

**MEMBANGUNKAN PETA ANGIN SABAH DAN
SARAWAK**

(Establishing The Wind Map of Sabah and Sarawak)

**PROFESOR IR. DR. HJ. ABAS BIN AB. WAHAB
MOHAMMAD FADHIL BIN ABAS
MOHAMAD HAFIZ BIN ISMAIL**

**PENYELIDIKAN IRPA
Vot 74168**

**Jabatan Aeronautik dan Automotif
Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknologi Malaysia**

2004

**SENARAI MEREKA YANG TERLIBAT DAN JANGKA WAKTU
PENGLIBATAN**

STATUS	YANG TERLIBAT / WAKTU	ORGANISASI
Ketua Projek/Penyelidik	<p style="text-align: center;">Prof Ir Dr Hj Abas Ab Wahab [PhD Ind.Aero (U. Salford, U.K), MScAeroEng (U. West Virginia, USA), BSc(Hons) Mech. Eng (U. Strathclyde, UK), Dip. Kej. Mekanikal (ITK, KL), P.Eng, MIEM.] (April 2003 – September 2004)</p>	UTM
Penyelidik	<p style="text-align: center;">Rasli Bin Muslimen [MSc Manufacturing (U. Lahborogh, U.K), Sarjana Muda (Kp) Kej. Mekanikal (Aero), UTM] (April 2004 – September 2004)</p>	UNIMAS
	<p style="text-align: center;">Shabudin Bin Mat [MSc Aero. Production (ENSICA, France), BE (Hons) Mech (Aero) (UTM)] (April 2003 – September 2004)</p> <p style="text-align: center;">Md. Nizam Bin Dahalan [ME Mech (Aero) UTM, BE (Hons) Mech (Aero) UTM] (April 2003 – September 2004)</p>	UTM UTM
Pegawai Penyelidik	<p style="text-align: center;">Mohammad Fadhil Bin Abas [Sarjana Muda (Kp) Kej. Elektrik, UKM.] (April 2003 – Januari 2004).</p> <p style="text-align: center;">Mohamad Hafiz Bin Ismail BE (Hons) Mech (Aero) (UTM)] (April 2003 – September 2004)</p>	UTM
Pembantu Teknik	<p style="text-align: center;">Azman Salam (April 2003 – September 2004)</p>	UTM
	<p style="text-align: center;">Jemain Abd. Rahman (April 2003 – September 2004)</p>	

ABSTRACT

The Research Project entitled “Establishing The Wind Map of Sabah and Sarawak” had commenced in April 2003 with the aim of studying the wind characteristic, producing the wind map and determining the possible sites of producing electricity using the technology of low wind speed wind turbine (LWSWT) in the two countries. Wind data for the 10 meteorological stations in Sabah and Sarawak had been obtained from ‘Malaysia Meteorological Department’, Petaling Jaya, Selangor. Wind data for a period of 5 consecutive years (1998-2002) for each meteorological station had been processed, analyzed and used in this research.

All the 5 meteorological stations in Sarawak (Kucing, Sri Aman, Sibul, Bintulu and Miri meteorological stations) are situated near the coast line whereas there is none in the vast interior areas of the country. This, in fact caused some hindrance to the process of establishing the wind map of Sarawak itself. To accelerate the process, wind data for Bario, Belaga and Kapit had been established through the wind strength correlations between these places and the existing meteorological stations in Sarawak and Labuan.

Sabah on the other hand, although all the 4 existing meteorological stations in the country also situated near the coast line but these locations are seems to be well arranged like a circle encircling the entire country. Hence, the wind data for only a single interior location had been established through wind strength correlation. The said identified location was Tongod and the wind data has been predicted through the wind strength correlation between this location and all the 4 existing meteorological stations in Sabah (Kota Kinabalu, Kudat, Sandakan and Tawau meteorological stations) and Labuan.

Wind, roughness and obstacle data for each of the meteorological and identified wind strength correlated stations in Sabah and Sarawak had been processed in accordance to the need and requirement of the WAsP Commercial Software. The processed data were then fed into the

software in order to establish the wind map for Sabah and Sarawak at the heights of 20 and 50 meters above ground level.

Wind data from Mulu meteorological station had been used in validating the accuracy of prediction portrayed the wind map of Sarawak for the height of 20 meters above ground. The outcomes of the validation test were very satisfactory. Three types of wind maps for Sabah and Sarawak had been established i.e. the North East Monsoon Season, the South West Monsoon Season and the Yearly Wind Maps. These maps give the values of wind power at specified locations in Watt/m².

This research had been conducted successfully. The details and outcomes of this research are being explicitly explained in this final research report.

ABSTRAK

Projek penyelidikan “Membangunkan Peta Angin Sabah dan Sarawak” (Establishing The Wind Map of Sabah and Sarawak) telah dimulakan pada April 2003 bertujuan untuk mengkaji sifat-sifat angin, menghasilkan peta angin dan mengenalpasti kawasan bagi penjanaan elektrik dengan menggunakan kincir angin kelajuan rendah (KAKAR) di kedua-dua negeri tersebut. Data angin bagi kesemua 10 stesen kajicuaca yang terdapat di seluruh Sabah dan Sarawak telah diperolehi dari Jabatan Kajicuaca Malaysia, Petaling Jaya, Selangor. Data angin sepanjang lima tahun (1998-2002) bagi setiap stesen kajicuaca telah diproses, dianalisis dan dipakaiguna dalam penyelidikan ini.

Kesemua stesen kajicuaca yang terdapat di Sarawak (stesen kajicuaca Kucing, Sri Aman, Sibul, Bintulu dan Miri) terletak di kawasan bahagian pantainya, sedangkan di kawasan pedalaman yang amat luas tidak terdapat satu pun stesen kajicuaca. Perkara ini menyukarkan proses membangunkan peta angin negeri Sarawak. Bagi mengatasi perkara ini korelasi kekuatan angin telah dilakukan dalam meramalkan data angin bagi kawasan Bario, Belaga dan Kapit berpandukan data angin daripada kelima-lima stesen kajicuaca yang ada dan juga daripada stesen kajicuaca Labuan.

Bagi negeri Sabah pula walaupun keempat-empat stesen kajicuaca yang terdapat di sana terletak di kawasan pantai juga, tetapi kedudukan kesemuanya ini membentuk satu lingkaran yang merangkumi keseluruhan negeri tersebut. Cuma satu sahaja kawasan pedalaman yang data anginnya perlu dihasilkan melalui korelasi kekuatan angin. Kawasan yang dipilih ialah Tongod dan data anginnya diramalkan berpandukan data angin dari keempat-empat stesen kajicuaca yang ada di negeri tersebut (stesen kajicuaca Kota Kinabalu, Kudat, Sandakan dan Tawau) dan juga dari stesen kajicuaca Labuan.

Data angin, data halangan dan data kekasaran mukabumi bagi setiap stesen kajicuaca dan stesen korelasi yang dikenalpasti di negeri Sabah dan Sarawak telah diproses mengikut kehendak dan kesesuaian Perisian komersial WasP. Data-data yang telah diproses kemudiannya di suapkan kedalam perisian tersebut bagi menghasilkan peta angin Sabah dan Sarawak pada dua ketinggian dari aras bumi iaitu pada ketinggian 20 dan 50 meter. Sebagai ujian penentuan ketepatan ramalan, data angin dari stesen kajicuaca Mulu telah digunakan bagi menentukan ketepatan ramalan peta angin Sarawak bagi ketinggian 20 meter dari aras bumi. Hasil pengujian ketepatan tersebut amat memuaskan. Tiga jenis peta angin bagi negeri Sabah dan Sarawak telah dihasilkan iaitu “Peta Angin Sabah Sarawak Musim Monsun Timur Laut”, “Peta Angin Sabah Sarawak Musim Monsun Barat Daya” dan “Peta Angin Sabah Sarawak Tahunan”. Peta-peta ini memberikan bacaan kuasa yang terdapat di dalam tiupan angin pada sesuatu lokasi dalam unit Watt/m².

Penyelidikan ini telah terlaksana dengan jayanya. Penerangan lanjut dan terperinci tentang penyelidikan ini serta pencapaiannya dapat diikuti dengan jelasnya di dalam laporan akhir ini.

BAB 5 PERUNTUKAN DAN PERBELANJAAN	29
5.1 Peruntukan	29
5.2 Perbelanjaan	29
BAB 6 KESIMPULAN	31
RUJUKAN	34
LAMPIRAN	35

SENARAI JADUAL

No.	Tajuk	Mukasurat
2.1	Lokasi Stesen-Stesen Kajicuaca Sabah Dan Sarawak	5
2.2	Contoh Data Angin Yang Diperolehi Dari Jabatan Kajicuaca Malaysia Bagi Stesen Kajicuaca Kota Kinabalu	5
2.3	Lokasi Stesen-Stesen Kajicuaca Maya Di Sabah Dan Sarawak	6
3.1	Jadual Kekasaran (Dialih Bahasa)	8
5.1	Perbelanjaan keseluruhan projek	30

SENARAI RAJAH

No.	Tajuk	Mukasurat
2.1	Peta Lokasi Stesen Kajicuaca Dan Stesen Kajicuaca Maya Bagi Negeri Sabah Dan Sarawak	6
3.1	Data Kekasaran Dan Halangan Bagi Stesen Kajicuaca Kota Kinabalu, Sabah.	9
3.2	Data Kekasaran Dan Halangan Bagi Stesen Kajicuaca Kudat, Sabah	9
3.3	Data Kekasaran Dan Halangan Bagi Stesen Kajicuaca Sandakan, Sabah	10
3.4	Data Kekasaran Dan Halangan Bagi Stesen Kajicuaca Tawau, Sabah	10
3.5	Data Kekasaran Dan Halangan Bagi Stesen Kajicuaca Wilayah Persekutuan Labuan, Sabah	11
3.6	Data Kekasaran Dan Halangan Bagi Stesen Kajicuaca Kuching, Sarawak	11
3.7	Data Kekasaran Dan Halangan Bagi Stesen Kajicuaca Sri Aman, Sarawak.	12
3.8	Data Kekasaran Dan Halangan Bagi Stesen Kajicuaca Sibu, Sarawak	12
3.9	Data Kekasaran Dan Halangan Bagi Stesen Kajicuaca Bintulu, Sarawak.	13
3.10	Data Kekasaran Dan Halangan Bagi Stesen Kajicuaca Miri, Sarawak.	13
3.11	Data Kekasaran Dan Halangan Bagi Stesen Kajicuaca Mulu, Sarawak.	14
3.12	Data Kekasaran Dan Halangan Bagi Stesen Kajicuaca Maya Belaga, Sarawak.	14
3.13	Data-Data Kekasaran Dan Halangan Yang Telah Diproses Bagi Stesen	

	Kajicuaca Kota Kinabalu, Sabah.	15
3.14	Data-Data Kekasaran Dan Halangan Yang Telah Diproses Bagi Stesen Kajicuaca Kudat, Sabah.	15
3.15	Data-Data Kekasaran Dan Halangan Yang Telah Diproses Bagi Stesen Kajicuaca Sandakan, Sabah	16
3.16	Data-Data Kekasaran Dan Halangan Yang Telah Diproses Bagi Stesen Kajicuaca Tawau, Sabah	16
3.17	Data-Data Kekasaran Dan Halangan Yang Telah Diproses Bagi Stesen Kajicuaca Wilayah Persekutuan Labuan, Sabah	17
3.18	Data-Data Kekasaran Dan Halangan Yang Telah Diproses Bagi Stesen Kajicuaca Kuching, Sarawak.	17
3.19	Data-Data Kekasaran Dan Halangan Yang Telah Diproses Bagi Stesen Kajicuaca Sri Aman, Sarawak.	18
3.20	Data-Data Kekasaran Dan Halangan Yang Telah Diproses Bagi Stesen Kajicuaca Sibu, Sarawak.	18
3.21	Data-Data Kekasaran Dan Halangan Yang Telah Diproses Bagi Stesen Kajicuaca Sibu, Sarawak.	19
3.22	Data-Data Kekasaran Dan Halangan Yang Telah Diproses Bagi Stesen Kajicuaca Sibu, Sarawak.	19
3.23	Data-Data Kekasaran Dan Halangan Yang Telah Diproses Bagi Stesen Kajicuaca Sibu, Sarawak.	20
3.24	Data-Data Kekasaran Dan Halangan Yang Telah Diproses Bagi Stesen Kajicuaca Sibu, Sarawak.	20
4.1	Peta Topografi Digital Sabah Dan Sarawak	22
4.2	Peta Topografi 3 Dimensi Sabah Dan Sarawak	22
4.3	Peta Angin Tahunan Sabah	24
4.4	Peta Angin Tahunan Sarawak	25
4.5	Peta Angin Tahunan Sabah Dan Sarawak	26
4.6	Peta Angin Monsun Timur Laut Sabah Dan Sarawak	27
4.7	Peta Angin Monsun Barat Daya Sabah Dan Sarawak	28
5.1	Perbelanjaan keseluruhan setiap perkara	30

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Malaysia mengalami tiupan angin yang banyak di sepanjang tahun iaitu daripada tiupan angin Monsun Barat Daya (Mei-Oktober) dan Monsun Timur Laut (November-April). Secara kasarnya 70% daripada tiupan angin tahunan berkelajuan 1.5–5 m/s, 15% berkelajuan melebihi 5 m/s dan 15% lagi dikatakan tiada berangin iaitu bagi sebarang tiupan angin yang berkelajuan di bawah 1.5 m/s. Peratusan-peratusan ini berubah sedikit mengikut tempat. Peta angin bagi Malaysia Barat (Semenanjung Malaysia) telah pun dibangunkan pada tahun 2003 melalui IRPA Vot 72345 [1] manakala melalui projek penyelidikan IRPA Vot 74168 ini pula peta angin bagi Malaysia Timur (Sabah dan Sarawak) akan dibangunkan.

Terdahulu, Universiti Teknologi Malaysia telah menghasilkan sebuah kincir angin yang dapat beroperasi dalam kelajuan tiupan angin yang serendah 2.5 m/s bagi penghasilan tenaga elektrik [2]. Kincir angin jenis ini dipanggil “Kincir Angin Kelajuan Angin Rendah (KAKAR)”. Teknologi KAKAR akan dapat dimunafaatkan sebaik mungkin bagi menghasilkan tenaga elektrik yang optimum untuk kegunaan di kawasan-kawasan pedalaman, pantai dan pulau di negeri Sabah dan Sarawak jika peta angin bagi kedua-dua negeri ini dapat dibangunkan. Melalui peta angin ini nanti, lokasi-lokasi yang mempunyai kuasa angin yang tinggi dan berpotensi akan dapat dikenalpasti dan dengan mudahnya KAKAR akan dapat didirikan bagi penjanaaan tenaga elektrik. Maka, bagi merealisasikan hasrat murni ini penyelidikan bertajuk “Pembangunan Peta Angin bagi Sabah dan Sarawak” perlu dilaksanakan.

1.2 Objektif

Projek penyelidikan yang dijalankan ini mempunyai objektif-objektif berikut:

- i) Mengkaji sifat-sifat angin di Sabah dan Sarawak.
- ii) Menghasilkan peta angin Sabah dan Sarawak.
- iii) Mengenalpasti kawasan bagi penjanaan elektrik dengan menggunakan kincir angin kelajuan angin rendah di Sabah dan Sarawak.

1.3 Saranan Kerja

Untuk melaksanakan projek penyelidikan ini kerja-kerja/aktiviti-aktiviti berikut telah disarankan:-

- i) Mengumpul dan memproses data angin daripada stesen-stesen kajicuaca di Sabah dan Sarawak bagi menghasilkan korelasi kekuatan dan kekerapan angin.
- ii) Menghasilkan peta topografi Sabah dan Sarawak dan mengkaji kesan topografi ini ke atas kekuatan dan kekerapan angin.
- iii) Menghasilkan Peta Angin Monsun Barat Daya, Peta Angin Monsun Timur Laut dan Peta Angin Tahunan bagi Sabah dan Sarawak.

1.4 Faedah

Faedah yang dijangka akan diperolehi daripada pelaksanaan projek penyelidikan ini adalah seperti berikut:-

- i) *Database* kekuatan angin bagi setiap stesen kajicuaca di Sabah dan Sarawak akan dapat dihasilkan.
- ii) Kepakaran memproses data dan penggunaan perisian komersial dapat diterapkan kepada ahli-ahli kumpulan yang terlibat.
- iii) Kepakaran dalam membangunkan peta angin akan dapat dibangunkan..
- iv) Peta angin Sabah dan Sarawak akan terhasil.

- v) 1 MSc dan 2 BSc graduan akan dapat dihasilkan.
- vi) Reputasi organisasi akan dapat dibangunkan melalui perkhidmatan nasihat/perundingan dalam penghasilan peta angin bagi negara-negara lain terutamanya negara-negara yang berminat dengan penghasilan tenaga elektrik menggunakan teknologi kincir angin kelajuan angin rendah.

1.5 Tempoh dan peruntukan

Jangkamasa yang diberikan bagi pelaksanaan projek penyelidikan ini adalah 18 bulan, bermula dari April 2003 hingga September 2004 dengan peruntukan kewangan sebanyak RM124,000.00

BAB 2

PENGUMPULAN DAN PEMROSESAN DATA ANGIN

2.1 Data Angin Stesen Kajicuaca

Data angin bagi 10 buah stesen kajicuaca di seluruh Sabah dan Sarawak telah diperolehi daripada Jabatan Perkhidmatan Kajicuaca Malaysia, Petaling Jaya, Selangor. Stesen-stesen kajicuaca ini terdiri daripada stesen kajicuaca Kuching, Sri Aman, Sibul, Bintulu, Miri, Labuan, Kota Kinabalu, Kudat, Sandakan dan Tawau. Bagi penyelidikan ini, data-data angin selama 5 tahun iaitu (1998–2002) bagi setiap stesen kajicuaca di Sabah dan Sarawak telah diproses. Data angin dari sebuah stesen kajicuaca yang baru sahaja didirikan di Sarawak iaitu “stesen kajicuaca Mulu” telah juga diperolehi daripada stesen berkenaan. Data yang dapat diperolehi daripada stesen kajicuaca Mulu ini hanyalah bagi bulan November 2003 hingga Julai 2004. Data angin ini tidak akan digunakan secara langsung dalam membangunkan peta angin negeri Sarawak tetapi ianya akan digunakan sebagai data penguji ketepatan peta angin yang dibangunkan.

Jadual 2.1 memberikan lokasi stesen-stesen kajicuaca yang terdapat di negeri Sabah dan Sarawak manakala Jadual 2.2 menunjukkan contoh data angin yang diperolehi daripada Jabatan Kajicuaca Malaysia bagi stesen kajicuaca Kota Kinabalu, Sabah.

Jadual 2.1: Lokasi stesen-stesen kajicuaca Sabah dan Sarawak.

No.	Stesen Kajicuaca	Latitud (°)	Longitud (°)
1	Kuching	1.48	110.33
2	Sri Aman	1.22	111.45
3	Sibu	2.25	111.97
4	Bintulu	3.2	113.03
5	Miri	4.33	113.98
6	Labuan	5.3	115.25
7	Kota Kinabalu	5.93	116.05
8	Kudat	6.92	116.83
9	Sandakan	5.9	118.07
10	Tawau	4.27	117.88

Jadual 2.2: Contoh data angin yang diperolehi daripada Jabatan Kajicuaca Malaysia bagi stesen kajicuaca Kota Kinabalu

Year	Month	Day	Hour	Wind Dir. (deg.)	Wind Speed (m/s)
2002	1	1	1	120	1.5
2002	1	1	2	110	1
2002	1	1	3	110	2
2002	1	1	4	100	1.5
2002	1	1	5	0	0
2002	1	1	6	0	0
2002	1	1	7	110	1.5
2002	1	1	8	110	2
2002	1	1	9	90	3.1
2002	1	1	10	360	1.5
2002	1	1	11	320	2
2002	1	1	12	320	2
2002	1	1	13	360	2.6
2002	1	1	14	360	3.6
2002	1	1	15	350	2.6

2.2 Data Angin Stesen Kajicuaca Maya

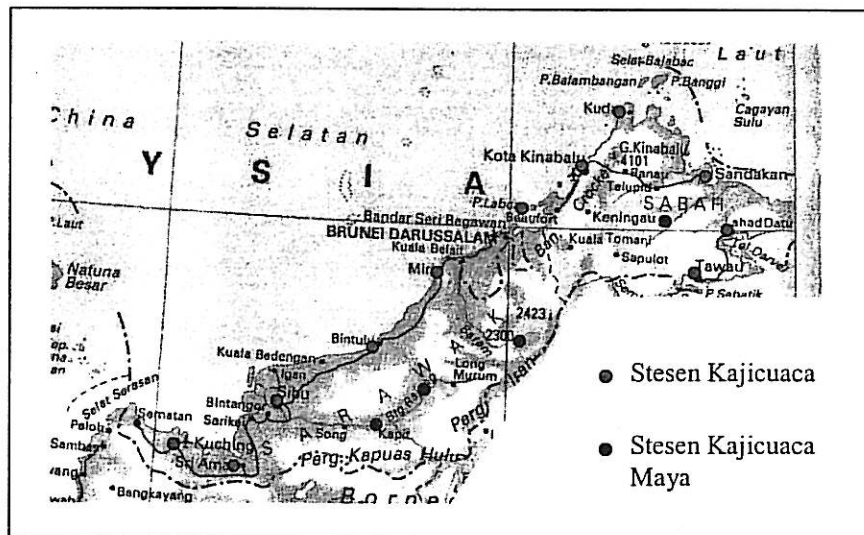
Kesemua stesen kajicuaca di negeri Sabah dan Sarawak terletak di kawasan persisiran pantai manakala data angin bagi kawasan pendalaman yang amat luas tidak dapat diperolehi. Justeru itu empat buah stesen kajicuaca maya telah dihasilkan dengan data-data anginnya diperolehi melalui korelasi kekuatan angin daripada stesen-stesen kajicuaca berdekatan. Stesen-stesen kajicuaca maya ini terdiri daripada Tongod di Sabah dan Bario, Belaga dan

Kapit di Sarawak. Jadual 2.3 menunjukkan lokasi bagi keempat-empat stesen kajicuaca maya yang dihasilkan.

Jadual 2.3: Lokasi stesen-stesen kajicuaca maya di Sabah dan Sarawak

No.	Stesen Kajicuaca Maya	Latitud (°)	Longitud (°)
1	<i>Bario</i>	3.63	115.62
2	<i>Belaga</i>	2.74	113.72
3	<i>Kapit</i>	2.01	112.93
4	<i>Tongod</i>	5.21	117.03

Secara keseluruhannya lokasi keempat-empat stesen kajicuaca maya ini berbanding dengan lokasi-lokasi kesemua sepuluh stesen kajicuaca di negeri Sabah dan Sarawak dapat dilihat dengan lebih jelas dalam Rajah 2.1 berikut.



Rajah 2.1: Peta Lokasi Stesen Kajicuaca dan Stesen Kajicuaca Maya bagi Negeri Sabah dan Sarawak

BAB 3

PENGUMPULAN DAN PEMROSESAN DATA KEKASARAN DAN HALANGAN

3.1 Penerangan Ringkas

Data kekasaran ialah data keadaan mukabumi di sekeliling alat pengukur halaju angin di sesebuah stesen kajicuaca. Data kekasaran yang diperlukan merangkumi jenis-jenis kekasaran permukaan yang setiap satunya diberikan nilai seperti yang tertera dalam Jadual 3.1 berserta jarak dari satu jenis kekasaran ke satu jenis kekasaran yang lain.

Data halangan pula ialah data bangunan atau flora tinggi yang mampu mengubah arah dan kelajuan tiupan angin yang sedang menghampiri alat pengukur halaju angin di sesebuah stesen kajicuaca. Data yang diperlukan bagi setiap halangan adalah seperti berikut:

- i. sudut bucu pertama mengikut putaran arah jam dari Utara serta jaraknya dari alat pengukur halaju,
- ii. sudut bucu kedua mengikut putaran arah jam dari Utara serta jaraknya dari alat pengukur halaju,
- iii. ketinggian dan lebar halangan,
dan
- iv. ketelusannya terhadap tiupan angin.

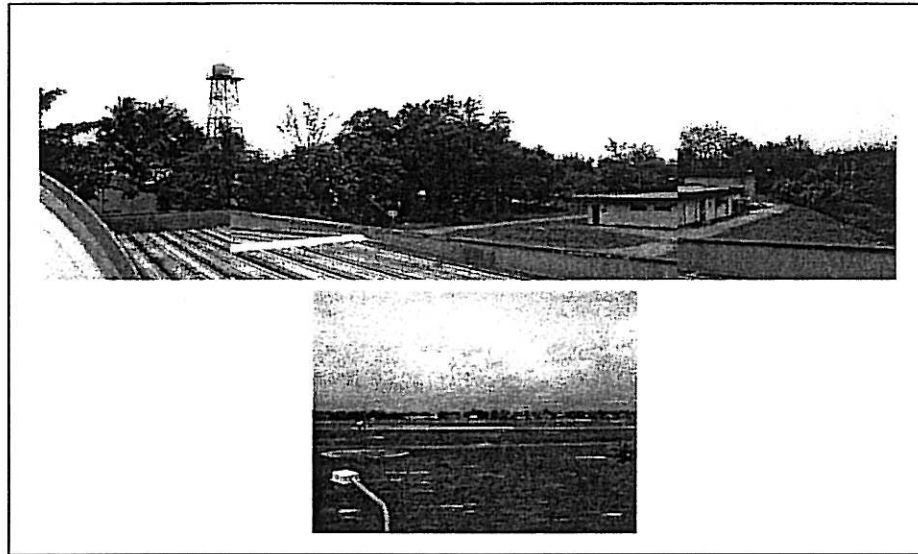
Jadual 3.1 : Jadual Kekasaran (Dialih bahasa) [2]

Z₀ (m)	Keadaan Permukaan Kawasan	Kelas Kekasaran
1.00	Bandar	3 (0.40m)
0.80	Hutan	
0.50	Kampung	
0.40		
0.30	Kawasan bersempadan	
0.20	Banyak pokok tinggi dan/atau pokok rendah	2 (0.10m)
0.10	Ladang dengan kawasan sempadan	
0.05	Ladang dengan kawasan terbuka	
0.03	Ladang dengan sedikit bangunan/pokok	1 (0.03m)
0.02	Lapangan terbang dengan bangunan dan pokok	
0.01	Kawasan landasan lapangan terbang	0 (0.0002m)
0.008	Kawasan rumput	
0.005	Tanah terbuka	
0.001	Permukaan salji	
0.0003	Permukaan pasir	
0.0002		
0.0001	Kawasan berair	

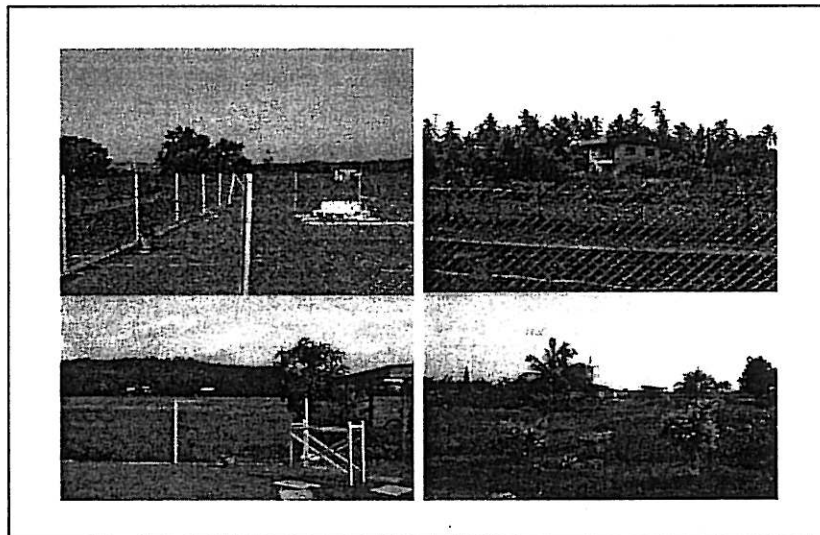
3.2 Pengumpulan Data

Data-data kekasaran dan halangan bagi setiap stesen kajicuaca di negeri Sabah dan Sarawak telah diperolehi dengan melakukan kerja lapangan di setiap stesen kajicuaca tersebut yang terdiri daripada stesen-stesen kajicuaca Kota Kinabalu, Kudat, Sandakan dan Tawau di Sabah, Labuan di Wilayah Persekutuan Labuan dan Kuching, Sri Aman, Sibul, Bintulu, Miri dan Mulu di Sarawak. Tidak ketinggalan, data-data kekasaran dan halangan bagi stesen kajicuaca maya Belaga telah juga dikumpulkan. Data-data mentah

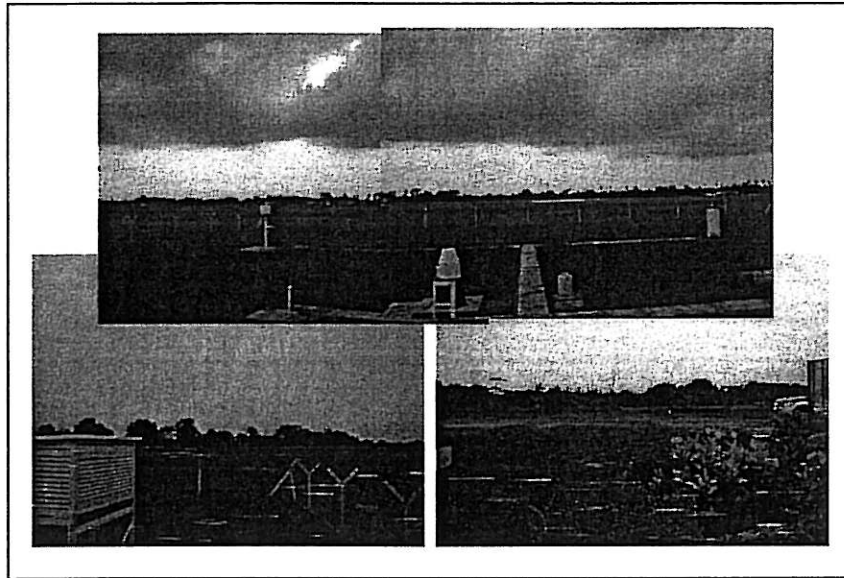
bagi setiap stesen kajicuaca tersebut dan juga bagi stesen kajicuaca maya Belaga adalah seperti yang di tunjukkan dalam Rajah 3.1 hingga 3.12 di bawah.



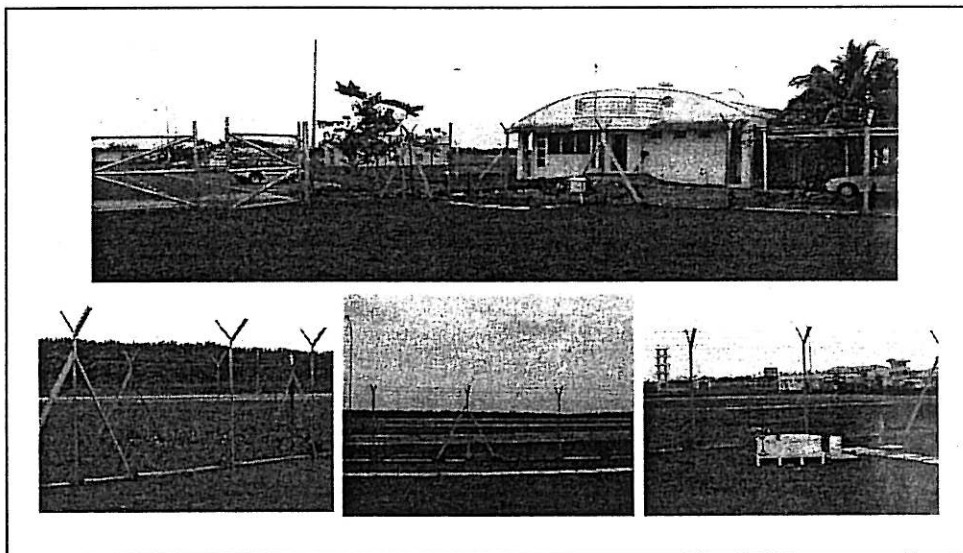
**Rajah 3.1 : Data kekasaran dan halangan bagi stesen kajicuaca
Kota Kinabalu, Sabah**



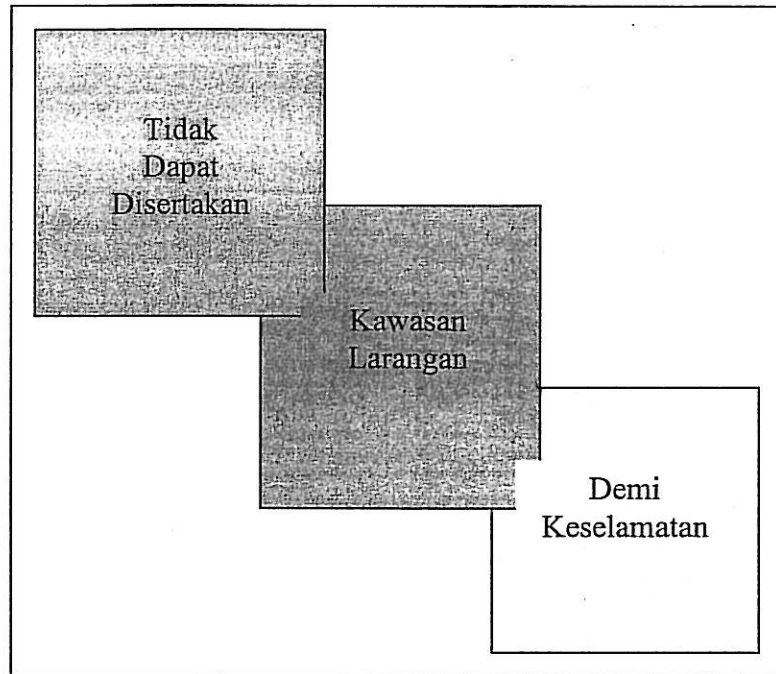
**Rajah 3.2 : Data kekasaran dan halangan bagi stesen
kajicuaca Kudat, Sabah**



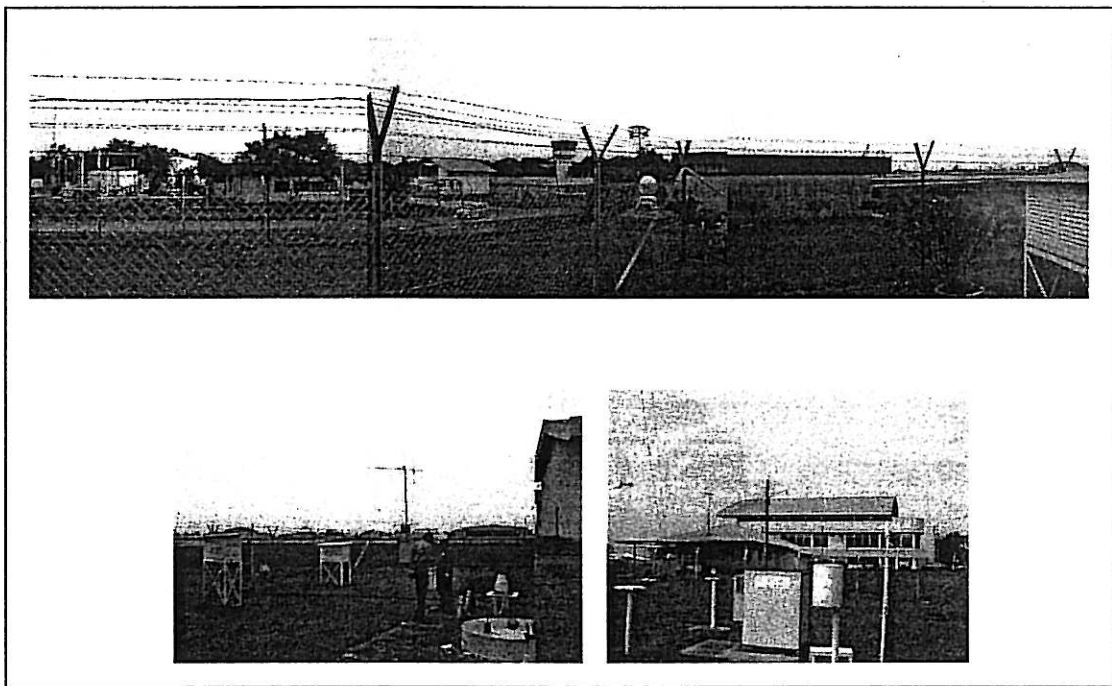
Rajah 3.3 : Data kekasaran dan halangan bagi stesen kajicuaca Sandakan, Sabah



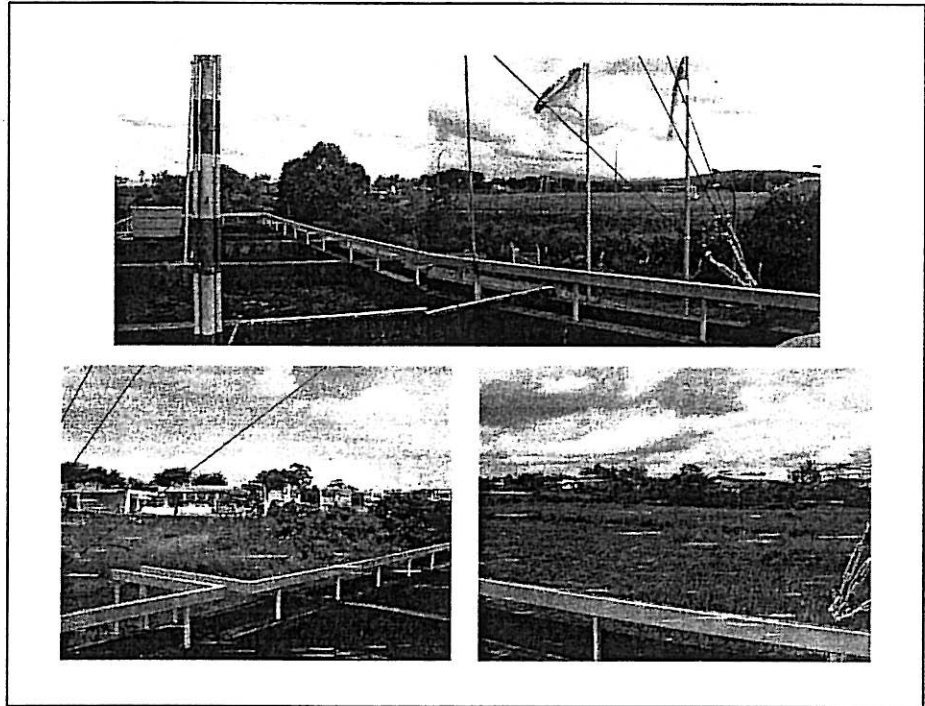
Rajah 3.4 : Data kekasaran dan halangan bagi stesen kajicuaca Tawau, Sabah



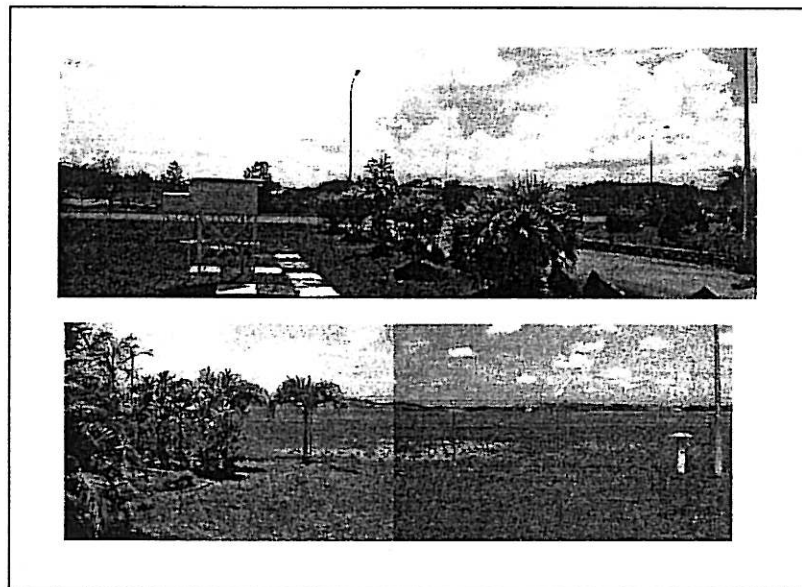
Rajah 3.5 : Data kekasaran dan halangan bagi stesen kajicuaca Labuan, Wilayah Persekutuan Labuan



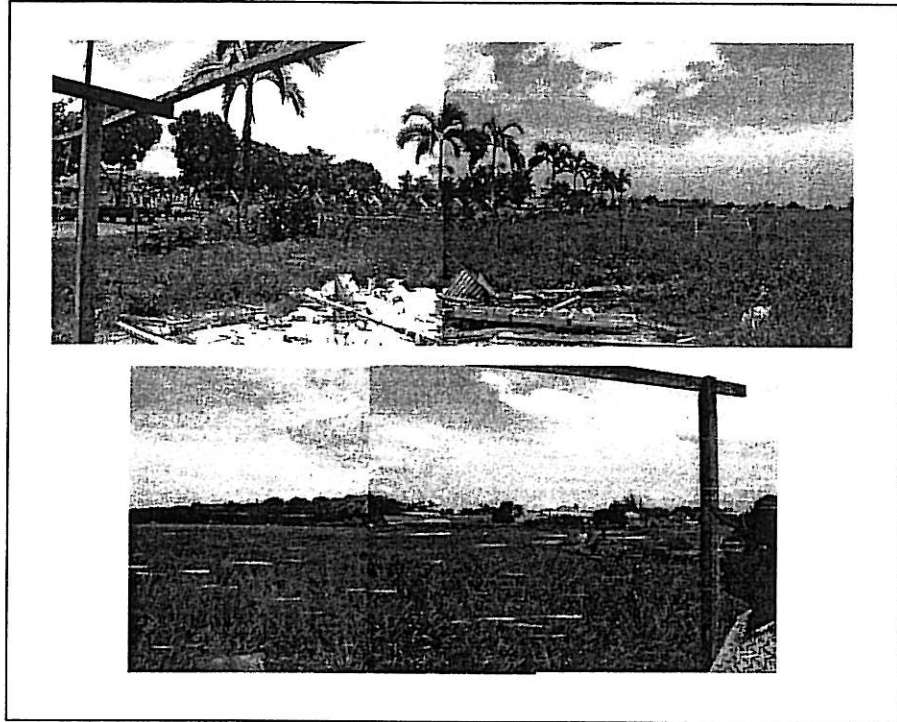
Rajah 3.6 : Data kekasaran dan halangan bagi stesen kajicuaca Kuching, Sarawak



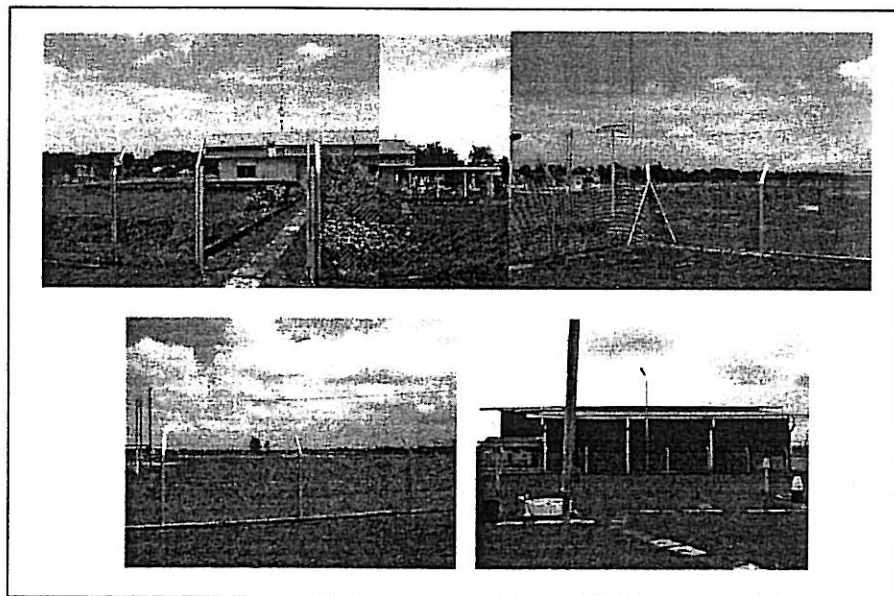
Rajah 3.7 : Data kekasaran dan halangan bagi stesen kajicuaca Sri Aman, Sarawak



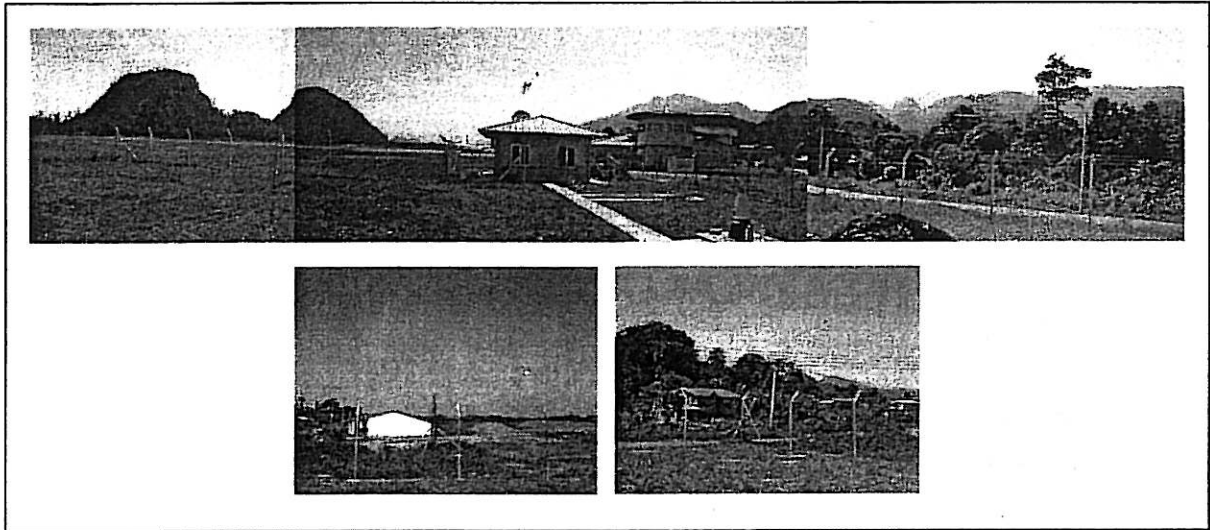
Rajah 3.8 : Data kekasaran dan halangan bagi stesen kajicuaca Sibuan, Sarawak



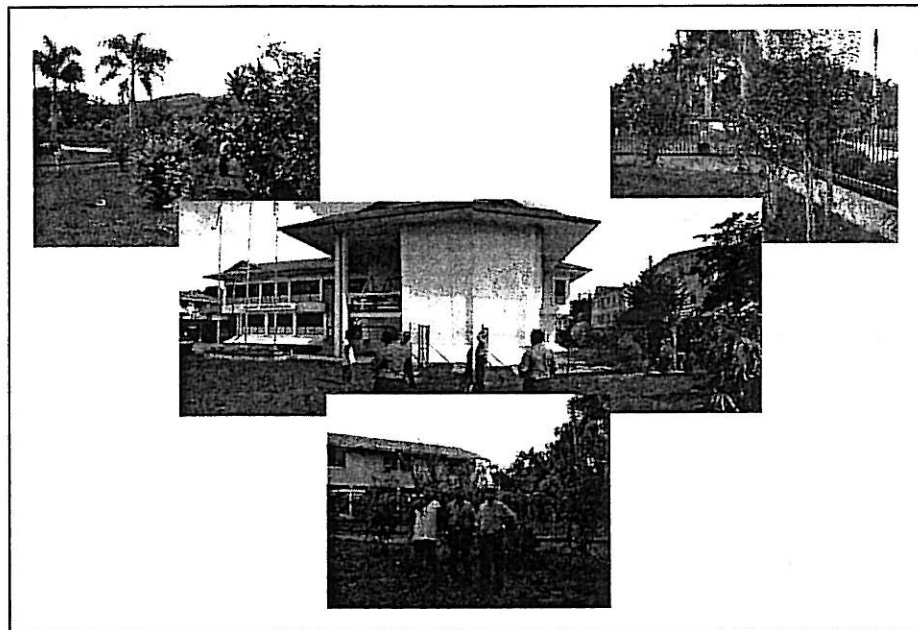
Rajah 3.9 : Data kekasaran dan halangan bagi stesen kajicuaca
Bintulu, Sarawak



Rajah 3.10 : Data kekasaran dan halangan bagi stesen kajicuaca
Miri, Sarawak



Rajah 3.11 : Data kekasaran dan halangan bagi stesen kajicuaa Mulu, Sarawak

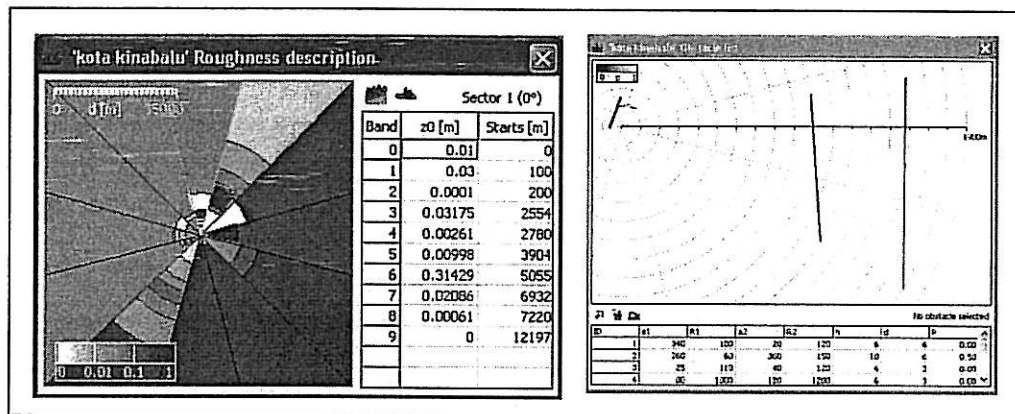


**Rajah 3.12 : Data kekasaran dan halangan bagi stesen kajicuaa
maya Belaga, Sarawak**

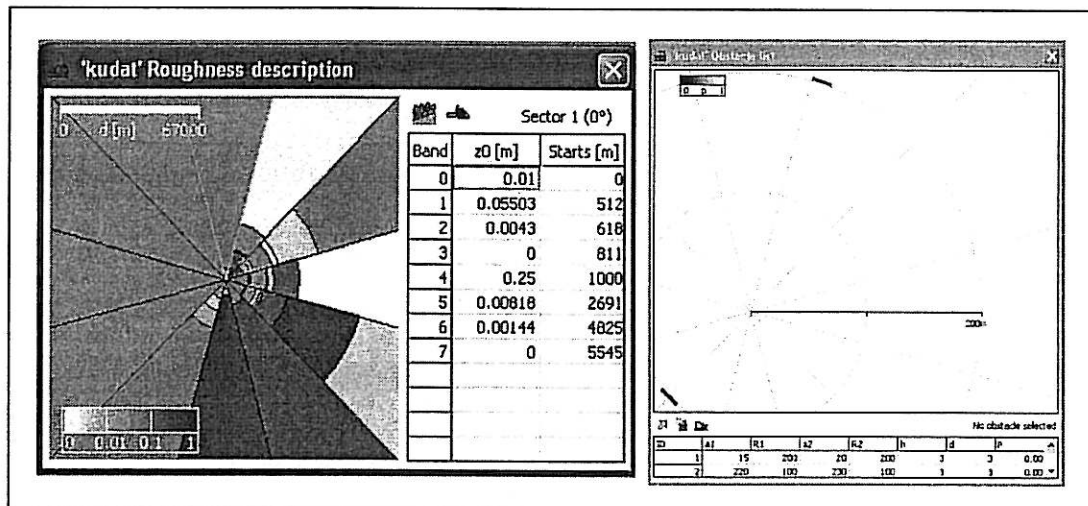
Data kekasaran dan halangan bagi stesen kajicuaa Labuan, Wilayah Persekutuan Labuan tidak dapat di sertakan kerana stesen kajicuaa ini terletak di dalam kawasan Kem Tentera Udara Malaysia. Bagi tujuan keselamatan, pihak berkuasa stesen kajicuaa Labuan telah tidak membenarkan sebarang foto di ambil di kawasan tersebut.

3.3 Pemprosesan Data

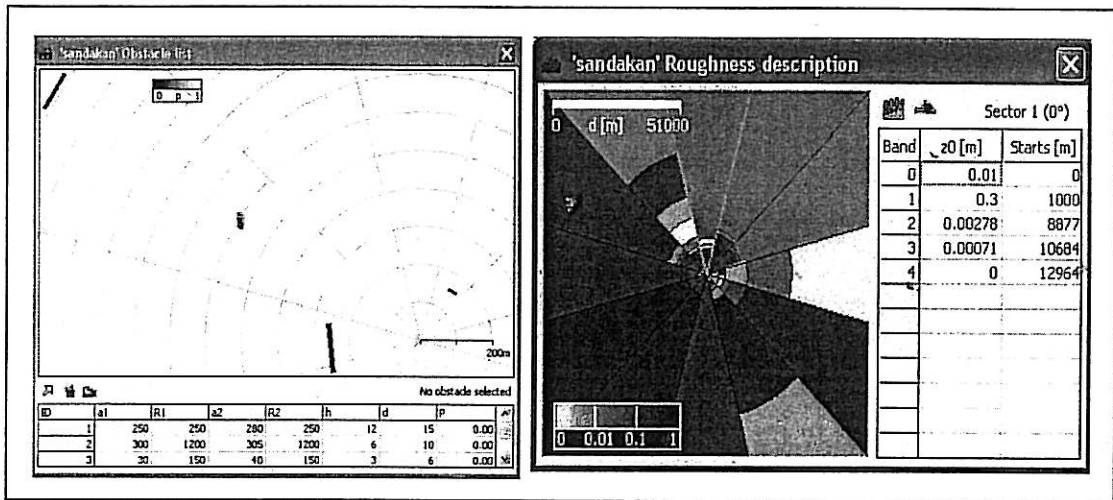
Data-data kekasaran dan halangan mentah bagi setiap stesen kajicuaca berkenaan dan satu stesen kajicuaca maya telah diproses menggunakan Commercial Software WAsP 7.3 [3]. Data-data kekasaran dan halangan bagi setiap stesen kajicuaca yang tersebut di atas yang telah diproses setiap satunya ditunjukkan dalam Rajah 3.13 hingga 3. 24 berikut.



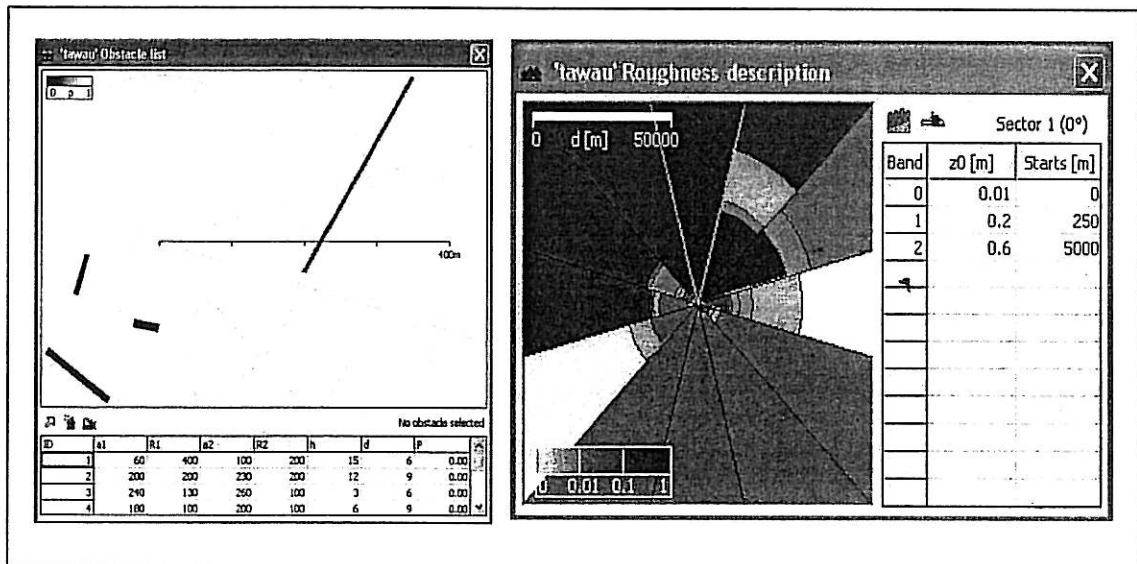
Rajah 3.13 : Data-data kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi stesen kajicuaca Kota Kinabalu, Sabah



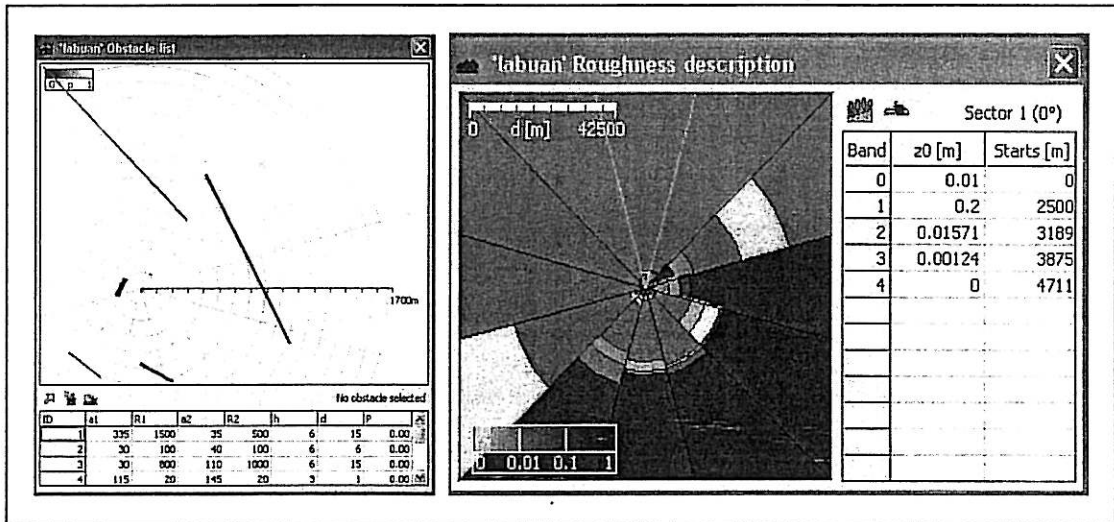
Rajah 3.14 : Data-data kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi stesen kajicuaca Kudat, Sabah



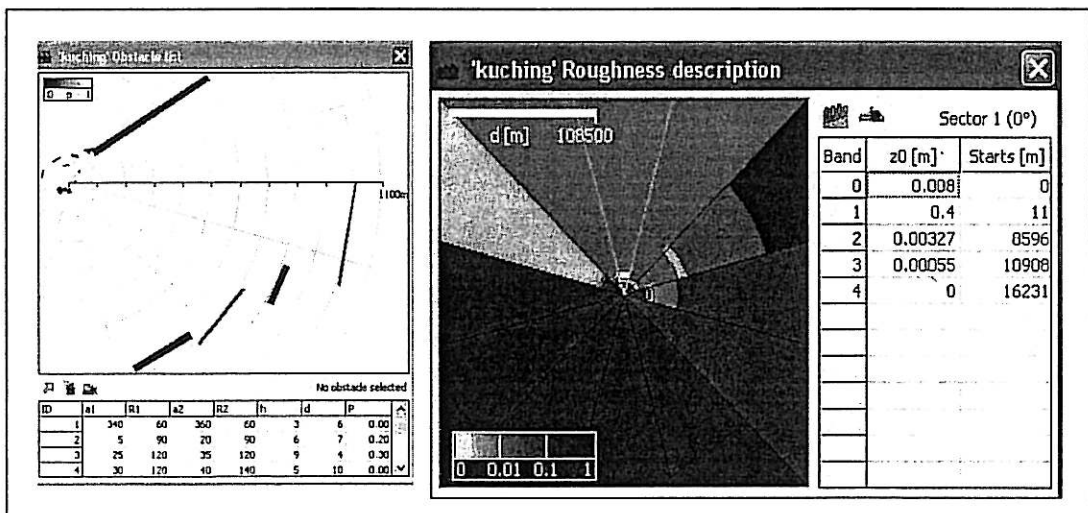
Rajah 3.15: Data-data kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi stesen kajicuaca Sandakan, Sabah



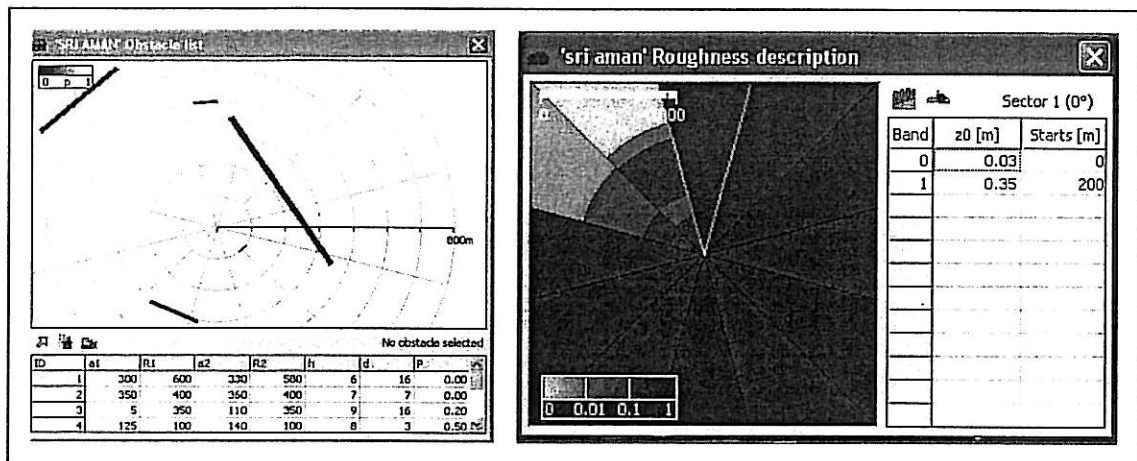
Rajah 3.16 : Data-data kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi stesen kajicuaca Tawau, Sabah



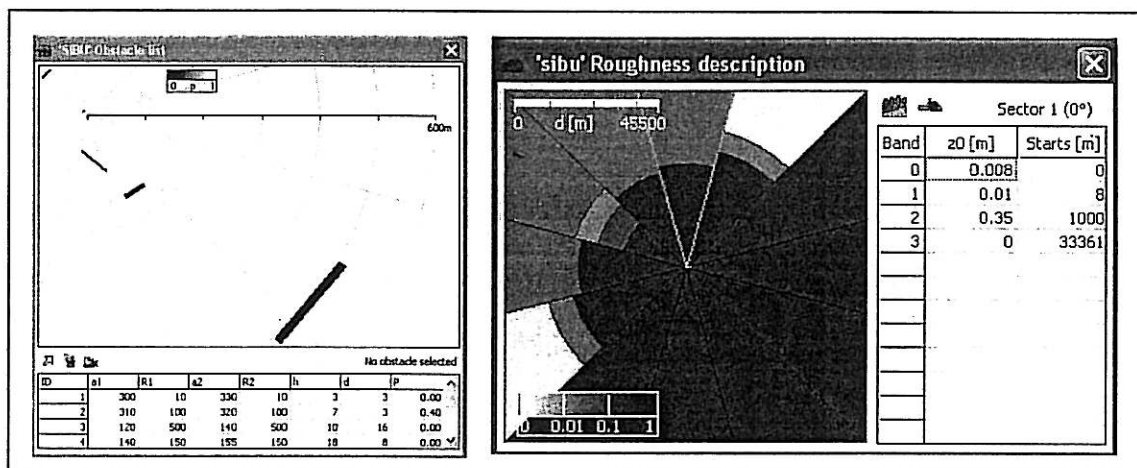
Rajah 3.17 : Data-data kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi stesen kajicuaca Labuan, Wilayah Persekutuan Labuan



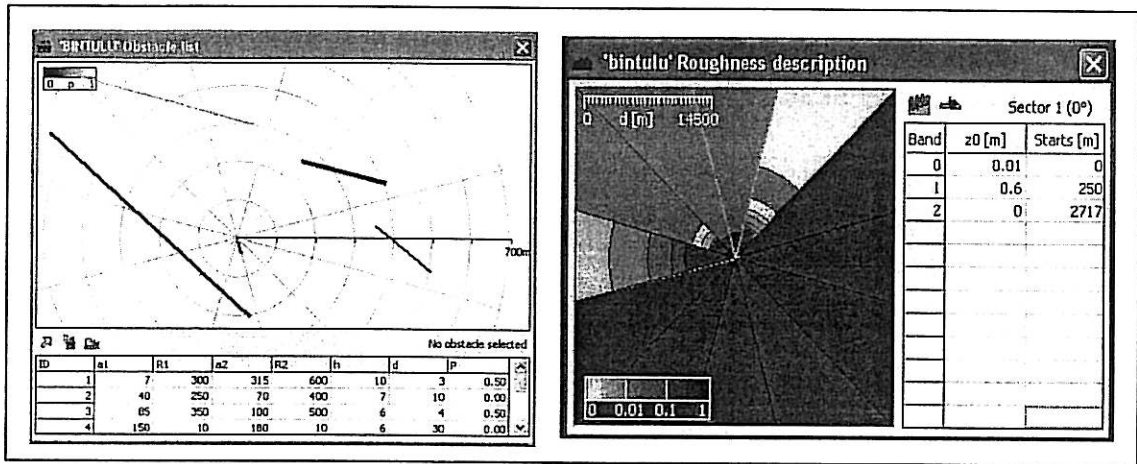
Rajah 3.18 : Data-data kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi stesen kajicuaca Kuching, Sarawak



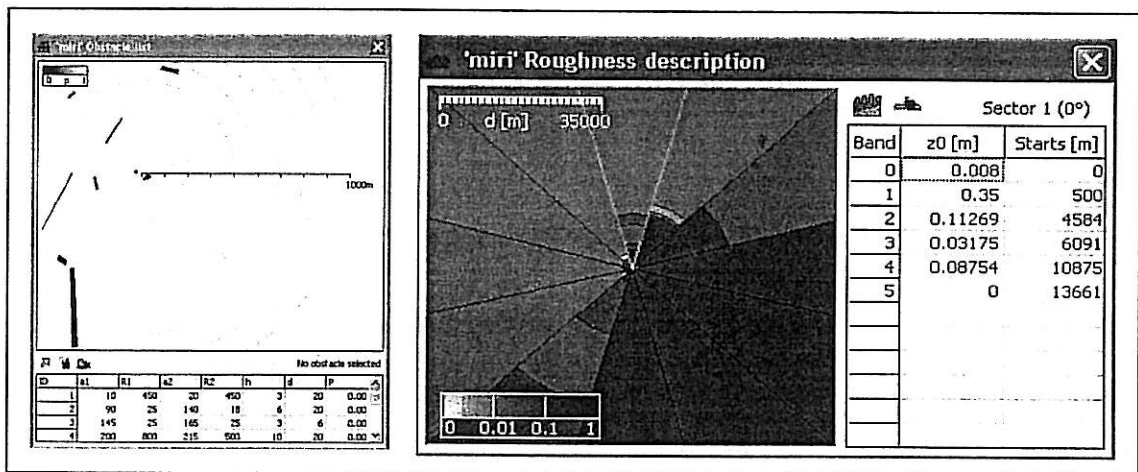
Rajah 3.19 : Data-data kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi stesen kajicuaca Sri Aman, Sarawak



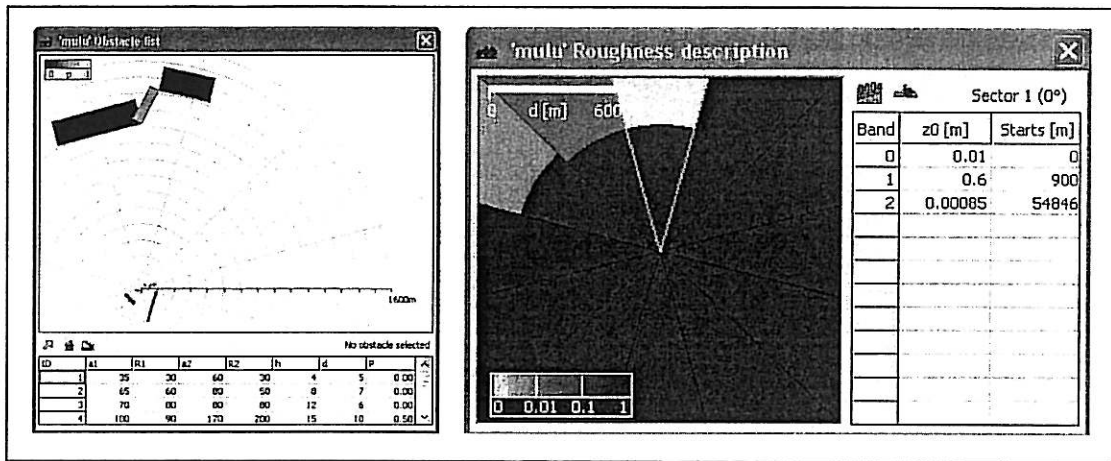
Rajah 3.20 : Data-data kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi stesen kajicuaca Sibujaya, Sarawak



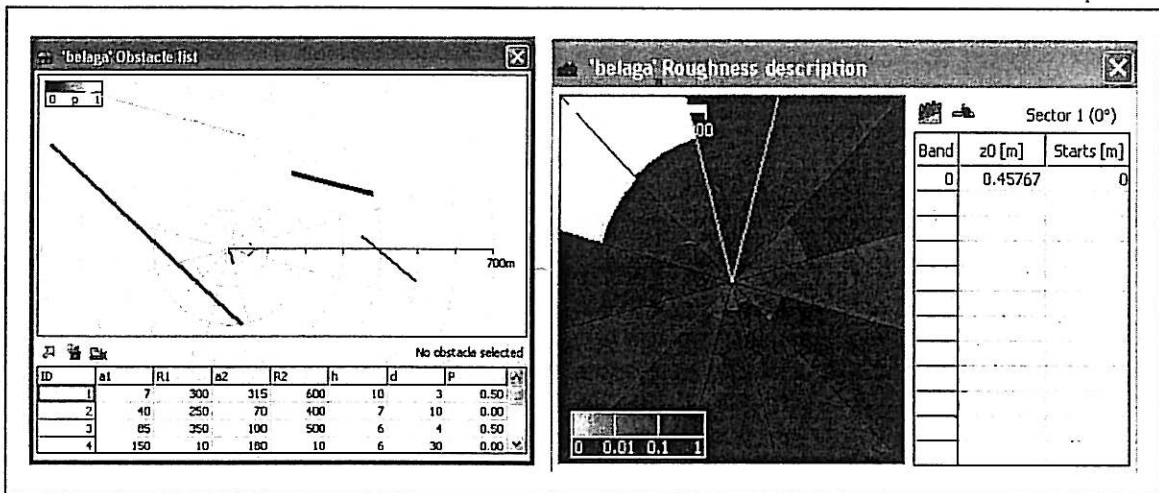
Rajah 3.21 : Data-data kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi stesen kajicuaca Bintulu, Sarawak



Rajah 3.22 : Data-data kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi stesen kajicuaca Miri, Sarawak



Rajah 3.23 : Data-data kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi stesen kajicuaca Mulu, Sarawak



Rajah 3.24 : Data-data kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi stesen kajicuaca maya Belaga, Sarawak

BAB 4

PENGHASILAN PETA ANGIN SABAH DAN SARAWAK

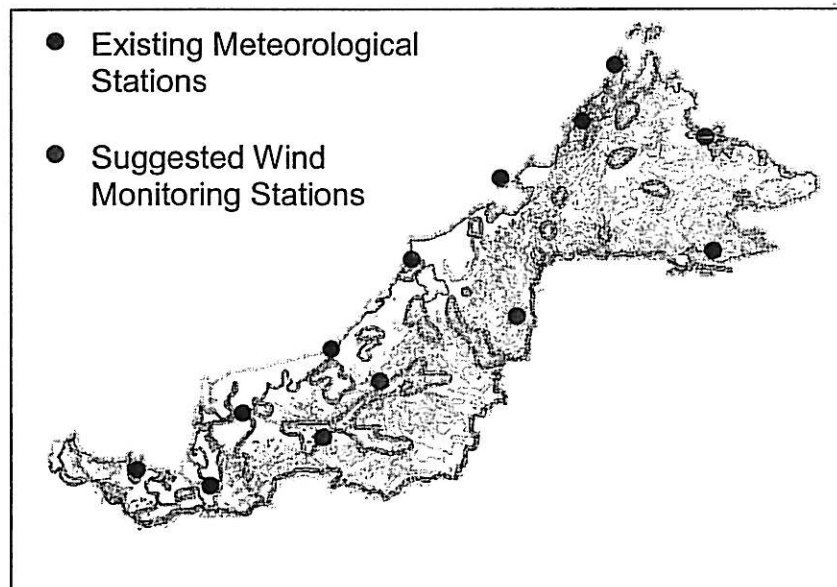
4.1 Penerangan Ringkas

Peta Angin Sabah dan Sarawak di hasilkan dengan menggunakan Perisian Kommersial WAsP 7.3. Untuk membolehkan perisian ini menghasilkan peta angin, maka beberapa perkara perlu disediakan terlebih dahulu dan kemudiannya disuapkan kedalam perisian tersebut. Perkara-perkara yang perlu di sediakan terlebih dahulu terdiri daripada peta topografi digital Sabah dan Sarawak, lokasi sebenar (garis bujur dan lintang) bagi setiap stesen kajicuaca, data angin dan data kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi setiap stesen kajicuaca berkenaan. Dalam bab ini hanya penyediaan peta topografi digital Sabah dan Sarawak dan penghasilan peta anginnya sahaja yang di terangkan manakala perkara-perkara yang lainnya telah pun diterangkan terlebih dahulu di dalam Bab 2 dan Bab 3.

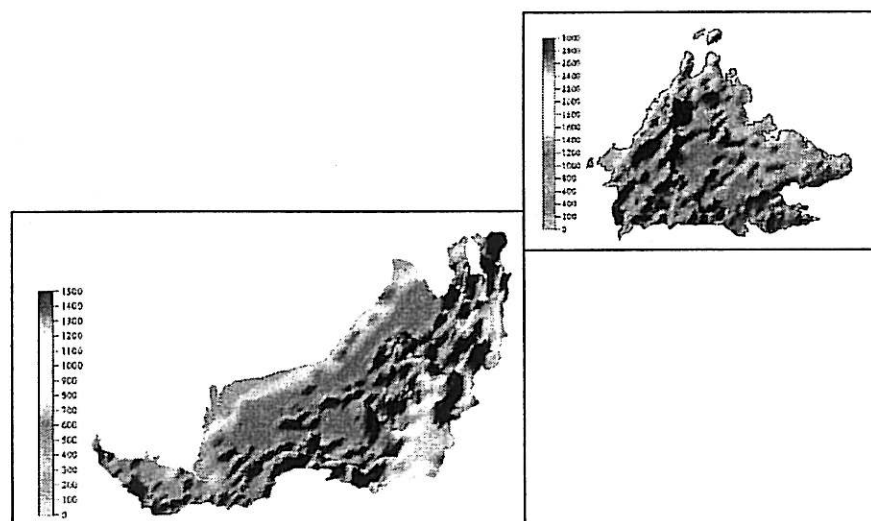
4.2 Peta Topografi Digital

Pendigitalan sesuatu peta topografi dapat dilaksanakan dengan penggunaan program 'Map Edit' yang terdapat di dalam perisian WAsP. Untuk menggunakan Program 'Map Edit' ini, sesuatu gambar peta topografi mestilah disediakan dalam bentuk bitmap (.bmp) atau pun bentuk 'Grafic Interchange Format' (.gif).

Bagi penyelidikan ini, peta topografi Sabah dan Sarawak asal telah diperolehi daripada Perpustakaan Sultanah Zanariah, Universiti Teknologi Malaysia. Dengan penggunaan tetikus, gambar peta topografi tersebut telah pun didigitalkan. Rajah 4.1 menunjukkan peta topografi yang telah didigitalkan dan Rajah 4.2 pula menunjukkan peta digital topografi dalam tiga dimensi.



Rajah 4.1: Peta Topografi Digital Sabah Dan Sarawak



Rajah 4.2: Peta Topografi 3 Dimensi Sabah dan Sarawak

4.3 Peta Angin Sabah dan Sarawak

Peta angin Sabah dan Sarawak telah dibangunkan didalam lima peringkat seperti berikut:

- i. Peringkat 1 – Membangunkan Peta Angin Tahunan Sabah
- ii. Peringkat 2 – Membangunkan Peta Angin Tahunan Sarawak
- iii. Peringkat 3 – Membangunkan Peta Angin Tahunan Sabah dan Sarawak
- iv. Peringkat 4 – Membangunkan Peta Angin Monson Timur Laut Sabah dan Sarawak

Dan

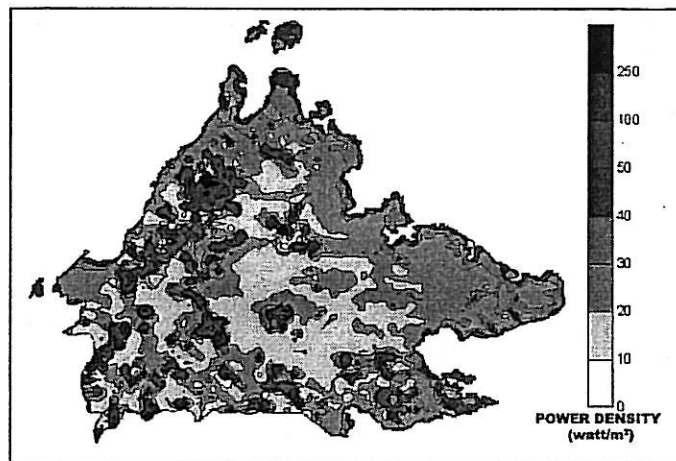
- v. Peringkat 5 – Membangunkan Peta Angin Monson Barat Daya Sabah dan Sarawak.

4.3.1 *Peta Angin Tahunan Sabah*

Peta angin tahunan Sabah telah dihasilkan melalui penyuaipan data-data angin, kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi stesen-stesen kajicuaca Labuan, Kota Kinabalu, Kudat, Sandakan dan Tawau beserta dengan peta topografi digital Sabah kedalam Perisian Komersial WAsP 7.3. Proses penentuan nilai ramalan kekuatan angin telah dilakukan keatas Peta Angin tersebut. Didapati nilai ramalan kekuatan angin yang dipamerkan oleh peta angin ini agak kurang memuaskan terutamanya dikawasan-kawasan pedalaman yang jauh daripada pantai dan juga daripada stesen-stesen kajicuaca yang ada.

Bagi mengatasi perkara ini sebuah stesen kajicuaca maya telah ditempatkan di “*Tongod*” iaitu di suatu kawasan pedalaman Sabah. Data angin bagi stesen kajicuaca

maya ini telah dihasilkan dengan menggunakan kaedah korelasi kekuatan angin [1] diantara kesemua stesen-stesen kajicuaca yang ada di Sabah dengan stesen kajicuaca maya tersebut. Data angin stesen kajicuaca maya ini telah kemudiannya disuapkan ke dalam Perisian Komersial WAsP 7.3 sebagai data daripada suatu stesen kajicuaca tambahan dan peta angin Sabah yang baharu telah dihasilkan seperti yang tertunjuk dalam rajah 4.3. Proses penentuan nilai ramalan kekuatan angin telah dilakukan semula ke atas Peta Angin Sabah yang baharu ini. Ternyata ianya mempamerkan nilai ramalan kekuatan angin yang memuaskan walaupun dikawasan-kawasan pedalaman. Maka Peta Angin dalam rajah 4.3 telah diambilpakai sebagai Peta Angin Tahunan Sabah bagi penyelidikan ini.



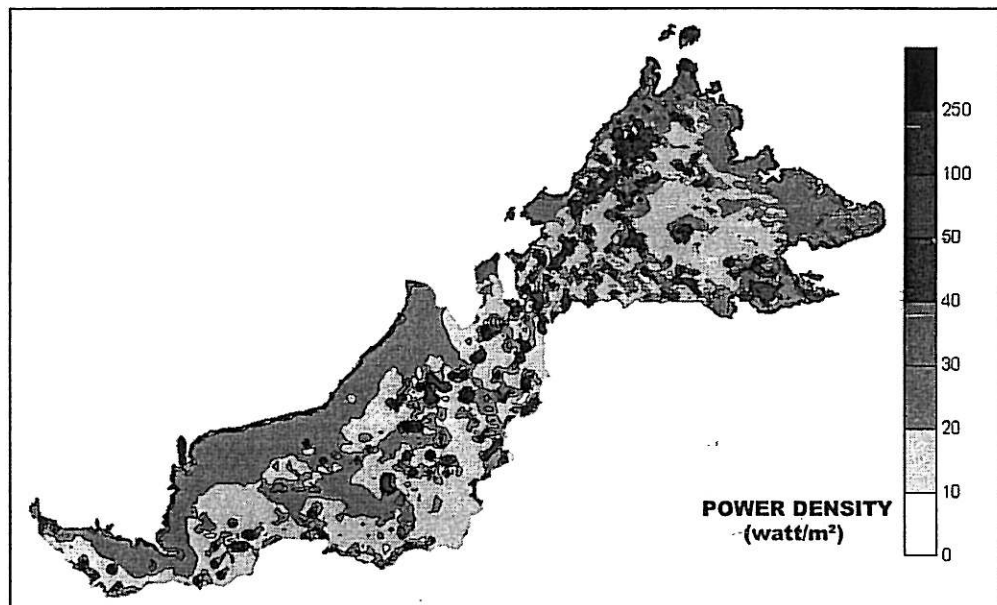
Rajah 4.3: Peta Angin Tahunan Sabah

4.3.2 Peta Angin Tahunan Sarawak

Peta angin tahunan Sarawak telah dihasilkan melalui penyusunan data-data angin, kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi stesen-stesen kajicuaca Kuching, Sri Aman, Sibul, Bintulu, Miri dan Labuan beserta dengan peta topografi digital Sarawak kedalam Perisian Komersial WAsP 7.3. Proses penentuan nilai ramalan kekuatan angin telah dilakukan keatas Peta Angin tersebut. Didapati nilai ramalan kekuatan angin yang

4.3.3 *Peta Angin Tahunan Sabah dan Sarawak*

Setelah berpuashati dengan penghasilan Peta Angin Tahunan Sabah dan Peta Angin Tahunan Sarawak, maka kedua-dua peta angin tahunan tersebut telah digabungkan menjadi satu iaitu Peta Angin Tahunan Sabah dan Sarawak seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.5 di bawah.

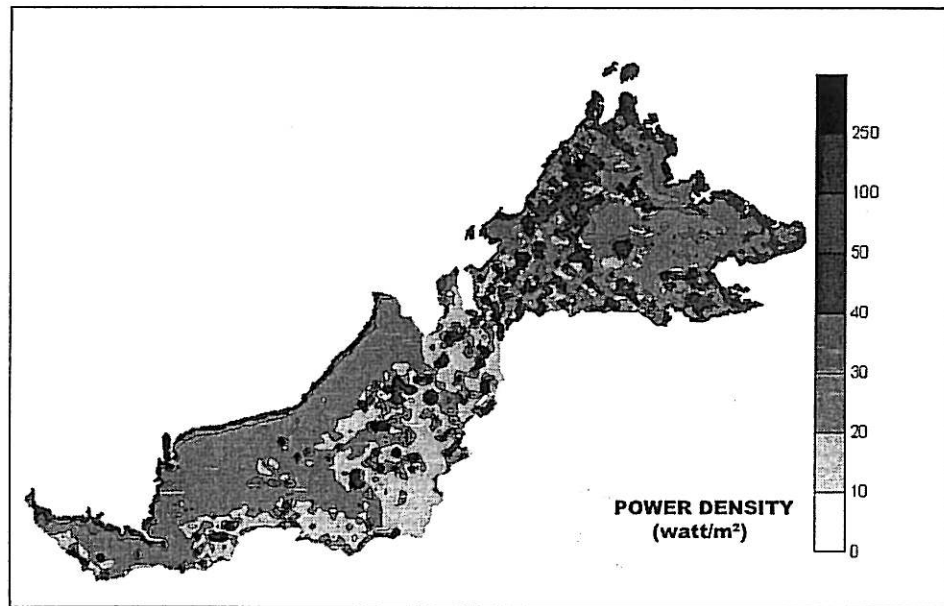


Rajah 4.5: Peta Angin Tahunan Sabah dan Sarawak

4.3.4 *Peta Angin Monson Timur Laut Sabah dan Sarawak*

Peta angin monsun timur laut Sabah dan Sarawak telah dihasilkan melalui penyuaipan data-data angin dari bulan November hingga bulan April setiap tahun bagi jangka masa lima tahun berkenaan, kekasaran dan halangan yang telah diproses bagi stesen-stesen kajicuaca Labuan, Kota Kinabalu, Kudat, Sandakan, Tawau, Kuching, Sri Aman, Sibul, Bintulu dan Miri dan stesen-stesen kajicuaca maya Tongod, Bario, Belaga dan Kapit beserta dengan peta topografi digital Sabah dan Sarawak kedalam Perisian Komersial WAsP 7.3. Peta angin yang dihasilkan telah diambilpakai sebagai Peta Angin Monsun

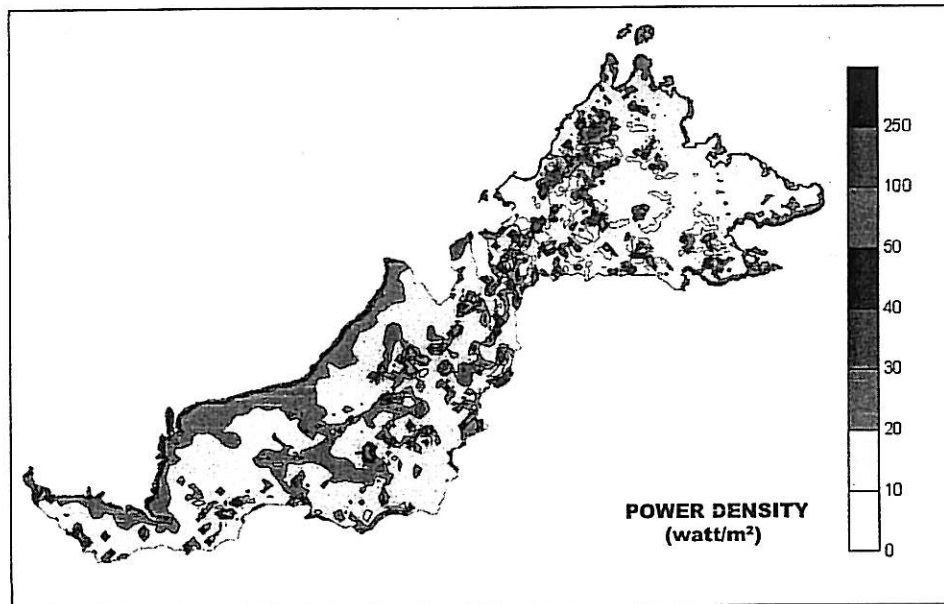
Timur Laut Sabah dan Sarawak bagi penyelidikan ini seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.6 yang berikut.



Rajah 4.6: Peta Angin Monsun Timur Laut Sabah dan Sarawak

4.3.5 *Peta Angin Monsun Barat Daya Sabah dan Sarawak*

Peta angin monson barat daya Sabah dan Sarawak telah dihasilkan melalui cara yang sama dengan penghasilan peta angin monson Timur Laut Sabah dan Sarawak seperti yang telah diterangkan dalam bahagian 4.3.4 terdahulu. Cuma bezanya pada kali ini data angin angin dari bulan Mei hingga bulan Oktober setiap tahun bagi jangka masa lima tahun berkenaan bagi stesen-stesen kajicuaca Labuan, Kota Kinabalu, Kudat, Sandakan, Tawau, Kuching, Sri Aman, Sibul, Bintulu dan Miri dan stesen-stesen kajicuaca maya Tongod, Bario, Belaga dan Kapit telah digunakan. Peta angin yang dihasilkan telah diambilpakai sebagai Peta Angin Monson Barat Daya Sabah dan Sarawak bagi penyelidikan ini seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.7.



Rajah 4.7: Peta Angin Monson Barat Daya Sabah dan Sarawak

BAB 5

PERUNTUKAN DAN PERBELANJAAN

5.1 Peruntukan

Peruntukan sebanyak RM 124,000.00 telah diluluskan oleh pihak IRPA bagi menampung projek penyelidikan ini. Ianya disalurkan dalam dua fasa seperti berikut:

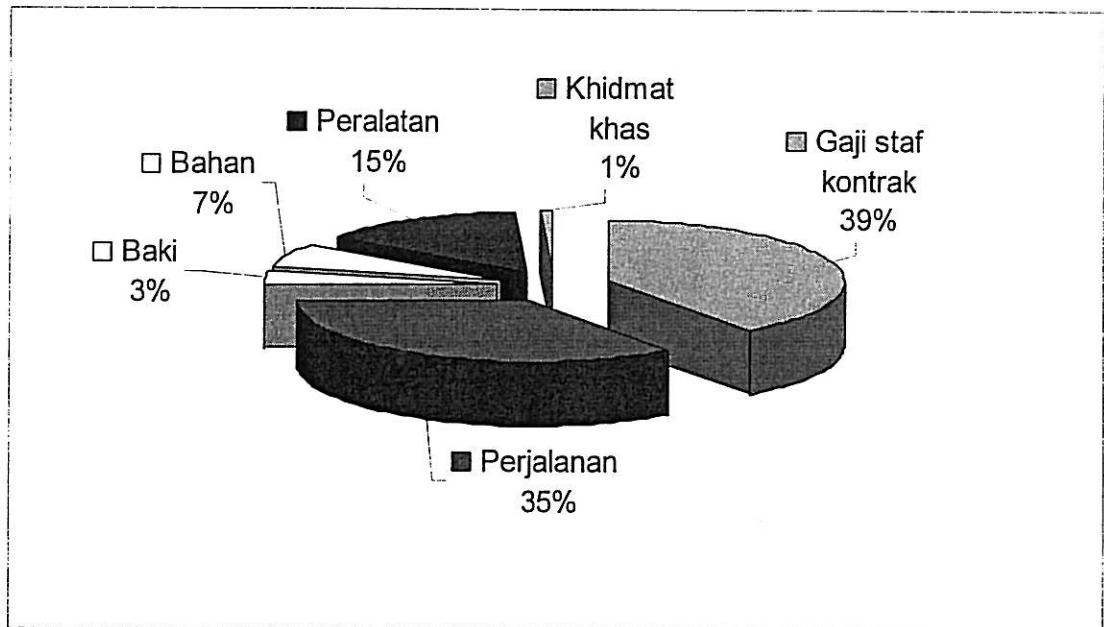
Fasa 1 (April - Disember 2003)	-	RM 98,000.00
Fasa 2 (Januari – September 2004)	-	RM 26,000.00

5.2 Perbelanjaan

Peruntukan kewangan yang diluluskan telah dibelanjakan bagi menampung gaji pegawai dan penolong penyelidik, perbelanjaan perjalanan, membeli aset dan bahan dan perbelanjaan pelbagai. Jadual 5.1 menunjukkan perbelanjaan dan kedudukan kewangan bagi keseluruhan projek ini. Perubahan *J series* terpaksa dilakukan dengan kelulusan pihak Pusat Pengurusan Penyelidikan (RMC), UTM bagi membolehkan pelaksanaan projek ini diteruskan hingga selesai. Lantaran ini, beberapa perubahan terpaksa dilakukan kepada jadual kerja dengan objektif asalnya masih terpelihara. Peratus perbelanjaan keseluruhan bagi setiap *J series* adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 5.1

Jadual 5.1: Perbelanjaan Keseluruhan Projek

Butiran	Peruntukan (RM)	Perbelanjaan (RM)	Perubahan J-series (RM)	Baki (sept-04) (RM)
Gaji staf kontrak (J400)	37,000	49,162.79	44,400	-4,762.79
Perjalanan (J500)	40,000	43,622.77	48,000	4,377.23
Sewa (J600)	0	0	0	0.00
Bahan (J700)	12,000	8,090.09	9,000	909.91
Pembaikan (J800)	5,000	0	0	0.00
Khidmat khas (J900)	0	880	0	-880.00
Peralatan (J1000)	30,000	18,213.00	22,600	4,387.00
JUMLAH	124,000	119,968.65	124,000	4,031.35



Rajah 5.1: Perbelanjaan Keseluruhan Setiap Perkara

BAB 6

KESIMPULAN

Projek Penyelidikan “Pembangunan Peta Angin Sabah dan Sarawak” telah selamat di sempurnakan. Melalui penyempurnaan projek ini beberapa kesimpulan dapat dibuat seperti dibawah:

- i. Data angin bagi 4 buah stesen kajicuaca di Sabah, 5 buah stesen kajicuaca di Sarawak dan sebuah stesen kajicuaca di Wilayah Persekutuan Labuan telah berjaya diproses dan dianalisiskan. Dari sini sifat-sifat angin di Sabah dan Sarawak telah sedikit sebanyak dapat dikaji dan *database* kekuatan angin bagi setiap stesen kajicuaca berkenaan telah dapat dihasilkan buat kegunaan penyelidikan yang akan datang.
- ii. Kepakaran dalam membangunkan peta angin telah dapat dibangunkan dikalangan ahli kumpulan penyelidikan. Kepakaran dalam mengguna dan memilih kaedah-kaedah yang sesuai bagi mencari korelasi kekerapan tiupan angin amat berguna bukan sahaja dalam penyelidikan tenaga angin malah kepakaran ini boleh juga digunakan bagi meramalkan kawasan-kawasan yang akan dilanda tiupan angin kencang berbahaya dengan berpandukan data angin yang diperolehi daripada mana-mana stesen kajicuaca yang berkenaan.
- iii. Kepakaran membuat peramalan kekuatan angin dan melahirkan peta angin melalui penggunaan perisian komersial telah juga dapat diterapkan kepada ahli-ahli kumpulan penyelidikan. Kepakaran ini tidak boleh dipandang rendah kerana ianya adalah setaraf

dengan kepakaran terkini dunia dan boleh digunakan bagi kegiatan perundingan di dalam dan di luar negara.

- iv. Peta angin Sabah dan Sarawak yang terperinci telah berjaya dihasilkan dalam tiga bentuk iaitu “Peta Angin Tahunan Sabah dan Sarawak”, “Peta Angin Monsun Timur Laut Sabah dan Sarawak” dan “Peta Angin Monsun Barat Daya Sabah dan Sarawak” dan Peta-peta ini dapat dijadikan sebagai salah satu khazanah penting negara.
- v. Kawasan-kawasan yang sesuai untuk didirikan kincir angin kelajuan angin rendah bagi menghasilkan tenaga elektrik secara optimum boleh dikenalpasti berpandukan peta-peta angin yang telah dihasilkan melalui penyelidikan ini.
- vi. Melalui penyelidikan ini 3 kertas teknikal dijangka akan dapat dihasilkan. Satu daripadanya telah pun diterima untuk dibentangkan di Seminar COSTAM di Hotel Palace of The Golden Horses, Kuala Lumpur pada awal Oktober 2004 ini manakala selebihnya sedang dalam proses penyediaan.
- vii. Dengan kepakaran yang terbangun dan kejayaan yang dicapai dalam menghasilkan peta angin Sabah dan Sarawak ini, reputasi organisasi akan dapat dibangunkan melalui perkhidmatan nasihat/perundingan dalam penghasilan peta angin bagi negara-negara lain terutamanya negara-negara yang berminat dengan penghasilan tenaga elektrik menggunakan teknologi turbin angin kelajuan angin rendah, juga akan menjadikan organisasi sebagai pusat rujukan kajian kejuruteraan dan tenaga angin.
- viii. Jangka masa yang dipohon dan diluluskan oleh IRPA adalah bersesuaian tetapi dengan peruntukan kewangan yang diluluskan amat sukar dan rumit untuk melaksanakan segala perancangan penyelidikan yang telah disusun di dalam borang permohonan lantaran peruntukan kewangan yang dipohon telah dikerat dengan drastiknya sebanyak 40%.
- ix. Daripada pengalaman yang telah dilalui bagi menjalankan penyelidikan di Sabah dan Sarawak, peruntukan kewangan yang secukupnya perlulah diberikan terutamanya

peruntukan dalam series J500 (perjalanan) dan J400 (gaji staff kontrak seperti RA dan RO). Ini kerana perjalanan ke kawasan pedalaman amatlah sukar lantaran tidak mempunyai pengangkutan yang teratur seperti di bandar-bandar dan perjalanan ke sesuatu destinasi itu terpaksa memakan masa yang lama.

- x. Melalui pelaksanaan penyelidikan ini dapat juga disimpulkan bahawa peraturan yang dikenakan oleh pihak MOSTI dalam mengadakan sekatan perpindahan peruntukan diantara siri-siri J yang ada amatlah menyukarkan dan tidak menggalakkan penyelidikan dilaksanakan dengan sebaik mungkin yang boleh.

dan

- xi. Akhirnya projek penyelidikan ini telah dapat dilaksanakan dengan seberapa yang boleh di dalam suasana yang kurang selesa dan dalam segala kekangan yang dilalui. **Dapatlah juga disimpulkan bahawa projek penyelidikan “Pembangunan Peta Angin Sabah dan Sarawak” telah selamat dilaksanakan.**

“MALAYSIA BOLEH”

SEKIAN, TERIMA KASIH.

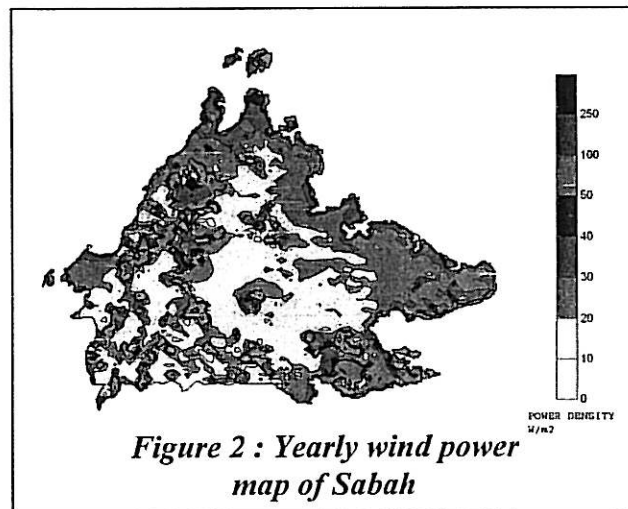
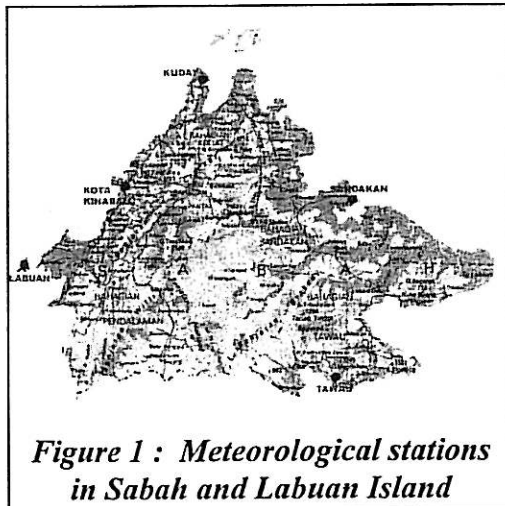
RUJUKAN

1. Ab. Wahab A. et. al, 2002, "*Establishing The Wind Map of Peninsular Malaysia*", Research Report IRPA Vote 72345.
2. Ab. Wahab A. et. al, 2001, "*Development of Wind Turbine For Malaysia Conditions*", Research Report IRPA Vote 72123.
3. Rathman O., "*Wind Atlas Analysis and Application Program: The Standard in Wind Resource Calculation and Micro-siting*", WAsP Risø, 2002.

LAMPIRAN

2. Wind Power Map

Wind data for all the four meteorological stations in Sabah and one in Labuan Island for the period of 5 years i.e. from 1998 to 2002 had been obtained from the Malaysia Meteorological Department, Petaling Jaya, Selangor. The four meteorological stations in Sabah are the Kota Kinabalu, Kudat, Sandakan and Tawau meteorological stations. The locations of these stations are shown in Figure 1. The roughness and obstacle data have been obtained through visits made to each of the said meteorological



stations. The topological data of Sabah has been obtained from a modern atlas [1]. These data (wind, roughness, obstacle and topological) were then processed and by using WASP 7.3 commercial software the yearly and the monsoon seasons wind power maps have been established. The yearly wind power map of Sabah is shown in Figure 2.

The variation in the wind power is shown through the variation in the colours on the map as shown by the key on the right hand side of the map. The map indicates that the offshore islands and coastal lines (as shown in pink), mainland areas towards the sea (as shown in greens i.e. about 60% of Sabah) and interior mainland (as shown in yellow i.e. 40% of Sabah) of Sabah having wind powers of 50-100, 20-50 and 10-20 watts/m² respectively. The wind speeds for the said wind powers are 4.3-5.5, 3.2-4.3 and 2.5-3.2 m/s correspondingly. For the mountainous areas, the wind power goes beyond 100 watts/m² (as shown in red and black spots) which correspond to wind speed greater than 5.5 m/s. But these areas only are limited to about 5% of the whole Sabah.

3. Choice of wind turbines

The yearly wind power map of Sabah (Figure 2) suggested that wind turbines with rated speed in the range of 3-4 m/s will be of advantage operating in Sabah. Wind turbines with greater rated wind speeds may not be performing well, producing too little energy, underused and will not be justified for their expensive overhead costs. Low wind speed wind turbines with rated wind speed of 3-4 m/s will be economical to be installed although the energy produce will be smaller in magnitude but the overhead cost will be smaller due to the simplicity in their design, manufacturing and installation. The Low

Wind Speed Wind Turbine designed by researchers in Universiti Teknologi Malaysia (UTM) is an example of suitable wind turbines to be used in Sabah. The UTM's Low Wind Speed Wind Turbine has been tested to start operating at a wind speed of as low as 2.5 m/s with the rated wind speed of 3 m/s producing 2.1kWh of electricity per day using 3m diameter wind turbine rotor [2]. This amount of power could light up 4 houses with two 40 watts florescence lamps for 6.5 hours a day [3]. More power could be generated by using bigger rotor diameter. Figure 3 shows the UTM's low wind speed wind turbine in operation during testing. This wind turbine could also be used as water pumping just with small modification of the turbine blades.

4. Potential Areas

Low wind speed wind turbines utilize wind with speed ranges between 2-5 m/s and thus generate smaller amount of energy comparatively. Stand-alone turbines will be very useful in scarcely populated areas of density below 50 peoples per square kilometer. In areas where the population density of about 50-200 peoples per square kilometer, then the implementation of bigger rotor low wind speed wind turbine farms will be of greater advantage. For the areas with population density of more than 200 peoples per square kilometer (usually towns and cities) there exist electricity supply from the main grid and the use of low wind speed wind turbines will not be of attention. Areas, which are far away from main grid such as offshore islands, scarcely populated coastal areas and far interior areas are the suitable areas to be supplied with electricity generated from wind energy via the usage of the low wind speed wind turbine technology.

The population distribution map of Sabah is shown in Figure 4 [4]. By superimposing this population map with the wind power map of Sabah (Figure 3) it could be seen that a large area of Sabah (about 60% of the country) could be supplied with substantial amount of electricity generated from wind energy using low wind speed wind turbines. This somehow will improve the life and activities of the peoples and schools in

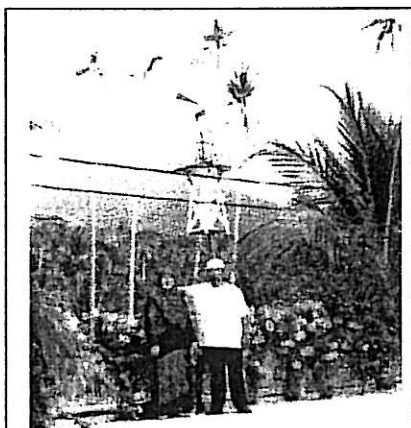


Figure 3 : UTM's low wind speed wind turbine

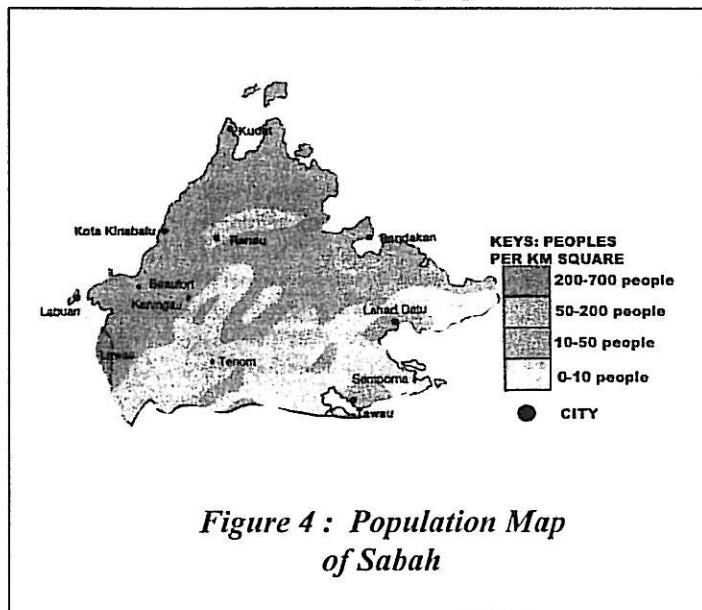


Figure 4 : Population Map of Sabah

remote areas. The usage of Information Technology (IT) could then be introduced in those remote areas for the ease of transmitting information and communication.

5. Conclusion

This paper concludes that Sabah has a high potential of utilizing wind energy via the usage of low wind speed wind turbines.

6. Acknowledgement

The authors would like to thank and acknowledge the Ministry of Science, Technology and Innovation (MOSTI), Malaysia for the financial support through IRPA grant vote 74168 and the Meteorological Department of Malaysia for all the help and support given to make the accomplishment of the research work successful.

7. References

- 1) "Atlas Moden Malaysia dan Dunia", Fajar Bakti-Oxford, Penerbit Fajar Bakti Sdn. Bhd., Kuala Lumpur, 1992, Page 25
- 2) Abas Ab. Wahab, and A. M. Fadhil, "The Potential Of Low Wind Speed Wind Turbine Farm In Malaysia", The 7th Asian International Conference On Fluid Machinery, Fukuoka, Japan, 2003
- 3) Abas Ab. Wahab, And Chong Wen Tong, "Developing The Technology For Generating Electricity From Energy In Low Speed Wind", 2nd BSME-ASME International Conference, Dhaka, Bangladesh, 2004
- 4) "Geografi Tingkatan 1 KBSM", K.Ratnam & Lim Jin Choon, Eastview Publications Sdn. Bhd., 1993, Page 145.