluruhan komponen direka menggunakan bahan mild steel, manakala sambungan antara bahagian shaft dilakukan melalui proses kimpalan jenis MIG (Metal Inert Gas). Hasil analisis menunjukkan nilai tegasan maksimum yang dicatatkan adalah sekitar 0.05768 MPa, seperti yang dipaparkan pada skala warna di sebelah kiri rajah simulasi. Warna biru pada gambar menandakan kawasan dengan tegasan paling rendah, manakala warna merah menunjukkan kawasan yang mengalami tegasan tertinggi. Tegasan tertumpu utama ditemui pada bahagian sambungan kimpalan, yang merupakan titik kritikal di mana tekanan dan daya kilasan berkumpul. Bagaimanapun, bahagian utama shaft memperlihatkan taburan tegasan yang rendah dan seragam, menandakan daya kilasan diedarkan secara efektif sepanjang shaft (Mohammed Asif Kattimani, M. A., 2019). Keadaan ini menunjukkan sambungan kimpalan berada dalam keadaan baik tanpa tanda-tanda awal kegagalan struktur atau keretakan. Secara keseluruhan, keputusan simulasi ini membuktikan bahawa shaft yang diperbuat daripada mild steel mampu menampung beban momen yang dikenakan tanpa mengalami tegasan yang melebihi had material. Reka bentuk serta teknik kimpalan yang digunakan adalah sesuai dan mencukupi untuk memastikan kestabilan serta kebolehpercayaan struktur shaft dalam aplikasi yang dirancang (Lad, M. Y., 2018).



Rajah 6 : Analisa keputusan Von Mises Stress

Rekabentuk Flywheel Spring Generator sangat penting untuk memastikan mesin berfungsi dengan baik, mudah digunakan dan selamat. Dalam perancangan, ia perlu mempertimbangkan keadaan persekitaran serta pengguna bagi menentukan ukuran, bentuk, komponen, dan bahan yang sesuai. Faktor ergonomi juga kritikal, termasuk reka bentuk kerangka yang selesa, ringan, dan mudah dikendalikan tanpa risiko kecederaan (M.A. Lajis. 2017). Selain itu, kemudahan penggunaan dan penyelenggaraan harus diberi perhatian. Rekabentuk yang menarik dan berfungsi dengan baik bukan sahaja meningkatkan kebolehgunaan tetapi juga dapat menarik minat pengguna, menjadikan alat ini lebih praktikal.

6.0 Kesimpulan

Secara keseluruhan, pengkaji berjaya membuktikan objektif kajian melalui ujian keberkesanan Flywheel Spring Generator di kawasan perumahan pedalaman. Alat yang direka berfungsi dengan baik dan memenuhi tujuan projek. Rekabentuk yang dihasilkan lebih mudah alih, efisien, dan mesra pengguna berbanding flywheel generator sedia ada, sesuai untuk kegunaan kecemasan. Inovasi penggunaan spring sebagai sumber tenaga mekanikal yang ditukar kepada tenaga elektrik, disokong oleh bateri, meningkatkan kecekapan penggunaan tenaga. Pendekatan ini menyokong penjimatan tenaga dan kelestarian alam sekitar tanpa mencemarkan, menjadikan sistem ini praktikal dan lestari.

Rujukan

- Chindamani Meyyapan, R. C. (2022). Generation of Free Energy using a Compact Flywheel. Research Gate, 1-7.
- Daiv, P. A. (2022). Free Energy Generation. International Journal of Creative Research Thought.
- Gorsa, R. K. (2024). Design and Fabrication of Energy Conservation System Using Flywheel. International Journal for Multidisciplinary Research, 13.
- Lad, M. Y. (2018). Free Energy Generation by Using Flywheel. International Journal of Advance Research in Science and Engineering, 1255-1260.
- Lwin, J. T. (2018). Design Calculation of Flywheel Free Energy Generating System with Motor-Generator, 167-171.
- M Z Mahadzir, S N Ab Rahim, 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
- M.A. Lajis, S.N. A Rahim (2017), Effects on Mechanical Properties of Solid State Recycled Aluminium 6061 by Extrusion Material Processing, 730, 317–320
- Mahesh A. Marathe, P. D. (2017). Improvement in Design of Flywheel to Increase Efficiency of Human Efforts to Generate Electricity. International Cpnference Proceeding, 226-232.
- Manasa, D. (2024). Design and Fabrication of Energy Conservation System Using Flywheel. International Journal for Multidiciplinary Research, 13.
- Mohammed Asif Kattimani, M. A. (2019). Free Energy Using Flywheel. Research Gate, 200-210.

- N A F Nik Abdullah, S N Ab Rahim, M Z Mahadzir, 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
- Patil, R. (2018). ergonomic design and developement of flywheel in exercise equipment for energy generation, 1818-1824.
- Bharat M. Jibhakate, J. P. (2017). Review of Free Energy Generator using Flywheel. International Research Journal of Engineering and Technology, 2021-2023.
- 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. A. Lajis (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>
- Tan, W., Ho, J., & Lim, Y. (2021). Challenges and improvements in solar-powered insect traps. Renewable Energy Research, 34(5), 210-225.
- Vikram Singh, S. A. (2023). Energy Free Flywheel. International Journal of Research Publication and Reviews.
- W Priawandiputra, AD Permana (2015), Efektifitas Empat Perangkap Serangga dengan Tiga Jenis Atraktan di Perkebunan Pala Nu-Rancang Bangun Perangkap
- 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.