

Beg Penghantar Berkuasa Solar

Solar Powered Delivery Bag

**Muhammad Arman Shah Mohd Khairi¹, Mohd Irfan Hazim Mohd Khairizal¹,
Muhammad Iqbal Mohd Norul Yusli¹, Tuan Mohd Hafeez Tuan Ibrahim^{*1,2}**

¹ Department of Mechanical Engineering, Centre for Diploma Studies,

Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Pagoh Higher Education Hub, 84600 Pagoh, Johor, MALAYSIA

² Sustainable Product Development (S-ProuD), Centre for Diploma Studies,

Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Pagoh Higher Education Hub, 84600 Pagoh, Johor, MALAYSIA

*Pengarang Utama: mohdhafeez@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/mari.2026.07.01.026>

Maklumat Artikel

Diserah: 01 Oktober 2025

Diterima: 30 November 2025

Diterbitkan: 15 Januari 2026

Kata Kunci

Beg Solar, Tenaga Alternatif, Panel Solar, Rakan Penghantar

Abstrak

Ekonomi gig yang merujuk kepada sistem yang pekerjaannya bersifat sementara atau sambilan yang kini kian berkembang hari demi hari. Pelbagai pekerjaan di bawah ekonomi gig ini dan diantaranya ialah penghantar makanan. Telefon pintar adalah alatan utama yang digunakan oleh rakan penghantar untuk menyelesaikan tugas. Tujuan pembangunan projek ini adalah bertujuan untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi seperti kapasiti telefon pintar yang terhad. Projek ini terdiri daripada tiga fasa kejuruteraan dalam pembangunan projek. Tiga fasa iaitu mengenalpasti masalah, melakar reka bentuk dan juga pengiraan. Beg ini berfungsi apabila adanya cahaya matahari untuk mengecap bateri di dalam beg yang akan menyimpan tenaga ketika cuaca mendung, hujan atau pada waktu malam. Dengan adanya inovasi ini maka terhasil sebuah beg yang dilengkapi dengan sistem solar yang dijadikan sebagai tenaga alternatif untuk rakan penghantar. Secara keseluruhannya, projek ini telah mencapai objektif kajian. Namun begitu, masih terdapat ruang untuk penambahbaikan dalam reka bentuk produk dan penggunaan aplikasi.

Keywords

Solar Bags, Alternative Energy, Solar Panels, Delivery Partner

Abstract

The gig economy refers to a system where jobs are temporary or part-time in nature, and it is growing steadily by the day. There are various types of work within the gig economy, one of which is food delivery. The smartphone is the main tool used by delivery partners to complete their tasks. The purpose of this project is to address issues faced by delivery partners, such as the limited battery capacity of smartphones. This project consists of three engineering phases in its development: identifying the problem, sketching the design, and performing calculations. The bag functions using sunlight to charge a battery inside the bag, which stores energy for use during cloudy weather, rain, or at night. With this innovation, a bag equipped with a solar system has been created, serving as an alternative power source for delivery partners. Overall, the project has achieved the study's objectives. However, there is still room for improvement in product design and app usage.

1. Pengenalan

Ekonomi gig ialah sistem pasaran bebas di mana pekerjaan biasanya bersifat sementara dan fleksibel yang mana syarikat yang cenderung untuk mengambil kontraktor bebas dan bukannya sepenuh masa seperti penuntut universiti, pelajar lepasan SPM dan orang yang telah berpenecen ataupun tamat perkhidmatan [1]. Ekonomi gig merupakan sub-sektor bagi sektor perkhidmatan. Sektor perkhidmatan merupakan tunjang utama ekonomi Malaysia. Di Kuala Lumpur, ekonomi gig sedang berkembang pesat dan amat tinggi permintaannya kerana ibu kota kita sememangnya sebuah bandar yang sangat sibuk dan juga selalu menghadapi masalah kesesakan lalu lintas. Sebagai alternatif lain yang praktikal untuk pekerja-pekerja yang bekerja di sekitar ibu kota dalam usaha mereka untuk membeli makanan, mereka kini mempunyai pilihan yang lebih mudah dan efisien melalui penggunaan perkhidmatan penghantaran makanan secara dalam talian. Platform-platform seperti Grab, Food Panda, Misi Delivery, Shopee Food, LalaMove, dan Makan by matdespatch. Dapat dilihat jumlah pekerja perkhidmatan penghantaran makanan ini makin bertambah kerana peluang pekerjaan dalam sektor lain terhad.

Menurut Unit Penyelidikan, Analitik dan Teknologi Maklumat (RAIT) Unit Peneraju Agenda Bumiputera (TERAJU), 70.8% pekerja penghantaran makanan bekerja diantara 49 jam 6 sehingga 84 jam seminggu dan hanya 22.3% daripada pekerja penghantaran makanan ini bekerja kurang daripada 49 jam seminggu [2]. Dalam erti kata lain, rakan penghantar di Malaysia bekerja pada tempoh waktu yang lebih tinggi berbanding pekerja-pekerja biasa. Sebagai penghantar makanan, terdapat pelbagai cabaran yang perlu dihadapi setiap hari bekerja. Seperti yang kita tahu, penggunaan telefon pintar dalam pekerjaan menghantar makanan ini sangat penting. Hal ini kerana penghantar makanan perlu sentiasa menggunakan petunjuk jalan contohnya, Waze atau Google Maps. Dengan penggunaan petunjuk jalan ini, penghantar makanan dapat menghantar makanan pelanggan ke alamat yang tepat. Walaubagaimanapun, penggunaan telefon pintar yang berterusan akan memberi kesan kepada penghantar makanan. Ini kerana, purata kapasiti bateri yang besar bagi telefon pintar kini hanya 6000mAh hingga 7000mAh sahaja. Anggaran kasar ketahanan bateri 6000-7000 mAh hanya bertahan 4-5 jam sahaja jika digunakan secara berterusan [3], [4]

Oleh hal yang demikian, projek ini adalah untuk menambahbaik beg rakan penghantar dengan menambah tenaga solar berserta tempat untuk mengecas telefon. Seterusnya, beg ini berfungsi bagi memastikan rakan penghantar mempunyai tenaga elektrik yang mencukupi sepanjang masa bekerja kerana ada dalam kalangan rakan penghantar yang membawa lebih daripada dua buah telefon pintar untuk kegunaan kerja [5]. Oleh itu, tenaga elektrik yang diperlukan adalah banyak pada satu masa. Beg ini membolehkan rakan penghantar mengecas telefon pintar secara langsung semasa bekerja. Ini sangat membantu untuk mengekalkan komunikasi dan akses kepada aplikasi penghantaran tanpa perlu mencari sumber kuasa dan daripada berhenti di sesuatu tempat seperti masjid, surau dan tempat yang mempunyai sumber tenaga untuk mengecas telefon. Oleh itu, apabila peranti sentiasa dicas, rakan penghantar dapat beroperasi lebih lama tanpa sebarang gangguan. Penghantar tidak perlu berhenti untuk mengecas peranti membolehkan menerima lebih banyak pesanan atau penghantaran dalam sehari. Selain itu juga, mengurangkan penggunaan 'powerbank' yang akan menggunakan ruang di dalam bakul serta dapat menjimatkan duit daripada membeli 'powerbank'. Projek yang bakal dijalankan ini dilengkapi dengan satu panel solar, tempat penyimpanan tenaga yang mudah alih dan wayar mudah alih. Dengan teknologi pengecasan solar, beg ini mengurangkan kebergantungan pada sumber tenaga konvensional. Ini sejajar dengan misi kelestarian, tenaga hijau menjadi asas kepada infrastruktur bandar dan alam sekitar. Walaubagaimanapun, tenaga solar merupakan tenaga alternatif kerana penghasilan tenaga dan tenaga solar sepenuhnya bergantung kepada cahaya matahari.

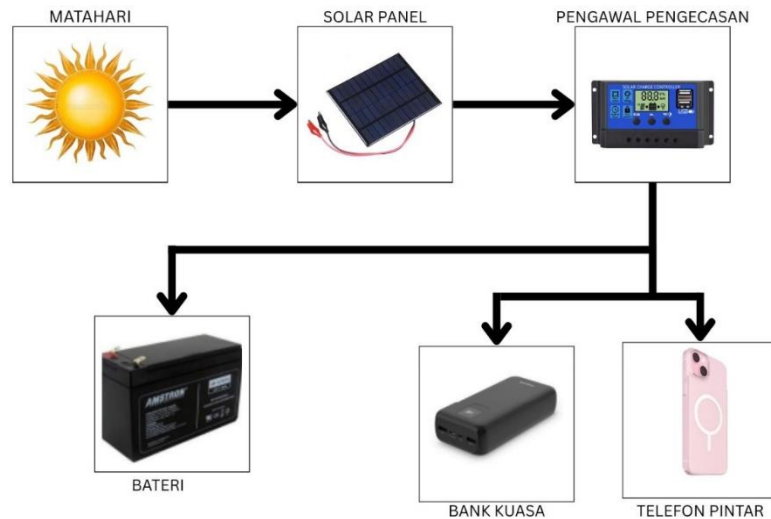
2. Reka Bentuk Beg Penghantar Berkuasa Solar

2.1 Konsep Kerja

Beg penghantar berkuasa solar ini dibangunkan berdasarkan konsep pengecasan mudah alih menggunakan tenaga boleh diperbaharui. Panel solar yang dipasang pada bahagian luar beg menyerap cahaya matahari dan menukarkannya kepada tenaga elektrik dalam bentuk arus terus (DC) [3]. Tenaga ini disalurkan ke pengawal pengecasan bagi mengawal voltan dan arus yang masuk ke bateri simpanan. Tenaga yang disimpan akan digunakan untuk mengecas peranti mudah alih seperti telefon pintar melalui penukar arus terus ke arus terus yang mempunyai had arus sehingga 2 Ampere secara terus semasa penghantar bertugas.

Berdasarkan Rajah 1, beg penghantar yang dibangunkan ini direka untuk menyokong keperluan penghantar makanan dalam penggunaan telefon pintar sepanjang hari. Sistem ini mampu menghasilkan output pengecasan stabil melalui sumber tenaga solar yang disimpan dan disalurkan secara cekap. Antara komponen utama yang membentuk sistem output ialah sebuah powerbank berkapasiti 10,000 mAh yang berfungsi sebagai storan tenaga mudah alih. Powerbank ini menyimpan tenaga elektrik yang dijana daripada panel solar dan digunakan untuk mengecas peranti mudah alih. Proses sistem solar bermula dengan panel solar yang berfungsi untuk menyerap cahaya matahari dan menukarkannya kepada tenaga elektrik dalam bentuk arus terus (DC). Tenaga elektrik daripada panel solar akan dihantar terlebih dahulu ke pengawal pengecasan sistem solar. Tenaga ini akan

disalurkan ke bateri untuk tujuan penyimpanan sebelum digunakan [6]. Akhir sekali, tenaga elektrik disalurkan ke penukar arus melalui pengawal pengecasan untuk digunakan.



Rajah 1 Perincian Konsep kerja

Peranti utama yang disasarkan untuk pengecasan ialah telefon pintar yang mempunyai kapasiti bateri sebanyak 5,000 mAh. Ini bermaksud, dengan satu unit powerbank penuh, pengguna boleh mengecas telefon sekurang-kurangnya satu kali penuh dan masih mempunyai lebih tenaga untuk kegunaan lain. Tenaga elektrik dari panel solar disalurkan terlebih dahulu ke pengawal pengecasan cas solar jenis PWM (Pulse Width Modulation) yang berfungsi menstabilkan voltan dan mencegah berlakunya overcharging atau kerosakan pada bateri. Penggunaan PWM dipilih kerana ia sesuai untuk sistem kecil dan kos rendah seperti projek ini.

Seterusnya, sistem ini juga dilengkapi dengan penukar kuasa USB solar jenis penukar arus terus 22 V kepada 5 V yang bertindak menurunkan voltan daripada panel solar kepada tahap voltan yang sesuai untuk pengecasan peranti mudah alih. Penukar arus terus kepada arus terus ini memastikan arus yang dihantar adalah selamat, stabil, dan serasi dengan port USB peranti pengguna. Keseluruhan gabungan ini membentuk satu sistem pengecasan solar yang efisien, mudah alih dan sesuai digunakan dalam rutin harian penghantar makanan tanpa perlu bergantung kepada sumber elektrik konvensional.

2.2 Pengiraan

Pengiraan ini bertujuan untuk menentukan jumlah penggunaan tenaga harian sistem serta kapasiti bateri yang diperlukan bagi memastikan beg pengecas solar ini dapat menyokong operasi penghantar makanan selama sekurang-kurangnya 6 jam penggunaan aktif.

- Powerbank 10,000 mAh (5V, 2A, 10W)
- Telefon Pintar (5V, 0.25A, 1.25W)
- Pengawal Cas Solar (12V, 0.01A, 0.12W)
- Penukar Kuasa USB Solar (5V, 2A, Kecekapan: 93%, 11.46W)

$$\begin{aligned}
 \text{Kuasa Input} &= \text{Kuasa Output} / \text{Kecekapan} \\
 &= 1.25 \text{ W} / (93 \div 100) \\
 &= 1.34 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Penggunaan, Tenaga Harian} \\
 &= 10 \text{ W} + 0.12 \text{ W} + 1.34 \text{ W} \\
 &= 11.46 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Jumlah keseluruhan penggunaan kuasa bagi sistem ini adalah sebanyak 11.46 W. Ini merangkumi semua komponen yang akan beroperasi secara serentak semasa penggunaan sebenar.

1. Penggunaan Tenaga Harian, Tenaga Harian
 $= 11.46 \text{ W} \times 6 \text{ jam}$
 $= 68.76 \text{ Wh / hari}$

Seterusnya, pengiraan dibuat untuk mendapatkan kapasiti bateri yang diperlukan bagi menyokong keperluan tenaga tersebut selama 6 jam operasi setiap hari. Hasil pengiraan menunjukkan keperluan tenaga harian adalah 68.76 Wh. Dengan mengambil kira kedalaman nyahcas (DoD) bateri sebanyak 95%, jumlah kapasiti yang diperlukan meningkat kepada 72.38 Wh, bersamaan dengan 6.03 Ah jika menggunakan bateri 12V.

Menggunakan bateri 12 V dengan kedalaman nyahcas (DoD) 95%:
 Kapasiti Bateri = Tenaga Harian / DoD
 $= 68.76 \text{ Wh} / 0.95$
 $= 72.38 \text{ Wh / hari}$

Tukar kepada ampere-jam (Ah):
 Kapasiti Bateri = $72.38 \text{ Wh} / 12 \text{ V}$
 $= 6.03 \text{ Ah}$

Secara keseluruhan, pengiraan ini membantu memastikan sistem yang direka mempunyai bateri yang mencukupi, serta setiap komponen dalam sistem berada dalam julat penggunaan kuasa yang praktikal dan efisien untuk operasi harian penghantar makanan.

2.3 Reka Bentuk

Reka bentuk ini bertujuan untuk menghasilkan beg yang mempunyai teknologi solar yang berfungsi sebagai penjana kuasa mudah alih dan sebagai sumber kuasa alternatif di motosikal apabila menggunakan beg ini. Beg ini dilengkapi dengan panel solar, 'powerbank' dan sistem kawalan pengecasan untuk memenuhi keperluan rakan penghantar yang memerlukan tenaga elektrik semasa bekerja. Komponen utama yang ada dalam beg ini adalah panel solar, bateri, powerbank, pengawal pengecasan, wayar penyambung dan beg. Beg yang diperbuat daripada kain nilon yang berlaminasi vinil, mempunyai lapisan aluminium [2] Beg yang tahan lasak, kalis air dan dapat mengekalkan suhu dalaman beg dalam masa yang tertentu. Beg yang mudah alih yang praktikal untuk dibawa kemanamana dengan mempunyai tali pengikat yang stabil dan boleh dilaras. Beg yang ergonomik ini boleh diletakkan pada bahagian belakang motor dan tidak membahayakan pengguna. Beg yang stabil kerana saiznya yang simetri. Seterusnya, beg yang mesra alam kerana menggunakan tenaga solar sebagai sumber utama alternatif dan mengurangkan tenaga konvensional.

Pada bahagian panel solar pula, bahan yang digunakan ialah silikon polihablur yang berwarna hitam. Seterusnya, panel solar ini menghasilkan tenaga sebanyak 20-Watt dengan voltan kerja sebanyak 12 Volt dan voltan litar terbuka sebanyak 13.6 Volt. Memberikan kecekapan yang sederhana sekitar 19.5%. Selain itu, panel solar ini bersaiz tidak terlalu besar iaitu seluas 13.6cm x 11cm sahaja untuk satu keping. Dalam projek ini, panel solar yang digunakan ialah 2 keping. Oleh itu, luas sebenar panel solar ini ialah 27.2cm x 22cm. Bateri ini dilengkapi dengan saiz bateri 12V 7.0Ah jenis Rechargeable Sealed Lead Acid, sangat sesuai untuk digunakan oleh pelbagai peranti. Arus maksimum ialah sebanyak 2.40A, bateri ini berukuran 15cm panjang, 6.5cm lebar, dan 9.5cm tinggi dan berat 2kg. Seterusnya, pengawalan pengecasan bagi sistem ini mempunyai ciri automatik yang menyokong voltan bateri 12V atau 24V dengan arus pengecasan maksimum sebanyak 30A. Selain itu, pengawalan pengecasan ini dilengkapi dengan port USB yang berfungsi sebagai output pengecasan sebanyak 5V/2A, sesuai untuk mengecap peranti mudah alih seperti telefon pintar.



(a)



(b)

Rajah 2 (a) Reka bentuk akhir (b) Produk akhir

3. Keputusan dan Perbincangan

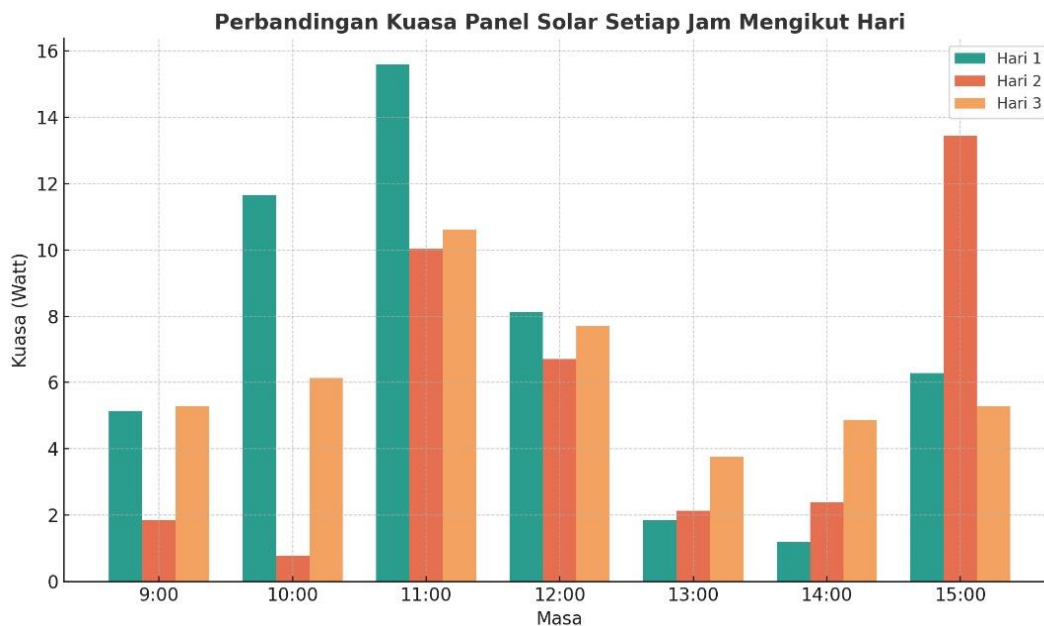
Ujian prestasi dijalankan untuk menilai keupayaan sebenar sistem pengecasan solar dalam menghasilkan tenaga yang mencukupi untuk mengecas peranti mudah alih seperti telefon pintar. Ujian dilakukan dalam dua keadaan utama, iaitu di bawah cahaya matahari mengikut waktu tertentu iaitu waktu pagi, tengah hari dan petang. Kedudukan panel solar adalah seperti Rajah 2(b). Panel solar berkuasa 20W voltan dan arus yang dijana oleh panel juga dicatatkan dengan menggunakan multimeter digital bagi mengukur keberkesanan penukaran tenaga suria kepada elektrik. Jadual 1 menunjukkan Hasil Pengujian Sistem Solar.

Jadual 1 Hasil Pengujian Sistem Solar

Masa/Hari	Voltan Panel Solar (V)			Arus Panel Solar (A)			Watt (W)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
9:00	12.78	12.54	12.79	0.40	0.15	0.41	5.15	1.86	5.29
10:00	13.23	12.46	12.85	0.88	0.06	0.48	11.65	0.79	6.13
11:00	13.49	13.12	13.16	1.16	0.76	0.81	15.60	10.02	10.61
12:00	12.99	12.89	12.96	0.63	0.52	0.59	8.13	6.70	7.70
13:00	12.54	12.56	12.68	0.15	0.17	0.30	1.86	2.13	3.77
14:00	12.49	12.58	12.76	0.10	0.19	0.38	1.19	2.40	4.87
15:00	12.86	13.35	12.79	0.49	1.01	0.41	6.28	13.45	5.29
Purata	12.91	12.79	12.86	0.54	0.41	0.48	7.12	5.34	6.24

Merujuk kepada Jadual 1, purata penghasilan kuasa (V) pada hari pertama adalah yang tertinggi dan diikuti hari ketiga dan juga hari kedua. Pada hari pertama, purata penghasilan sebanyak 12.91 V, diikuti hari ketiga iaitu sebanyak 12.86 V dan yang terakhir pada hari kedua sebanyak 12.79 V. Kemudian, nilai arus juga turut dicatat. Purata nilai arus (A) pada hari pertama sebanyak 0.54 A, diikuti hari kedua sebanyak 0.41 A dan hari ketiga sebanyak 0.48. Pengiraan nilai watt (W) dilakukan bagi mendapati penghasilan tenaga yang mencukupi bagi seorang rakan penghantar. Setelah mengira nilai watt (W), hasil yang didapati adalah sebanyak 7.12 W pada hari pertama, 5.34 W pada hari kedua dan 6.24 W pada hari ketiga.

Seterusnya, Rajah 2 di bawah merujuk kepada perbandingan kuasa panel solar yang dihasilkan mengikut jam. Daripada carta bar tersebut, kuasa yang tertinggi didapati pada jam 11 pagi hari pertama iaitu sebanyak 13.49 V manakala kuasa yang terendah pada jam 10 pagi hari kedua iaitu 12.46 V.



Rajah 2 Analisis Graf

Akhir sekali, sistem ini dapat mengumpul jumlah tenaga harian sebanyak 49.86 W pada hari pertama, 37.35 W pada hari kedua dan hari terakhir adalah sebanyak 43.66 W. Oleh itu jumlah penghasilan tenaga adalah daripada 37.35 W sehingga 49.86 W. Antara faktor yang mempengaruhi hasil diatas adalah intensiti cahaya, cuaca yang lembap atau panas dan permukaan panel solar yang dilindungi oleh bayang-bayang kawasan persekitaran. Oleh itu, sistem ini mendapat jumlah hasil yang berbeza-beza bagi ketiga-tiga hari pengujian sistem ini.

4. Kesimpulan

Secara keseluruhan, pembangunan beg penghantar berkuasa solar ini telah berjaya mencapai objektif utama iaitu menyediakan sumber tenaga alternatif yang mampan dan mudah alih untuk kegunaan penghantar makanan. Dalam era digital dan perkembangan ekonomi gig yang semakin pesat, keperluan terhadap penggunaan telefon pintar sebagai alat navigasi dan komunikasi adalah sangat kritikal. Justeru, penyelesaian seperti beg berkuasa solar ini amat diperlukan bagi memastikan penghantar dapat melaksanakan tugas harian tanpa gangguan akibat kehabisan bateri.

Melalui pendekatan teknikal yang teliti, sistem ini dibina menggunakan panel solar polihablur berkapasiti 20W yang mampu menukarkan cahaya matahari kepada tenaga elektrik. Tenaga tersebut disalurkan melalui pengawal cas jenis PWM dan disimpan dalam powerbank berkapasiti tinggi yang seterusnya digunakan untuk mengecas peranti mudah alih seperti telefon pintar. Berdasarkan hasil pengiraan dan ujian prestasi, sistem ini menunjukkan keupayaan menghasilkan tenaga antara 37.35W hingga 49.86W sehari bergantung kepada keadaan cuaca dan intensiti cahaya matahari. Ini membuktikan bahawa sistem tersebut mampu menyokong penggunaan peranti secara berterusan sekurang-kurangnya selama enam jam sehari tempoh yang mencukupi untuk kebanyakan sesi penghantaran makanan.

Selain aspek teknikal, reka bentuk beg juga menitikberatkan aspek ergonomik dan keselamatan pengguna. Bahan yang digunakan adalah tahan lasak, kalis air dan mempunyai keupayaan mengekalkan suhu dalaman, menjadikan ia sesuai digunakan dalam pelbagai keadaan cuaca. Tambahan pula, dengan berat dan saiz yang seimbang, beg ini boleh digunakan dengan mudah pada motosikal tanpa menjejaskan kestabilan penghantar semasa menunggang. Dari sudut kelestarian, projek ini turut menyumbang kepada pengurangan kebergantungan terhadap tenaga elektrik konvensional dan mempromosikan penggunaan tenaga boleh diperbaharui.

Kesimpulannya, inovasi beg penghantar berkuasa solar ini bukan sahaja berfungsi sebagai alat pengecas mudah alih, malah memberi nilai tambah dalam aspek produktiviti, keberkesanan masa, dan kesejahteraan pekerja gig. Dengan peningkatan penggunaan tenaga hijau serta sokongan terhadap reka bentuk produk yang mesra pengguna dan alam sekitar, projek ini berpotensi besar untuk dikembangkan secara komersial dan digunakan secara lebih meluas dalam industri penghantaran makanan di Malaysia.

Penghargaan

Para penulis merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Pusat Pengajian Diploma (CeDS), Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas sokongan yang telah diberikan sepanjang projek ini dijalankan. Ucapan terima kasih yang tulus juga ditujukan kepada semua ahli kumpulan atas komitmen, kerjasama, dan dedikasi yang tidak berbelah bahagi dalam memastikan kejayaan projek ini.

Konflik Kepentingan

Penulis mengumumkan bahawa tidak ada konflik kepentingan yang berkaitan dengan penerbitan makalah ini.

Sumbangan Penulis

Penulis mengesahkan sumbangan kepada kertas ini seperti berikut: **konsepsi dan reka bentuk kajian:** Muhammad Arman Shah Mohd Khairi, Mohd Irfan Hazim Mohd Khairizal; **pengumpulan data:** Muhammad Arman Shah Mohd Khairi, Mohd Irfan Hazim Mohd Khairizal; **analisis dan interpretasi hasil:** Muhammad Arman Shah Mohd Khairi, Mohd Irfan Hazim Mohd Khairizal, Muhammad Iqbal Mohd Norul Yusli; **penyediaan draf manuskrip:** Muhammad Arman Shah Mohd Khairi, Mohd Irfan Hazim Mohd Khairizal, Muhammad Iqbal Mohd Norul Yusli, Tuan Mohd Hafeez Tuan Ibrahim. Semua penulis telah mengkaji hasil dan meluluskan versi terakhir manuskrip.

Rujukan

- [1] H. Singh, "Gig Workers: A Comprehensive Analysis of the Rise, Challenges, and Future of the Gig Economy," *International Journal For Multidisciplinary Research*, vol. 6, no. 5, Oct. 2024.
- [2] G. Liu, Z. Wang, B. Bao, Z. Ouyang, C. Du, F. Liu, et al., "Construction of sustainable and multifunctional polyester fabrics via an efficiently and eco-friendly spray-drying layer-by-layer strategy," *J Colloid Interface Sci*, vol. 588, pp. 50–61, Apr 2021.
- [3] A. Ghazali M. and A. M. Abdul Rahman, "The Performance of Three Different Solar Panels for Solar Electricity Applying Solar Tracking Device under the Malaysian Climate Condition," *Energy and Environment Research*, vol. 2, no. 1, May 2012.
- [4] T. Hidayat, B. Romadhon, E. Nurcahyo, and W. P. Muljanto, "Comparative Analysis of the Performance of Monocrystalline, Polycrystalline, and Monocrystalline Solar Cells Coated with Graphene," 2022. [Online]. Available: <http://ijses.com/>
- [5] H. Habibollahi Najaf Abadi, J. W. Herrmann, and M. Modarres, "Measuring and Indexing the Durability of Electrical and Electronic Equipment," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 19, Oct 2023.

- [6] C. A. Osaretin, "*Design and Implementation of a Solar Charge Controller with Variable Output*," Journal of Electrical and Electronic Engineering, vol. 12, no. 2, 2016.