

KAJIAN KESESUAIAN TAPAK  
REAKTOR TENAGA NUKLEAR DI NEGERI JOHOR

NOR AFIFAH BINTI BASRI

Tesis ini dikemukakan sebagai memenuhi  
sebahagian daripada syarat penganugerahan  
Sarjana Sains (Fizik)

Fakulti Sains  
Universiti Teknologi Malaysia

2012

**DEDIKASI**

**Kepada:**

**Ayahbonda tercinta;**

**Basri Mokhtar dan Hosniah Harun**

**Penyelia;**

**Prof Ahmad Termizi Ramli**

**Sahabat seperjuangan;**

**Nurlyana, Nabilah Solehah, Noor Zati Hani,**

**Tengku Nurul Hidayah, Siti Shuwaibah dan Aezal Mohd Faim**

**TERIMA KASIH**

## **PENGHARGAAN**

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

Jutaan terima kasih ditujukan kepada penyelia saya, Prof. Ahmad Termizi Ramli yang telah bersusah payah membantu saya dalam memberi panduan, nasihat, cadangan dan idea bagi memastikan kesempurnaan tesis ini.

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

Setinggi – tinggi penghargaan diucapkan kepada Kementerian Pengajian Tinggi dan Universiti Teknologi Malaysia kerana menaja kajian ini dibawah Geran Universiti Penyelidikan (**GUP – Q.J.130000.7126.00H70**). Ribuan terima kasih juga diucapkan kepada Tenaga Nasional Berhad, Majlis Profesor Negara, Agensi Nuklear Malaysia, Lembaga Pelesenan Tenaga Atom, Jabatan Meteorologi Malaysia, Jabatan Geosains dan Mineral Malaysia, Jabatan Pertanian Malaysia dan Kerajaan Negeri Johor kerana membekalkan data dan maklumat yang diperlukan dalam kajian ini.

Akhir sekali, buat sahabat seperjuangan dan semua pihak yang terlibat dalam kajian ini secara langsung atau tidak langsung, ribuan terima kasih diatas segala sokongan dan bantuan yang telah kalian berikan.

## ABSTRAK

Tenaga nuklear telah dikenalpasti sebagai sumber tenaga alternatif bagi menampung permintaan tenaga menjelang 2020. Pemilihan lokasi tapak reaktor nuklear merupakan salah satu langkah penting dalam proses pembinaan loji tenaga nuklear. Kajian ini mencadangkan calon-calon lokasi tapak reaktor nuklear di Negeri Johor. Pemilihan calon lokasi dilakukan merujuk kepada dokumen keperluan keselamatan yang dikeluarkan oleh IAEA dan AELB, serta disokong oleh pelbagai sumber lain. Parameter yang digunakan dalam kajian ini adalah parameter geologi, seismologi, meteorologi, taburan populasi (demografi), zon kecemasan dan sokongan kecemasan di kawasan calon tapak. Simulasi kesesuaian tapak reaktor nuklear dilakukan menggunakan perisian MapInfo Profesional dan perisian HotSpot. Kajian ini mencadangkan Mukim Tenggaroh di daerah Mersing sebagai calon lokasi yang paling sesuai bagi pembinaan kompleks reaktor tenaga nuklear seluas 1 km<sup>2</sup> di Negeri Johor.

## ABSTRACT

Nuclear power is considered as one of the best option for future energy development in Malaysia. Since Malaysia has no experience in nuclear energy generation, commissioning the first nuclear power plant needs tremendous effort in various aspects. Site selection is one of the important steps in nuclear power plant commissioning process. The candidate selection process uses the IAEA and AELB document as reference, supported by site selection procedure by various countries. The parameters used are geology, seismology, meteorology, population distribution (demography), safety zones, and emergency support criteria in the candidate area. MapInfo Professional and HotSpot software were used to simulate the selection process for candidate areas for the nuclear power plant. This paper concluded that Mukim Tenggara in Mersing district in Johor is the most suitable candidate area for 1 km<sup>2</sup> nuclear power plant facilities.

## ISI KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>AKUAN PENYELIA</b>	ii
	<b>AKUAN PELAJAR</b>	iii
	<b>DEDIKASI</b>	iv
	<b>PENGHARGAAN</b>	v
	<b>ABSTRAK</b>	vi
	<b>ABSTRACT</b>	vii
	<b>ISI KANDUNGAN</b>	viii
	<b>SENARAI JADUAL</b>	xii
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xiv
	<b>SENARAI SINGKATAN</b>	xvi
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xviii
<b>I</b>	<b>PENGENALAN</b>	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Pernyataan Masalah	3
	1.3 Hipotesis	5
	1.4 Objektif	6
	1.5 Skop Kajian	6
	1.6 Sumbangan Penyelidikan	8
	1.7 Susun Atur Bab	8

<b>II</b>	<b>KAJIAN LITERATUR</b>	10
	2.1 Penjanaan Tenaga Elektrik di Malaysia	10
	2.2 Senario Permintaan dan Penjanaan Tenaga di Malaysia	14
	2.3 Sumber Tenaga di Malaysia	16
	2.3.1 Arang Batu	17
	2.3.2 Gas Asli	19
	2.3.3 Sumber Hidroelektrik	21
	2.3.4 Tenaga Angin	22
	2.3.5 Tenaga Solar	23
	2.3.6 Sumber-sumber Lain	23
	2.4 Tenaga Nuklear Sebagai Sumber Tenaga Alternatif	24
	2.4.1 Kos Pembinaan Reaktor dan Penjanaan Tenaga Nuklear	26
	2.4.2 Kelebihan Tenaga Nuklear	28
	2.4.3 Perbandingan Tenaga Nuklear dan Tenaga Boleh Diperbaharui	29
	2.5 Kriteria Penilaian Lokasi oleh IAEA	32
	2.5.1 Ciri Fizikal Tapak	33
	2.5.2 Kriteria Hazad yang Disebabkan oleh Peristiwa Luar Secara Semulajadi dan Buatan Manusia	35
	2.5.3 Potensi Kesan Pemasangan dan Penggunaan Reaktor Nuklear di Sekitar Tapak	36
	2.5.4 Pertimbangan Terhadap Populasi dan Pelan Kecemasan	36
	2.6 Kriteria Pemilihan Tapak Reaktor Tenaga Nuklear di Malaysia	37
	2.6.1 Kategori Kriteria Tapak	37
	2.6.2 Parameter Keselamatan dan Kesesuaian Tapak	38
	2.6.3 Fasa Pemilihan Tapak	38
	2.7 Kajian Berkaitan Pemilihan Lokasi Loji Tenaga Nuklear	40

<b>III</b>	<b>KAWASAN KAJIAN</b>	43
	3.1 Negeri Johor	43
	3.2 Iklim	46
	3.3 Struktur Geografi dan Hidrologi Negeri Johor	47
	3.4 Demografi	48
	3.5 Kawasan Kajian	49
	3.5.1 Daerah Muar	50
	3.5.2 Daerah Batu Pahat	51
	3.5.3 Daerah Kota Tinggi	52
	3.5.4 Daerah Mersing	53
<b>IV</b>	<b>METODOLOGI KAJIAN</b>	54
	4.1 Pemilihan Parameter Tapak	54
	4.1.1 Parameter Kekal	55
	4.1.2 Parameter Kajian	57
	4.2 Kaedah Kajian	57
	4.3 Kaedah Pengumpulan data	59
	4.3.1 Maklumat Geografi, Topografi dan Geologi	59
	4.3.2 Data Seismologi dan Meteorologi	59
	4.3.3 Maklumat Populasi dan Demografi	60
	4.4 Kaedah Analisis	60
	4.4.1 Penentuan Pemberat Parameter dan Pemarkahan dalam Penilaian Kesesuaian Tapak	61
	4.4.2 Pemetaan dan Lakaran	63
	4.4.3 Analisis Keselamatan Radiologi	63
	4.5 Perisian Komputer	64
	4.5.1 MapInfo Professional	64
	4.5.2 Perisian Hotspot	65



<b>V</b>	<b>ANALISIS DAN PERBINCANGAN</b>	66
	5.1 Kawasan Kajian	66
	5.2 Penilaian Parameter Geografi, Geologi dan Seismologi	67
	5.2.1 Pemerhatian Struktur Geologi dan Struktur Tanah	68
	5.2.2 Analisis Data Seismologi Berdasarkan Keamatan dan Kekerapan Gempa Bumi	70
	5.3 Analisis Parameter Meteorologi dan Simulasi Pergerakan Bahan Radioaktif di Udara	75
	5.3.1 Simulasi Pergerakan Bahan Radioaktif di Udara	77
	5.4 Analisis Parameter Demografi	83
	5.5 Analisis Parameter Keselamatan Radiologi	88
	5.5.1 Penentuan Zon Keselamatan	88
	5.5.2 Ciri Sokongan dan Faktor Kekangan Terhadap Keperluan Keselamatan	93
	5.6 Keputusan Penilaian Calon Tapak	100
<b>VI</b>	<b>KEPUTUSAN DAN CADANGAN</b>	102
	6.1 Keputusan Pemilihan Tapak Loji Tenaga Nuklear	102
	6.2 Cadangan	104
	6.3 Penghargaan	105
	<b>RUJUKAN</b>	106
	<b>LAMPIRAN 1 – 6</b>	110 – 116

## SENARAI JADUAL

NO.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Perbandingan Sumber Tenaga	29
3.1	Jumlah Populasi dan Kepadatan Penduduk di Negeri Johor (2010)	49
4.1	Kriteria Reaktor	56
4.2	Cadangan Jumlah Pemberat bagi Prameter Kesesuaian Tapak	62
4.3	Sistem Pemarkahan bagi Penilaian Kesesuaian Tapak	62
5.1	Rekod Kesan Gempa Bumi yang Dirasai di Negeri Johor (2007 – 2009)	70
5.2	Penilaian dan Pemarkahan bagi Parameter Geologi, Geografi dan Seismologi di Johor Timur	73
5.3	Penilaian dan Pemarkahan bagi Parameter Geologi, Geografi dan Seismologi di Johor Barat	74
5.4	Kekerapan Arah Tiupan dan Kekerapan Halaju Angin 2009 – 2011 (Johor Timur)	76
5.5	Kekerapan Arah Tiupan dan Kekerapan Halaju Angin 2009 – 2011 (Johor Barat)	76
5.6	Penilaian dan Pemarkahan bagi Parameter Meteorologi di Johor Timur	82
5.7	Penilaian dan Pemarkahan bagi Parameter Meteorologi di Johor Barat	82
5.8	Jumlah Penduduk Mengikut Mukim	84

5.9	Penilaian dan Pemarkahan bagi Parameter Demografi di Johor Timur	86
5.10	Penilaian dan Pemarkahan bagi Parameter Demografi di Johor Barat	87
5.11	Saiz Zon Penduduk Jarang	92
5.12	Fungsi Ciri Sokongan Keselamatan Tapak dan Kekangannya	94
5.13	Penilaian dan Pemarkahan bagi Parameter Keselamatan Radiologi di Johor Timur	97
5.14	Penilaian dan Pemarkahan bagi Parameter Keselamatan Radiologi di Johor Barat	99
5.15	Ringkasan Jumlah Markah Setiap Parameter	100

## SENARAI RAJAH

NO.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Stesen Janakuasa Elektrik di Semenanjung Malaysia	12
2.2	Stesen Janakuasa Elektrik di Sabah	12
2.3	Stesen Janakuasa Elektrik di Sarawak	13
2.4	Jumlah Penjanaan Elektrik pada 2010	14
2.5	Perbandingan Permintaan Tenaga pada 2007 hingga 2010	15
2.6	Ramalan Permintaan Tenaga Elektrik Menjelang 2030	16
2.7	Jumlah Simpanan Arang Batu di Seluruh Dunia	17
2.8	Permintaan Permintaan Arang Batu di Semenanjung Malaysia	18
2.9	Jangkaan Pengeluaran Gas Malaysia 2010 Hingga 2025	19
2.10	Harga Gas Asli di Amerika Syarikat sehingga 2010	20
2.11	Unjuran Keperluan Penjanaan Tenaga di Malaysia	26
3.1	Kedudukan Negeri Johor di Semenanjung Malaysia	44
3.2	Peta Daerah Negeri Johor	45
5.1	Kawasan Kajian dan Calon Tapak	67
5.2	Peta Kestabilan Geologi dan Gelinciran Permukaan	69
5.3	Skala Keamatan Maksimum Kesan Gempa Bumi di Semenanjung Malaysia (1909 – 2011)	71
5.4	Simulasi Sebaran Cs-137 Pada Halaju Angin Malar (2 m s <sup>-1</sup> )	78
5.5	Simulasi Sebaran Cs-137 Pada Kelas Kestabilan B (Sederhana Tidak Stabil)	80

5.6	Simulasi Sebaran Cs-137 Pada Kelas Kestabilan F (Sederhana Stabil)	81
5.7	Kawasan Berpenduduk Melebihi 250 Orang Per Km <sup>2</sup>	85
5.8	Gambaran Jarak Zon Keselamatan yang Dicapadangkan oleh AELB	90
5.9	Simulasi Anggaran Jarak Zon Pengasingan	91

**SENARAI SINGKATAN**

AELB	-	<i>Atomic Energy Licensing Board</i> (Lembaga Pelesenan Tenaga Atom)
BP	-	<i>British Petroleum</i>
Bq	-	Bacquerel
CO <sup>2</sup>	-	Carbon Dioxide (Karbon Dioksida)
Cs-137	-	Cesium-137
E	-	<i>East</i> (Timur)
GIS	-	<i>Geographic Information System</i> (Sistem Maklumat Geografi)
GW	-	Giga Watt
H <sub>2</sub> O	-	Air
IAEA	-	<i>International Atomic Energy Agency</i> (Agensi Tenaga Atom Antarabangsa)
IEA	-	<i>International Energy Association</i> (Pertubuhan Tenaga Antarabangsa)
IKS	-	Industri Kecil dan Sederhana
JGM	-	Jabatan Geosains dan Mineral
JMM	-	Jabatan Meteorologi Malaysia
JPM	-	Jabatan Perdana Menteri
KDNK	-	Keluaran Dalam Negara Kasar
km	-	Kilometer
km <sup>2</sup>	-	Kilometer Persegi
KW	-	Kilo Watt
KWj	-	Kilo Watt jam
m	-	meter

MW	-	Mega Watt
N	-	<i>North</i> (Utara)
NE	-	North East (Timur Laut)
NREL	-	<i>National Renewable Energy Laboratory</i>
NW	-	North West (Barat Laut)
PERHILITAN	-	Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara
PETRONAS	-	Petroleum Nasional Berhad
PWR	-	<i>Pressurised Water Reactor</i> (Reaktor Air Tekanan)
RM	-	Ringgit Malaysia
S	-	<i>South</i> (Selatan)
SE	-	<i>South East</i> (Tenggara)
SESB	-	Sabah Electricity Sdn. Bhd.
SESCo	-	Sarawak Electricity Supply Corporation
Sv	-	Sievert
SW	-	<i>South West</i> (Barat Daya)
tcf	-	<i>thousand cubic feet</i> (ribu kaki padu)
TEDE	-	<i>Total Effective Dose Estimation</i> (anggaran jumlah dos efektif )
TNB	-	Tenaga Nasional Berhad
U	-	Uranium
UniTen	-	Universiti Tenaga Nasional
UO <sub>2</sub>	-	<i>Uranium Oxide</i> (Uranium Oksida)
USNRC	-	<i>United States Nuclear Regulatory Commission</i> (Suruhanjaya Peraturan Nuklear Amerika Syarikat)
W	-	<i>West</i> (Barat)
WNA	-	<i>World Nuclear Association</i> (Pertubuhan Nuklear Dunia)

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>No.</b>	<b>Tajuk</b>	<b>Muka Surat</b>
<b>1</b>	Modified Mercalli Intensity Scale of 1931 (abridge)	111
<b>2</b>	Wind Rose Summary Batu Pahat (2009 – Oct 2011)	112
<b>3</b>	Wind Rose Summary Mersing (2009 – Oct 2011)	113
<b>4</b>	Explanation of Wind Rose Diagram and Meteorological Data Source	114
<b>5</b>	Perisian HotSpot	115
<b>6</b>	Pasquill Stability Classes	116



## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Tenaga elektrik telah menjadi keperluan yang tidak boleh dipisahkan dari kehidupan manusia moden. Kebanyakan peralatan dan kemudahan yang canggih dan moden pada masa kini menggunakan tenaga elektrik sebagai sumber tenaga. Selain menjadi keperluan penting dalam kehidupan individu, tenaga elektrik juga menjadi pemangkin kepada pembangunan negara.

Tenaga elektrik dijana daripada pelbagai sumber. Menurut laporan yang dikeluarkan oleh BP (*British Petroleum*), petroleum adalah sumber tenaga paling utama di dunia dengan peratus penggunaannya (*consumption*) sebanyak 33.06% pada Jun 2012. Arang batu dan gas asli merupakan sumber kedua dan ketiga paling utama di dunia dengan peratus penggunaan sebanyak 30.34% dan 23.67%. Sumber tenaga

lain adalah tenaga nuklear (4.88%), hidro (6.44%) dan sumber boleh diperbaharui (0.12%) (BP, 2012).

Jumlah penggunaan sumber tenaga di dunia semakin meningkat sejajar dengan perkembangan teknologi, selain daripada meningkatnya persaingan bagi menaiktaraf ekonomi dan pembangunan di negara masing-masing. Oleh itu, pengeluaran, pemilikan dan kawalan sumber tenaga menjadi isu penting bagi sesebuah negara untuk memastikan kelancaran pembangunannya dan bagi memastikan agar ianya dapat terus bersaing pada peringkat global.

Malaysia tidak ketinggalan dalam persaingan pada peringkat global. Jumlah penggunaan tenaganya semakin meningkat setiap tahun sejajar dengan peningkatan pengeluaran negara dan pertumbuhan keluaran dalam negara kasar (KDNK) (Chin, 2011). Disebabkan oleh permintaan tenaga yang semakin meningkat, Malaysia sentiasa meninjau peluang baru untuk menaiktaraf penjanaan tenaganya bagi memastikan kelangsungan sumber tenaga, demi untuk memastikan pembangunan terus berjalan lancar.

Malaysia juga sedang mempertimbangkan sumber alternatif yang boleh menyumbang kepada penghasilan tenaga. Salah satu sumber yang didapati berpotensi tinggi untuk dimasukkan dalam campuran tenaga (*energy mix*) negara adalah tenaga nuklear (Mohd Noh Ahmad *et al.*, 2010). Malaysia telah mempunyai pengalaman dalam pengurusan dan pengendalian reaktor nuklear. Ia merupakan salah satu keperluan utama untuk penjanaan tenaga menggunakan sumber nuklear.

Idea penggunaan tenaga nuklear telah dicadangkan sejak tahun 1970-an sebelum penemuan sumber petroleum di Malaysia. Idea ini ditangguhkan pada waktu tersebut bagi menumpukan kepada pembangunan sumber petroleum dan gas asli. Idea ini diketengahkan kembali bagi memastikan kelangsungan bekalan tenaga di

Malaysia. Bermula dari tahun 2008, Malaysia telah memulakan langkah komprehensif bagi merealisasikan penggunaan tenaga nuklear sebagai salah satu sumber dalam campuran tenaga di Malaysia. Kerajaan Malaysia telah memperuntukkan sebanyak 25 bilion Ringgit Malaysia bagi pembangunan reaktor pertama yang dijangka siap menjelang 2025. Pembinaan dijangka bermula pada tahun 2015 (Noramly Muslim, 2010).

Kajian ini dijalankan bagi mengenalpasti kawasan yang dianggap sesuai sebagai calon tapak bagi pembinaan reaktor nuklear di negeri Johor. Analisis dijalankan untuk membuktikan kesesuaian kawasan yang dipilih dari segi keperluan asas keselamatan tapak sebuah reaktor nuklear. Melalui analisis yang dijalankan, kawasan yang memenuhi kriteria keselamatan telah dikenalpasti dari segi keperluan geologi, seismologi, meteorologi dan lain-lain.

## **1.2 Pernyataan Masalah**

Malaysia telah mempunyai sebuah reaktor nuklear yang berfungsi sebagai reaktor penyelidikan. Reaktor ini dibina sebagai langkah awal untuk merealisasikan pembangunan tenaga elektrik menggunakan sumber nuklear. Strategi perlu diatur dengan teliti bagi mematuhi piawaian yang telah ditetapkan oleh badan berkuasa tempatan dan antarabangsa. Pengetahuan dan kemahiran sedia ada boleh membantu memenuhi keperluan yang dinyatakan di atas.

Kajian ini menumpu kepada permasalahan menentukan kesesuaian sesuatu lokasi sebagai tapak bagi pembinaan reaktor tenaga nuklear. Pemilihan dan penilaian sesebuah kawasan perlu dilakukan dengan teliti kerana ia akan memberi kesan kepada pelbagai aspek di kawasan tersebut seperti keselamatan penduduk dan alam

sekitar, pembangunan dan perkembangan populasi, pengangkutan, aktiviti ekonomi dan rekreasi.

Sesebuah kawasan dikatakan sesuai sebagai lokasi pembinaan reaktor nuklear jika ia memenuhi objektif keselamatan yang telah disarankan oleh Agensi Tenaga Atom Antarabangsa – *International Atomic Energy Agency* (IAEA). Walau bagaimanapun, parameter penilaian kesesuaian sesebuah lokasi tidak ditetapkan secara mutlak oleh IAEA. Perubahan, penyesuaian dan aplikasi teknologi boleh dilakukan terhadap tapak, asalkan ia mematuhi objektif yang telah ditetapkan oleh IAEA seperti yang dinyatakan dalam dokumen IAEA seperti berikut:

*'If evaluation of a site for these three factors (natural and human induced external effects, site and environmental characteristics, population density and distribution) indicates that the site is unacceptable and the deficiencies cannot be compensated for by design features, site protection measures, or administrative procedures, the site shall be deemed unsuitable. Design features and site protection measures are preferred.'* (IAEA, 2006)

Berdasarkan kenyataan ini, dapat disimpulkan bahawa tiada parameter mutlak yang telah ditetapkan untuk menentukan kesesuaian sesebuah kawasan. Parameter yang diguna pakai mungkin berlainan mengikut negara, kawasan di negara tersebut dan mungkin tapak itu sendiri. Parameter ini juga mungkin berbeza mengikut saiz tenaga elektrik yang akan dijana, jenis reaktor dan teknologi yang digunakan. Kesemua ini boleh menjadi pemboleh ubah yang mungkin merumitkan proses penilaian yang dilakukan. Oleh itu, kajian ini dirancang untuk menjadikan langkah mengenalpasti kesesuaian tapak menjadi lebih mudah dan bersistem.

### 1.3 Hipotesis

Menurut IAEA, penilaian sesebuah tapak perlu mengambilkira faktor relevan yang mempengaruhi keselamatan reaktor, kesan pembinaan reaktor terhadap kawasan sekitar dan kebolehan bertindak dalam situasi kecemasan (IAEA, 2006). Faktor penting yang perlu diambil kira dalam penilaian kesesuaian sesuatu tapak ialah;

- 1) Kemungkinan terjadinya peristiwa luaran (*external events*) secara semulajadi atau buatan manusia
- 2) Ciri fizikal tapak, serta
- 3) Taburan dan kepadatan penduduk (IAEA, 2003).

Jika ketiga-tiga faktor ini tidak dapat dipenuhi oleh kriteria keselamatan, tapak tersebut dianggap tidak sesuai bagi pembinaan reaktor nuklear.

Penentuan kesesuaian sesebuah tapak boleh dipengaruhi oleh pelbagai faktor. Antaranya termasuklah bidang kepakaran penyelidikan dan skop kajian yang dijalankan. Contohnya penentuan kesesuaian sesuatu tapak oleh ahli ekonomi berbeza dengan aktivis alam sekitar. Oleh itu, pertimbangan yang saksama perlu dilakukan bagi mematuhi kriteria yang memenuhi kehendak semua pihak sebaiknya.

Disebabkan tidak ditentukan kriteria mutlak untuk kesesuaian sesuatu tapak, maka pertimbangan mengenai tertib kepentingan (prioriti) perlu dilakukan. Pertimbangan ini mungkin berbeza mengikut lokasi memandangkan terdapat ciri dan kepentingan yang berbeza di tapak yang berlainan.

Lembaga Pelesenan Tenaga Atom – *Atomic Energy Licensing Board* (AELB) telah mengeluarkan panduan bagi memilih tapak reaktor tenaga nuklear pada Mac 2011 (AELB, 2011). Secara umumnya, sesuatu tapak dianggap boleh diterima dari aspek keselamatan jika;

1. Ia tidak terdedah kepada fenomena yang akan menyebabkan perlindungan oleh rekabentuk bangunan menjadi tidak berkesan,
2. Kebarangkalian berlaku fenomena pemusnahan dan tahap kerosakan akibatnya tidak terlalu tinggi (dengan menggunakan kos yang munasabah)
3. Memenuhi kriteria kawasan (demografi, meteorologi, geologi, dsb.) yang boleh mengurangkan kesan kemalangan yang berpotensi untuk berlaku ke tahap atau had yang dianggap boleh diterima.

#### **1.4 Objektif**

1. Mengenalpasti syarat dan kriteria tapak yang sesuai bagi membina reaktor tenaga nuklear.
2. Menganalisis kesesuaian tapak berdasarkan kriteria penting yang dicadangkan oleh IAEA dan AELB.
3. Mencadangkan satu lokasi yang dianggap sesuai bagi pembinaan reaktor nuklear di negeri Johor.

#### **1.5 Skop**

Penyelidikan berkaitan dengan penjanaan tenaga nuklear mempunyai skop yang sangat luas dan saling berkait di antara satu dengan yang lain. Oleh itu, penghadan skop perlu dilakukan bagi menghasilkan keputusan yang paling realistik.

Kajian ini akan memilih lokasi yang memenuhi aspek asas keselamatan sebagai asas utama. Penilaian kawasan kajian dilakukan mengikut kriteria yang telah ditetapkan, iaitu merujuk kepada panduan pemilihan lokasi yang dikeluarkan oleh AELB. AELB mencadangkan 7 parameter utama yang perlu diambil kira bagi

pemilihan tapak reaktor tenaga nuklear. Secara ringkas, pertimbangan yang dicadangkan adalah seperti berikut;

1. Ciri fizikal lokasi seperti ciri geologi, seismologi, hidrologi dan meteorologi.
2. Penentuan zon keselamatan seperti zon eksklusif, zon kawalan penduduk dan zon bebas.
3. Pertimbangan terhadap populasi bagi menentukan potensi hazard daripada kemalangan.
4. Potensi kesan terhadap reaktor nuklear akibat daripada kemalangan yang mungkin berlaku di kawasan perindustrian, jaringan pengangkutan dan kemudahan ketenteraan yang berdekatan dengan lokasi tapak.
5. Pelan keselamatan dan kecemasan
6. Pelan kawalan keselamatan (*security*)
7. Isu alam sekitar akibat daripada pembinaan dan operasi reaktor tenaga nuklear terhadap sistem ekologi, penggunaan tanah dan air, atmosfera, kesan estetik dan sosio-ekonomik.

Kajian ini memilih 5 daripada 7 parameter yang dicadangkan oleh AELB iaitu ciri fizikal kawasan kajian, penentuan zon, pertimbangan populasi, potensi kemalangan daripada persekitaran reaktor dan pelan keselamatan dan kecemasan. 5 parameter ini dianggap paling penting bagi mengenalpasti kawasan yang boleh dianggap sesuai untuk pembinaan reaktor tenaga nuklear. Parameter lain yang buat sementara ditinggalkan akan digunakan sebagai faktor yang boleh menyokong kesesuaian lokasi yang akan dipilih.

80% daripada kajian ini adalah berasaskan pembacaan dan penilaian daripada maklumat sedia ada dan selebihnya (20%) adalah berasaskan analisis.

## **1.6 Sumbangan Penyelidikan**

Kajian berkaitan tenaga nuklear masih kurang meluas dan popular di Malaysia. Tambahan pula, isu nuklear merupakan isu yang dianggap sensitif dan kebanyakan kajian mengenainya tidak didedahkan kepada masyarakat umum. Keputusan kerajaan Malaysia untuk meneruskan rancangan pembangunan tenaga nuklear dilihat bakal mencetus anjakan paradigma dalam penyelidikan mengenai tenaga nuklear di Malaysia.

Kajian seperti ini diperlukan di negara yang baru memulakan langkah untuk menjana tenaga elektrik daripada sumber nuklear. Kajian ini cuba mendapatkan maklumat untuk menentukan parameter kesesuaian tapak yang memenuhi keperluan asas keselamatan untuk pembinaan reaktor tenaga nuklear. Kajian ini turut memberi gambaran mengenai langkah-langkah yang perlu dilaksanakan sewaktu proses pemilihan lokasi dilakukan. Kajian ini diharapkan akan menyumbang kepada bidang keselamatan tenaga nuklear dan bidang lain yang berkaitan dengannya.

## **1.7 Susun Atur Bab**

Tesis ini dibahagikan kepada 6 bab iaitu Pengenalan, Kajian Literatur, Kawasan Kajian, Metodologi Kajian, Analisis Data dan Perbincangan, dan Keputusan.

Bab Satu memperkenalkan asas dan tujuan penyelidikan ini dijalankan. Bab ini memberikan maklumat mengenai latar belakang penyelidikan, pernyataan masalah, hipotesis, objektif dan skop kajian serta jangkaan sumbangan penyelidikan.

Bab Dua menyatakan maklumat umum yang berkait dengan kajian ini. Bab ini membincangkan maklumat yang membawa kepada idea penyelidikan, seterusnya membantu pemahaman terhadap isu yang bakal diutarakan dalam penyelidikan ini.



Bab Tiga membincangkan kawasan kajian yang dipilih iaitu negeri Johor yang terletak di Selatan Semenanjung Malaysia. Daripada seluruh negeri Johor, 4 daerah telah dipilih sebagai calon kawasan. Kriteria calon kawasan diterangkan secara umum dan penjelasan sebab ia dipilih sebagai kawasan kajian dinyatakan dalam bab ini.

Bab Empat menghuraikan bagaimana kajian ini dilakukan. Kaedah pengumpulan dan pemprosesan maklumat diterangkan secara terperinci mengikut aturan kepentingan kajian. Bab ini juga menghuraikan parameter dan perisian yang digunakan bagi memenuhi objektif penyelidikan.

Bab Lima mengandungi data yang dikumpulkan dan dianalisis menggunakan perisian yang telah dinyatakan dalam Bab Empat. Hasil analisis dihuraikan dan keputusannya dibincangkan dalam Bab Lima.

Bab Enam menyatakan keputusan akhir yang terhasil daripada penyelidikan ini. Kelemahan kajian dibincangkan dalam bab ini bersama dengan cadangan penambahbaikan untuk penyelidikan seterusnya. Maklumat tambahan akan dilampirkan pada akhir tesis.

## RUJUKAN

A. Farhana (2009). Energy Mix and Alternatives Energy for Sustainable Development in Malaysia. *Presentation in 9th International Student Summit (ISS)*. Oktober 2-11. Jepun : Tokyo University of Agriculture.

AELB (2011). *Guideline for Site Selection for Nuclear Power Plant*. Dengkil: LEM/TEK/63.

B. L. Cohen (1990). *The Nuclear Energy Option*. New York: Plenum Publishing Co.

BP (2001). *BP Statistical Review of World Energy June 2012*. UK: BP p.l.c.. 30 – 42.

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

EIA (2010). *Levelized Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2012*: DOE/EIA-1383(2012)

EIA (2012). *Updated Capital Cost Estimates for Electricity Generation Plants*. USA: EIA Report

EIA 2011. *U.S Natural Gas Prices*. Edisi 17. USA: Energy Information Administration.

F. K. Chin (2011). Keynote Address. *The Sustainable Energy Forum 2011*. Ogos 25. Kuala Lumpur: KeTTHA.

G. C. Howroyd and P. B. Snead (2010). *Meteorological Considerations for Nuclear Power Plant Siting and Licensing*. USA: Research Report.

IAEA (2003). *Site Evaluation for Nuclear Installations*. Vienna: NS-R-3.

IAEA (2006). *IAEA Requirements for Site Evaluation*. Vienna: Asia 251p6.

J. Highton dan D. Senior (2008). *The Siting of Nuclear Installation in the United Kingdom*. UK: Nuclear Safety Advisory Committee.

Jabatan Geosains dan Mineral (2000). *Peta Geologi Semenanjung Malaysia*. Putrajaya: Jabatan Geosains dan Mineral Malaysia

Jabatan Meteorologi (2011). *Data Meteorologi 2009 – 2011*. Putrajaya: Jabatan Meteorologi Malaysia

Jabatan Meteorologi (2011). *Data seismologi 2007 – 2009*. Putrajaya: Jabatan Meteorologi Malaysia

Jabatan Perangkaan (2010). *Laporan Banci Penduduk 2010*. Kuala Lumpur: Jabatan Perangkaan Malaysia.

Jabatan Perhutanan (2010). *Summary of the State of Johor Forest Management Plan for the Period Between 2006-2015*. Johor: Jabatan Perhutanan Malaysia.

Jabatan Pertanian (1993). *Panduan Siri-siri Tanah Utama di Semenanjung Malaysia*. Kuala Lumpur: Jabatan Pertanian Semenanjung Malaysia. 9-101.

Jabatan Pertanian (2008a). *Peta Tinjauan Tanah-tanah Johor*. Putrajaya: Jabatan Pertanian Malaysia.

Jabatan Pertanian (2008b). *Peta Guna Tanah Semasa Johor*. Putrajaya: Jabatan Pertanian Malaysia.

JPM (2010). *Program Transformasi Ekonomi – Halatuju Untuk Malaysia*. Kuala Lumpur: Performance Management and Delivery Unit (PEMANDU). 183 - 221.

M. A. Bawadi, W. M. A. W. Hussin, T. A. Majid, A. Shamshad (2003). Evaluation of Wind Turbine Potentiality at Windy Sites in Malaysia. *Proceedings of 3rd*

*International Conference in Advances in Strategic Technologies (ICAST 2003)*. Ogos 12 – 14. Kuala Lumpur. 1053 – 1057.

M. N. Ahmad, A. R. Abbas, M. N. Ismail, M. F. Kamal, M. Yapandi, M. F. Siam, A. Setu, N. A. Othman, S. M. Saleh (2010). Nuclear Power Plant Siting Guideline for Peninsular Malaysia. *Proceeding of the 2nd International Conference on Advances in Nuclear Science and Engineering*. November 3 – 4 2009. USA: American Institute of Physics. 311 – 316.

M. W. Ahmed (2011). *Comparing Different Spatial Decision Making Models Performance in Siting a Nuclear Power Plant*. Riyadh: Dar Al-Handasah

Majlis Daerah Kota Tinggi (2011). *Latar Belakang Kota Tinggi*. Pelancongan p1. Johor: Majlis Daerah Kota Tinggi. Web Brochure (<http://www.mdkt.gov.my>)

Majlis Daerah Mersing (2011). *Latar Belakang Mersing*. Info Mersing p1. Johor: Majlis Daerah Mersing. Web Brochure (<http://www.mdmersing.gov.my>)

N. Muslim (2010). Towards Malaysia First Nuclear Power Plant Commercial Operation Date by the Year 2021. *Proceeding of The First Arab Conference on the Prospects of Nuclear Power for Electricity Generation and Seawater Desalination*. Jun 23 – 25. Tunisia: AAEA.

N. Rosly (2010). *Current Situation of Wind Energy in Malaysia (2010)*. Malaysian Green Technology Corp: Laporan kajian.

Pejabat Daerah Batu Pahat (2011). *Latar Belakang Batu Pahat*. Info Batu Pahat p1. Johor: Majlis Perbandaran Batu Pahat. Web Brochure. (<http://www.mpbp.gov.my>)

Pejabat Daerah Muar (2011). *Tentang Muar*. Latarbelakang Muar p2. Johor: Majlis Perbandaran Muar. Web Brochure (<http://mpmuar.gov.my/>)

R. L. Keeney dan H. Raiffa (1976) *Decisions with Multiple Objectives*. New York: Wiley.

S. Openshaw (1984). An Evaluation of the Safety Characteristics of Current and Possible Future Nuclear Power Stations Series. *Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician)*. 33 (1): 133-142.

- TNB (2008). *Preparatory Activities to Deliver Nuclear Electricity to TNB Power System, post-2020. IAEA Workshop on Steps for Conducting Nuclear Power Plant Technology Assessment*. November 17 – 20. Vienna: IAEA
- TNB (2010a). *Current Capacity Status*. Think Nuclear, Think Green p4. Tenaga Nasional Berhad: Web Brochure. (<http://www.tnb.com.my/>)
- TNB (2010b). *Nuclear vs. Renewable Energy*. Think Nuclear, Think Green p7. Tenaga Nasional Berhad: Web Brochure. (<http://www.tnb.com.my/>)
- TNB (2010c). *Energy Security*. Think Nuclear, Think Green p5. Tenaga Nasional Berhad: Web Brochure. (<http://www.tnb.com.my/>)
- TNB (2010d). *Economics of Nuclear Plant*. Think Nuclear, Think Green p5. Tenaga Nasional Berhad: Web Brochure. (<http://www.tnb.com.my/>)
- TNB (2012). *The Story of Electricity*. About TNB p5. Tenaga Nasional Berhad: Web Brochure. (<http://www.tnb.com.my/>)
- USNRC (1975), *General Site Suitability Criteria for Nuclear Power Stations*. USA: Regulatory Guide 4.7, Revision 1.
- USNRC (1976), *Preparation of Environmental Reports For Nuclear Power Stations*. USA: Regulatory Guide 4.2, Revision 2.
- USNRC (1979). *Environmental Standard Review Plans for the Environmental Review of Construction Permit Applications for Nuclear Power Plants*. USA: Standard Draft, Part III, Section 9.2.
- WNA (2005). *The New Economics of Nuclear Power*. World Nuclear Association: WNA Report.
- WNA (2011). *Nuclear Power Reactor Characteristics*. World Nuclear Association: WNA Pocket Guide
- Z.A. Ibrahim (2011). *Is Nuclear Power a Suitable Energy Supply Alternative. Presentation in 3rd Energy Forum: The Energy Sector Powering Malaysia's Economic Transformation Programme*. July 12. Kuala Lumpur: MNPC.