



**UNIVERSITI PUTRA MALAYSIA**

**PEMBANGUNAN PERISIAN DAN ANALISIS SIRI MASA INDEKS KEMARAU KEETCH-  
BYRAM DI KUDAT, SABAH, MALAYSIA**

**MOHD SAIDY BIN MOHD YUSOF**

**T FH 2006 6**



**PEMBANGUNAN PERISIAN DAN ANALISIS SIRI  
MASA INDEKS KEMARAU KEETCH-BYRAM  
DI KUDAT, SABAH, MALAYSIA**

**MOHD SAIDY BIN MOHD YUSOF**

**MASTER SAINS  
UNIVERSITI PUTRA MALAYSIA**

**2006**



**PEMBANGUNAN PERISIAN DAN ANALISIS SIRI MASA  
INDEKS KEMARAU KEETCH-BYRAM DI KUDAT, SABAH, MALAYSIA**

**Oleh**

**MOHD SAIDY BIN MOHD YUSOF**

**Tesis Ini Dikemukakan Kepada Sekolah Pengajian Siswazah, Universiti  
Putra Malaysia, Sebagai Memenuhi Keperluan Untuk Ijazah Master Sains**

**Oktober 2006**



Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Putra Malaysia  
sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Master Sains

**PEMBANGUNAN PERISIAN DAN ANALISIS SIRI MASA  
INDEKS KEMARAU KEETCH-BYRAM DI KUDAT, SABAH, MALAYSIA**

Oleh

**MOHD SAIDY BIN MOHD YUSOF**

**Oktober 2006**

**Pengerusi : Profesor Madya Ahmad Ainuddin Nuruddin, PhD**

**Fakulti : Pehutanan**

Kebakaran hutan telah menyebabkan kemusnahan ekosistem dan menyebabkan pencemaran udara. Oleh itu, perlu ada satu sistem amaran untuk mengentahui langkah-langkah pencegahan dan pengawalan kebakaran hutan. Salah satu sistem amaran awal ialah Indeks Kemarau Keetch-Byram (KBDI). Satu kajian telah dijalankan untuk membina perisian bagi pengiraan Indeks Kemarau Keetch-Byram, menggunakan perisian untuk menganalisa variasi temporal dan membuat telahan jangka panjang KBDI di Kudat, Sabah menggunakan model statistik ARMA.

Perisian komputer dibangunkan dengan menggunakan Microsoft Visual Basic versi 6.0 (Microsoft Corporation Incorporated) dengan sokongan format

Microsoft Excel (\*.xls) yang terdiri daripada tiga lajur data iaitu tarikh, hujan dan suhu maksimum. Data dari stesen Kudat, Sabah telah digunakan untuk mendapatkan Indeks Kemarau Keetch-Byram dengan menggunakan perisian yang dibina. Seterusnya keputusan indeks dianalisa menggunakan Analisa Siri Masa berdasarkan kaedah Model Box-Jenkins menggunakan perisian PEST. Keputusan menunjukkan bahawa peratusan ralat adalah tinggi disebabkan oleh ralat telahan pada bulan Mei, Julai, Ogos dan September yang memberikan nilai 50.04%, 44.69%, 44.08 dan 61.35% berturut-turut tetapi pada bulan-bulan lain nilainya amat rendah iaitu pada julat 1 hingga 25% sahaja. Ralat yang besar ini disebabkan oleh kesan daripada kaedah pengiraan secara purata terhadap data semasa dari harian kepada bulanan dan fenomena El-Nino yang berlaku pada tahun 1998. Bagi mengurangkan kesan kesalahan jangkaan pada model yang disebabkan oleh El-Nino, dicadangkan juga agar data ditambahkan lagi kepada beberapa tahun dari data semasa.

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Putra Malaysia in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science

**SOFTWARE DEVELOPMENT AND TIME SERIES ANALYSIS OF  
KEETCH-BYRAM DROUGHT INDEXES AT KUDAT, SABAH**

By

**MOHD SAIDY BIN MOHD YUSOF**

**October 2006**

**Chairman : Associate Professor Ahmad Ainuddin Nuruddin, PhD**

**Faculty : Forestry**

Forest fire has causes ecosystem disturbances and cause air pollution. In order to reduce the impact there is a need to have an early warning system for fire prevention controlling measures. One of the early warning systems is Keetch-Byram Drought Index (KBDI). A study has been conducted t develop and use the software to analyse temporal variations in Kudat, Sabah. The KBDI daily values where then model and forecast using Autoregressive Moving Average Model (ARMA). The software was developed using Microsoft Visual Basic Version 6.0 with Microsoft Excel (\*.xls) supported format with 3 column entry for dates, rainfall and maksimum temperature. Data from Kudat, Sabah were used to calculate the KBDI using the software. The daily KBDI were then analysed using ARMA in the PEST software. The results showed that the mean percentage error is very high because of the error of prediction given in May, July, August and September, calculated the value of 50.04%, 44.69%,



44.08 and 61.35% respectively but other months has given in small prediction error, range from 3% to 40%. An error is occurred because of the averaged measurement and the El-Nino phenomenon. Previous studies on the model which related to weather prediction given a problem in accuracy when El-Nino occurred. To reduce an error of prediction model caused by El-Nino, it is suggested to add more data in current calculation.

## PENGHARGAAN

Saya mengucapkan ribuan terima kasih kepada Pengerusi dan Jawatankuasa Penyelia, Profesor Madya Dr. Ahmad Ainuddin Nuruddin; dan juga Anggota Jawatankuasa Penyelia Profesor Madya Awang Noor Abdul Ghani dan Profesor Dato' Dr. Nik Muhammad Nik Majid yang banyak memberikan sokongan dan tunjuk ajar sepanjang tempoh penyelidikan dan penyiapan tesis ini.

Saya juga mengambil peluang mengucapkan ribuan terima kasih kepada Jabatan Kajuca Malaysia di dalam menyediakan data meteorologi yang diperlukan, Jabatan Bomba dan Penyelamat Malaysia, Jabatan Perhutanan Malaysia dan Institut Penyelidikan Perhutanan yang banyak membantu di dalam data-data sokongan. Terima kasih juga kepada Encik Aladdin dari Yamen, Cik Suria dari Akademi Hutan Hujan, UPM dan Encik Syukor Abdul yang banyak membantu di dalam penulisan tesis ini.

Akhir sekali kepada keluarga yang tercinta terutama isteriku Azlina Basri yang banyak memberikan sokongan di dalam menyiapkan tesis ini, moga Allah memberkati kalian semua.



Saya mengesahkan bahawa Jawatankuasa Peperiksaan Tesis bagi Mohd Saidy Mohd Yusof telah mengadakan peperiksaan akhir pada 19 Oktober 2006 untuk menilai tesis Master Sains beliau yang bertajuk “Pembangunan Perisian dan Analisis Siri Masa Indeks Kemarau Keetch-Byram di Kudat, Sabah, Malaysia” mengikut Akta Universiti Pertanian Malaysia (Ijazah Lanjutan) 1980 dan Peraturan-peraturan Universiti Pertanian Malaysia (Ijazah Lanjutan) 1981. Jawatankuasa Peperiksaan Tesis memperakukan bahawa calon ini layak dianugerahi ijazah tersebut. Ahli Jawatankuasa Peperiksaan Tesis adalah seperti berikut:

**Mohamed Azani bin Alias, PhD**

Pensyarah  
Fakulti Perhutanan  
Universiti Putra Malaysia  
(Pengerusi)

**Mohamad Zaki bin Hamzah, PhD**

Pensyarah  
Fakulti Perhutanan  
Universiti Putra Malaysia  
(Pemeriksa Dalam)

**Azmy bin Hj. Mohamed, PhD**

Profesor Madya  
Fakulti Perhutanan  
Universiti Putra Malaysia  
(Pemeriksa Dalam)

**Ir. Bambang Heo Saharjo M. Agr, PhD**

Profesor Madya  
Fakulti Perhutanan  
Universiti Putra Bogor  
(Pemeriksa Luar)

---

**HASANAH MOHD. GHAZALI, PhD**

Profesor/Dekan  
Sekolah Pengajian Siswazah  
Universiti Putra Malaysia

Tarikh : 15 FEBRUARI 2007



Tesis ini telah dikemukakan kepada Senat Universiti Putra Malaysia sebagai memenuhi keperluan untuk ijazah Master Sains. Ahli Jawatankuasa Penyeliaan adalah seperti berikut:

**Ahmad Ainuddin Nuruddin, PhD**

Profesor Madya  
Fakulti Perhutanan  
Universiti Putra Malaysia  
(Pengerusi)

**Awang Noor Abd. Ghani, PhD**

Profesor Madya  
Fakulti Perhutanan  
Universiti Putra Malaysia  
(Ahli)

**Dato' Nik Muhammad Nik Majid, PhD**

Profesor  
Fakulti Perhutanan  
Universiti Putra Malaysia  
(Ahli)

---

**AINI IDERIS, PhD**  
Profesor/Dekan  
Sekolah Pengajian Siswazah  
Universiti Putra Malaysia

Tarikh : 15 FEBRUARI 2007

## PERAKUAN

Saya mengakui bahawa tesis ini adalah hasil kerja saya yang asli melainkan petikan dan sedutan yang tiap-tiap satunya telah dijelaskan sumbernya. Saya juga mengaku bahawa tesis tidak pernah dimajukan untuk ijazah-ijazah lain sama ada di UPM atau institusi-institusi lain.

---

**MOHD SAIDY BIN MOHD YUSOF**

Tarikh : 10 Februari 2007

## ISI KANDUNGAN

## Mukasurat

<b>ABSTRAK</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>v</b>
<b>PENGESAHAN</b>	<b>vi</b>
<b>PENGISYTIHARAN</b>	<b>vii</b>
<b>PERAKUAN</b>	<b>viii</b>
<b>ISI KANDUNGAN</b>	<b>ix</b>
<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>xii</b>
<b>SENARAI GAMBARAJAH</b>	<b>xiii</b>
<b>SENARAI ISTILAH</b>	<b>xv</b>
<b>BAB</b>	
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Pengenalan	1
1.2 Justifikasi	3
1.3 Objektif Kajian	5
<b>2 KAJIAN LEPAS</b>	<b>6</b>
2.1 Kebakaran	6
2.2 Kemarau	12
2.3 Indeks Kemarau Keetch-Byram	13
2.4 Analisa Siri Masa	15
2.4.1 Kaedah Box-Jenkins	16
2.4.2 Kelebihan Prosedur Box-Jenkins	18
2.4.3 Kreteria Prestasi Telahan	18
2.4.3 Perisian PEST	21
<b>3 BAHAN DAN KAEDAH</b>	<b>23</b>
3.1 Kawasan Kajian dan Kaedah Eksperimen	23
3.2 Kaedah	24
3.2.1 Data	24
3.2.2 Pembangunan Perisian Pengiraan Indeks Kekeringan Keetch-Byram	24
3.2.3 Pengiraan	25
3.2.4 Carta Alir Aturcara Komputer	26
3.3 Analisa Data	28
3.3.1 Statistik Diskriptif	28
3.3.2 Analisa Kekekapan	28



3.3.3	Analisa Siri Masa	28
<b>4</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	<b>30</b>
4.1	Pengenalan	30
4.2	Perisian Indeks Kemarau Keetch-Bryam	30
4.2.1	Keperluan Sistem	31
4.2.2	Pemasangan Perisian Pengiraan Indeks Kemarau	32
4.2.3	Mencetak Keputusan	41
4.2.4	Menyimpan Hasil Kerja	41
4.2.5	Keluar Dari Perisian	42
4.2.6	Perbincangan	42
4.3	Analisa Suhu, Jumlah Hujan dan Indeks Kemarau	44
4.3.1	Suhu	44
4.3.2	Jumlah Hujan	47
4.3.3	Hari Hujan	48
4.3.4	Indeks Kemarau	50
4.3.5	Perbincangan	52
4.4	Analisa Kekerapan	54
4.4.1	Analisa Kekerapan KBDI	54
4.4.2	Perbincangan	55
4.5	Analisa Siri Masa dan Pemodelan	56
4.5.1	Semakan Stationari Ke Atas Data Siri Masa Indeks Kemarau	57
4.5.2	Pengecaman	61
4.5.3	Penganggaran Parameter	63
4.5.4	Telahan	66
4.5.5	Perbincangan	68
4.5.5.1	Model	68
4.5.5.2	Telahan	69
<b>5</b>	<b>RINGKASAN DAN KESIMPULAN</b>	<b>71</b>
5.1	Kesimpulan	71
5.2	Cadangan	73
	<b>RUJUKAN</b>	<b>74</b>
	<b>BIODATA PENULIS</b>	<b>79</b>

## SENARAI JADUAL

Jadual		Mukasurat
1	Kebakaran hutan di Malaysia pada tahun 1992 hingga 2001	9
2	Tahap-tahap bahaya api di dalam KBDI	15
3	Mekanisma inferens bagi bezaan indeks kemarau semasa KBDI	37
4	Mekanisma inferens bagi faktor kemarau KBDI	38
5	Mekanisma inferens bagi <i>faktor kemarau semasa</i> KBDI	38
6	Mekanisma inferens peringkat kemarau hari ini atau semasa bagi KBDI	39
7	Analisa kekerapan KBDI sepanjang tempoh kajian (tahun 1988 - 2000)	54
8	Purata Indeks Kemarau Bulanan di Kudat, Sabah dari tahun 1988 hingga 2000.	59
9	Penganggaran model bagi bezaan yang pertama pada siri <i>lag</i> 12 dan <i>lag</i> 1	63
10	Perbandingan data Indeks Kemarau antara data telahan dan data sebenar bagi bulan Januari 2001 hingga Disember 2001	66
11	Analiasa statistik antara data telahan dan data sebenar bagi bulan Januari 2001 hingga Disember 2001	67

## SENARAI GAMBARAJAH

<b>Gambarajah</b>		<b>Mukasurat</b>
1	Peta lokasi kawasan kajian di Kudat Sabah	23
2	Carta alir perisian komputer pengiraan Indeks Kemarau Keetch-Byram	27
3	Rangka kerja telahan	29
4	Paparan utama perisian pengiraan Indeks Kemarau	33
5	Analisis utama untuk program Indeks Kemarau	34
6	Menu untuk memasukkan data dari fail Microsoft Excel	35
7	Keputusan pengiraan	40
8	Graf Indeks Kemarau	41
9	Purata suhu bulanan di Kudat, Sabah pada tahun 1988 sehingga 2000	45
10	Purata suhu tahunan di Kudat, Sabah pada tahun 1988 sehingga 2000	46
11	Purata jumlah hujan bulanan di Kudat Sabah pada tahun 1988 hingga 2000	47
12	Purata jumlah hujan tahunan di Kudat, Sabah pada tahun 1988 sehingga 2000	48
13	Purata jumlah hari hujan bulanan di Kudat, Sabah pada tahun 1988 sehingga 2000	49
14	Purata jumlah hari hujan bulanan mengikut tahun di Kudat, Sabah dari tahun 1988 sehingga Tahun 2000	50
15	Purata Indeks Kemarau dari bulan Januari sehingga Disember 2000	51

16	Jumlah indeks kemarau berdasarkan tahap bahaya api	55
17	Plot Siri Masa bagi Indeks Kemarau Bulanan di Kudat, Sabah dari tahun 1988 hingga 2000	60
18	ACF dan PACF Indeks Kemarau bulanan di Kudat, Sabah dari tahun 1988 sehingga 2000	60
19	Plot siri masa Indeks Kemarau bulanan di Kudat, Sabah dari tahun 1988 sehingga 2000 selepas proses bezaan pada <i>Lag</i> 12 dan <i>Lag</i> 1	61
20	ACF dan PACF Indeks Kemarau Bulanan di Kudat, Sabah dari tahun 1988 sehingga 2000 selepas proses bezaan pada <i>Lag</i> 12 dan <i>Lag</i> 1.	62
21	Analisa Residual menggunakan plot ACF/PACF Indeks Kemarau bulanan di Kudat, Sabah dari Tahun 1988 sehingga 2000 selepas proses bezaan pada <i>Lag</i> 12 dan <i>Lag</i> 1	64
22	Plot histogram analisa residual Indeks Kemarau bulanan di Kudat, Sabah dari tahun 1988 sehingga 2000 selepas bezaan pada <i>Lag</i> 12 dan <i>Lag</i> 1.	65
23	Graf data telahan berbanding data sebenar	67



## SENARAI SINGKATAN

$^{\circ}\text{C}$	Darjah Celsius
Mm	Millimeter
M	Meter
Km	Kilometer
Kg	Kilogram
Ha	Hektar
KBDI	Indeks Kemarau Keetch-Byram

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Pengenalan

Secara amnya, api atau kebakaran merupakan faktor penyebab kemusnahan kepada alam sekitar, sosiologi, nilai-nilai ekonomi, hidupan liar dan harta benda awam. Apabila kejadian kebakaran berlaku maka kerugian yang ditanggung oleh mangsa adalah tinggi. Kos yang dialami termasuklah kos kerosakan, kos memadam api, kos rawatan kesihatan, kos sumber manusia dan banyak lagi.

Evan (1996) menganggarkan bahawa lebih daripada satu billion hektar hutan dan ladang telah musnah terbakar di seluruh dunia. Di Malaysia sahaja sebanyak 8,614 hektar hutan telah terbakar pada tahun 1992 hingga 2001 telah direkodkan (Samsudin *et al.*, 2003). Kebanyakan hutan terbakar di Malaysia adalah dari jenis Hutan Paya Gambut iaitu sebanyak 99.147% berbanding dengan kawasan hutan yang lain yang disebabkan oleh aktiviti-aktiviti pertanian (Ainuddin and Saidy, 1998).

Kemarau merupakan salah satu faktor penyumbang kepada kebakaran secara langsung. Keadaan yang kering dan kandungan kelembapan yang rendah memberikan meningkatkan jumlah bahan bakar. Keadaan yang kering

berpanjangan atau kemarau meningkatkan potensi bahan bakar terbakar dengan mudah dengan kehadiran cetusan api walaupun sedikit. Kehadiran angin yang kuat lebih memudahkan rebakan api sehingga menghasilkan bencana yang besar

Bagi memantau potensi lakuan api maka Indeks KBDI (Keetch-Byram Drought Index) telah dihasilkan. Ianya merupakan salah satu daripada indeks yang terdapat dalam Sistem Indeks Bahaya Kebakaran (*Fire Danger Rating System Index*). Pada asasnya, ia merupakan satu pengiraan matematik yang ringkas di dalam mengira indeks kemarau dengan menggunakan data cuaca yang lepas dan semasa.

KBDI telah digunakan secara meluas di negara Amerika Syarikat, Australia dan juga Indonesia dalam pengurusan dan pemantauan kebakaran hutan. Pembolehubahnya adalah terdiri daripada faktor-faktor cuaca iaitu jumlah hujan dan suhu.

Melalui data-data yang dihasilkan dari indeks ini, pihak yang bertanggungjawab akan dapat menganalisis kemungkinan dan telahan potensi tahap dan potensi kebakaran yang akan berlaku pada sesuatu masa. Indeks ini menjadi salah satu alat amaran awal kepada potensi dan lakuan api yang penting kepada pengurusan kebakaran hutan.

Indeks ini menjadi penanda aras kepada pihak pengurusan kebakaran di dalam memantau potensi-potensi kebakaran yang akan berlaku. Maklumat ini boleh disalurkan kepada pihak bomba, pihak jabatan perhutanan, jabatan alam sekitar, orang ramai dan pihak-pihak yang terlibat di dalam menyelamatkan harta benda, nyawa, wang, kesihatan dan sebagainya sebelum kejadian yang tidak diingini berlaku. Tanpa indeks ini maka, tindakan yang lebih awal sebelum kejadian sukar untuk dilaksanakan. Di samping itu juga, maklumat-maklumat awal ini akan dapat membantu mendidik penduduk yang terbabit lebih berhati-hati, tidak mencetuskan punca api secara liar, mengawal api semasa kerja-kerja berkaitan dan memberikan masa di dalam menyediakan pelan kedua jika kejadian kebakaran yang buruk berlaku.

## 1.2 Justifikasi

Pembangunan perisian komputer dalam perhutanan semasa di Malaysia adalah kecil di dalam kuantitinya. Di dalam bidang pengurusan pemantauan kebakaran hutan juga mengalami masalah yang sama.

Di dalam pengurusan kebakaran hutan, perisian komputer dihasilkan akan dapat mengurangkan masa pengiraan dan ini akan dapat meningkatkan kualiti masa tindakan (*response time*) untuk membuat sesuatu keputusan.

Perisian komputer yang menggunakan kaedah pengendalian dan pengetahuan di dalam mekanisma proses pengiraan yang minima dapat memudahkan proses penghasilan output yang diperlukan. Secara tidak langsung, ianya akan dapat mengurangkan potensi kesilapan dalam pengiraan jika dibandingkan dengan pengiraan yang dijalankan secara manual.

Jika sebelum ini bagi kawasan yang baru, pengguna perlu mengira jumlah hujan yang lebih 20 sm di dalam seminggu, satu per satu bagi memulakan pengiraan indeks tetapi dengan perisian ini, ianya akan dikira secara automatik. Penggunaan Microsoft Excel sebagai "*pengkalan data*" kepada perisian akan memudahkan pengguna di dalam memasukkan data pada mana-mana komputer secara berasingan. Pengguna tidak perlu terikat dengan perisian yang dibangunkan seperti perisian-perisian yang lain yang memerlukan instalasi perisian apabila proses kemasukan data hendak dilakukan.

Di negara yang membangun seperti Amerika Syarikat, Kanada dan Australia indeks kemarau yang dibangunkan mempunyai pengiraan yang kompleks dengan penggunaan pelbagai data meteorologi dalam menghasilkan sistem pemantauan kebakaran hutan. Namun begitu dengan peralatan dan data yang terhad di Malaysia kaedah pengiraan Indeks Kemarau Keetch-Byram merupakan kaedah yang paling mudah dan senang digunakan. Ianya juga

digunakan secara meluas di Amerika Syarikat, Kanada, Australia, Indonesia dan lain-lain. Penggunaan hanya tiga (3) pembolehubah iaitu purata hujan tahunan, suhu maksima harian dan hujan harian, menjadi faktor utama penggunaan yang meluas di seluruh dunia dan dipilih di dalam kajian ini.

### 1.3 Objektif Kajian

Secara amnya, objektif kajian ini adalah untuk membangunkan perisian pengiraan Indeks Kemarau Keetch-Byram (*Keetch-Byram Drought Indeks* atau KBDI) dengan lebih mudah dan cepat serta menggunakannya untuk menganalisis corak temporal KBDI di Kudat, Sabah.

Antara objektif kajian secara spesifik di dalam kajian ini adalah ;

1. Membangunkan perisian komputer bagi pengiraan Indeks Kemarau Keetch-Byram.
2. Menganalisis variasi temporal kawasan Kudat, Sabah menggunakan perisian komputer yang dibangunkan.
3. Menggunakan model statistik ARMA dan membuat telahan jangka panjang KBDI di Kudat, Sabah.

## BAB 2

### KAJIAN LEPAS

#### 2.1 Kebakaran

Kebakaran secara amnya merupakan proses reaksi kimia yang berlaku akibat tindakbalas oksigen dan bahan bakar. Hasil daripada tindakbalas ini akan menghasilkan karbon dioksida, karbon monoksida, nitrogen, hidrogen, air dan kepanasan bergantung kepada jenis bahan bakar yang terlibat.

Kebakaran hutan merupakan interaksi antara bahan bakar, tenaga dan alam sekitar (Saharjo dan Watanabe, 1999). Menurut Shroeder dan Buck (1970), penggunaan tanah, cuaca dan ekologi merupakan faktor kepada risiko terjadinya kebakaran. Cuaca panas dan kering sering dikaitkan dengan potensi atau risiko terjadi kebakaran. Ianya terbahagi kepada dua perkara iaitu jangkamasa dan teruknya musim kebakaran dan cara yang seterusnya ialah dengan jumlah bahan api terhadap kelembapan bahan (Chadler *et al.*, 1983). Selain daripada cuaca, topografi dan jenis hutan juga menjadi kepada faktor kemudahbakaran (*flammability*) dalam proses menilai potensi kebakaran hutan (Melekhov, 1939; Kurbatsky, 1963; Andrews dan Williams, 1998).

Malah bahan-bahan yang dihasilkan akibat kebakaran seperti asap, jerebu dan sebagainya akan memberikan kesan yang amat buruk kepada manusia dan kehidupan yang lain samada secara langsung mahupun tidak langsung. Apabila kejadian kebakaran berlaku maka kerugian yang ditanggung oleh mangsa adalah tinggi. Kos yang dialami termasuklah kos kerosakan, kos memadam api, kos rawatan kesihatan, kos sumber manusia dan banyak lagi.

Kejadian-kejadian kebakaran yang disebabkan oleh pembakaran pertanian di Kalimantan Timur berlaku pada selang masa 1982-1983, 1987, 1991, 1994 dan 1997-1998 iaitu dimana pada tahun-tahun berkenaan keadaan cuaca adalah kering melampau (Hanger, 1995; Whitehouse dan Mulyana, 2004). Whitehouse dan Mulyana (2004), menganggarkan sekurang-kurang 5 juta hektar telah musnah di kawasan Kalimantan Timur sepanjang tempoh kering pada 1997 sehingga 1998 berdasarkan kepada data daripada imej satelit. Sementara itu Suharjo (1999) menganggarkan sekitar 10.5 juta hektar kawasan di Kalimantan termasuk kawasan hutan telah terbakar.

Pada tahun 1997, asap akibat pembakaran hutan di Kalimantan telah merebak sehingga ke kawasan Sarawak terutama di Kuching dan Miri akibat daripada pembakaran hutan yang dilakukan oleh petani-petani di Kalimantan (Khandekar *et al.*, 2000). Pada masa berkenaan El-Nino telah menghasilkan keadaan kemarau yang



paling teruk dalam tempoh 50 tahun di Indonesia. Indeks Pencemaran Udara pada waktu itu telah menjangkau 800 unit.

Pada tahun 2005, Utusan Malaysia melaporkan bahawa kebakaran kawasan pertanian dan hutan di Sumatera, Indonesia, telah menyebabkan jerebu yang teruk kepada jirannya iaitu Malaysia. Keadaan yang kering dan arah angin dari barat daya telah membawa partikal-partikal halus ke semenanjung Malaysia. Indeks Pencemaran Udara di kawasan Pelabuhan Kelang dan Kuala Selangor, Selangor pada ketika itu telah mencapai tahap melebihi 500 unit sehingga kerajaan Malaysia mengistiharkan darurat di dua kawasan terbabit.

Beberapa kebakaran hutan yang signifikan sering berlaku di kawasan-kawasan tanah gambut di Indonesia dan Malaysia. Keadaan ini telah menimbulkan kebimbangan terhadap berlakunya ancaman pemuliharaan ekosistem yang unik dan penting kepada kedua-dua negara. Walaupun punca sebenar bagi sesetengah negara adalah berkaitan dengan sikap manusia kerana kepayahan sosio-ekonomi dengan membakar pokok iaitu teknik membersihkan kawasan untuk pembangunan industri dan pembangunan (Malingreau *et al.*, 1985).

Jika dilihat pada Jadual 1 iaitu statistik yang dikeluarkan oleh Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia dan Jabatan Penyelamat mendapati bahawa ancaman kebakaran hutan di Malaysia sering disebabkan oleh pembersihan tanah yang