



PEMBANGUNAN ALAT LATIHAN SOLAR FOTOVOLTA MENGGUNAKAN KAEDAH TEORI PENYELESAIAN MASALAH SECARA INVENTIF (TRIZ)



NORAZLINDA BINTI MOHAMED

UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS

2022





**PEMBANGUNAN ALAT LATIHAN SOLAR FOTOVOLTA
MENGUNAKAN KAEDAH TEORI PENYELESAIAN
MASALAH SECARA INVENTIF (TRIZ)**

NORAZLINDA BINTI MOHAMED



**TESIS INI DIKEMUKAKAN BAGI MEMENUHI SYARAT UNTUK
MEMPEROLEH IJAZAH SARJANA SAINS
(MOD PENYELIDIKAN)**

**FAKULTI TEKNIKAL DAN VOKASIONAL
UNIVERSITI PENDIDIKAN SULTAN IDRIS**

2022



UPS/PS-3/30 32
Pht : 83mb: 1/1

Sila tanda (v)
Kertas Projek
Sarjana Penyelidikan
Sarjana Penyelidikan dan Kerja Kursus
Doktor Falsafah

i

INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH

PERAKUAN KEASLIAN PENULISAN

Perakuan ini telah dibuat pada11.....(hari bulan).....JAN..... (bulan) 20.....22

i. Perakuan pelajar :

Saya, NORAZLINDA BINTI MOHAMMED, M20181001590, FAKULTI FTV (SILA NYATAKAN NAMA PELAJAR, NO. MATRIK DAN FAKULTI) dengan ini mengaku bahawa disertasi/tesis yang bertajuk PEMBANGUNAN ALAT LATIHAN SOLAR FOTOVOLTA MENGGUNAKAN KAEDAH TEORI PENYELESAIAN MASALAH SECARA INVENTIF (TRIZ)

adalah hasil kerja saya sendiri. Saya tidak memplagiat dan apa-apa penggunaan mana-mana hasil kerja yang mengandungi hak cipta telah dilakukan secara urusan yang wajar dan bagi maksud yang dibenarkan dan apa-apa petikan, ekstrak, rujukan atau pengeluaran semula daripada atau kepada mana-mana hasil kerja yang mengandungi hak cipta telah dinyatakan dengan sejelasnya dan secukupnya

Tandatangan pelajar

ii. Perakuan Penyelia:

Saya, Ta. DR. IRDAYANTI BINTI MAT NASHIR (NAMA PENYELIA) dengan ini mengesahkan bahawa hasil kerja pelajar yang bertajuk _____

PEMBANGUNAN ALAT LATIHAN SOLAR FOTOVOLTA MENGGUNAKAN KAEDAH
TEORI PENYELESAIAN MASALAH SECARA INVENTIF (TRIZ)

(TAJUK) dihasilkan oleh pelajar seperti nama di atas, dan telah diserahkan kepada Institut Pengajian Siswazah bagi memenuhi sebahagian/sepenuhnya syarat untuk memperolehi Ijazah

SARJANA SAINS (TEKNOLOGI KEJURUTERAAN) (SILA NYATAKAN NAMA IJAZAH).

Tarikh

Dr. Irdyanti Binti Mat Nashir
Penyarah Kanan
Jurusan Teknologi Kejuruteraan
Fakulti Teknikal dan Vokasional
Universiti Pendidikan Sultan Idris
35200 Tanjung Malim, Perak.
Tandatangan Penyelia

UPS/PS-SBO 31
Page 01 of 01
**INSTITUT PENGAJIAN SISWAZAH /
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES**
**BORANG PENGESAHAN PENYERAHAN TESIS/DISERTASI/LAPORAN KERTAS PROJEK
DECLARATION OF THESIS/DISSERTATION/PROJECT PAPER FORM**

 Tajuk / Title: PEMBANGUNAN ALAT LATIHAN SOLAR FOTOVOLTA MENGGUNAKAN
KAEDAH TEORI PENYELESAIAN MASALAH SECARA INVENTIF (TRIZ)

 No. Matrik / Matric's No.: M20181001690

 Saya / I: NORAZLINDA BINTI MOHAMED

(Nama pelajar / Student's Name)

 mengaku membenarkan Tesis/Disertasi/Laporan Kertas Projek (Kendoktoran/Sarjana)* ini disimpan
di Universiti Pendidikan Sultan Idris (Perpustakaan Tuanku Bainun) dengan syarat-syarat kegunaan
seperti berikut -

acknowledged that Universiti Pendidikan Sultan Idris (Tuanku Bainun Library) reserves the right as follows:-

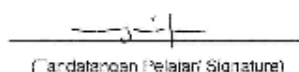
1. Tesis/Disertasi/Laporan Kertas Projek ini adalah hak milik UPSI.
The thesis is the property of Universiti Pendidikan Sultan Idris.
2. Perpustakaan Tuanku Bainun dibenarkan membuat salinan untuk tujuan rujukan dan penyelidikan.
Tuanku Bainun Library has the right to make copies for the purpose of reference and research.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan Tesis/Disertasi ini sebagai bahan pertukaran antara Institusi Pengajian Tinggi.
The Library has the right to make copies of the thesis for academic exchange.
4. Sila tandakan (✓) bagi pilihan kategori di bawah / Please tick (✓) for category below:-

☐ **SULIT/CONFIDENTIAL**

 Mengandungi maklumat yang memaparkan keselamatan atau
seperlingan Malaysia seperti yang termasuk dalam Akta Rahsia
Rasmi 1972 / Contains confidential information under the Official
Secret Act 1972

☐ **TERHAD/RESTRICTED**

 Mengandungi maklumat terhad yang telah dibenarkan oleh
organisasi/ badan di mana penyelidikan ini dijalankan / Contains
restricted information as specified by the organization where research
was done

☒ **TIDAK TERHAD / OPEN ACCESS**

(Tandatangan Pelajar/ Signature)

 Tarikh: 11/1/2022

Dr. Norhayati Binti Mast Nashir
Pensyarah Kanan / Senior Lecturer
Sisitem Teknologi Kejuruteraan
Mekatronik dan Vokasional
Universiti Pendidikan Sultan Idris
38000 Tanjong Malim, Perak.
(Tandatangan Penyelia / Supervisor Signature & (Nama & Cap Rasm / Name & Official Stamp)

 Catatan: Jika Tesis/Disertasi ini SULIT & TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berastu organisasi berkenaan
dengan menyatakan sebab sebagai laporan ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

 Notes: If the thesis is CONFIDENTIAL or RESTRICTED, please attach with the letter from the organization with period
and reasons for confidentiality or restriction.

PENGHARGAAN

Alhamdulillah dengan izinNya, disertasi ini dapat disiapkan. Terima kasih diucapkan kepada suami dan anak-anak serta emak, abah juga adik beradik yang menyokong dan sentiasa memberi sokongan penuh. Tidak lupa kepada pengasuh anak-anak iaitu Ummi dan Papa yang sentiasa memberi masa membantu menguruskan Haziq, Hani dan Hanif. Turut sentiasa memberi tunjuk ajar dan sokongan iaitu penyelia, Ts Dr Irdyanti Mat Nashir. Penghargaan turut diberikan kepada pakar dan responden yang bekerjasama dalam menyempurnakan kajian, rakan-rakan yang terlibat secara langsung dan tidak langsung. Ucapan tahniah untuk diri sendiri kerana berjaya membangunkan alat latihan solar fotovolta serta bertukus lumus dalam menyempurnakan disertasi ini. Semoga ianya memberi suntikan semangat untuk ke peringkat pengajian yang seterusnya.



ABSTRAK

Tujuan kajian adalah membangunkan alat latihan solar fotovolta menggunakan teori penyelesaian masalah secara inventif atau dikenali sebagai *TRIZ*. *TRIZ* dijadikan asas kajian ini kerana kesesuaian teori ini dalam membangunkan alat latihan solar fotovolta. Empat prinsip inventif *TRIZ* iaitu Segmentasi, Ekstrak, Pengkhusyenan awal dan Dinamik digunakan dalam kajian pembangunan alat latihan solar fotovolta. Objektif kajian adalah mengenalpasti jenis alat latihan solar fotovolta yang sesuai digunakan di industri, membangunkan alat latihan solar fotovolta menggunakan kaedah *TRIZ* serta menguji reka bentuk dan kebolehfungsian. Reka bentuk pembangunan alat latihan digunakan sebagai kaedah kajian. Metodologi kajian dijalankan melalui tiga fasa. Fasa pertama adalah analisa keperluan untuk menentukan samada alat latihan solar fotovolta diperlukan oleh pihak industri. Tiga orang pakar solar ditemubual dan mereka bersetuju bahawa alat ini diperlukan. Fasa kedua adalah fasa reka bentuk dan pembangunan alat di mana tiga pengguna mendapati masalah alat latihan sedia ada iaitu bersaiz besar, berat, sukar dialihkan dan kurang stabil. Berdasarkan masalah tersebut, kaedah *TRIZ* digunakan. Fasa ketiga adalah penilaian akhir oleh pengguna industri menggunakan instrumen soal-selidik yang telah disahkan pakar dan mempunyai index kebolehppercayaan yang tinggi. Dapatan kajian awal mendapati pakar solar bersetuju bahawa alat latihan solar fotovolta jenis luar grid sesuai digunakan di industri. Dapatan fasa kedua adalah idea reka bentuk berdasarkan empat prinsip inventif *TRIZ* dan pembangunan alat solar fotovolta serta pengoperasiannya berfungsi dengan baik. Dapatan fasa ketiga mendapati persetujuan pengguna alat dari industri solar adalah sebanyak 93.34% bagi item reka bentuk dan kebolehfungsian yang diinterpretasikan sebagai sangat baik. Kesimpulan kajian adalah alat latihan solar fotovolta yang dibangunkan berciri inovasi iaitu bersaiz lebih kecil, mudah alih, fleksibel dan kebolehfungsian mudah digunakan seperti yang dipersetujui oleh panel pakar. Implikasinya, alat latihan solar fotovolta yang dibangunkan dapat digunakan oleh pekerja industri solar, tenaga pengajar, pelajar institusi dan pusat latihan serta individu yang berminat tentang kaedah pemasangan solar fotovolta



DEVELOPMENT OF SOLAR PHOTOVOLTAIC TRAINING KIT USING THEORY OF INVENTIVE PROBLEM-SOLVING METHOD (TRIZ)

ABSTRACT

The purpose of the study was to develop a photovoltaic solar training kit using inventive problem-solving theory or known as TRIZ. TRIZ formed the basis of this study because of the suitability of this theory in developing photovoltaic solar training kit. Four inventive principles of TRIZ namely Segmentation, Extraction, Early Cushioning and Dynamics used in the study. The objective of the study is to identify the types of photovoltaic solar training kit suitable for use in industry, develop photovoltaic solar training kit using the TRIZ method as well as test its design and functionality. Training kit development design was used as the research method. The methodology was conducted through three phases. The first phase is a needs analysis to determine whether photovoltaic solar training kit is needed by the industry. Three solar experts were interviewed, and they agreed that this kit was needed. The second phase is the design and development phase of the kit where three users identify problems in the design and functionality of the existing kit that is large size, weight, difficult to move and less stable. Based on the problem, the TRIZ method was used. The third phase is the final assessment by users from the industry using a questionnaire instrument that has been certified by experts and has a high reliability index. The findings of the preliminary study found that solar experts agreed that off-grid type photovoltaic solar training kit suitable for industry. The findings of the second phase are design idea based on the four inventive principles of TRIZ and the development of a photovoltaic solar device as well as it operates successfully. The findings of the third phase found that the consent of users from the solar industry was 93.34% for the design and functionality items which can be interpreted as excellent. The conclusion of this study is the photovoltaic solar training kit developed is innovative, which is smaller in size, portable, flexible and its functionality is easy to use as agreed by the experts. The implication of the photovoltaic solar training kit can be used by solar industry workers, instructors, students of solar institutions and training centre also individuals who are interested in photovoltaic solar installation methods.



KANDUNGAN

Muka Surat

PENGAKUAN KEASLIAN PENULISAN	ii
BORANG PENGESAHAN PENYERAHAN DISERTASI	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	viii
SENARAI RAJAH	ix
SENARAI SINGKATAN	x
SENARAI LAMPIRAN	xi
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Latar Belakang Kajian	1
1.3 Penyataan Masalah	4
1.4 Objektif Kajian	5
1.5 Persoalan Kajian	6
1.6 Kepentingan Kajian	6
1.7 Skop Kajian	7
1.8 Kerangka Konseptual Kajian	7
1.9 Batasan Kajian	8
1.10 Rumusan	9



BAB 2 TINJAUAN LITERATUR

2.1	Pendahuluan	10
2.2	Tenaga Boleh Diperbaharui	11
2.3	Sistem Solar Fotovolta	14
2.3.1	Sejarah Solar Fotovolta	114
2.3.2	Jenis Pemasangan Solar Fotovolta	16
2.3.3	Komponen Sistem Solar Fotovolta Luar-Grid	21
2.4.	Teori Penyelesaian Masalah Secara Inventif, TRIZ	35
2.4.1	Parameter Sistem	38
2.4.2	Prinsip Inventif	39
2.5	.Sorotan Kajian Lepas	41
2.5.1	Sorotan Kajian Alat Latihan Solar Fotovolta	41
2.5.2	Sorotan Kajian TRIZ	47
2.6	Jurang Kajian	49
2.7	Rumusan	49

BAB 3 METODOLOGI

3.1	Pengenalan	51
3.2	Proses Pembangunan Kajian	52
3.2.1	Fasa 1: Keperluan Kajian Awal	54
3.2.2	Fasa 2: Kajian Pembangunan Reka bentuk	63
3.2.3	Fasa 3: Kajian Pengujian Akhir	90
3.3	Rumusan	97

BAB 4 PEMBANGUNAN PRODUK

4.1	Pengenalan	97
4.2	Pembangunan Alat Latihan Solar Fotovolta	97

4.3 Penyediaan Komponen Elektronik	100
4.3.1 Panel solar Monokristalin	100
4.3.2 Pengawal Pengecasan Solar Jenis PWM	102
4.3.3 Bateri Asid Plumbum	104
4.3.4 Meter Digital LED	105
4.3.5 Mentol	107
4.3.6 Lampu Halogen	108
4.3.7 Wayar Penyambung	109
4.4 Lakaran Pemasangan Litar	110
4.5 Pemasangan Prototaip	111
4.6 Penyediaan Manual Kerja	116
4.7 Ujilari Alat Latihan	117
4.8 Kemasan Akhir	118
4.9 Rumusan	119

BAB 5 DAPATAN KAJIAN

5.1 Pengenalan	121
5.2 Persoalan Kajian 1: Apakah alat latihan berkaitan solar yang sesuai digunakan di industri?	122
5.2.1 Analisa Dapatan Kajian Awal	122
5.3 Persoalan Kajian 2: Bagaimanakah kaedah pembangunan alat latihan solar fotovolta?	129
5.3.1 Analisa Dapatan Kajian Rekabentuk Menggunakan <i>TRIZ</i>	130
5.4 Persoalan Kajian 3: Bagaimanakah pengujian terhadap alat latihan solar fotovolta dijalankan?	145
5.4.1 Hasil Pembangunan Alat Latihan Solar Fotovolta	145

5.4.2 Analisa Dapatan Skor Kajian	148
5.5 Rumusan	156
BAB 6 PERBINCANGAN DAN RUMUSAN	
6.1 Pengenalan	157
6.2 Perbincangan Dapatan Kajian	158
6.3 Sumbangan Kajian	164
6.4 Cadangan Lanjutan Kajian	165
6.4.1 Cadangan Penambahbaikan Reka bentuk	165
6.4.2 Cadangan Penambahbaikan Kebolehfungsian	166
6.5 Rumusan Kajian	167
RUJUKAN	170



SENARAI JADUAL

No Jadual	Muka Surat
2.1 Perbezaan Ciri bagi Jenis Sel Solar	26
2.2 Parameter Sistem	39
2.3 Senarai 40 Prinsip Inventif	40
3.1 Instrumen Protokol Temu bual Kajian Awal	57
3.2 Instrumen Protokol Temu bual Kajian Alat Latihan Sedia Ada	69
3.3 Kaedah Penyelesaian Paramater	77
3.4 Pernyataan Percanggahan Fizikal TRIZ	78
3.5 Parameter Berdasarkan Jadual TRIZ	80
3.6 Matriks Percanggahan TRIZ	81
3.7 Prinsip Inventif menggunakan kaedah TRIZ	81
3.8 Cadangan Penyelesaian Masalah TRIZ	84
3.9 Instrumen Soal Selidik Pengujian Akhir Item Reka bentuk	93
3.10 Instrumen Soal Selidik Pengujian Akhir Item Kebolehfungsian	94
3.11 Kelebihan Menggunakan Teknik Soal Selidik	96
3.12 Interpretasi Peratusan Kajian	97
4.1 Spesifikasi Pengawal Pengecasan jenis PWM	104
4.2. Pengujian Penyambungan Litar	111
4.3 Manual Kerja Alat Latihan Solar Fotovolta	117
5.1 Latarbelakang Maklumat Pakar	123
5.2 Demografi Kajian	131
5.3 Penilaian Skor Pemarkahan bagi Masalah Alat Latihan Sedia Ada	135



5.4	Demografi Kajian	149
5.5	Peratus Pencapaian bagi Item Reka bentuk	150
5.6	Peratus Pencapaian bagi Item Kebolehfungsian	152
5.7	Cadangan dan Maklumbalas oleh Pakar	154

**SENARAI RAJAH****No Rajah****Muka Surat**

1.1	Pelan Pembangunan Tenaga Boleh Diperbaharui	3
1.2	Kerangka Konseptual Kajian.	8
2.1	Sumber Tenaga Boleh Diperbaharui	12
2.2	Pembangunan Pusat Tenaga dibawah Seliaan TNB	13
2.3	Kesan Sinar Matahari kepada Sel Solar	17
2.4	Pemasangan Sistem Solar Tersambung Grid	19
2.5	Pemasangan Sistem Penyambungan Luar Grid	20
2.6.	Sel Solar Monokristalin	23
2.7	Sel Solar Polikristalin	24
2.8.	Sel Solar Filem Nipis	25
2.9	Bateri Asid Plumbum	28
2.10	Pengawal Pengecasan Solar jenis PWM	30
2.11	Pengawal Pengecasan Solar jenis MPPT	31
2.12	Analog Meter	33
2.13	Meter Digital	33
2.14	Peralatan Elektrik sebagai Beban Keluaran Solar	34
2.15	Model Dua Hala Inovasi Metodologi TRIZ	36
2.16	Alat Latihan Solar Edibon Equipment	43
2.17	Alat Latihan Solar Lab Volt	44
2.18	Alat Latihan De Lorenzo	44
2.19	Alat Latihan Solar Hampden	45



3.1	Proses Pembangunan Kajian Mengikut Fasa	53
3.2	Proses Pelaksanaan Keperluan Kajian Awal	55
3.3	Pembangunan Reka bentuk menggunakan Kaedah TRIZ	64
3.4	Proses Kajian Temu bual	67
3.5	Alat A	74
3.6	Alat B	74
3.7	Alat C	75
3.8	Lakaran Reka bentuk Segmentasi	86
3.9	Lakaran Reka bentuk Ekstrak	87
3.10	Lakaran Reka bentuk Pengkhusyenan Awal	88
3.11	Lakaran Reka bentuk Dinamik	89
3.12	Proses Kajian Pengujian Akhir	91
4.1	Proses Pembangunan Alat Latihan Solar Fotovolta	99
4.2	Panel Solar Monokristalin	101
4.3	Spesifikasi Panel Solar Polikristalin	102
4.4	Pengawal Pengecasan jenis PWM	103
4.5	Bateri Asid Plumbum	105
4.6	Meter Digital LED	106
4.7	Pemasangan Meter Digital LED	107
4.8	Mentol	108
4.9	Lampu Halogen	109
4.10	Wayar Penyambung	109
4.11	Lakaran Penyambungan Litar Alat Latihan Solar Fotovolta	110
4.12	Pemasangan Litar Alat Latihan Solar Fotovolta Secara Prototaip	113
4.13	Penyusunan Komponen di atas Papan Akrilik	114

4.14	Pemasangan Bingkai Plastik Penebat	115
4.15	Pemasangan Komponen dan Aksesori	116
4.16	Kemasan Akhir Alat Latihan Solar Fotovolta	119
5.1	Lakaran Reka bentuk Segmentasi	138
5.2	Lakaran Reka bentuk Ekstrak	139
5.3	Lakaran Reka bentuk Pengkhusyenan Awal	139
5.4	Lakaran Reka bentuk Dinamik	139
5.5	Lakaran Akhir Reka bentuk Latihan Solar Fotovolta.(Pandangan hadapan)	140
5.6	Lakaran Akhir Reka bentuk Alat Latihan Solar Fotovolta.(Pandangan sisi)	141
5.7	Lukisan Teknikal Pandangan Sisi	141
5.8	Lukisan Teknikal Pandangan Belakang	142
5.9	Lukisan Teknikal Pandangan Atas	142
5.10	Lukisan Isometrik Alat Latihan Solar Fotovolta	143
5.11	Lukisan Tiga Dimensi (3D) Reka bentuk Alat Latihan Solar Fotovolta	144
5.12	Alat Latihan Solar Fotovolta. (Pandangan Sisi)	146
5.13	Alat Latihan Solar Fotovolta. (Pandangan Hadapan)	147
5.14	Alat Latihan Solar Fotovolta. (Pandangan Atas)	148
6.1	Pengujian alat latihan solar fotovolta dalam bangunan	163
6.2	Pengujian alat latihan solar fotovolta luar bangunan	164

SENARAI SINGKATAN

3D	Tiga Dimensi
AT	Arus Terus
AU	Arus Ulang Alik
FIT	Field in Taarif
KATS	Kementerian Air, Tanah dan Sumber Asli
KeTSA	Kementerian Tenaga dan Sumber Asli
KeTTHA	Kementerian Tenaga, Teknologi Hijau dan Air
LED	Diod Pemancar Cahaya (Light Emitting Diode)
MESTECC	Kementerian Tenaga, Sains, Teknologi, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim
MPPT	Penjejakan Kuasa Maksimum
PKP	Perintah Kawalan Pergerakan
PWM	Modulasi Lebar Denyut (Pulse Width Modulation)
RMK	Rancangan Malaysia Kebangsaan
SEDA	Pihak Berkuasa Pembangunan Tenaga Lestari Malaysia
SOP	Standard of Procedure
TRIZ	Penyelesaian Masalah Secara Inventif
V	Volts / Voltan

SENARAI LAMPIRAN

- A1 Kesahan Instrumen Protokol Temu bual Kajian Awal oleh Pakar 1
- A2 Kesahan Instrumen Protokol Temu bual Kajian Awal oleh Pakar 2
- A3 Kesahan Instrumen Protokol Temu bual Kajian Awal oleh Pakar 3
- B Instrumen Protokol Temu bual Kajian Awal
- C1 Kesahan Instrumen Protokol Temu bual Pengguna Alat oleh Pakar 1
- C2 Kesahan Instrumen Protokol Temu bual Pengguna Alat oleh Pakar 2
- C3 Kesahan Instrumen Protokol Temu bual Pengguna Alat oleh Pakar 3
- D Instrumen Protokol Temu bual Kajian Pengguna Alat Sedia Ada
- E Matriks Percanggahan *TRIZ*
- F1 Kesahan Instrumen Soal Selidik Pengujian Akhir oleh Pakar 1
- F2 Kesahan Instrumen Soal Selidik Pengujian Akhir oleh Pakar 2
- F3 Kesahan Instrumen Soal Selidik Pengujian Akhir oleh Pakar 3
- G Instrumen Soal Selidik Pengujian Akhir
- H Manual Pengguna Alat Latihan Solar Fotovolta
- I Keputusan Soal Selidik Pakar 1
- J Keputusan Soal Selidik Pakar 2
- K Keputusan Soal Selidik Pakar 3
- L Lampiran Tambahan

BAB 1

PENGENALAN

Bab ini akan membincangkan mengenai latarbelakang kajian, pernyataan masalah, objektif, persoalan kajian serta kepentingan kajian. Fokus utama kajian akan dibincangkan pada bahagian skop kajian, kerangka konseptual dan batasan kajian seterusnya rumusan berkenaan bab ini.

1.2 Latar Belakang Kajian

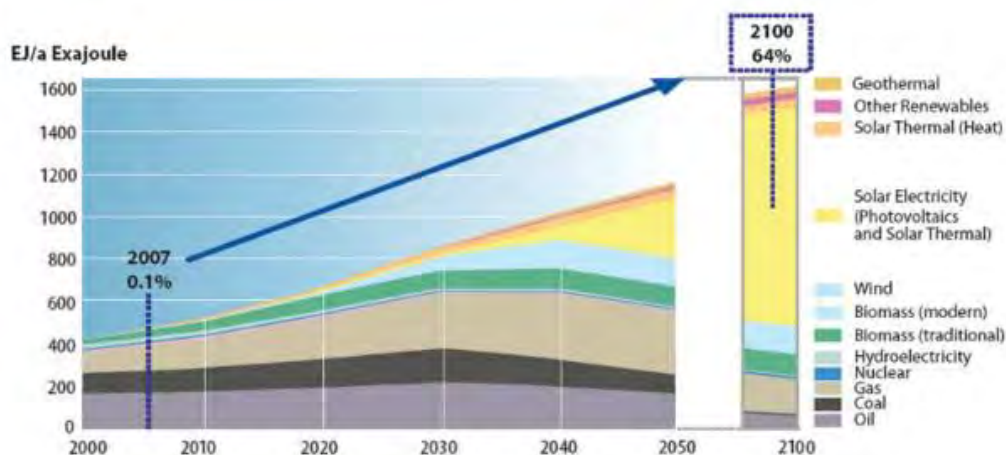
Tenaga boleh diperbaharui merupakan salah satu teknologi hijau dalam mengekalkan kelestarian alam. Antara tenaga boleh diperbaharui yang boleh dijana ialah tenaga solar, tenaga angin, tenaga hidro dan tenaga biomas. Sejak Dasar Teknologi Hijau Negara di



lancarkan di Malaysia pada tahun 2009, Kementerian Tenaga, Teknologi Hijau dan Air (KeTTHA) telah ditubuhkan bagi menguruskan hal ehwal berkaitan tenaga, teknologi hijau dan air sebagai penggerak dan pelaksana kepada usaha membangunkan dan mempromosi teknologi hijau di Malaysia (Karmilah & Jamilah, 2014). Walaupun ianya telah bertukar nama kepada Kementerian Tenaga dan Sumber Asli (KeTSA) dibawah Kementerian Tenaga, Sains, Teknologi, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim (MESTECC) sekitar Oktober 2020 namun fungsi dan matlamat tetap sama bagi pemantapan pengurusan sumber asli ke arah pembangunan mapan dalam pelaksanaan teras strategi (Kementerian Air Tanah dan Sumber Asli, 2019).

Malaysia telah mensasarkan sumber tenaga boleh diperbaharui dengan membekalkan 65MW pada tahun 2011 dan merancang untuk menambah tenaga baru kepada 985MW iaitu sebanyak 15% dan 33% pada tahun 2015 dan 2030. Pada masa ini, kerajaan telah mula aktif mempromosikan kesedaran tentang tenaga bersih kepada rakyat (Almaktar et al., 2015). Rajah 1.1 menunjukkan perancangan pembangunan penjanaan tenaga baru di Malaysia sehingga tahun 2100 dan mendapati pembangunan bagi penghasilan tenaga boleh diperbaharui dijangka meningkat berikutan permintaan dan saranan kerajaan bagi menghasilkan tenaga baru. Penjanaan tenaga solar melalui sistem fotovolta dan solar thermal merupakan tenaga boleh diperbaharui yang mensasarkan peningkatan dalam industri penjanaan tenaga.





Rajah 1.1. Pelan Pembangunan Tenaga Boleh Diperbaharui. (Almaktar, 2015)

Mengikut pendapat (Kumar & Moses, 2018), teknologi solar telah menyaksikan perkembangan yang baik sejak dua dekad yang lalu. Antara perkembangan tersebut adalah permintaan tinggi bagi pemasangan sistem solar fotovoltia dari pengguna bagi penjimatan kos tenaga elektrik sedia ada. Oleh kerana itu, kewujudan syarikat dan industri solar turut berkembang sekaligus peluang pekerjaan baru juga semakin meningkat dengan keperluan tenaga separuh mahir diperlukan bagi kerja pemasangan sistem solar fotovoltia. Kesedaran pengguna mengenai penjimatan elektrik selain saranan kerajaan bagi menggalakkan pemasangan solar di bangunan dan kediaman menjadikan syarikat pemasangan solar semakin berkembang. Pihak Berkuasa Pembangunan Tenaga Lestari (SEDA) percaya Malaysia mampu menjana sekurang-kurangnya 50,000 pekerjaan daripada pembinaan, operasi dan penyelenggaraan dalam pemasangan tenaga solar (Bakhtyar et al., 2015). Disebabkan itu, tenaga separuh mahir iaitu pekerja yang baharu semakin diperlukan di industri. Ianya turut disokong oleh Sufiah et al. (2017) bahawa kebanyakan pekerja baharu dikalangan belia kurang terdedah kepada sistem pemasangan solar sebelum menyertai aktiviti praktikal walaupun diberi pendedahan berkaitan teori. Kepesatan teknologi solar secara tidak



langsung memberi peluang pekerjaan kepada golongan muda bagi memenuhi kehendak industri. Keperluan tenaga separuh mahir dalam industri pemasangan solar fotovoltas semakin meningkat selaras dengan pertumbuhan syarikat dan perniagaan berkaitan tenaga solar yang semakin pesat membangun. Penawaran pekerjaan bagi pekerja pemasangan solar fotovoltas turut dibantu dengan memberikan latihan asas sebelum menjalankan pekerjaan sebenar. Penggunaan alat latihan solar fotovoltas seharusnya dapat membantu pelatih atau pekerja baru mempelajari asas pemasangan solar bermula dengan pemasangan secara luar-grid seterusnya boleh memantapkan kemahiran melalui pemasangan tersambung-grid yang lebih mencabar dengan menghadiri kursus dan latihan yang lebih praktikal selain memudahkan pengusaha serta pekerja yang baharu berkecimpung dengan lapangan industri solar fotovoltas



1.3 Penyataan Masalah

Sejajar dengan industri pemasangan solar yang semakin mendapat permintaan tinggi oleh pengguna serta keperluan tenaga kerja yang meningkat, pihak syarikat pemasangan solar seharusnya perlu menyediakan latihan asas seperti penggunaan alat latihan bagi memahirkan pekerja baharu. Kekurangan alat latihan berkaitan sistem pemasangan solar fotovoltas di pasaran juga antara punca masalah pihak industri tidak dapat menyediakan alat tersebut. Kajian oleh Wangping et al. (2014) berkenaan alat latihan tenaga boleh diperbaharui dari pelbagai syarikat pengeluar dan pembekal menyatakan permintaan tinggi oleh pengguna tentang alat latihan untuk pengajaran dan latihan namun bilangannya masih terhad. Walaupun terdapat alat latihan sedia ada di pasaran namun terdapat masalah reka bentuk seperti saiz dan bentuk serta alat kurang





fleksibel dan tidak mudah alih. Selain itu, kebolehfungsian alat latihan yang mengandungi latihan lain seperti ujikaji tenaga angin, tenaga hidro dan ianya tidak tertumpu kepada pemasangan alat latihan solar fotovolta sahaja. Syarikat industri pemasangan solar juga seharusnya menyediakan alat latihan yang mempunyai reka bentuk yang bersesuaian serta dapat berfungsi dengan baik selain mengambil kira faktor keselamatan. Maka dengan ini, satu kajian bagi membangunkan sebuah alat latihan solar fotovolta yang dapat menyelesaikan masalah berkaitan reka bentuk dan kebolehfungsian alat serta membantu pekerja baharu di sektor industri tentang kaedah pemasangan sistem solar fotovolta yang dapat menghasilkan tenaga elektrik dari sumber tenaga cahaya matahari. Dengan penggunaan alat latihan solar fotovolta ini dapat memberi gambaran pemasangan sistem fotovolta yang sebenar dengan skala kecil kepada sesiapa sahaja yang berminat untuk mempelajarinya.



1.4 Objektif Kajian

Secara khususnya, objektif kajian ini adalah seperti berikut:

1. Mengenalpasti jenis alat latihan berkaitan solar fotovolta yang sesuai digunakan di industri
2. Membangunkan alat latihan solar fotovolta menggunakan kaedah *TRIZ*.
3. Menguji reka bentuk dan kebolehfungsian penggunaan alat latihan solar fotovolta





1.5 Persoalan Kajian

Bagi mencapai dan memastikan objektif pembangunan alat latihan solar fotovolt, berikut merupakan persoalan kajian bagi menjadi panduan:

1. Apakah jenis alat latihan berkaitan solar yang sesuai digunakan di industri?
2. Bagaimanakah kaedah pembangunan alat latihan solar fotovolt?
3. Bagaimanakah pengujian terhadap alat latihan solar fotovolt dijalankan?

1.6 Kepentingan Kajian



Selari dengan permintaan yang tinggi oleh pengguna berkaitan pemasangan solar di bumbung kediaman bagi penjimatan bil utiliti elektrik selain ianya mesra alam, alat latihan ini dapat memberi panduan kepada;

- i. Pemilik syarikat pemasangan solar fotovolt yang memberikan perkhidmatan pemasangan solar fotovolt di bangunan dan kediaman pengguna
- ii. Pelatih dan pekerja baru yang menjalankan kerja pemasangan solar fotovolt
- iii. Pusat latihan kemahiran yang menawarkan kursus dan program berkaitan solar
- iv. Tenaga pengajar dan juruteknik yang mengajar kursus kemahiran pemasangan solar
- v. Pelajar dan individu yang ingin mempelajari asas pemasangan solar fotovolt luar grid.



1.7 Skop Kajian

Skop kajian ini menumpukan tentang pembangunan produk yang menggunakan kaedah penyelesaian masalah secara inventif (*TRIZ*) bagi mendapatkan idea reka bentuk pembangunan alat latihan solar fotovolta secara luar-grid. Ianya merupakan alat latihan solar fotovolta secara luar grid yang menggabungkan beberapa komponen elektronik utama iaitu satu unit panel solar (10Watt 12V), bateri sel asid plumbum 7.2uAH, pengawal pengecasan solar serta aksesori tambahan seperti meter LED bagi mengukur arus dan voltan, lampu halogen sebagai pengganti sumber cahaya matahari serta mentol berkuasa 3Watt sebagai penunjuk beban keluaran yang menghasilkan tenaga elektrik secara arus terus (AT). Alat ini turut direka dengan menggabungkan beberapa elemen parameter dan prinsip inventif *TRIZ* yang sesuai bagi idea pembangunan reka bentuk.

Kajian ini memfokuskan pembangunan reka bentuk dan kebolehfungsian alat ini dan dinilai oleh pakar industri solar yang dilantik.

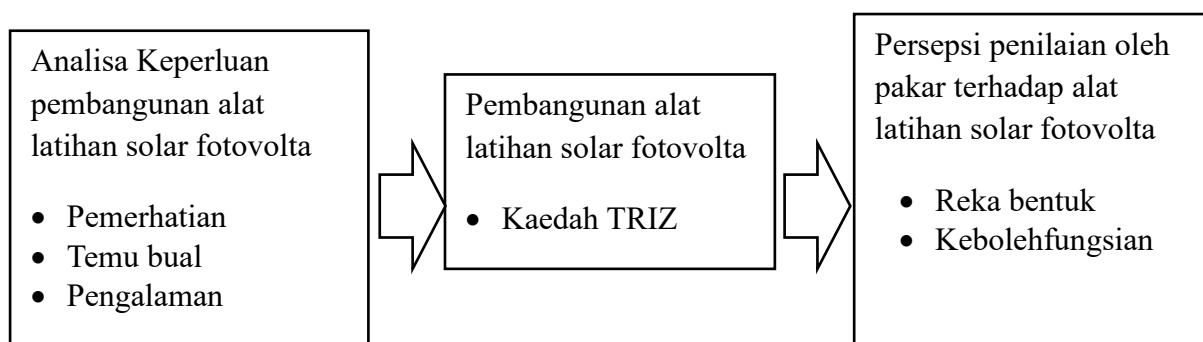
1.8 Kerangka Konseptual Kajian

Kerangka konseptual kajian adalah seperti Rajah 1.2 yang diadaptasi dari kajian Norsyamimi & Mohammad Mujaheed (2019) yang melibatkan pembolehubah tidak bersandar dengan menganalisa keperluan pembangunan alat latihan solar fotovolta berdasarkan pemerhatian pengkaji tentang penggunaan alat latihan. Temu bual bersama pemilik syarikat dan beberapa pakar industri solar dijalankan berdasarkan pengalaman dan isu berkaitan. Setelah itu pembangunan idea menggunakan kaedah *TRIZ* bagi mendapatkan reka bentuk seterusnya menyelesaikan masalah sedia ada. Bagi

pembolehubah bersandar memfokus terhadap persepsi pakar serta pengujian yang dijalankan terhadap alat latihan solar yang dibangunkan dari segi reka bentuk dan kebolehfungsian.

Pembolehubah tidak bersandar

Pembolehubah bersandar



Rajah 1.2. Kerangka Konseptual Kajian. (Diadaptasi dari Nordin & Mujaheed Haassan, 2019)

1.9 Batasan Kajian

Kajian ini terbatas kepada pembangunan satu unit alat latihan solar fotovolta secara luar grid yang menghasilkan tenaga elektrik dengan nilai voltan keluaran tidak melebihi 12 Volt. Selain itu, reka bentuk alat adalah berpandukan kaedah *TRIZ* bagi mendapatkan idea berdasarkan prinsip inventif yang diperolehi. Kebolehfungsian alat dijalankan berpandukan prosedur latihan yang disediakan dalam manual kerja yang disediakan. Penglibatan tiga orang pakar dari industri solar dilantik dalam pengujian akhir kajian. Pengujian ini dijalankan dengan menjawab soal selidik yang merangkumi dua jenis penilaian iaitu penilaian dari segi reka bentuk dan kebolehfungsian alat latihan solar fotovolta.

1.10 Rumusan

Bab ini telah membincangkan mengenai kajian yang akan dibangunkan. Perbincangan tentang isu dan pernyataan masalah telah dijelaskan. Objektif serta persoalan kajian telah dinyatakan dengan lengkap. Kepentingan kajian telah menerangkan tentang perkara utama dalam kajian ini manakala skop kajian menerangkan tentang ruang lingkup kajian tersebut. Kerangka konseptual kajian pula menjelaskan tentang pembolehubah bersandar dan tidak bersandar seterusnya batasan kajian yang memfokuskan tentang limitasi kajian ini. Bab seterusnya merupakan tinjauan literatur yang dapat memberi sorotan kajian lebih khusus.