

TINJAUAN DAN PEMILIHAN CALON TAPAK LOJI JANAKUASA NUKLEAR  
DI SEMENANJUNG MALAYSIA

NOR AFIFAH BINTI BASRI

Tesis ini dikemukakan sebagai memenuhi  
sebahagian daripada syarat penganugerahan ijazah  
Doktor Falsafah (Fizik)

Fakulti Sains  
Universiti Teknologi Malaysia

MAC 2018

**Kepada:**

Ayahbonda tercinta;  
Basri bin Mokhtar dan Hosniah binti Harun

Penyelia;  
Prof. Madya Dr. Suhairul bin Hashim,  
Dr. Khaidzir bin Hamzah,  
Prof. Dr. Ahmad Termizi bin Ramli

Sahabat seperjuangan:  
Mohd. Syazwan, Shazmeen Daniar, Siti Fharhana, Azril, Mohd. Hilmi, Noor Zati  
Hani, Hairul Nizam, Nurlyana dan Illani.

**TERIMA KASIH.**

*'Demi Allah untuk kemaslahatan Islam dan negara Malaysia'*

## **PENGHARGAAN**

### **DENGAN NAMA ALLAH YANG MAHA PEMURAH LAGI MAHA PENYAYANG**

Jutaan terima kasih ditujukan kepada penyelia saya Prof. Madya Dr. Suhairul bin Hashim dan penyelia bersama, Dr. Khaidzir bin Hamzah yang telah bersusah payah membantu saya dalam memberi nasihat, tunjuk ajar, cadangan dan idea bagi memastikan kesempurnaan tesis ini.

Tidak dilupakan juga ucapan terima kasih kepada kedua ibu bapa saya yang memahami kesukaran yang saya alami dan memberi sokongan moral dan doa sepanjang usaha saya menyiapkan kajian ini

Setinggi-tinggi penghargaan diucapkan kepada Kementerian Pengajian Tinggi Malaysia dan Universiti Teknologi Malaysia kerana menaja kajian ini dibawah Geran Universiti Penyelidikan (GUP - Q.J.130000.2526.12H21) dan Biasiswa Zamalah UTM. Ribuan terima kasih juga diucapkan kepada Lembaga Perlesenan Tenaga Atom, Jabatan Meteorologi Malaysia, Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia, Jabatan Pertanian Malaysia dan Jabatan Perdana Menteri Malaysia kerana membekalkan data dan maklumat untuk kajian ini.

Penghargaan istimewa ditujukan kepada Prof. Dr. Ahmad Termizi bin Ramli atas tunjuk ajar beliau yang menyelia proses kajian ini sejak mula sehingga tesis ini ditulis. Akhir sekali buat sahabat seperjuangan dan semua pihak yang terlibat dalam kajian ini secara langsung tau tidak langsung, ribuan terima kasih di atas segala sokongan dan bantuan yang telah anda berikan.

## ABSTRAK

Pemilihan tapak loji janakuasa nuklear (NPP) merupakan salah satu keperluan keselamatan paling asas dalam proses pembinaan fasiliti loji janakuasa nuklear. Kajian ini melaksanakan proses pemilihan tapak NPP di Semenanjung Malaysia berdasarkan pertimbangan terhadap tujuh kriteria keselamatan yang disarankan oleh Lembaga Perlesenan Tenaga Atom Malaysia (AELB). Kriteria yang terlibat ialah geologi dan seismologi, hidrologi, populasi, meteorologi, zon keselamatan, fasiliti dan kesan alam sekitar. Analisis yang digunakan dalam kajian ini ialah Kaedah Pemetaan Digital, Analisis Pertindihan Lapisan, dan Analisis Membuat Keputusan. Proses pemilihan tapak dibahagikan kepada dua peringkat - peringkat tinjauan dan peringkat pemilihan. Pada peringkat tinjauan, empat tapak berpotensi telah dikenalpasti dengan menggunakan Kaedah Pemetaan Digital dan Analisis Pertindihan Lapisan terhadap kriteria mandatori dalam perisian ArcGIS 9.3. Pada peringkat pemilihan, kekuatan dan kelemahan setiap calon tapak telah dibincangkan berdasarkan kriteria keselamatan tapak oleh AELB. Perbandingan kekuatan dan kelemahan ini diterjemah kepada nombor segitiga kaburan. Matriks perbandingan berpasangan dibangunkan daripada nombor segitiga kaburan untuk mengira susunan keutamaan tapak menggunakan Proses Analitik Hierarki Kaburan. Dapatan daripada kajian ini mencadangkan calon tapak 3 (CT3) di mukim Jugra di daerah Kuala Langat, Negeri Selangor, sebagai tapak yang sesuai untuk pembinaan NPP di Semenanjung Malaysia. Kriteria tapak di CT3 didapati mematuhi tujuh kriteria keselamatan nuklear berdasarkan dokumen 'Panduan Pemilihan Tapak Loji Janakuasa Nuklear' yang diterbitkan oleh AELB.

## ABSTRACT

Site selection of nuclear power plant (NPP) is one of the most basic safety requirements in the process of building a nuclear power plant facility. This study implemented the process of NPP site selection in Peninsular Malaysia based on the consideration of seven safety criteria recommended by the Malaysian Atomic Energy Licensing Board (AELB). The criteria involved are geology and seismology, hydrology, population, meteorology, safety zone, facility, and environmental impact. Analyses used in this study are Digital Mapping, Feature Overlay Analysis and Decision Making Analysis. The process of site selection is divided into two stages - survey stage and selection stage. In the survey stage, four potential sites were identified using Digital Mapping and Feature Overlay Analysis of mandatory criteria in ArcGIS 9.3 software. In the selection stage, the strengths and weaknesses of each candidate sites were discussed based on the site safety criteria by AELB. The comparison of strengths and weaknesses is translated into triangular fuzzy numbers. Pair comparison matrices were built from the triangular fuzzy numbers to calculate the site's ranking using Fuzzy Analytic Hierarchy Process. The result of this study suggests candidate site 3 (CT3) in Mukim Jugra area in Kuala Langat district, Selangor State, as suitable NPP site for the construction of NPP in Peninsular Malaysia. The site criteria in CT3 have complied seven safety criteria based on the document 'Guideline for Site Selection for Nuclear Power Plant' published by AELB.

## SENARAI ISI KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>PENGHARGAAN</b>	iv
	<b>ABSTRAK</b>	v
	<b>ABSTRACT</b>	vi
	<b>SENARAI ISI KANDUNGAN</b>	vii
	<b>SENARAI JADUAL</b>	xii
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xiv
	<b>SENARAI SINGKATAN</b>	xvii
	<b>SENARAI SIMBOL</b>	xix
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xx
<b>1</b>	<b>Pengenalan</b>	<b>1</b>
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Latar Belakang Kajian	2
	1.3 Pernyataan Masalah	3
	1.4 Objektif Kajian	4
	1.5 Skop Kajian	5
	1.6 Kepentingan Kajian	6
	1.7 Susun Atur Bab	7
<b>2</b>	<b>KAJIAN LITERATUR</b>	<b>9</b>
	2.1 Kawasan Kajian - Semenanjung Malaysia	9
	2.1.1 Geografi	9

2.1.2	Demografi	11
2.1.3	Iklim	12
2.2	Tinjauan Senario Sektor Tenaga Elektrik di Semenanjung Malaysia	13
2.2.1	Campuran Sumber Bahan Api dalam Sektor Tenaga Elektrik	14
2.2.1.1	Gas Asli	14
2.2.1.2	Arang Batu	15
2.2.1.3	Kuasa Hidro	16
2.2.2	Penjanaan dan Penggunaan Tenaga Elektrik di Semenanjung Malaysia	16
2.2.3	Pertimbangan untuk Mempelbagaikan Sumber Bahan Api Alternatif	20
2.3	Sejarah dan Perkembangan Program Tenaga Nuklear di Malaysia	22
2.4	Objektif dan Prinsip Asas Keselamatan Nuklear	24
2.4.1	Objektif Keselamatan untuk Aktiviti Penjanaan Tenaga Nuklear	25
2.4.2	Prinsip dan Kriteria Keselamatan Nuklear untuk Penilaian Tapak LJN	27
2.5	Dokumen Pemilihan dan Penilaian Tapak LJN oleh LPTA	28
2.6	Saranan Proses Pemilihan Tapak LJN oleh LPTA	29
2.6.1	Pengkelasan Kawasan	30
2.6.2	Klasifikasi Kriteria Tapak	30
2.6.3	Langkah Pemilihan Tapak LJN	31
2.7	Saranan Kriteria Tapak untuk Perbandingan antara Calon Tapak	34
2.7.1	Geologi dan Seismologi	34
2.7.2	Meteorologi dan Sebaran Atmosferik	37
2.7.3	Zon Keselamatan - Zon Larangan dan Zon Rendah Penduduk	38
2.7.4	Pertimbangan Populasi	39

2.7.5	Pelan Kecemasan	40
2.7.6	Hidrologi	41
2.7.7	Fasiliti Industri, Ketenteraan dan Pengangkutan	42
2.7.8	Pelan Sekuriti	43
2.7.9	Sistem Ekologi dan Biota	43
2.7.10	Guna Tanah dan Estetik	43
2.7.11	Impak Sosial	44
2.8	Kajian Berkaitan Pemilihan Tapak LJN	44
2.8.1	Kajian Mengenai Kaedah Pemilihan Tapak LJN	46
2.8.2	Kajian Berdasarkan Kriteria Calon Tapak	48
2.8.3	Kajian Tapak LJN di Malaysia	49
<b>3</b>	<b>METODOLOGI KAJIAN</b>	<b>50</b>
3.1	Kaedah Pengumpulan Maklumat	50
3.2	Kaedah Kajian - Proses Pemilihan Tapak LJN	52
3.3	Kaedah Analisis dalam Peringkat Tinjauan	56
3.4	Kaedah Analisis dalam Peringkat Pemilihan	59
3.4.1	Analisis Kaburan AHP	59
3.4.2	Analisis Sebaran Radioaktif di Atmosfera	65
3.4.2.1	Perisian HotSpot	67
3.4.2.2	Perisian Hysplit	70
<b>4</b>	<b>DAPATAN DAN PERBINCANGAN PERINGKAT TINJAUAN</b>	<b>74</b>
4.1	Pengenalan	74
4.2	Tinjauan Kawasan Menggunakan Kriteria Mandatori	75
4.2.1	Pertimbangan terhadap Garis Sempadan Antarabangsa	76
4.2.2	Garis Sesar Utama dan Kejadian Gempa Bumi	78
4.2.3	Kejadian Banjir	80
4.2.4	Sumber Bekalan Air untuk Sistem Penyejuk	81
4.2.5	Pusat Populasi dan Kawasan Padat Penduduk	83
4.2.6	Kawasan Sensitif Alam Sekitar Tahap 1	84



4.2.7	Calon Kawasan untuk Tinjauan Calon Tapak LJJ	85
4.3	Tinjauan Calon Tapak Menggunakan Kriteria Saringan	87
4.3.1	Pertimbangan Hidrologi	87
4.3.2	Pertimbangan Populasi	88
4.3.3	Pertimbangan Zon Keselamatan	88
4.3.4	Peta Kawasan Tersingkir dan Calon Tapak LJJ	89

## **5 DAPATAN DAN PERBINCANGAN PERINGKAT**

	<b>PEMILIHAN</b>	<b>91</b>
5.1	Pengenalan	91
5.2	Pemberat Parameter Calon Tapak	91
5.3	Pertimbangan Parameter Geologi dan Seismologi	94
5.3.1	Ciri Batuan	94
5.3.2	Sesar	97
5.3.3	Gempa Bumi	98
5.3.4	Perbandingan Calon Tapak untuk P1	100
5.4	Pertimbangan Parameter Populasi	102
5.5	Pertimbangan Parameter Hidrologi	106
5.5.1	Kepelbagaian Sumber Air	106
5.5.2	Hazad Hidrologi	107
5.5.3	Perbandingan Calon Tapak untuk P3	108
5.6	Pertimbangan Parameter Meteorologi	109
5.6.1	Trajektori Pergerakan Zarah di Calon Tapak	110
5.6.2	Analisis Sebaran Atmosferik di Calon Tapak	113
5.7	Pertimbangan Parameter Zon Keselamatan	118
5.7.1	Zon Eksklusif	118
5.7.2	Zon Rendah Penduduk	120
5.7.3	Zon Kecemasan	122
5.7.4	Perbandingan Calon Tapak untuk P5	123
5.8	Pertimbangan Parameter Fasiliti	124
5.8.1	Fasiliti Berisiko Tinggi (Fasiliti Hazad)	125
5.8.2	Fasiliti Keperluan LJJ	126
5.8.3	Perbandingan Calon Tapak untuk P6	127

5.9	Pertimbangan Kesan Sekitaran	129
5.10	Perbandingan Pemberat Calon Tapak	131
5.11	Susunan Keutamaan (Ranking) Calon Tapak	134
5.12	Ulasan Dapatan Keseluruhan Peringkat Pemilihan	135
<b>6</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	<b>137</b>
6.1	Kesimpulan Kajian	137
6.2	Cadangan Kajian Seterusnya	139
	<b>RUJUKAN</b>	<b>140</b>
	Lampiran A - D	151 - 176

## SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Kapasiti Terpasang berdasarkan Jenis Loji Tenaga Tahun 2015	17
2.2	Saranan Kriteria Geologi untuk Pertimbangan Calon Tapak oleh LPTA	35
2.3	Saranan Kriteria Hidrologi untuk Pertimbangan Calon Tapak oleh LPTA	41
2.4	Contoh Kajian Berkaitan Pertimbangan Keselamatan dan Pemilihan Calon Tapak LJN	45
3.1	Skala Keutamaan Relatif oleh Saaty	60
3.2	Nisbah Keseragaman Rawak	61
3.3	Skala Pertukaran Segitiga Kaburan	62
4.1	Kriteria Mandatori yang disarankan oleh Ahmad <i>et al.</i> (2010)	75
4.2	Tahap KSAS dan Kriteria Pengurusannya	84
4.3	Kriteria Saringan	87
4.4	Calon Tapak LJN di Semenanjung Malaysia	89
5.1	Matriks Perbandingan Berpasangan untuk Parameter Calon Tapak	92
5.2	Parameter dan Pemberat Calon Tapak	93
5.3	Perbandingan Kelebihan dan Kelemahan Calon Tapak untuk Pertimbangan Geologi dan Seismologi	101

5.4	Pemberat Calon Tapak berdasarkan Parameter Geologi dan Seismologi P1	102
5.5	Taburan dan Kepadatan Penduduk di Calon Tapak	103
5.6	Perbandingan Calon Tapak berdasarkan Parameter Populasi	105
5.7	Pemberat Calon Tapak berdasarkan Parameter Populasi P2	105
5.8	Sumber Air Sampingan di Calon Tapak	107
5.9	Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan berdasarkan Parameter Hidrologi di Calon Tapak	108
5.10	Pemberat Calon Tapak berdasarkan Parameter Hidrologi P3	109
5.11	Jadual Anggaran Pelepasan tahunan AP1000	114
5.12	Kepekatan dan Pemendapan Tahunan Maksimum di Calon Tapak	116
5.13	Konfigurasi input perisian Hotspot	119
5.14	Kiraan Jarak Minimum Zon Rendah Penduduk	121
5.15	Perbandingan Kelebihan dan Kelemahan di Calon Tapak berdasarkan Parameter Zon Keselamatan	123
5.16	Pemberat Calon Tapak berdasarkan Parameter Zon Keselamatan P5	124
5.17	Perbandingan Kelebihan dan Kelemahan di Calon Tapak berdasarkan Parameter Fasiliti	128
5.18	Matriks Perbandingan Calon Tapak berdasarkan Parameter Fasiliti P6	129
5.19	Matriks Perbandingan Calon Tapak berdasarkan Parameter Kesan Sekitaran P7	130
5.20	Pemberat Calon Tapak bagi Setiap Parameter Kajian	131
5.21	Markah Akhir dan Susunan Keutamaan Calon Tapak	134

## SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Margin Simpanan Tenaga Elektrik Semenanjung Malaysia	17
2.2	Penggunaan Tenaga Elektrik Mengikut Sektor pada Tahun 2014	18
2.3	Ramalan Permintaan Tenaga Puncak Sehingga Tahun 2035	18
2.4	Campuran Sumber Tenaga Malaysia (2015-2025)	19
2.5	Carta Alir Pemilihan Tapak LTN oleh LPTA	33
3.1	Carta Alir Proses Pemilihan Calon Tapak LTN di Semenanjung Malaysia	53
3.2	Aplikasi Pemetaan Digital dalam ArcGIS Desktop 9.3	57
3.3	Gambaran Kaedah Analisis Pertindihan Lapisan dalam perisian ArcGIS 9.3	58
3.4	Carta Kaedah AHP Adaptasi daripada Saaty (1990)	59
3.5	Pertindihan antara $S_a$ dan $S_b$ dan darjah kebarangkaliannya (V)	64
3.6	Aplikasi HotSpot - Model Input dan Pemilihan Senario Sebaran	68
3.7	Aplikasi HotSpot - Input Meteorologi	69
3.8	Aplikasi HotSpot - Tetapan Output	69

3.9	Aplikasi HotSpot - Contoh Output	70
3.10	Aplikasi Perisian HYSPLIT - Menu	72
3.11	Aplikasi Perisian HYSPLIT - Tetapan Meteorologi	72
3.12	Aplikasi Perisian HYSPLIT - Tetapan Bahan Cemar	72
3.13	Aplikasi Perisian HYSPLIT - Contoh Output	73
4.1	Peta Zon Penampan / Kawasan Tertolak berdasarkan Pertimbangan Garis Sempadan Antarabangsa	77
4.2	Peta Garis Sesar Utama di Semenanjung Malaysia dan Zon Penampan yang Dikelaskan sebagai Kawasan Tertolak	79
4.3	Peta Purata Kejadian Banjir di Semenanjung Malaysia	81
4.4	Peta Kepadatan Penduduk	83
4.5	Peta Kawasan Sensitif Alam Sekitar (Tahap 1)	85
4.6	Peta Kawasan Tersingkir pada Peringkat Tinjauan Kawasan	86
4.7	Peta Kawasan Tersingkir dan Lokasi Calon Tapak LJM di Semenanjung Malaysia	90
5.1	Peta Purata Keamatan Maksimum Gempa Bumi (1805 – 2007) Adaptasi daripada Kajian oleh Leyu (2009)	100
5.2	Purata Halaju Angin Bulanan pada Tahun 2016 di Calon Tapak	111
5.3	Simulasi Trajektori Pergerakan Efluen Harian (Selang 24 Jam) di Calon Tapak pada Bulan Februari 2016	112
5.4	Simulasi Trajektori Pergerakan Efluen Harian (Selang 24 Jam) di Calon Tapak pada Bulan April 2016	112

5.5	Bentuk Sebaran (a) $^{137}\text{Cs}$ dan (b) $^{131}\text{I}$ di CT1 pada Musim Monsun Barat Daya	114
5.6	Bentuk Sebaran (a) $^{137}\text{Cs}$ dan (b) $^{131}\text{I}$ di CT4 pada Musim Monsun Barat Daya	115
5.7	Bentuk Sebaran (a) $^{137}\text{Cs}$ dan (b) $^{131}\text{I}$ di CT2 pada Musim Monsun Timur Laut	116
5.8	Bentuk Sebaran (a) $^{137}\text{Cs}$ dan (b) $^{131}\text{I}$ di CT4 pada Musim Monsun Timur Laut	116
5.9	Keputusan Simulasi Zon Eksklusif Calon Tapak	119
5.10	Gambaran Saiz Zon Keselamatan LNJ	120
5.11	Carta Lelabah Perbandingan Pemberat Calon Tapak untuk Setiap Parameter Kajian	132

**SENARAI SINGKATAN**

LJN	-	Loji janakuasa nuklear
IAEA	-	International Atomic Energy Agency
LPTA	-	Lembaga Perlesenan Tenaga Atom
AELB	-	Atomic Energy Licensing Board
AHP	-	Analytic Hierarchy Process
MCDA	-	Multi-criteria Decision Analysis
HYSPLIT	-	Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory
PETRONAS	-	Petroleum Nasional Berhad
PGU	-	Peninsula Gas Utilization
TBB	-	Tenaga Boleh Baharu
CCGT	-	Combined Cycle Gas Turbine
OCGT	-	Open Cycle Gas Turbine
CRANE	-	Centre for Application of Nuclear Energy
PUSPATI	-	Pusat Penyelidikan Atom Tun Dr. Ismail
ANM	-	Agensi Nuklear Malaysia
NPIDP	-	Nuclear Power Infrastructure Development Plan
PEMANDU	-	Performance Management and Delivery Unit
MNPC	-	Malaysia Nuclear Power Corporation
NEPIO	-	Nuclear Energy Programme Implementing Organization



TSO	-	Technical Support Organization
ETP	-	Economic Transformation Program
DNN	-	Dasar Nuklear Negara
EBP	-	External Budget Program
USNRC	-	United States Nuclear Regulatory Commission
NPP	-	Nuclear Power Plant
ASEAN	-	Association of Southeast Asian Nations
TRIGA	-	Training, Research, Isotopes, General Atomics
NOAA	-	National Oceanic and Atmospheric Administration
ESA	-	Environmental Sensitive Area
SIA	-	Social Impact Assessment
USNRC	-	United States Nuclear Regulatory Commission

**SENARAI SIMBOL**

MW	-	Mega Watt
MWj	-	Mega Watt jam
<sup>137</sup> Cs	-	Cesium 137
<sup>131</sup> I	-	Iodin 131
Bq	-	Bacquerel
<sup>14</sup> C	-	Karbon 14
<sup>60</sup> Co	-	Cobalt 60
<sup>3</sup> H	-	Tritium
<sup>85</sup> Kr	-	Krypton 85
m	-	meter
km	-	kilometer
j	-	jam
s	-	saat
Bq	-	Bacquerel
T	-	Tera

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>LAMPIRAN</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
A	Langkah Pengiraan Pemberat Kaburan AHP	151
B	Rekod Gempa Bumi yang Dirasai dan Intensitinya di Semenanjung Malaysia	156
C	Rekod Gempa Bumi Yang Berpusat di Semenanjung Malaysia (2007 hingga 2016)	167
D	Muka Hadapan Dokumen Pemilihan dan Penilaian Tapak LJM	170

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Pengenalan**

Tenaga merupakan salah satu unsur semulajadi penting yang tidak boleh dipisahkan daripada kehidupan manusia. Perkembangan sains dan teknologi menukar sumber tenaga mentah kepada tenaga elektrik untuk menghidupkan kemudahan aplikasi elektronik yang semakin maju dan berkembang. Tenaga elektrik dijana daripada pelbagai sumber bahan api seperti gas asli, petroleum dan arang batu. Penyusutan sumber bahan api fosil telah menggalakkan penjanaan tenaga daripada sumber lain seperti tenaga kinetik angin dan empangan hidro.

Permintaan tenaga elektrik yang semakin meningkat menyebabkan sumber alternatif yang lebih efisien diperlukan. Salah satu sumber alternatif yang semakin menjadi pilihan ialah tenaga nuklear. Kelebihan tenaga nuklear yang paling ketara ialah keupayaannya menjana jumlah kuasa elektrik yang lebih besar menggunakan jumlah bahan api yang kecil. Sehingga kini, penjanaan elektrik daripada tenaga nuklear membekalkan 11 % daripada keseluruhan penjanaan elektrik global (World Nuclear Association, 2017a).

Di Asia Tenggara, penjanaan tenaga elektrik daripada tenaga nuklear masih dalam peringkat perancangan. Indonesia, Thailand dan Malaysia adalah contoh negara ASEAN yang sedang membuat persediaan untuk melaksanakan program tenaga nuklear (World Nuclear Association, 2017a).

## 1.2 Latar Belakang Kajian

Malaysia mempunyai sumber tenaga semula jadi yang terbatas untuk menjana tenaga elektrik. Penjana tenaga elektrik semasa masih bergantung kepada dua sumber fosil utama iaitu gas asli dan arang batu. Kerajaan Malaysia telah memutuskan untuk mempelbagaikan sumber tenaga dan mengurangkan pergantungan terhadap bahan api fosil bagi menjamin sekuriti bekalan tenaga elektrik negara. Mesyuarat Jemaah Menteri pada September 2008 memutuskan untuk merangka Dasar Nuklear Negara sebagai panduan pembangunan sektor nuklear yang mengambilkira keperluan, perancangan dan komitmen jangka panjang, pembangunan modal insan, pembangunan prasarana, pelarasan pada peringkat nasional serta kesannya terhadap aktiviti pelaburan negara (Muslim, 2015). Pada Jun 2009, sumber nuklear telah diputuskan sebagai salah satu opsi bahan api untuk penjana tenaga elektrik pasca 2020. Keputusan ini merupakan mandat yang membolehkan Malaysia memulakan persediaan untuk melaksanakan program kuasa nuklear (Muslim, 2015). Kelebihan tenaga nuklear telah terbukti, terutamanya dari aspek jaminan kuantiti dan kelestarian bahan api, kemajuan teknologi, keselamatan manusia dan alam sekitar, serta manfaat ekonomi yang boleh diperolehi daripadanya (Muslim, 2015; Ibrahim, 2014).

Malaysia telah mempunyai sebuah reaktor nuklear yang digunakan untuk tujuan penyelidikan iaitu Reaktor Penyelidikan model TRIGA Mark-II bertempat di Agensi Nuklear Malaysia, Bangi. Reaktor ini menghasilkan tenaga sebesar 1 MW dan telah beroperasi semenjak tahun 1982 lagi (Muslim, 2015; Malaysia Nuclear Agency, 2017). Walau bagaimanapun, untuk membekalkan tenaga elektrik, sebuah reaktor nuklear yang berkapasiti jauh lebih besar diperlukan. Pengendalian reaktor tenaga berbeza dengan pengendalian reaktor penyelidikan berkuasa rendah. Risiko radiologi daripada operasi loji janakuasa nuklear lebih tinggi dan kesannya lebih kompleks. Namun begitu, pengalaman mengendalikan reaktor penyelidikan sedia ada boleh dimanfaatkan sebagai persediaan untuk mengendalikan reaktor penjana tenaga elektrik dalam skala yang lebih besar.

Pemilihan tapak loji janakuasa nuklear (LJN) yang selamat adalah salah satu prasyarat paling asas untuk mencapai objektif keselamatan loji janakuasa nuklear (IAEA, 1999, 2012, 2015). Objektif asas keselamatan nuklear adalah melindungi orang awam dan alam sekitar daripada risiko radiologi baik kesihatan mahu pun keselamatan yang berpunca daripada aktiviti nuklear. Pemilihan tapak LJN yang sesuai dengan kehendak keselamatan nuklear sangat rumit kerana pertimbangan keselamatan yang perlu dilakukan sewaktu pemilihan merangkumi jangka masa sebelum, semasa dan selepas pembinaan. Selain itu, pertimbangan keselamatan semasa loji beroperasi sehingga operasi tamat, urusan pentadbiran, dan pengangkutan bahan dan sisa radioaktif juga perlu diambilkira sewaktu proses pemilihan tapak (IAEA, 2012; 2015; 2016). Selain penekanan terhadap aspek keselamatan nuklear dan risiko radiologi, proses pemilihan juga perlu mempertimbangkan pelbagai perkara lain seperti kapasiti tenaga, rekabentuk fasiliti, teknologi reaktor, impak ekonomi, impak sosial dan sebagainya (IAEA, 2012; 2016).

### **1.3 Pernyataan Masalah**

Penjanaan tenaga elektrik daripada sumber nuklear tidak pernah dilakukan di Malaysia sebelum ini (Ibrahim, 2014). Pembinaan LJN yang pertama memerlukan pertimbangan yang teliti dalam pelbagai aspek termasuklah kesan sosial, ekonomi, keselamatan dan yang lebih penting, kesannya terhadap negara Malaysia secara keseluruhannya (Jaafar, 2012). Sebagai badan penyelarasan aktiviti nuklear di dunia, Agensi Tenaga Atom Antarabangsa (International Atomic Energy Agency - IAEA) telah menyediakan dokumen yang mengandungi syarat dan panduan pemilihan lokasi yang mematuhi syarat-syarat keselamatan nuklear. Panduan tersebut menyenaraikan perkara penting yang perlu diambilkira dan dinilai sewaktu proses pemilihan tapak (IAEA, 2012; 2013; 2015; 2016; 2017).

Kaedah pemilihan tapak LJN yang terbaik tidak dinyatakan secara khusus dalam dokumen panduan keselamatan oleh IAEA. IAEA hanya menyarankan supaya kaedah pemilihan sesebuah calon tapak mestilah memenuhi objektif umum keselamatan nuklear iaitu perlindungan terhadap orang awam dan alam sekitar

daripada kesan bahaya sinaran mengion (IAEA 1999; 2006; LPTA, 2011). Untuk memenuhi saranan tersebut, kaedah pemilihan tempat, faktor penentu kesesuaian dan susunan keutamaan parameter yang terlibat semasa menilai calon tapak mungkin berbeza. Antara faktor yang menyebabkan perbezaan ini adalah faktor geopolitik, sosioekonomi, teknologi serta bidang kepakaran penyelidik yang terlibat.

Kajian ini bertujuan untuk mencadangkan suatu kaedah pertimbangan kriteria keselamatan tapak LNJ yang sesuai untuk pemilihan calon tapak LNJ di Semenanjung Malaysia. Kajian ini berhasrat untuk mengenalpasti kriteria keselamatan yang perlu dipertimbangkan dan mengesahkan kepatuhan calon tapak yang bakal dipilih terhadap objektif dan prinsip asas keselamatan nuklear. Hasil kajian ini diharapkan menjadi salah satu sumbangan kepada persediaan pembangunan program kuasa nuklear di Malaysia dan membantu merealisasikan sasaran penggunaan tenaga nuklear dalam sektor tenaga elektrik di Malaysia menjelang tahun 2030 (Jaafar, 2012; Ibrahim 2014).

#### **1.4 Objektif Kajian**

Lima objektif kajian telah ditetapkan seperti berikut:-

- i) Memilih kriteria tapak yang perlu dipertimbangkan sewaktu pemilihan calon tapak LNJ di Semenanjung Malaysia berdasarkan dokumen keselamatan nuklear terbitan LPTA.
- ii) Memilih calon tapak berpotensi menggunakan Analisis Pertindihan Lapisan terhadap kriteria mandatori tapak menggunakan perisian ArcGIS.
- iii) Menentukan pemberat bagi parameter keselamatan tapak LNJ menggunakan Proses Hierarki Analitik Kaburan (*Fuzzy Analytic Hierarchy Process - FAHP*).

- iv) Membuat perbandingan kelebihan dan kelemahan ciri fizikal di calon tapak berdasarkan parameter pemilihan dan garis panduan pemilihan tapak oleh LPTA.
- v) Menentukan susunan keutamaan (*ranking*) calon tapak berpotensi menggunakan Analisis Kaburan AHP untuk dicadangkan sebagai calon tapak LJM di Semenanjung Malaysia.

## 1.5 Skop Kajian

Pemilihan sesebuah calon tapak LJM memerlukan pertimbangan terhadap pelbagai aspek seperti faktor ekonomi, kesan sosial, keperluan keselamatan dan pembangunan sumber manusia (AELB, 2011; IAEA, 2012; 2015). Penilaian menyeluruh terhadap semua aspek memerlukan masa yang lama dan sumbangan kepakaran yang pelbagai yang berada di luar kemampuan kajian ini. Oleh itu, pengehadan skop telah dilakukan untuk memastikan kajian ini boleh dilakukan dalam jangka masa yang realistik.

Pertimbangan keselamatan untuk lokasi pembinaan LJM bergantung kepada jenis reaktor dan keperluan asasnya. Reaktor yang dipertimbangkan dalam kajian ini adalah reaktor AP1000 berkuasa 1000 MW keluaran Syarikat Westinghouse dari Amerika Syarikat (Westinghouse, 1984; 2011). AP1000 merupakan reaktor air ringan jenis tekanan (Pressurized Water Reactor - PWR) yang ekonomik dan selamat kerana ciri keselamatannya yang sentiasa ditambahbaik sejak 20 tahun yang lalu, daya saing ekonomi yang mantap dan operasi yang cekap (Westinghouse, 1984; 2017). Selain itu, disebabkan sejarah penyelidikan dan pembangunannya yang melebihi 10 tahun, maklumat dan laporan mengenai ciri dan keperluan keselamatannya mudah didapati dalam sumber terbuka berbanding reaktor jenis lain. Oleh yang demikian, reaktor ini antara jenis reaktor yang biasa dipertimbangkan oleh negara-negara yang baru memulakan program pembangunan tenaga nuklear kerana ia menawarkan sumber maklumat yang boleh dipercayai (Westinghouse, 1984; 2017).



Kajian ini menganggap keluasan minimum tapak yang diperlukan adalah lebih kurang 2 km persegi. Kawasan ini dianggap mencukupi untuk menempatkan fasiliti asas yang perlu ada dalam kawasan LNJ seperti bangunan reaktor, bangunan turbin, bangunan simpanan bahan api dan sisa radioaktif, dan bangunan keselamatan dan kecemasan. Saiz ini juga dianggap mencukupi untuk pertimbangan penambahan satu lagi unit reaktor berkuasa sama.

Penentuan kaedah kajian ini merujuk kepada dokumen panduan pemilihan tapak LNJ yang dikeluarkan oleh LPTA bertajuk 'Panduan Pemilihan Tapak Loji Janakuasa Nuklear' yang diterbitkan pada tahun 2011 (AELB, 2011b). Dokumen ini menyenaraikan keperluan keselamatan dan cadangan kaedah pemilihan tapak LNJ berdasarkan syarat keselamatan nuklear oleh IAEA dan telah diselaraskan dengan undang-undang tempatan. Kajian ini hanya menumpu kepada pertimbangan ciri fizikal tapak yang mematuhi syarat keselamatan nuklear sahaja. Ianya tidak membincangkan pertimbangan lain seperti reka bentuk fasiliti LNJ, pertimbangan kos, impak ekonomi dan sebagainya.

Merujuk dokumen LPTA yang telah dinyatakan, kajian ini menetapkan tujuh parameter berikut sebagai parameter analisis kesesuaian calon tapak;

- i. Geologi dan seismologi.
- ii. Pertimbangan populasi.
- iii. Hidrologi.
- iv. Meteorologi dan sebaran atmosferik.
- v. Zon keselamatan.
- vi. Fasiliti hazard dan fasiliti kemudahan.
- vii. Kesan sekitaran.

## **1.6 Kepentingan Kajian**

Merujuk kepada dokumen keperluan keselamatan oleh IAEA, kajian mengenai pertimbangan kesesuaian lokasi LNJ dalam aspek keselamatan adalah

salah satu aktiviti yang perlu dilakukan sewaktu fasa persediaan dalam program tenaga nuklear (IAEA, 2015, 2016). Oleh yang demikian, kajian ini adalah penting dalam rangka menambah khazanah sumber maklumat dan rujukan keselamatan nuklear yang boleh membantu proses persediaan program tenaga nuklear di Malaysia, seterusnya merealisasikan penjanaan tenaga nuklear yang selamat dan ekonomik.

## **1.7 Susun Atur Bab**

Laporan kajian ini terbahagi kepada enam bab. Bab 1 memperkenalkan latarbelakang dan pernyataan masalah yang membawa kepada pelaksanaan kajian ini. Objektif dan skop kajian juga dinyatakan untuk menggambarkan secara ringkas arah tuju dan jangkaan hasil kajian yang diharapkan.

Bab 2 memperkenalkan isu semasa mengenai penjanaan tenaga elektrik di Malaysia. Sejarah pembangunan sektor nuklear di Malaysia dan perkembangan terkini mengenai program tenaga nuklear untuk penjanaan tenaga elektrik juga dibentangkan. Bab ini seterusnya menyatakan secara umum mengenai mengenai prinsip keselamatan nuklear dalam proses pemilihan tapak LFN dan membincangkan isi kandungan dokumen panduan pemilihan tapak LFN di Malaysia. Penghujung bab ini menyenaraikan beberapa contoh kajian yang telah dilakukan berkaitan kaedah pemilihan tapak LFN pada peringkat antarabangsa.

Bab 3 menghuraikan metodologi yang digunakan, kaedah analisis dan susun atur kajian ini. Kaedah pengumpulan data dan kaedah analisis dinyatakan secara terperinci dan peralatan / perisian yang digunakan juga dibincangkan. Kaedah analisis dan pengenalan kepada peralatan juga diterangkan secara ringkas. Carta alir kajian disertakan sebagai ilustrasi perjalanan kajian secara keseluruhan.

Analisis kajian dan perbincangannya dibahagikan kepada dua bab. Bab 4 membincangkan peringkat pertama pemilihan tapak LFN iaitu peringkat tinjauan calon tapak. Bab ini menghuraikan kaedah pemilihan calon kawasan dan calon tapak berpotensi daripada keseluruhan kawasan Semenanjung Malaysia. Ciri keselamatan

calon tapak yang diperolehi daripada peringkat tinjauan ini akan dihurai lanjut dalam Bab 5.

Bab 5 menghuraikan secara terperinci mengenai analisis ciri keselamatan fizikal di setiap calon tapak. Setiap parameter keselamatan diteliti dan dibincangkan dan perbandingannya untuk setiap calon tapak dilakukan untuk mengenalpasti kelebihan dan kelemahan calon tapak tersebut. Kaedah analisis perbandingan tapak dan penentuan susunan keutamaan calon tapak telah ditunjukkan. Bab ini akhirnya mencadangkan satu calon tapak yang dianggap paling sesuai untuk pembinaan LNJ di Semenanjung Malaysia.

Bab terakhir menyimpulkan dapatan kajian secara keseluruhan. Kesimpulan keputusan kajian, pencapaian objektif kajian dan cadangan penambahbaikan dinyatakan dalam bab ini.

## RUJUKAN

- Abdel-Latif, A. M. W. (2011). *Comparing Different Spatial Decision Making Models Performance in Siting a Nuclear Power Plant*. Presented in GIS Conference. Jeddah, KSA.
- Abu Bakar, M.F. dan Elias, N.E., (2016). Extreme Rainfall Analysis on the December 2014 Flood, Terengganu. *Proceeding of Civil Engineering, Environmental Engineering, Hydraulic, & Hydrology*, 3, 283-300.
- Abu Hassan N. H., Mohamed Zawawi M. A., Nor Jaeman N. S. (2017). Development of geological structure of Selangor basin using borehole lithology information. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 7(1), pp. 32-42.
- AELB. (2011a). *Regulatory Requirements for Site Evaluation of Nuclear Power Plant*. Doc. No. : LEM/AL/2. Dengkil, Malaysia: Atomic Energy Licensing Board.
- AELB. (2011b). *Guideline for Site Selection of Nuclear Power Plant*. Doc. No. : LEM/TEK/63. Dengkil, Malaysia: Atomic Energy Licensing Board.
- AELB. (2011c). *Guideline for Site Evaluation of Nuclear Power Plant*. Doc No. : LEM/TEK/64. Dengkil, Malaysia: Atomic Energy Licensing Board.
- Ahmad, M. N., Abbas, A. R., Ismail, M. N., Yapandi, M. F. K. M., Mohd Siam, M. F., Setu, A., ... Waris, A. (2010). Nuclear Power Plant Siting Guideline for Peninsular Malaysia. *In International Conference on Advances in Nuclear Science and Engineering (ICANSE 2009)* (pp. 311–316). <https://doi.org/10.1063/1.4757175>
- Alonso, A. (2012). *Site selection and evaluation for nuclear power plants (NPPs). Infrastructure and Methodologies for the Justification of Nuclear Power Programmes*, 599–620. Woodhead Publishing Series in Energy.

<https://doi.org/10.1533/9780857093776.3.599>

- Basri, N. A., Ramli, A. T., & Aliyu, A. S. (2015). Malaysia energy strategy towards sustainability: A panoramic overview of the benefits and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1094–1105. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.056>
- Basri, N. A., Hashim, S., Ramli, A. T., Bradley, D. A., & Hamzah, K. (2016). Regulatory requirements for nuclear power plant site selection in Malaysia—a review. *Journal of Radiological Protection*, 36(4), R96–R111. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/36/4/R96>.
- Bluett, J., Gimson, N., Fisher, G., Heydenrych, C., Freeman, T., Godfrey, J. (2004). *Good Practice Guide for Atmospheric Dispersion Modelling*. Wellington, New Zealand: Ministry of Environment. ISBN: 0478189419.
- Brioude, J., Arnold, D., Stohl, A., Cassiani, M., Morton, D., Seibert, P., Angevine, W., Evan, S., Dingwell, A., Fast, J. D., Easter, R. C., Pisco, I., Burkhardt, J., and Wotawa, G. (2013). *The Lagrangian particle dispersion model FLEXPART-WRF version 3.1*, *Geosci. Model Dev.*, 6, 1889–1904, <https://doi.org/10.5194/gmd-6-1889-2013>.
- Chang, D.Y. (1996). Application of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95, 12(1996), pp. 649–655. DOI: 10.1016/0377-2217(95)00300-2
- Department of Statistics Malaysia. (2010). *Population Projections in Malaysia 2010 - 2040*. Department of Statistics, Malaysia. Putrajaya, Malaysia: Department of Statistics.
- Department of Statistics Malaysia. (2016). *Siaran akhbar - Anggaran penduduk semasa, Malaysia, 2014-2016*, pp. 1–3.
- Draxler, R., Stunder, B., Rolph, G., Stein, A., Taylor, A. (2016). *HYSPLIT4 User's Guide - Version 4*. USA: National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Energy Commission. (2015a). *Peninsular Malaysia Electricity Supply Industry Outlook 2016*. Putrajaya, Malaysia. Retrieved from <http://www.st.gov.my/>
- Energy Commission. (2015b). *Malaysia Energy Statistics Handbook 2015*. Putrajaya,

Malaysia: Energy Commission.

Energy Commission. (2016). *Malaysia Energy Statistics Handbook 2016*. Putrajaya, Malaysia: Energy Commission.

EPA. (1995). *User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models*. EPA Document No. EPA-454/B-95-003a and EPA-454/B-95-003b. North Carolina, USA: US Environmental Protection Agency.

EPA. (2004). *AERMOD: Description of Model Formulation*. EPA Document No. EPA-454/R-03-004. North Carolina, USA: US Environmental Protection Agency.

Erensal Y. C., Öncan T. , dan Dernircan M. L. (2006), Determining Key Capabilities in Technology Management using Fuzzy Analytic Hierarchy Process: A Case Study of Turkey. *Information Science*, 176(18), pp. 2755-2770.

Erol, I., Sencer, S., Özmen, A., Searcy, C. (2014). Fuzzy MCDM framework for locating a nuclear power plant in Turkey. *Energy Policy*, 186-197. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.11.056>

ESRI. (2009a). *Mapping and visualization in ArcMap. ArcGIS Desktop 9.3 Help*. California, USA: Environmental Systems Research Institute. Retrieved from [http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Mapping\\_and\\_visualization\\_in\\_ArcMap](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Mapping_and_visualization_in_ArcMap)

ESRI. (2009b). What is ArcGIS 9.3. *ArcGIS Desktop 9.3 Help*. California, USA: Environmental Systems Research Institute. Retrieved from [http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=What\\_is\\_ArcGIS\\_9.3](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=What_is_ArcGIS_9.3)

ESRI. (2012). Understanding overlay analysis. *ArcGIS Desktop 9.3 Help*. California, USA: Environmental Systems Research Institute. Retrieved from <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Understanding%20overlay%20analysis>

Geological Society of Malaysia (2005). *Common Rocks of Malaysia*. Retrieved from <http://www.gsm.org.my/geosciences/geoscience/rocks/rocks.htm>

- Gill J., Shariff N. S., Omar K., Amin M. (2015). Teconic Motion of Malaysia: Analysis from Years 2001 to 2013. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. II-2/W2. (pp 199-206).
- Highton, J., & Senior, D. (2008). *The Siting of Nuclear Installations in the United Kingdom*. Presented at NuSAC meeting, 3 July 2008. United Kingdom: Nuclear Safety Advisory Committee
- Homann S. G. (2013). *HotSpot Health Physics Codes*. Lawrence Livermore National Laboratory. Livermore.
- Howroyd, G. C., & Snead, P. B. (2008). *Meteorological Considerations for Nuclear Power Plant Siting and Licensing*. Presented at 12th NUMUG Meeting, Charlotte, NC, 25-27 June 2008. USA: Nuclear Utility Meteorological Data Users Group
- IAEA. (1996). *Defence in depth in nuclear safety*. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency. INSAG series, INSAG-10. <https://doi.org/INSAG-10>
- IAEA. (1999). *Basic safety principles for nuclear power plants: 75-INSAG-3 rev. 1*. A report by the International Nuclear Safety Advisory Group. — Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency. INSAG series, INSAG-12. ISSN 1025–2169.
- IAEA. (2006) *Fundamental Safety Principles: Saftey Fundamentals*. IAEA Safety Standards No. SF-1. Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency.
- IAEA. (2002). *Dispersion of radioactive material in air and water and consideration of population distribution in site evaluation for nuclear power plants*. Safety standards series, no. NS-G-3.2, STI/PUB/1122. Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency. ISSN 1020–525X, ISBN 92–0–110102–3
- IAEA, (2009) *Development, Use and Maintenance of the Design Basis Threat*. IAEA Nuclear Security Series No. 10. Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency.
- IAEA. (2010) *Seismic hazards in site evaluation for nuclear installations*. IAEA safety standards series, no. SSG-9, STI/PUB/1448. Vienna : International Atomic Energy Agency. ISSN 1020–525X, ISBN 978–92–0–102910–2

- IAEA, (2011), *Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities* (INFCIRC/225/Revision 5), IAEA Nuclear Security Series No. 13. Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency.
- IAEA. (2012). *Managing siting activities for nuclear power plants*. IAEA nuclear energy series, no. NG-T-3.7. Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency. , ISSN 1995–7807. ISBN 978–92–0–131610–3.
- IAEA, (2013) *Establishing the Nuclear Security Infrastructure for a Nuclear Power Programme*. IAEA Nuclear Security Series No. 19. Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency.
- IAEA. (2015). *Site survey and site selection for nuclear installations*. IAEA safety standards series, no. SSG-35. Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency. ISSN 1020–525X ;ISBN 978–92–0–102415–2.
- IAEA. (2016). *Site evaluation for nuclear installations*. IAEA safety standards series, no. NS-R-3 (Rev. 1). Vienna, Austria : International Atomic Energy Agency. ISSN 1020–525X.
- IAEA. (2017). *IAEA Safety Standard Series*. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency. ISSN: 1020-525X. Akses di: <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/Series/33/Safety-Standards-Series>
- Ibrahim, J. K. (2014). *Developing Nuclear Energy for Power Generation in Malaysia's Economic Transformation Programme (ETP)*. Presentation at ICW and ESEA 2014: International Construction Week and Ecobuild SEA 2014, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Jaafar, Z. (2012). *Making Nuclear Power A Valid Energy Option in Peninsular Malaysia: Pre-Project Activities Spearheaded by MNPC*. Presentation at National Energy Security Conference 2012: Closing The Energy Supply - Demand Gap; Kuala Lumpur, Malaysia. Retrieved from: [https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:46127096](https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:46127096)
- Jabatan Meteorologi Malaysia. (2017a). *Iklm Malaysia*. Retrieved from <http://www.met.gov.my/web/metmalaysia/118>



- Jabatan Meteorologi Malaysia. (2017b). *Rekod Gempa Bumi yang Dirasai dan Intensitinya di Peninsular Malaysia*. **LAMPIRAN B**
- Jabatan Meteorologi Malaysia. (2017c). *Rekod Gempa Bumi Yang Berpusat di Semenanjung Malaysia (2007 hingga 2016)*. **LAMPIRAN C**
- Jabatan Mineral dan Geosains (1985). *Peta Geologi Semenanjung Malaysia*. Edisi ke-8. Ketua Pengarah, Jabatan Penyiasatan Kajibumi Malaysia. Ipoh.
- Jabatan Penerangan Malaysia. (2017). *Profil Malaysia - Geografi*. Retrieved from <http://pmr.penerangan.gov.my/index.php/profil-malaysia/4-geografi.html>
- Jabatan Pertanian (2002). *Peta Tinjauan Tanah Tanah Semenanjung Malaysia*. Pindaan 2002. Putrajaya: Jabatan Pertanian Semenanjung Malaysia
- Jabatan Pertanian (2006). *Peta Guna Tanah Semasa Semenanjung Malaysia*. Edisi 2006. Putrajaya: Jabatan Pertanian Semenanjung Malaysia
- Jamaluddin, A. F., Tangang, F., Chung, J. X., Juneng, L., Sasaki, H., & Takayabu, I. (2017). Investigating the mechanisms of diurnal rainfall variability over Peninsular Malaysia using the non-hydrostatic regional climate model. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 1-23. DOI: 10.1007/s00703-017-0541-x
- JPBDSM (2010). *Rancangan Fizikal Negara 2*. Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Semenanjung Malaysia. Kuala Lumpur. ISBN 978-967-5456-21-3
- JPBDSM (2012a). *Rancangan Fizikal Zon Persisiran Pantai Negara Jilid 1*. Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Semenanjung Malaysia. Kuala Lumpur. ISBN 978-983-2839-35-4
- JPBDSM (2012b). *Rancangan Fizikal Zon Persisiran Pantai Negara Jilid 2*. Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Semenanjung Malaysia. Kuala Lumpur. ISBN 978-983-2839-35-4.
- JPBDSM. (2014). *Garis Panduan Perancangan - Pemuliharaan Dan Pembangunan Kawasan Sensitif Alam Sekitar (KSAS) (Pengenalan)*. Jabatan Perancangan Bandar dan Desa Semenanjung Malaysia. Kuala Lumpur. ISBN 978-983-41729-5-4
- Khairullah, Effendy, S dan Makmur E.E.S (2017). *Trajectory and Concentration PM10 on Forest and Vegetation Peat-Fire HYSPLIT Model Outputs and*

*Observations (Period: September – October 2015)*. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 58 012038. IOP Publisher.

Khattak M.A., Omran A. A. B., Ahmed A. N., Umairah A., Rosli M. A. M., Sabri S., Saad M. A., Hamid M. S. A., Kazi S. (2017). Siting Consideration for Nuclear Power Plant: A Review. *Open Science Journal* 2(3). Serbia.

Khoo T. T. dan Tan B. K. (1983). *Geological Evolution of Peninsular Malaysia. Workshop on Stratigraphic Correlatio of Thailand and Malaysia*. Thailand. 8 - 10 September 1983.

Khor, C. S., & Lalchand, G. (2014). A review on sustainable power generation in Malaysia to 2030: Historical perspective, current assessment, and future strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 952–960. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.010>

Kirkwood, C. W. (1982). A Case History of Nuclear Power Plant Site Selection. *The Journal of the Operational Research Society*, 33(4), 353–363.

Leyu C. H. (2009). *Macroseismic Study of Malaysia*. Presentation slide retrieved from <http://www.met.gov.my/web/metmalaysia/publications/reports/presentationpaper/2009/forumonearthquakeandtsunamirisks/presentation/67256/Earthquake%20Intensity%20Map.pdf>

Malaysia Nuclear Agency. (2017). *TRIGA PUSPATI Reactor*. Retrieved from: <http://www.nuclearmalaysia.gov.my/new/RnD/energy/reactor/reactorTech.php>

Malaysian Gas Association. (2016). *Malaysia : Natural Gas Industry Annual Review - 2016 Edition*. Malaysian Gas Association.

Martins, V. B., Cunha, T. S., Fernando, F., Filho, L. S., & Lapa, C. M. F. (2011). *Site Selection Process for New Nuclear Power Plants - a Method To Support Decision Making and Improving Public Participation*. In 2011 International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2011. Brazil: Brazil Nuclear Energy Association.

Muslim, N. (2015). *Nuclear energy: Where do we go from here?* In International Nuclear Science and Technology Conference 2014 (p. 02001).

<https://doi.org/10.1063/1.4916840>

- Nhleko, S. (2013). Application of the performance-goal based approach for establishing the SSE site specific response spectrum for new nuclear power plants in South Africa. *Nuclear Engineering and Design*, 255, 287-295. doi:<http://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2012.10.023>
- NOAA (2016). *Archived Meteorological Data Extract*. USA: National Oceanic and Atmospheric Administration. Retrieved from: <https://ready.arl.noaa.gov/ready2-bin/extract/extracta.pl>
- Oh, T. H., Pang, S. Y., & Chua, S. C. (2010). Energy policy and alternative energy in Malaysia: Issues and challenges for sustainable growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(4), 1241–1252. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2009.12.003>
- ONR. (2014). *Safety Assessment Principles for Nuclear Facilities. 2014 Edition Revision 0*. Bootle, United Kingdom: Office for Nuclear Regulation. <http://www.onr.org.uk/saps/>
- Openshaw, S. (1984). An Evaluation of the Safety Characteristics of Current and Possible Future Nuclear Power Stations Series. *Journal of the Royal Statistical Society*, 33(1), 133–142.
- PEMANDU. (2010). Chapter 6: Powering the Malaysian economy with oil, gas and energy. In *Economic Transformation Programme: A roadmap for Malaysia*. Prime Minister's Department. Retrieved from [http://etp.pemandu.gov.my/upload/etp\\_handbook\\_chapter\\_6\\_oil\\_gas\\_and\\_energy.pdf](http://etp.pemandu.gov.my/upload/etp_handbook_chapter_6_oil_gas_and_energy.pdf)
- Pusat Hidrografi Nasional. (2004). *Panjang Pesisir Pantai*. Retrieved from <https://www.hydro.gov.my/index.php/en/component/k2/item/276-panjang-pesisir-pantai>.
- USNRC. (2014). *General Site Suitability Criteria for Nuclear Power Stations*. Regulatory Guide No. 4.7. Washington, USA: United States Nuclear Regulatory Commission.
- Raj, J. (2009). *Geomorphology*. In C. Hutchison & D. Tan (Eds.), *Geology of Peninsular Malaysia* (pp. 5–28).

- Ramli, A. T., Basri, N. A., & Aliyu, A. B. S. (2012). Alternative Energy in Malaysia Beyond 2020-The Need for Nuclear Power. *Progress in Nuclear Science and Technology*, 3, 164–167. <https://doi.org/10.15669/pnst.3.164>
- Rosen A. (2012). *Effects of the Fukushima nuclear meltdowns on environment and health*. Retrieved from; <https://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/FukushimaBackgroundPaper.pdf>
- Roshan, A. D., Shylamoni, P., & Acharya, S. (n.d.). *Monograph on Siting of Nuclear Power Plants*. Mumbai, India. Retrieved from <http://www.aerb.gov.in/AERBPortal/pages/English/t/sj/Siting.pdf>
- Saaty, T. L (1990). How to make a decision: Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48, pp. 9-26. DOI: 10.1016/0377-2217(90)90057-I
- Saaty, T. L. (1980) *The Analytic hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- Sani G. D., Gasim M. B., Toriman M. E.,Musa G. A. (2014) . Floods in Malaysia - Historical Reviews, Causes, Effects and Mitigations Approach. *International Journal of Interdisciplinary Research and Innovations I* Vol. 2, Issue 4, pp: (59-65) SSN 2348-1226 (online).
- Scire, J.S., Strimaitis, D.G., Yamartino, R.J. (2000). *A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model (Version 5)*. Massachusetts, USA: Earth Tech, Inc.
- Srichetta P., dan Thurachon W. (2012). Applying Fuzzy Analytic Hierarchy Process to Evaluate and Select Product of Notebook Computers. *International Journal of Modeling and Optimization*, 2( 2), April 2012.
- Stein A.F. , Draxler R.R., Rolph G.D., Stunder B.J.B., Cohen M.D., Ngan F.. (2015). NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96, pp. 2059-2077. <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00110.1>
- STUK. (2000). *Safety criteria for siting a nuclear power plant*. Guide No.: YVL 1.10. Helsinki, Finland: Finland Radiation and Nuclear Safety Authority.

- Surjono S.S., Leman, M. S., Ali C. A., Mohamed K.R. (2004). *A review of the Palaeozoic lithostratigraphy of east Johor, Malaysia*. Annual Geological Conference 2004, June 4 – 6. Kangar, Perlis, Malaysia
- Tan, Boon K., (1984) *Geologic Considerations in Civil Constructions - Malaysian Case Studies*. International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering. Retrieved from: [http://scholarsmine.mst.edu/icchge/1icchge/1icchge-theme1/26user\\_upload/pdf/english/ippnw\\_health-effects\\_fukushima.pdf](http://scholarsmine.mst.edu/icchge/1icchge/1icchge-theme1/26user_upload/pdf/english/ippnw_health-effects_fukushima.pdf)
- Tangang, F.T., Juneng, L., Salimun, E., Kwan, M.S., Loh, J.L., Muhamad, H. (2012). Climate change and variability over Malaysia: gaps in science and research information. *Sains Malaysiana*, 41, 1355–1366
- Vandenhove, H., Sweeck, L., Vives i Batlle, J., Wannijn, J., Van Hees, M., Camps, J., . . . Lance, B. (2013). Predicting the environmental risks of radioactive discharges from Belgian nuclear power plants. *Journal of Environmental Radioactivity*, 126, 61-76. doi:<http://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2013.07.004>
- Westinghouse, (1984). *The Westinghouse Pressurized Water Reactor Nuclear Power Plant*. Pennsylvania: Westinghouse Electric Corporation.
- Westinghouse, (2011). *Proposed Annual Limits for Radioactive Discharge*. Document no. UKP-GW-GL-028 Revision 2. Westinghouse Electric Company LLC, PA.
- Westinghouse (2017). *AP1000 Pressurized Water Reactor*. Retrieved from: <http://www.westinghousenuclear.com/New-Plants/AP1000-PWR>
- World Nuclear Association. (2017a). *Nuclear Power in the World Today*. Retrieved from <http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx>
- World Nuclear Association. (2017b). *Cooling Power Plants*. Retrieved from <http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/cooling-power-plants.aspx>
- Wu, Y., & Han, Y. (2012). The Study on the Site Selection of Nuclear Power Plants Based on Optimized Fuzzy Comprehensive Evaluation. *Communication in*

*Information Science and Management Engineering*, 2, 35–38. Retrieved from [www.jcisme.org](http://www.jcisme.org)

Yaar, I., Walter, A., Sanders, Y., Felus, Y., Calvo, R., Hamiel, Y. (2016). Possible sites for future nuclear power plants in Israel. *Nuclear Engineering and Design*, 298, Pages 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2015.12.005>

Yahaya, N. (2014). *Malaysia's Energy Mix & Outlook*. Presentation at Kuala Lumpur, Malaysia, 18 September 2014. Retrieved from [http://www.eri.chula.ac.th/eri-main/wp-content/uploads/2015/11/S1-3\\_Ketta\\_v2\\_new.0.pdf](http://www.eri.chula.ac.th/eri-main/wp-content/uploads/2015/11/S1-3_Ketta_v2_new.0.pdf)

Yan A. S. W. (2012). *Geological Assessment of the Earthquake Sources and Hazards in Malaysia*. Presentation Slide at Seminar Teknikal Gempa Bumi JMM. 20 December 2011.