

Aplikasi Tenaga Solar dalam Industri Pembuatan Malaysia: Analisis Cabaran dan Faktor Kejayaan

(Solar Energy Application in Malaysia's Manufacturing Industry: Analysis of the Challenges and Success Factors)

Sharni Ahamad Sabki^a, Hawa Hishamuddin^{ab*}, Muhammad Idham Sabtu^a & Zaliha Wahid^{ab}

^a*Department of Mechanical & Manufacturing Engineering, Faculty of Engineering & Built Environment, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia*

^b*Center for Automotive Research, Faculty of Engineering & Built Environment, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia*

*Corresponding author: hawa7@ukm.edu.my

Received 17 May 2024, Received in revised form 24 July 2024
 Accepted 24 August 2024, Available online 30 January 2025

ABSTRACT

This study analyzes challenges and success factors in the use of solar energy in Malaysia's manufacturing sector. A hierarchical tree based on the Analytical Hierarchy Process (AHP) method was modeled to identify the sub-criteria of challenge aspects and success factors. A questionnaire study based on the sub-criteria was conducted on 30 respondents among supervisors and above from various companies involved in the electrical, electronic, and mechanical manufacturing industries that employ machines intensively in the Klang Valley area, Malaysia. Data for the study were collected from survey respondents' evaluations. The collected data was analyzed using the AHP method. Findings show that there is a significant positive relationship between the challenges and success factors of implementing solar energy in the manufacturing industry in Malaysia. As a result of the study, government initiatives are the key challenges and success factors for the industry involved in utilizing solar energy. The development of a framework for solving the challenge of using solar energy in the industry has been proposed. As a result, the framework can provide added value to government and funding agencies involved in improving Malaysia's solar energy policy. This contribution will assist them with drafting, developing, and improving existing policies and plans, thereby, leading to more solar energy usage in Malaysia's manufacturing industry.

Keywords: Challenges; success factors; solar energy usage; renewable energy; manufacturing

ABSTRAK

Kajian ini menganalisis cabaran dan faktor kejayaan bagi penggunaan tenaga solar dalam sektor pembuatan di Malaysia. Pohon hierarki berdasarkan kaedah Analytical Hierarchy Process (AHP) telah dimodelkan untuk mengenal pasti sub-kriteria bagi aspek cabaran dan faktor kejayaan. Kajian soal selidik berdasarkan sub-kriteria tersebut telah dijalankan ke atas 30 responden dalam kalangan penyelia dan pengurus atasan daripada pelbagai syarikat yang terlibat dalam industri pembuatan elektrik, elektronik dan mekanikal yang menggunakan mesin secara intensif di kawasan Lembah Klang, Malaysia. Pengambilan data diperolehi berdasarkan penilaian responden bagi kajian soal selidik. Data tersebut kemudiannya dianalisis menggunakan kaedah AHP. Dapatan kajian menunjukkan terdapat hubungan positif yang signifikan antara cabaran dan faktor kejayaan pelaksanaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia. Inisiatif kerajaan merupakan cabaran utama dan faktor kejayaan bagi industri yang terlibat dalam menggunakan tenaga solar. Pembangunan rangka kerja untuk mengatasi cabaran penggunaan tenaga solar dalam industri telah dicadangkan. Kepentingan rangka kerja ini boleh memberi nilai tambah kepada kerajaan dan agensi pembiayaan yang terlibat dalam menambahbaik dasar tenaga solar di Malaysia. Sumbangan ini dapat membantudalam merangka, membangun, menambahbaik dasar dan perancangan sedia ada, dengan tujuan membawa kepada lebih banyak penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia.

Kata kunci: Cabaran; faktor kejayaan; penggunaan tenaga solar; tenaga boleh diperbaharui; pembuatan

PENGENALAN

Pelaburan dalam pelan tenaga bersih perlu dilakukan dengan segera untuk persediaan awal dalam pengurusan masa hadapan bagi syarikat yang berpotensi untuk melakukan segala perubahan berdasarkan peraturan negara atau secara global. Peningkatan penggunaan tenaga boleh diperbaharui dalam rantaian bekalan juga berpotensi meningkatkan pendapatan syarikat hasil penjimatan dengan pembelian daripada pembekal-pembekal elektrik. Syarikat kini semakin memilih untuk membeli dan melabur dalam penggunaan tenaga boleh diperbaharui bagi menunjukkan keprihatinan dan tanggungjawab mereka terhadap alam sekitar dan masyarakat.

Penggunaan sumber tenaga boleh diperbaharui membawa kepada inovasi rantaian bekalan syarikat dan merupakan arah aliran masa hadapan bagi rantaian bekalan syarikat. Tenaga boleh diperbaharui boleh memberikan faedah kos dan mengurangkan risiko merentasi rantaian bekalan. Motyka (2016) memberikan pandangan tentang pemasangan alatan tenaga boleh diperbaharui seperti panel solar dan kincir angin dengan peranti penyimpanan dan sel bahan api boleh menampung penggunaan kuasa operasi syarikat dan fungsi rantaian bekalan. Beliau juga menekankan bahawa pelan perolehan tenaga boleh diperbaharui adalah cara pengurusan risiko yang aktif hasil daripada perubahan kawal selia dan pematuhan baharu kerajaan terhadap perubahan iklim global pada masa hadapan.

Setiap syarikat yang melabur dan menggunakan tenaga solar pasti memberi perhatian kepada penjimatan kos operasi melalui pelbagai inovasi kelestarian dalam rantaian bekalan. Namun, dengan kos pembuatan panel solar daripada harga bahan yang terus meningkat menambahkan tekanan ke atas keuntungan kasar, pengaruh daripada pihak berkepentingan dan kesan alam sekitar daripada penggunaan bahan pembuatan panel solar. Di samping itu, tindak balas pesaing yang agresif terhadap program kelestarian dan sumber tenaga solar yang bersela disebabkan faktor luar kawalan seperti cuaca turut memberi kesan kepada rantaian bekalan syarikat.

Syarikat juga mengemukakan pelbagai justifikasi untuk menyokong keseimbangan pelaburan dan penggunaan tenaga solar bagi rantaian bekalan yang melibatkan peningkatan kos operasi serta peningkatan kos jualan produk. Perkara ini memberi kesan pelaburan yang tinggi terhadap kos yang terpaksa ditanggung berikutan kos

permulaan pelaburan untuk menyediakan kemudahan tenaga solar pada syarikat tersebut.

Memandangkan masih belum terdapat kajian mengenai ketersediaan syarikat bagi industri pembuatan di Malaysia terhadap mengenalpasti cabaran dan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan ini, maka terdapat kepentingan untuk menjalankan kajian seperti ini. Dapatan daripada kajian ini diharapkan dapat membantu pihak berkepentingan membuat keputusan dalam penggunaan tenaga solar dan pihak kerajaan boleh memperkenalkan insentif bagi menggalakkan penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia.

Kajian ini mempunyai tiga objektif utama iaitu mengenalpasti aspek cabaran penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia, mengenalpasti faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia dan pembangunan rangka kerja berdasarkan analisis cabaran dan faktor kejayaan dalam penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia bagi membantu penggubal dasar dan pihak berkepentingan dalam melaksanakan penggunaan tenaga solar dalam industri yang terlibat.

KAJIAN KEPUSTAKAAN

PERKEMBANGAN DAN PENGGUNAAN TENAGA SOLAR

Lembaga Pembangunan Industri Malaysia MIDA (2021) menjelaskan bahawa Kementerian Tenaga dan Sumber Asli Malaysia telah menetapkan sasaran untuk meningkatkan campuran kapasiti tenaga boleh diperbaharui dalam bekalan elektrik negara terkini daripada 23 peratus kepada 31 peratus pada tahun 2025 dan 40 peratus pada tahun 2035 (MIDA 2021).

Tenaga fotovolt solar (PV) ialah satu bentuk tenaga jelas yang menukarkan cahaya matahari kepada tenaga hijau yang mampu mengurangkan kos import minyak sambil mengurangkan pelepasan karbon, CO₂. Ia adalah sumber tenaga boleh diperbaharui termurah dan membantu dalam memastikan kadar elektrik yang stabil (Hasheem 2022). Penjanaan tenaga fotovolt solar meningkat sebanyak 18 peratus pada tahun 2021. Penggunaan tenaga boleh diperbaharui meningkat sebanyak 3.7 peratus secara keseluruhan pada tahun 2020, terutamanya disebabkan

oleh peningkatan dalam penjanaan elektrik fotovolta solar. Secara keseluruhan, fotovolta solar menyumbang sebanyak 5 peratus daripada penjanaan tenaga global, meningkat daripada 3.7 peratus pada 2020 (REN21 2022).

DASAR TENAGA SOLAR

Kerajaan Malaysia memperkenalkan Skim Pemeteran Tenaga Bersih (NEM) pada tahun 2016 dengan kapasiti 500 MW dan NEM 3.0 (500 MW) pada tahun 2021 untuk menggalakkan penggunaan tenaga boleh diperbaharui (MIDA 2021). Melalui skim NEM, pengguna dijangka dapat menjimatkan bil elektrik sehingga 50 peratus.

Berikut merupakan sebab utama keberkesanan dasar Feed-in Tariff (FIT), menurut Ayoub & Yuji (2012) menyatakan penyediaan pelabur dengan keselamatan jangka panjang dengan menjamin dan menetapkan tarif elektrik pada tahap yang agak tinggi untuk jangka masa yang panjang iaitu caj yang tinggi bagi setiap kilowatt-jam; kewujudan program subsidi kewangan yang direka dengan baik; pelaburan serantau dalam kebajikan ekonomi dan sosial; pembezaan teknologi khusus dan pergantungan lokasi dan peraturan kerajaan yang stabil.

Dasar German Feed-in Tariff Renewable Energy Act (EEG) telah mencapai kejayaan besar di negara tersebut, dan EEG diiktiraf secara meluas sebagai salah satu contoh terbaik perundangan EEG yang berjaya. EEG yang direka dengan baik dijangka dapat mengatasi mekanisme sokongan pengawalseliaan alternatif, terutamanya pada peringkat awal pembangunan teknologi boleh diperbaharui. Strategi ini mempunyai kekuatan yang sangat besar untuk digunakan sebagai templat untuk mempromosikan tenaga boleh diperbaharui. Selain itu, EEG tersebut telah digunakan sebagai model untuk pembangunan tenaga boleh diperbaharui untuk 80 buah negara lain. EEG memastikan pemasangan alatan tenaga boleh diperbaharui adalah menguntungkan dan menggalakkan penggunaan tenaga boleh diperbaharui dengan lebih berkesan (Pachauri 2022).

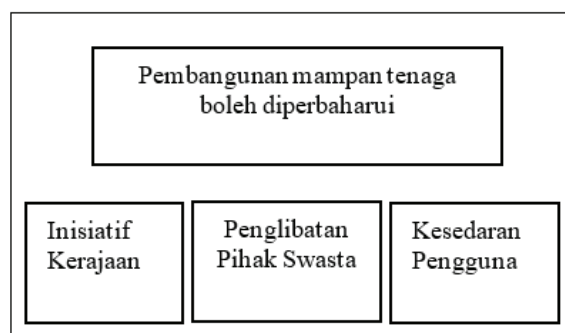
MODEL RANGKA KERJA PENGGUNAAN TENAGA SOLAR DI KEDIAMAN DAN INDUSTRI

Berdasarkan Nurwidiana et al. (2022) telah mengkaji peralihan penggunaan panel solar pada kawasan kediaman di Indonesia dengan membangunkan model bersepadu untuk memasukkan kedua-dua aspek permintaan dan penawaran menggunakan pendekatan pengoptimuman simulasi hibrid. Model yang dibangunkan telah ditentukan dengan parameter berdasarkan data empirikal melalui kaedah tinjauan khusus. Analisis senario menggambarkan kebolegunaan model yang dibangunkan untuk menilai kesan intervensi ke atas penggunaan solar dan konfigurasi rantaian bekalan yang diperlukan. Didapati, kesemua intervensi kecuali insentif boleh meningkatkan hasrat untuk menggunakan sistem panel solar.

Namun, jurang antara permintaan disebabkan oleh kekangan kewangan dan kemudahan telah dikenalpasti. Oleh itu, adalah perlu untuk memberikan sokongan kepada kedua-dua kekangan tersebut melalui tarif eksport, insentif dan campur tangan lain dari segi penawaran. Dengan ini, konfigurasi rantaian bekalan yang dinamik diperlukan untuk menyediakan sokongan berterusan kepada pengguna sedia ada dan pengguna yang berpotensi.

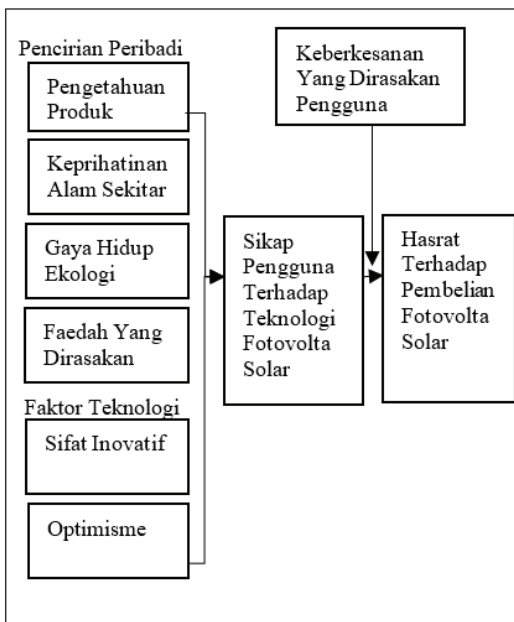
Alam et al. (2016) menunjukkan responden kajian menyokong projek tenaga boleh diperbaharui berskala kecil yang diwujudkan di negara ini untuk mewujudkan kesedaran dalam kalangan rakyat. Kebanyakan responden dalam kajian ini telah menggunakan tenaga solar untuk pelbagai tujuan.

Penggunaan teknologi tenaga solar adalah mudah untuk digunakan. Kerajaan Malaysia harus memberi kepentingan tambahan kepada tenaga solar untuk memulakan pembangunan tenaga boleh diperbaharui yang mampan. Akhir sekali, dapatan kajian tersebut telah mendedahkan tiga dimensi kejayaan pembangunan tenaga boleh diperbaharui di Malaysia seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.



RAJAH 1. Dimensi Kejayaan Pembangunan Tenaga Boleh Diperbaharui di Malaysia
Sumber: Alam et al. (2016)

Berdasarkan sorotan kajian sebelum ini, teori yang dicadangkan pada rangka kerja dalam Rajah 2 menunjukkan bahawa pencirian peribadi seperti pengetahuan produk, kebimbangan alam sekitar, gaya hidup ekologi, tanggapan faedah, tanggapan keberkesanan pengguna dan faktor teknologi contohnya inovasi dan keyakinan adalah mempengaruhi sikap pengguna terhadap solar PV dan mengubah pengaruh hasrat untuk membeli.



RAJAH 2. Rangka Kerja Pencirian Peribadi terhadap pembelian PV oleh Konsumer
Sumber: Hasheem et al. (2022)

Kajian semasa membuat tanggapan awal bahawa hasrat untuk pembelian solar PV bergantung kepada sikap pengguna terhadap solar PV dan keberkesanan yang dirasakan oleh pengguna menyederhanakan hasrat pembelian tersebut. Oleh itu, sikap pengguna terhadap solar PV adalah satu cara untuk penilaian peribadi, kerana sikap ini adalah mewakili psikologi mereka. Faedah, sifat dan aspek teknologi; berdasarkan sikap ini mendorong mereka untuk hasrat membeli teknologi solar PV.

METODOLOGI

Kajian ini menggunakan kaedah soal selidik untuk mengenal pasti cabaran dan faktor kejayaan yang dihadapi dalam amalan penggunaan tenaga solar bagi industri pembuatan di Malaysia. Pendekatan secara kualitatif merangkumi analisis senario berdasarkan output yang diperolehi melalui pengumpulan data kajian soal selidik kepada responden terpilih bagi industri pembuatan elektrik,

elektronik dan mekanikal yang menggunakan mesin secara intensif di Malaysia serta terlibat secara langsung dengan aktiviti pengurusan rantai bekalan oleh syarikat-syarikat yang terlibat. Melalui pendekatan ini, kajian membandingkan lagi faktor-faktor yang mempengaruhi ketersediaan syarikat tersebut dalam penggunaan tenaga solar, termasuk dua alternatif utama kajian ini, iaitu cabaran dan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam industri tersebut.

PENGENALPASTIAN BILANGAN SAMPEL DAN POPULASI

Pilihan syarikat terdiri daripada industri pembuatan elektrik, elektronik dan mekanikal yang menggunakan mesin secara intensif di Malaysia. Sebanyak 10 syarikat yang terlibat dalam industri pembuatan di Malaysia atau lebih telah dipilih untuk kajian soal selidik ini.

Kawasan utama industri Pembuatan di Malaysia lebih tertumpu di sekitar Lembah Klang yang merangkumi tiga negeri iaitu 4.4% di Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur, 29.2% di Selangor dan 36.2% di Negeri Sembilan. Selain itu, kebanyakan pejabat jualan bagi industri pembuatan yang terletak di negeri lain di Malaysia terletak di sekitar Lembah Klang (Jabatan Perangkaan Malaysia, 2020). Dengan menggunakan kriteria tersebut, kawasan Lembah Klang dipilih sebagai kawasan kajian kerana peratusan yang tinggi dan meliputi lokasi kebanyakan pusat jualan industri pembuatan di Malaysia.

Populasi kajian menggunakan pekerja industri pembuatan di Malaysia sebagai unit analisis. Kajian ini memilih sebanyak 30 orang responden yang terkandung kepada satu set kriteria yang terdiri daripada peringkat penyelia dan ke atas termasuk pengurus dan pegawai eksekutif untuk dijalankan kajian soal selidik. Responden yang terlibat terdiri daripada operator dan pentadbir yang terlibat secara aktif dan komited terhadap proses pengurusan risiko rantai bekalan tenaga dan proses perolehan syarikat di mana mereka terlibat dengan skop kerja dengan memiliki pengalaman sekurang-kurangnya dua tahun ke atas. Melalui kaedah ini, data yang dikumpul adalah mewakili semua peringkat dan menunjukkan generalisasi yang lebih luas.

KAJIAN SOAL SELIDIK DAN PENGUMPULAN DATA

Kajian ini menggunakan kaedah soal selidik untuk mengukur tahap kesedaran dan ketersediaan responden untuk penerimaan penggunaan tenaga solar dalam rantai bekalan syarikat. Soal selidik kajian mengandungi tiga

bagian dimana bahagian pertama adalah berkaitan latar belakang pekerja di dalam industri pembuatan yang terlibat seperti tahap pendidikan dan pengalaman dalam syarikat. Bahagian kedua khusus untuk mengumpulkan maklumat berkaitan cabaran penggunaan tenaga solar. Manakala, bahagian ketiga pula berkaitan dengan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan yang terlibat.

Soal selidik menggunakan skala matriks menggunakan kaedah Proses Hierarki Analitik, *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang bertujuan untuk memenuhi tujuan kajian di mana persampelan bermatlamat adalah dihadkan kepada responden terpilih sahaja yang dapat memberikan maklumat seperti yang dikehendaki. Pengumpulan data bermula dengan mengajukan soalan kajian dalam talian. Data dikumpul sehingga mencapai ketepuan sebagai tindak balas. Akhirnya, sebanyak 30 jawapan lengkap telah dikumpul untuk analisis selanjutnya. Memon et al. (2020) menjelaskan bahawa 30 responden boleh dianggap sebagai minimum bagi setiap kumpulan.

PEMROSESAN DATA DAN PROSES HIERARKI ANALITIK (AHP)

Kajian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengkaji pemilihan faktor pemboleh ubah bagi subjek utama iaitu cabaran dan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam Industri Pembuatan di Malaysia. Analisis menggunakan AHP kerana kaedah tersebut dapat memberikan gambaran yang tepat untuk membuat sesuatu keputusan (Abduh 2012). AHP juga membenarkan pembuat keputusan untuk menyatakan ukuran kualitatif mereka dalam bentuk kuantitatif Pandey & Bansal (2004). Bagi data yang diperolehi daripada borang soal selidik atas talian diekstrak kepada data dalam format perisian Microsoft Excel.

Soal selidik ini terbahagi kepada tiga bahagian iaitu Bahagian A adalah demografi responden, Bahagian B dan Bahagian C merangkumi dua faktor iaitu kriteria bagi cabaran dan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar pada syarikat responden. Di bawah setiap faktor ini juga mencakupi alternatif iaitu sub-kriteria. Menurut Wang et al. (2004), terdapat tiga langkah untuk menjalankan AHP iaitu melalui pembentukan hierarki, penetapan keutamaan dan kekonsistenan logik.

Responden perlu menilai tahap keutamaan dan keseriusan cabaran dan faktor kejayaan bagi setiap alternatif. Kemudiannya, semua data dikumpulkan dan dianalisis menggunakan Teknik AHP. Kaedah AHP ini dapat memberi gambaran yang tepat mengenai industri pembuatan di Malaysia dalam menilai pemilihan cabaran

dan faktor kejayaan dalam penggunaan tenaga solar.

Prinsip AHP ialah pemecahan isu-isu yang terpenting kepada faktor-faktor yang berubah-ubah ke dalam bentuk hierarki proses membuat keputusan di mana setiap faktor adalah saling berkaitan. Bagi mendapatkan keputusan yang tepat, pembahagian bagi faktor-faktor dilakukan supaya pembahagian selanjutnya tidak dapat dilakukan. Bentuk struktur pembahagian ialah pada tahap pertama adalah tujuan keputusan, tahap kedua adalah faktor-faktor dan tahap ketiga adalah merupakan alternatif. Proses AHP diadaptasi daripada Saaty (2008) yang dilaksanakan mengikut langkah-langkah seperti berikut:

1. Menentukan masalah dan jenis maklumat yang dicari.
2. Menstruktur hierarki keputusan dari atas dengan matlamat keputusan, kemudiannya objektif dari perspektif yang luas melalui peringkat pertengahan bagi kriteria di mana elemen-elemen berikutnya bergantung ke peringkat terendah yang biasanya terdiri daripada satu set alternatif.
3. Membina satu set matriks perbandingan berpasangan. Setiap elemen di peringkat atas digunakan untuk membandingkan elemen di peringkat di bawah.
4. Menggunakan keutamaan yang diperolehi daripada perbandingan untuk pemberat keutamaan pada aras bawah. Perkara ini dilakukan pada setiap elemen. Seterusnya, setiap elemen pada aras bawah diberi nilai pemberat dan keutamaan keseluruhan diperolehi. proses pemberat diteruskan dan penambahan sehingga pilihan alternatif peringkat rendah terakhir diperolehi.

Penilaian perbandingan matriks yang digunakan dalam AHP adalah menggunakan skala oleh Saaty pada tahun 1971 (Saaty 2008). Nilai skala yang digunakan sebagai nilai perbandingan antara dua faktor untuk menilai kepentingan relatif antara kedua-duanya dalam Kaedah Perbandingan Berpasangan, *Pairwise Comparison Method* (PCM) Jadual Matriks adalah dari 1 hingga 9 yang boleh dilihat pada Jadual 1. Maka, responden menggunakan skala perbandingan berpasangan AHP ini dalam menjawab soalan kaji selidik pada Bahagian B dan Bahagian C kajian.

Indeks kekonsistensi (CI) digunakan untuk mengira tahap ketidakkonsistenan matriks perbandingan berpasangan. Formula yang digunakan untuk mendapatkan Indeks Konsistensi (CI) yang ditakrifkan oleh Saaty (2008) adalah seperti berikut:

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (1)$$

Dimana n mewakili saiz matriks untuk setiap peringkat. Manakala, λ_{max} merupakan nilai eigen utama terbesar bagi matriks perbandingan berpasangan dengan saiz positif n . Nilai CI dan λ_{max} boleh meningkat sekiranya

ketidakkonsistenan antara perbandingan menjadi lebih besar. Nisbah kekonsistensi (*CR*) untuk setiap matriks mengukur tahap penyimpangan daripada ketidakkonsistenan tulen. *CR* boleh diperolehi dengan membahagikan *CI* dengan indeks rawak (*RI*) dimana *RI* ialah anggaran purata (*IK*) yang diperolehi daripada set matriks rawak besar bersaiz *n*. Seterusnya, nilai $CR = \text{Indeks Konsisten } (CI) / \text{Indeks Rawak } (RI)$ di mana *RI* ialah purata besar *CI* yang diisi secara rawak. Jika nilai *CR* kurang daripada 10%, maka matriks boleh dianggap sebagai konsisten dan jika nilai *CR* melebihi 10%, semakan pertimbangan perlu dibuat oleh responden. Jadual 1 menunjukkan nilai *RI* seperti yang ditetapkan oleh Saaty (2008).

JADUAL 1. Indeks Rawak (RI)

Saiz Matrik, <i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Indeks Rawak, <i>RI</i>	0	0	0.6	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5

Sumber: Saaty 2008; Yahaya et al. 2014

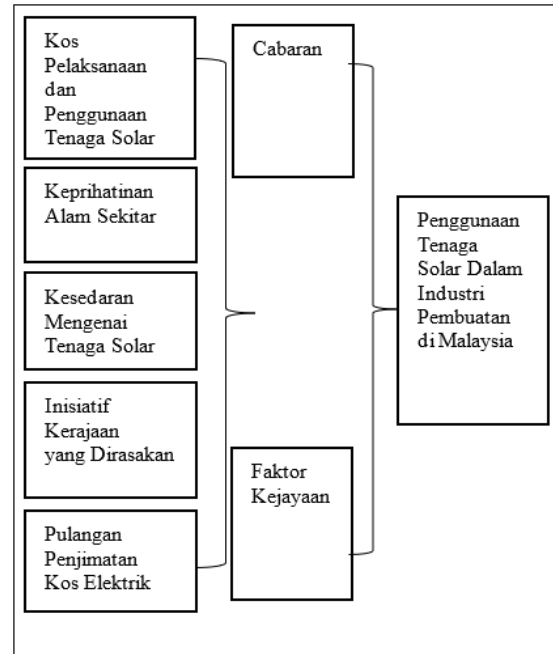
Seterusnya, pada bahagian ini menerangkan bagaimana pengiraan berdasarkan teknik AHP dilakukan.

Dengan menggunakan nilai skala seperti dalam Jadual 1, jika w_i dan w_j mewakili kepentingan relatif kepada faktor 'i' dan 'j', maka persamaan untuk perbandingan berpasangan kepada semua faktor keputusan dalam Jadual Matriks boleh ditulis sebagai $a_{ij} = w_i/w_j$. Nilai skor ini diletakkan di sebelah kanan atas Jadual Matriks dengan mengikuti perbandingan kaedah secara timbal balik. Konsep timbal balik pada Jadual Matriks boleh merujuk kepada Jadual 2.

JADUAL 2. Jadual matrik PCM konsep timbal balik

	C_1	C_2	---	C_n
C_1	1	w_1/w_2	---	w_1/w_n
C_2	w_2/w_1	1	---	w_2/w_n
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
C_n	w_n/w_1	w_n/w_2	---	1

Dimana $a_{ij} = w_i/w_j$, ($i, j = 1, 2, \dots, n$), dan w_1, w_2, \dots, w_n ialah markah bagi setiap alternatif C_1, C_2, \dots, C_n . Apabila semua pemarkahan dilakukan di bahagian kanan pada bahagian, markah untuk bahagian bawah sebelah kiri boleh diselesaikan menggunakan kaedah timbal balik. Dalam Jadual matriks PCM, perbandingan antara faktor dengan faktor yang sama seperti C_1 dan C_1 , mesti menghasilkan nilai skor 1 kerana nilai 1 mewakili kepada kepentingan yang sama.



RAJAH 3. Rangka Kerja Penyelidikan Pembentangan Cabaran dan Faktor Kejayaan Penggunaan Tenaga Solar dalam Industri Pembuatan di Malaysia

ANALISIS DATA DAN DAPATAN KAJIAN

Dapatan kajian dan analisis data dibentangkan dalam bahagian ini. Bahagian pertama mencirikan kepada pengenalan kajian kes. Seterusnya, memaparkan demografi sampel kajian, penilaian sampel bagi 30 orang responden dan pembangunan jadual matriks berdasarkan kaedah perbandingan berpasangan (PCM), proses analisis menggunakan aplikasi AHP dan keputusan daripada kajian ini. Batasan kajian dan potensi masa depan kajian juga turut dibincangkan. Selain itu, penilaian pengukuran dan penstrukturan model dibincangkan secara menyeluruh, manakala ringkasan keseluruhan dibentangkan pada bahagian terakhir.

DEMOGRAFI RESPONDEN

Seramai 30 orang responden dipilih secara khusus daripada syarikat pembuatan di Malaysia yang terletak di sekitar Lembah Klang. Data yang mencukupi telah diperolehi dan dikumpul hasil daripada kajian yang dijalankan berbentuk soal selidik secara atas talian. Fokus utama responden kajian adalah kepada responden yang berpangkat penyelia dan ke atas di mana memiliki pengalaman bekerja sekurang-kurangnya dua tahun.

Dalam kajian ini, keputusan menunjukkan majoriti responden terdiri daripada 80% pekerja lelaki berbanding 20% pekerja perempuan. Peratusan responden dalam kalangan pengurusan adalah 67% lebih tinggi berbanding responden pada bahagian operasi iaitu sebanyak 33%. Majoriti responden memiliki pengalaman bekerja 11 tahun ke atas iaitu 77%, manakala bagi pengalaman bekerja lima tahun ke bawah adalah sebanyak 17% dan pengalaman bekerja enam hingga sepuluh tahun adalah sebagai sebanyak 7%. Responden yang mempunyai latar belakang pendidikan Sarjana Muda adalah yang tertinggi iaitu sebanyak 60% diikuti oleh peringkat Sarjana sebanyak

23%, peringkat Diploma sebanyak 13% dan Doktor Falsafah sebanyak 3%.

Dapat disimpulkan bahawa responden tertinggi adalah pekerja lelaki yang mempunyai tahap pendidikan Ijazah Sarjana Muda, memegang jawatan di bahagian pengurusan dan pernah berkhidmat di syarikat industri pembuatan selama 11 tahun ke atas. Perolehan sampel yang diperolehi adalah penting bagi menjadi responden kajian dalam menentukan kriteria cabaran dan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan pada kajian ini.

JADUAL 3. Contoh ringkas jadual pembahagian soalan mengikut sub-kriteria utama terhadap kriteria cabaran dan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia

Sub-Kriteria Utama	Soalan Kriteria Cabaran	Soalan Kriteria Faktor Kejayaan
Kos Pelaksanaan Dan Penggunaan Tenaga Solar (K1)	1. Kos pendahuluan pelaburan awal yang tinggi dan kos pelupusan tinggi selepas akhir hayat panel solar.	1. Menjimatkan kos penggunaan tenaga solar.
Keprihatinan Alam Sekitar (K2)	2. Kesan alam sekitar terhadap pelupusan sisa panel solar selepas akhir hayat.	2. Pemeliharaan alam sekitar berbanding dengan sumber pengeluaran tenaga konvensional.
Kesedaran Mengenai Tenaga Solar (K3)	3. Kekurangan maklumat dan kesedaran yang betul tentang faedah penggunaan tenaga solar oleh syarikat.	3. Pengaruh kejayaan pelaksanaan tenaga solar daripada syarikat lain.
Inisiatif Kerajaan (K4)	4. Kekurangan maklumat tentang insentif kerajaan untuk penggunaan tenaga solar dan insentif kerajaan yang kurang menarik kepada syarikat.	4. Program subsidi <i>Feed-in Tariff</i> (FIT) yang menarik oleh kerajaan.
Pulangan Penjimatan Kos Elektrik (K5)	5. Pengurusan syarikat mengimbangkan antara kos pelaburan modal pemasangan dan penyelenggaraan dengan kos keuntungan menggunakan tenaga solar.	5. Pengurangan bil elektrik daripada pembekal tenaga dan pengembalian kos pengeksportan tenaga berlebihan (KWj) ke grid.

PENILAIAN RESPONDEN

Sub-kriteria utama kepada kriteria cabaran dan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia boleh dikategorikan kepada lima kumpulan utama iaitu kos pelaksanaan dan penggunaan tenaga solar, kebimbangan alam sekitar, kesedaran terhadap tenaga solar, inisiatif kerajaan dan penjimatan pulangan kos elektrik. Jadual 3 menunjukkan pembahagian soalan mengikut sub-kriteria utama terhadap kriteria cabaran dan faktor kejayaan. Responden telah menilai soalan soal selidik mengikut sub-kriteria utama bagi setiap bahagian kriteria cabaran dan faktor kejayaan.

PROSES ANALISIS AHP DAN HASIL

KRITERIA: CABARAN PENGGUNAAN TENAGA SOLAR DALAM INDUSTRI PEMBUATAN DI MALAYSIA

Bahagian ini menerangkan proses analisis AHP berdasarkan langkah-langkah khusus yang dibincangkan secara berperingkat. Berikut ialah empat langkah penting dalam melakukan pengiraan berdasarkan analisis AHP beserta hasil yang telah diberikan oleh 30 responden:

Langkah 1 merupakan perbandingan sub-kriteria dan langkah 2 merupakan pengiraan faktor untuk perbandingan sub-kriteria.

Jadual 4 digunakan untuk menunjukkan perbandingan bagi sub-kriteria terhadap aspek cabaran dimana perbandingan ini dilakukan antara sub-kriteria itu sendiri.

Perkara seterusnya adalah kaedah pengiraan faktor berdasarkan nilai yang diperolehi daripada responden. Pengiraan ini adalah untuk mendapatkan nilai pemberat bagi kriteria iaitu nilai vektor keutamaan (X). Keputusan responden dalam jadual diwakili oleh Matriks A. Kaedah pengiraan adalah seperti berikut:

Nilai untuk A =

$$\text{Lajur 1: } 1.00 + 1.03 + 0.91 + 2.03 + 1.34 = 6.31$$

$$\text{Lajur 2: } 0.97 + 1.00 + 1.21 + 2.36 + 1.28 = 6.82$$

$$\text{Lajur 3: } 1.10 + 0.82 + 1.00 + 2.36 + 1.46 = 6.74$$

$$\text{Lajur 4: } 0.49 + 0.42 + 0.42 + 1.00 + 0.61 = 2.94$$

$$\text{Lajur 5: } 0.77 + 0.78 + 0.64 + 1.65 + 1.00 = 4.83$$

Matriks A =

$$\begin{bmatrix} 1.00 & 0.97 & 1.10 & 0.49 & 0.77 \\ 1.03 & 1.00 & 0.82 & 0.42 & 0.78 \\ 0.91 & 1.21 & 1.00 & 0.42 & 0.64 \\ 2.03 & 2.36 & 2.36 & 1.00 & 1.65 \\ 1.34 & 1.28 & 1.46 & 0.61 & 1.00 \\ \text{Total} & 6.31 & 6.82 & 6.74 & 2.94 & 4.83 \end{bmatrix}$$

JADUAL 4. Hasil perbandingan sub-kriteria terhadap aspek cabaran

Cabaran	Kos Pelaksanaan Dan Penggunaan Tenaga Solar (K1)	Kos Pelaksanaan Dan Penggunaan Tenaga Solar (K2)	Kos Pelaksanaan Dan Penggunaan Tenaga Solar (K3)	Kos Pelaksanaan Dan Penggunaan Tenaga Solar (K4)	Kos Pelaksanaan Dan Penggunaan Tenaga Solar (K5)
Kos Pelaksanaan Dan Penggunaan Tenaga Solar (K1)	1.00	0.97	1.10	0.49	0.77
Keprihatinan Alam Sekitar (K2)	1.03	1.00	0.82	0.42	0.78
Kesedaran Mengenai Tenaga Solar (K3)	0.91	1.21	1.00	0.42	0.64
Inisiatif Kerajaan (K4)	2.03	2.36	2.36	1.00	1.65
Pulangan Penjimatan Kos Elektrik (K5)	1.34	1.28	1.46	0.61	1.00

Jumlah Penormalan Lajur =

$$\begin{bmatrix} 0.16 & 0.14 & 0.16 & 0.17 & 0.16 \\ 0.16 & 0.15 & 0.12 & 0.14 & 0.16 \\ 0.14 & 0.18 & 0.15 & 0.14 & 0.13 \\ 0.32 & 0.35 & 0.35 & 0.34 & 0.34 \\ 0.21 & 0.19 & 0.22 & 0.21 & 0.21 \end{bmatrix}$$

$$\text{Total} \quad 1.00 \quad 1.00 \quad 1.00 \quad 1.00 \quad 1.00$$

Purata Setiap Baris = X (vektor keutamaan)

$$= \begin{bmatrix} 0.16 \\ 0.15 \\ 0.15 \\ 0.34 \\ 0.21 \end{bmatrix}$$

Hasil daripada pengiraan di atas, hasil perbandingan sub-kriteria terhadap aspek cabaran dengan nilai pemberat bagi kriteria dijelaskan seperti berikut:

1. Kos Pelaksanaan dan Penggunaan Tenaga Solar dengan pemberat 0.16
2. Keprihatinan Alam Sekitar dengan pemberat 0.15
3. Kesedaran Mengenai Tenaga Solar dengan pemberat 0.15
4. Inisiatif Kerajaan dengan pemberat 0.34
5. Pulangan Penjimatan dengan pemberat 0.21

Langkah 3: Semakan Konsistensi

Langkah seterusnya ialah pengiraan untuk semakan konsistensi. Nilai $n=5$ dalam kiraan ini adalah berdasarkan jadual Indeks Rawak (IR) dalam Jadual 1.

Nilai, IR = 1.12

$$A \times X =$$

$$\begin{bmatrix} 1.00 & 0.97 & 1.10 & 0.49 & 0.77 \\ 1.03 & 1.00 & 0.82 & 0.42 & 0.78 \\ 0.91 & 1.21 & 1.00 & 0.42 & 0.64 \\ 2.03 & 2.36 & 2.36 & 1.00 & 1.65 \\ 1.34 & 1.28 & 1.46 & 0.61 & 1.00 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.16 \\ 0.15 \\ 0.15 \\ 0.34 \\ 0.21 \end{bmatrix}$$

$$AX = \begin{bmatrix} 0.79 \\ 0.74 \\ 0.75 \\ 1.70 \\ 1.03 \end{bmatrix}$$

$$AX = \lambda_{\max} X$$

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= ((0.79/0.16) + (0.74/0.15) + (0.75/0.15) \\ &+ (1.70/0.34) + (1.03/0.21) / 5) \\ &= 5.00 \end{aligned}$$

Nilai $n=5$ (saiz matriks untuk setiap peringkat) dan Indeks Rawak (IR) = 1.12.

λ_{\max} : nilai eigen utama terbesar bagi matriks perbandingan berpasangan dengan saiz positif n .

$$\text{Indeks Konsistensi (CI)} = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (2)$$

$$\text{Kriteria Cabaran} = 0.000333$$

$$\begin{aligned} \text{Nisbah konsistensi} &= \text{Indeks Konsistensi} / \text{Indeks Rawak} \\ &= 0.000298 \end{aligned} \quad (3)$$

Nisbah yang ditunjukkan adalah konsisten kerana nilai nisbah kurang daripada 0.10. Berdasarkan pengiraan yang dibuat, keputusan menunjukkan pertimbangan adalah konsisten di mana nilai yang diperoleh adalah kurang daripada 0.10. Ini jelas kelihatan di mana nilai yang dimasukkan oleh 30 orang responden menunjukkan ianya konsisten dan pertimbangan responden adalah benar.

Langkah 4: Keputusan AHP

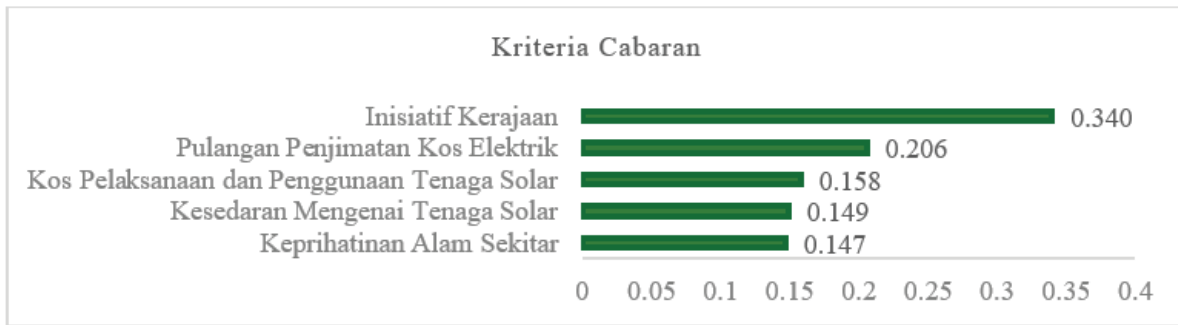
Langkah seterusnya ialah membuat keputusan AHP yang berdasarkan pemberat sub-kriteria yang telah ditetapkan sebelum ini. Melalui analisis cabaran dalam susunan alternatif, dapat dilihat bahawa 'Inisiatif Kerajaan' merupakan cabaran terpenting dalam pemilihan kriteria penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia kerana mempunyai nilai tertinggi dalam lima sub-kriteria.

Secara keseluruhannya, susunan cabaran adalah seperti berikut iaitu pertama merupakan inisiatif kerajaan, kedua merupakan pulangan penjimatan kos elektrik, ketiga merupakan kos pelaksanaan dan penggunaan tenaga solar, keempat merupakan kesedaran mengenai tenaga solar dan kelima merupakan keprihatinan alam sekitar. Jadual 5 menunjukkan susunan keutamaan cabaran penggunaan tenaga solar dalam Industri Pembuatan di Malaysia.

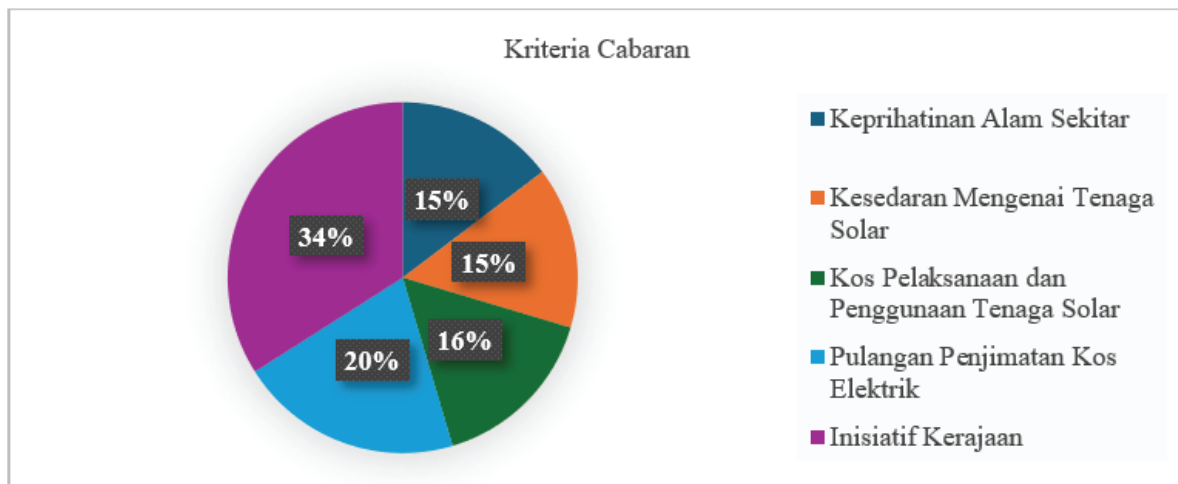
JADUAL 5. Keputusan keutamaan responden terhadap aspek cabaran

Susunan Keutamaan	Cabaran
1	Inisiatif Kerajaan
2	Pulangan Penjimatan Kos Elektrik
3	Kos Pelaksanaan dan Penggunaan Tenaga Solar
4	Kesedaran Mengenai Tenaga Solar
5	Keprihatinan Alam Sekitar

Hasil kajian ini menunjukkan bahawa inisiatif kerajaan mempunyai skor 34% merupakan sub-kriteria terpenting dalam cabaran yang dihadapi oleh industri pembuatan di Malaysia dalam membuat keputusan untuk menggunakan tenaga solar dalam industri tersebut. Didapati, 63% responden di Malaysia kurang mengetahui ketersediaan insentif tenaga boleh diperbaharui (Teoh 2020). Sementara itu, sub-kriteria keprihatinan alam sekitar menduduki tempat terakhir sebanyak 15% oleh responden dalam kriteria cabaran penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia. Perkara ini dapat dilihat dalam Rajah 4 dan Rajah 5 dimana rakyat Malaysia tidak sanggup membayar lebih untuk penjagaan alam sekitar (Stephenson 2010).



RAJAH 4. Susunan aspek cabaran mengikut keutamaan



RAJAH 5. Peratusan aspek cabaran penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia

FAKTOR KEJAYAAN PENGGUNAAN TENAGA SOLAR DALAM INDUSTRI PEMBUATAN DI MALAYSIA

Bahagian ini menerangkan proses analisis AHP berdasarkan langkah-langkah khusus yang dibincangkan secara berperingkat bagi faktor kejayaan. Terdapat empat langkah penting yang digunakan untuk menganalisis faktor kejayaan tersebut.

Langkah 1 dan Langkah 2:

Langkah 1 digunakan bagi perbandingan sub-kriteria. Sebagai maklumat, Jadual 6 dibangunkan untuk menunjukkan perbandingan bagi sub-kriteria terhadap aspek faktor kejayaan dimana perbandingan ini dilakukan antara sub-kriteria itu sendiri. Manakala, langkah 2 adalah digunakan bagi pengiraan faktor untuk perbandingan sub-kriteria.

Berikut adalah kaedah yang sama yang digunakan seperti pengiraan kriteria cabaran bagi pengiraan faktor

kejayaan berdasarkan nilai yang diperolehi daripada responden kajian dalam mendapatkan nilai pemberat kriteria iaitu nilai vektor keutamaan (X). Maklum balas responden adalah diwakili oleh Matriks A. Kaedah pengiraan dibuat seperti berikut yang dilampirkan bersama Jadual 6:

Nilai untuk A :

$$\begin{aligned}
 \text{Lajur 1: } & 1.00 + 0.42 + 0.28 + 1.13 + 0.69 = 3.52 \\
 \text{Lajur 2: } & 2.57 + 1.00 + 1.20 + 2.90 + 2.15 = 9.83 \\
 \text{Lajur 3: } & 3.58 + 0.89 + 1.00 + 3.33 + 2.49 = 11.30 \\
 \text{Lajur 4: } & 0.95 + 0.37 + 0.32 + 1.00 + 0.61 = 3.25 \\
 \text{Lajur 5: } & 1.55 + 0.50 + 0.43 + 1.75 + 1.00 = 5.22
 \end{aligned}$$

JADUAL 6. Hasil perbandingan sub kriteria terhadap faktor kejayaan

Faktor Kejayaan	Kos Pelaksanaan Dan Penggunaan Tenaga Solar (K1)	Kos Pelaksanaan Dan Penggunaan Tenaga Solar (K2)	Kos Pelaksanaan Dan Penggunaan Tenaga Solar (K3)	Kos Pelaksanaan Dan Penggunaan Tenaga Solar (K4)	Kos Pelaksanaan Dan Penggunaan Tenaga Solar (K5)
Kos Pelaksanaan Dan Penggunaan Tenaga Solar (K1)	1.00	0.97	1.10	0.49	0.77
Keprihatinan Alam Sekitar (K2)	1.03	1.00	0.82	0.42	0.78
Kesedaran Mengenai Tenaga Solar (K3)	0.91	1.21	1.00	0.42	0.64
Inisiatif Kerajaan (K4)	2.03	2.36	2.36	1.00	1.65
Pulangan Penjimatan Kos Elektrik (K5)	1.34	1.28	1.46	0.61	1.00

Matriks A=

$$\begin{matrix}
 & \begin{bmatrix} 1.00 & 2.57 & 3.58 & 0.95 & 1.55 \\ 0.42 & 1.00 & 0.89 & 0.37 & 0.50 \\ 0.28 & 1.20 & 1.00 & 0.32 & 0.43 \\ 1.13 & 2.90 & 3.33 & 1.00 & 1.75 \\ 0.69 & 2.15 & 2.49 & 0.61 & 1.00 \end{bmatrix} \\
 \text{Total} & \begin{bmatrix} 3.52 & 9.83 & 11.30 & 3.25 & 5.22 \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

Jumlah Penormalan Lajur =

$$\begin{matrix}
 & \begin{bmatrix} 0.28 & 0.26 & 0.32 & 0.29 & 0.30 \\ 0.12 & 0.10 & 0.08 & 0.11 & 0.10 \\ 0.08 & 0.12 & 0.09 & 0.10 & 0.08 \\ 0.32 & 0.30 & 0.29 & 0.31 & 0.33 \\ 0.20 & 0.22 & 0.22 & 0.19 & 0.19 \end{bmatrix} \\
 \text{Total} & \begin{bmatrix} 1.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

Dengan melihat kepada pengiraan di atas, hasil perbandingan sub-kriteria terhadap aspek faktor kejayaan dengan nilai pemberat bagi kriteria dijelaskan seperti berikut:

1. Kos Pelaksanaan Dan Penggunaan Tenaga Solar dengan pemberat 0.29
2. Keprihatinan Alam Sekitar dengan pemberat 0.10
3. Kesedaran Mengenai Tenaga Solar dengan pemberat 0.09
4. Inisiatif Kerajaan dengan pemberat 0.31
5. Pulangan Penjimatan dengan pemberat 0.20

Langkah 3: Semakan Konsistensi

Seterusnya pengiraan untuk semakan konsistensi dengan menggunakan nilai $n=5$ dalam kiraan ini adalah berdasarkan jadual Indeks Rawak (IR) pada Jadual 1. Maka, nilai IR = 1.12

$A \times X =$

$$\begin{bmatrix} 1.00 & 2.57 & 3.58 & 0.95 & 1.55 \\ 0.42 & 1.00 & 0.89 & 0.37 & 0.50 \\ 0.28 & 1.20 & 1.00 & 0.32 & 0.43 \\ 1.13 & 2.90 & 3.33 & 1.00 & 1.75 \\ 0.69 & 2.15 & 2.49 & 0.61 & 1.00 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.29 \\ 0.10 \\ 0.09 \\ 0.31 \\ 0.20 \end{bmatrix}$$

$AX =$

$$\begin{bmatrix} 1.50 \\ 0.52 \\ 0.48 \\ 1.60 \\ 1.05 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 AX &= \lambda_{\max} X \\
 \lambda_{\max} &= AX/X \\
 &= ((1.50/0.29) + (0.52/0.10) + (0.48/0.09) + (1.60/0.31) + (1.05/0.20) / 5) \\
 &= 5.15
 \end{aligned}$$

Nilai $n=5$ (saiz matriks untuk setiap peringkat) dan Indeks Rawak (IR) = 1.12

λ_{\max} : nilai eigen utama terbesar bagi matriks perbandingan berpasangan dengan saiz positif n

Indeks Konsistensi(CI) Bagi Faktor Kejayaan = $(\lambda_{max} - n)/(n-1) = 0.04$ (4)

Nisbah konsistensi Bagi Faktor Kejayaan = Indeks Konsistensi / Indeks Rawak = 0.03 (5)

Nisbah Konsistensi yang ditunjukkan adalah konsisten kerana nilai nisbahnya adalah kurang daripada 0.10 yang menunjukkan responden menjawab secara konsisten dan pertimbangan responden adalah benar.

Langkah 4: Keputusan AHP

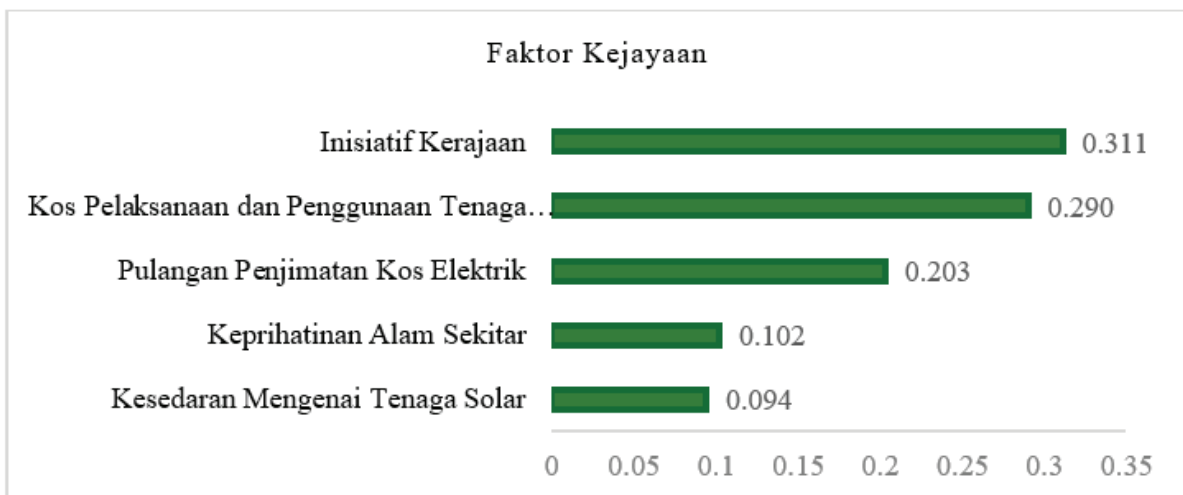
Perkara seterusnya ialah mendapatkan keputusan AHP dengan berdasarkan pemberat sub-kriteria yang telah diperjelaskan sebelum ini. Melalui analisis faktor kejayaan dalam urutan alternatif, dapat dilihat bahawa ‘Inisiatif Kerajaan’ merupakan faktor kejayaan terpenting dalam pemilihan kriteria penggunaan tenaga solar dalam Industri Pembuatan di Malaysia kerana menduduki nilai tertinggi dalam lima sub-kriteria. Secara keseluruhannya, urutan keutamaan faktor kejayaan adalah seperti berikut dimana ditangga pertama ialah inisiatif kerajaan, kedua ialah kos pelaksanaan dan penggunaan tenaga solar, manakala, pulangan penjimatan kos elektrik ditangga ketiga, keprihatinan alam sekitar ditangga keempat dan terakhir ialah kesedaran mengenai tenaga solar. Jadual 7 menunjukkan urutan keutamaan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia.

JADUAL 7. Hasil keputusan responden terhadap faktor kejayaan

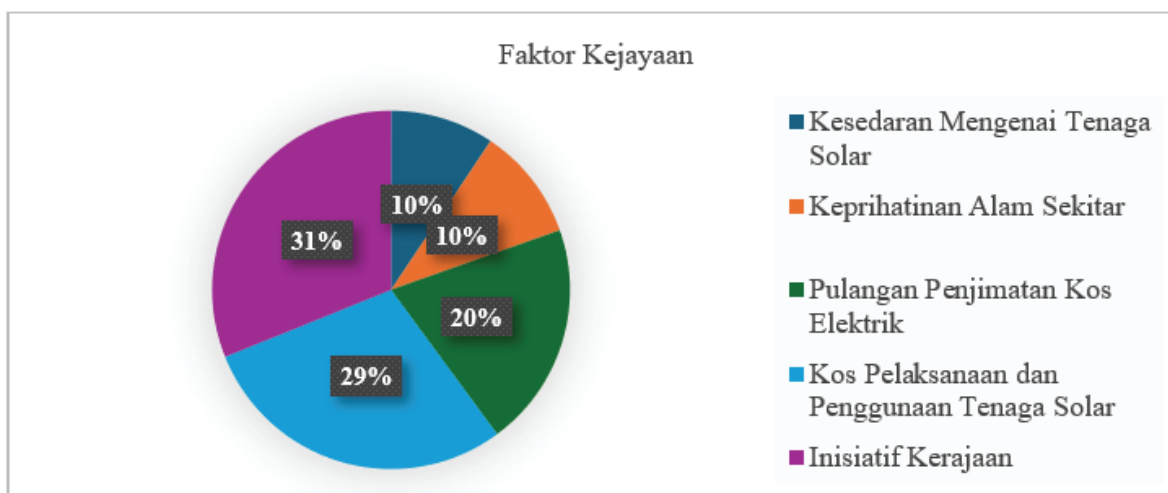
Urutan Keutamaan	Faktor Kejayaan
1	Inisiatif Kerajaan
2	Kos Pelaksanaan dan Penggunaan Tenaga Solar
3	Pulangan Penjimatan Kos Elektrik
4	Keprihatinan Alam Sekitar
5	Kesedaran Mengenai Tenaga Solar

Hasil kajian ini menunjukkan bahawa responden telah memilih inisiatif kerajaan sebagai sub kriteria terpenting sebanyak 31% dalam lima sub kriteria faktor kejayaan yang dihadapi oleh industri pembuatan di Malaysia dalam membuat keputusan untuk menggunakan tenaga solar dalam industri yang terlibat. Program FIT ialah dasar yang paling kerap digunakan untuk menggalakkan penggunaan sistem PV di seluruh dunia (Pachauri 2022).

Sementara itu, sub-kriteria bagi kesedaran mengenai tenaga solar menduduki tempat terakhir sebanyak 10% oleh responden dalam kriteria faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia. Perkara ini dapat dilihat dalam Rajah 6 dan Rajah 7. Faktor keberkesanan dan teknologi yang dirasakan oleh pengguna mempengaruhi sikap pengguna terhadap teknologi PV solar dan mengubah pengaruh hasrat untuk pembelian (Hasheem 2022).



RAJAH 6. Urutan faktor kejayaan mengikut keutamaan



RAJAH 7. Peratusan Faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia

PERBINCANGAN

Kajian ini menunjukkan hubungan positif yang signifikan antara cabaran dan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia. Hasil kajian ini telah membuktikan bahawa inisiatif kerajaan merupakan sub-kriteria utama yang sangat signifikan dalam cabaran dan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan. Keputusan ini mengesahkan kepentingan inisiatif kerajaan terhadap tenaga solar untuk menarik minat pengguna yang telah dikenalpasti secara meluas dalam penyelidikan terdahulu oleh Alam et al. (2016), Pachauri (2022), Vasconcelos (2021) dan Hsiao et al. (2020).

Inisiatif kerajaan seperti tawaran insentif pengurangan cukai, rebat, infrastruktur ruang pemasangan, kerjasama penyelidikan, latihan dan pendidikan lanjutan juga mampu menarik minat industri pembuatan di Malaysia dalam penggunaan dan pemasangan PV solar. Dengan ini, situasi menang-menang dapat diwujudkan antara kerajaan dan industri pembuatan dalam penggunaan tenaga solar, seterusnya secara tidak langsung dapat mempercepatkan peralihan negara kepada penggunaan tenaga boleh diperbaharui.

Kajian ini menunjukkan dua sub-kriteria utama iaitu kos pelaksanaan dan penggunaan tenaga solar dan pulangan penjimatan kos elektrik menduduki tempat kedua dan ketiga dalam hierarki kepentingan pemilihan industri pembuatan di Malaysia dalam cabaran dan faktor kejayaan menggunakan tenaga solar dalam industri. Ini menunjukkan syarikat dalam industri pembuatan di Malaysia mahukan pulangan penjimatan kos yang lebih cekap di mana terdapat pilihan untuk menjual semula lebih elektrik daripada

penggunaan tenaga solar. Pada masa yang sama, pengurangan kos membayar tenaga elektrik kepada Tenaga Nasional Berhad (TNB) mampu direalisasikan oleh syarikat (Tenaga Nasional Berhad 2020).

Selain itu, bagi pihak swasta pula, adalah penting untuk mengimbangi kos pelaksanaan penggunaan tenaga solar pada syarikat dengan keuntungan yang bakal diperolehi. Dengan mewujudkan persaingan sihat dalam kalangan pembekal pemasangan panel solar di Malaysia dapat membantu mengurangkan kos pemasangan dan penggunaan tenaga solar pada masa hadapan. Isu kos pemasangan tenaga solar telah dibincangkan oleh banyak penyelidik terdahulu, Teoh et al. (2020) dan Solangi et al. (2015) menjelaskan bahawa 80% responden menunjukkan minat untuk pemasangan PV solar tetapi terhalang oleh aspek kos. Faktor kejayaan penggunaan tenaga solar oleh industri pembuatan juga boleh dibantu dengan menyetempatan peralatan pemasangan panel solar dan alat ganti dengan pengeluar tempatan supaya kos jualan dapat dikurangkan.

Sub-kriteria bagi keprihatinan alam sekitar dan kesedaran tenaga solar menduduki hierarki keempat dan terakhir dalam cabaran dan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia. Sektor industri swasta telah meletakkan peranan dan tanggungjawab kerajaan dalam penguatkuasaan peraturan dan undang-undang berkaitan kesan alam sekitar di mana industri hanya mengikut garis panduan yang telah ditetapkan oleh pihak kerajaan. Sebagai contoh, garis panduan kawal selia piawaian alam sekitar terhadap industri adalah seperti ISO 14000-Pengurusan Alam Sekitar dan ISO 45001:2018-Sistem Pengurusan Kesihatan dan Keselamatan Pekerjaan- Keperluan dengan Panduan Penggunaan. Manakala kesedaran mengenai penjimatan

tenaga solar yang digunakan telah wujud setelah sekian lama dalam kalangan industri dengan pendedahan melalui saluran pengiklanan di media, media sosial dan akhbar.

Penyelidik terdahulu, Stephenson & Loannou (2010) dan Rogers et al. (2011) menjelaskan bahawa rakyat Malaysia tidak bersedia membayar lebih untuk penjagaan alam sekitar serta dibeban cukai yang semakin meningkat. Dengan ini, peranan kerajaan dalam menangani cabaran penggunaan tenaga boleh diperbaharui dari sudut pengukuhan kawal selia alam sekitar dalam industri pembuatan di Malaysia dan memupuk kesedaran tenaga boleh diperbaharui khususnya tenaga solar kepada industri terbabit adalah signifikan.

Dapatan utama tinjauan dan analisis menggunakan teknik AHP menunjukkan 30 responden dalam industri pembuatan di Malaysia memilih insentif kerajaan sebagai

sub-kriteria terpenting dalam kriteria cabaran dan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar pada syarikat mereka. Perkara ini diperkukuhkan lagi oleh penyelidik terdahulu, Teoh et al. (2020) dan Sukki et al. (2011) yang mendedahkan bahawa kajian di Malaysia menunjukkan sebanyak 63% daripada responden tidak mengetahui kewujudan insentif untuk tenaga boleh diperbaharui. Manakala Pachauri (2022) menjelaskan bahawa program FIT telah menjadi dasar yang paling kerap digunakan untuk menggalakkan penggunaan sistem PV di seluruh dunia.

Satu rangka kerja berdasarkan dapatan kajian telah dibangunkan mengikut susunan hierarki sub-kriteria seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 8, di mana menerangkan dengan lebih terperinci mengikut keutamaan bagi cabaran dan faktor kejayaan bagi penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia.

JADUAL 8. Cadangan rangka kerja mengikut keutamaan bagi aspek cabaran (masalah) dan faktor kejayaan (penyelesaian) bagi penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia

Sub-Kriteria Utama	Cabaran (Masalah)	Faktor Kejayaan (Penyelesaian)
1. Inisiatif Kerajaan (K4)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penyediaan infrastruktur dan dana yang sedikit oleh agensi berkenaan. 2. Pembangunan model sistem subsidi kurang menarik. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pembangunan infrastruktur dan dana yang lebih holistik dan berdaya saing. 2. Program subsidi <i>Feed-in Tariff</i> (FIT) yang menarik.
2. Pulangan Penjimatan Kos Elektrik (K5)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perbincangan dan kerjasama antara pembekal tenaga dan industri tidak menyeluruh. 2. Harga jualan semula tenaga yang berlebihan kepada grid tidak mencukupi. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pulangan ringgit dan sen yang lebih ketara untuk industri terbabit. 2. Mekanisme pemotongan simpanan selari dengan simpanan.
3. Kos Pelaksanaan dan Penggunaan Tenaga Solar (K1)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perbincangan dan kerjasama antara pembekal tenaga dan industri tidak menyeluruh. 2. Harga jualan semula tenaga yang berlebihan kepada grid tidak mencukupi. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Skala pemasangan yang ekstensif. 2. Terdapat persaingan yang sihat antara rantaian pembekal pemasangan tenaga solar. 3. Mewujudkan pusat pelupusan kitar semula berpusat.
4. Kesedaran Mengenai Tenaga Solar (K3)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesedaran awal dari peringkat sekolah tidak diterapkan secara eksklusif dalam sukatan pelajaran. 2. Promosi kesedaran dan kejayaan penggunaan tenaga solar menerusi media adalah rendah. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mewujudkan sukatan pelajaran tenaga boleh diperbaharui di sekolah. 2. Meningkatkan promosi dan kejayaan penggunaan tenaga solar oleh industri yang berjaya sebagai penanda aras.
5. Keprihatinan Alam Sekitar (K2)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penguatkuasaan undang-undang yang tidak jelas dimana Piawaian ISO 14001:2015 (Sistem Pengurusan Alam Sekitar) tidak diamalkan sepenuhnya. 2. Kesedaran yang rendah tentang kesan alam sekitar pembuangan sisa panel solar. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Audit berkala oleh agensi yang bertanggungjawab bagi penguatkuasaan undang-undang mengenai pelupusan panel solar. 2. Kemusnahan alam sekitar dari segi ekosistem dapat dikurangkan.

KESIMPULAN

Kajian ini terbukti telah menepati objektif kajian yang telah disasarkan pada awal kajian. Sub-kriteria aspek cabaran dan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia telah dikenalpasti. Hierarki sub-kriteria aspek cabaran dan faktor kejayaan dikenal pasti dan dibentuk menggunakan kaedah hierarki AHP. Kemudian, satu bentuk analisis dibuat untuk mengetahui pertimbangan responden terhadap sub-kriteria aspek cabaran dan faktor kejayaan di mana penilaian soalan tinjauan daripada 30 orang responden dianalisis menggunakan kaedah AHP. Hasil kajian mendapati sub-kriteria inisiatif kerajaan (K4) menjadi keutamaan responden bagi kedua-dua aspek cabaran dan faktor kejayaan. Keputusan ini mengesahkan bahawa kepentingan inisiatif kerajaan terhadap tenaga solar dapat menarik minat pengguna (Alam et al. (2020), Pachauri (2022), Vasconcelos (2021), dan Hsiao et al. (2020). Akhir sekali, pembangunan rangka kerja hasil daripada analisis kajian dapat dibangunkan. Rangka kerja sub-kriteria mengikut susunan hierarki telah dibangunkan di mana faktor kejayaan menjadi penyelesaian kepada masalah yang menjadi cabaran berdasarkan senario kajian ini.

KEKANGAN KAJIAN DAN CADANGAN UNTUK PENYELIDIKAN MASA DEPAN

Kajian ini memberikan sumbangan kepada literatur tentang cabaran dan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan di Malaysia. Walau bagaimanapun, terdapat beberapa kekangan dalam kajian ini. Pertama, kajian ini hanya melibatkan pihak swasta dalam industri pembuatan elektrik, elektronik dan mekanikal yang menggunakan mesin secara intensif di kawasan Lembah Klang, Malaysia sahaja. Oleh itu, hasil kajian adalah terhad dan hanya boleh digunakan untuk mewakili populasi kajian penyelidikan pada kawasan tersebut.

Seterusnya, kajian ini hanya melibatkan aspek cabaran dan faktor kejayaan dalam penggunaan tenaga solar dalam industri terbabit. Walau bagaimanapun, kajian yang melibatkan saiz sampel yang lebih komprehensif dan meliputi industri pembuatan dengan skop yang lebih luas di seluruh Malaysia boleh dicadangkan sebagai potensi kajian pada masa hadapan.

Dalam kajian yang dilakukan selama tempoh tertentu, di mana data dikumpul sekali sahaja untuk memberikan gambaran semasa tentang cabaran dan faktor kejayaan penggunaan tenaga solar. Untuk pemahaman hubungan ini dengan lebih mendalam, kaedah pengumpulan data yang

lebih panjang dan meliputi pelbagai sektor industri lain boleh memaparkan kesan cabaran dan faktor kejayaan dengan lebih komprehensif. Di samping itu, terdapat cadangan untuk mengkaji kemungkinan dan kekangan untuk mengintegrasikan aspek cabaran dan faktor kejayaan secara bersama bagi penggunaan tenaga solar dalam industri pembuatan yang turut mengambil perspektif sub-kriteria berbeza yang dibincangkan dalam kajian ini.

PENGHARGAAN

Kajian ini disokong oleh dana penyelidikan yang disediakan oleh Fakulti Kejuruteraan dan Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia.

PENGISYTIHARAN MINAT BERSAING

Tiada.

RUJUKAN

- Abduh, M. & Omar, M. A. 2012. Islamic-bank selection criteria in Malaysia: An AHP approach. *Business Intelligence Journal* 5(2007): 271–281.
- Alam, S. S., Nor, N. F. M., Ahmad, M. & Hashim, N. H. N. 2016. A survey on renewable energy development in Malaysia: current status, problems and prospects. *Environmental and Climate Technologies* 17(1): 5-17.
- Ayoub, N. & Yuji, N. 2012. Governmental intervention approaches to promote renewable energies - special emphasis on Japanese feed-in tariff. *Energy Policy* 43: 191–201.
- Hsiao, Y.-L. & et al. 2020. The contagious effect of China's energy policy on stock markets: The case of the solar photovoltaic industry. *Renewable Energy* 164: 74-86.
- International Energy Agency (IEA). 2021. Global energy review: assessing the effects of economic recoveries on global energy demand and CO₂ emissions in 2021. (<https://iea.blob.core.windows.net/assets/d0031107-401d-4a2f-a48b-9eed19457335/GlobalEnergyReview2021.pdf>).
- Malaysian Investment Development Authority (MIDA). 2021. Solar ejen pertumbuhan ekonomi.
- Memon, M. A., Ting, H., Cheah, J.-H., Thurasamy, R., Chuah, F. & Cham, T. H. 2020. Sample size for survey research: Review and recommendations. *Journal of Applied Structural Equation Modeling* 4(2).

- Motyka, M. 2016. Deloitte development LLC using renewable energy to drive supply chain innovation. potential: A case study in seoul national university. *Energies* 12: 3262.
- Sukki, F.M., Ramirez-Iniguez, R., Abu-Bakar, S. H., Scott, G. M. & Brian, G. S. 2011. An evaluation of the installation of solar photovoltaic in residential houses in Malaysia: Past, present and future. *Energy Policy* 39: 7975–7987.
- Nurwidiana, N., Sopha, B. M. & Widyaparaga, A. 2022. Simulating socio-technical transitions of photovoltaics using empirically based hybrid simulation-optimization Approach. *Sustainability* 14: 5411.
- Pandey, V. & Bansal, V. 2004. A decision-making framework for IT outsourcing using the analytic hierarchy process. *Proceedings of the 1st International Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics*, 1: 528–533.
- Rogers, J. C., Simmons, E. A., Convery, I. & Weatherall, A. 2011. Social impacts of community renewable energy projects: findings from a woodfuel case study. *Energy Policy* 42: 239–247.
- REN21. 2022. Global status report. (https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2022_Full_Report.pdf).
- Saaty, T. L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal Services Sciences* 1(1).
- Solangi, K. H., Saidur, R., Luhur, M. R., Aman, M. M., Badarudin, A., Kazi, S. N., Lwin, T. N. W. & Rahim, N. A. 2015. Social acceptance of solar energy in Malaysia: Users' perspective. *Clean Technol. Environ. Policy* 17: 1975–1986.
- Stephenson, J. & Loannou, M. 2010. Social acceptance of renewable electricity developments in New Zealand. centre for the study of agriculture, food and environment. University of Otago: *Energy Efficiency and Conservation Authority*.
- Teoh, A. N., Go, Y. I. & Yap, T. C. 2020. Is malaysia ready for sustainable energy? exploring the attitudes toward solar energy and energy behaviors in Malaysia. *World* 1: 90–103.
- Tenaga Nasional Berhad. 2020. Commercial and industrial: pricing and tariffs. [https://www.tnb.com.my/commercial-industrial/pricing-tari_s1/] (Diakses pada 20 Julai 2020)].
- Vasconcelos, D. D. O. 2021. Renewable energy statecraft and asymmetric interdependence: how the solar energy industry is wielding China with geopolitical power. *Journal of Contemporary Eastern Asia* 20(2): 259-277.
- Wang, J.-J., Lin, Z.-K. & Huang, H. 2008. A decision model for information systems outsourcing: using a multicriteria method. *Journal of Service Science and Management* 1: 1–10.
- Pachauri, Y. 2022. Issues and challenges in the solar energy sector for its development and utilization globally with a comparative analysis between india and Germany. *Specialusis Ugdymas/Special Education* 1 (43).