

850699

rb
f QA360
L733
2506

**PEMETAAN PM10 DAN AOT MENGGUNAKAN TEKNIK PENDERIAAN
JAUH DI SEMENANJUNG MALAYSIA**

oleh

LIM HWEE SAN

**Tesis yang diserahkan untuk memenuhi keperluan bagi
Ijazah Doktor Falsafah**

JUNE 2006

PENGHARGAAN

Saya ingin berterima kasih kepada semua pihak dan individu yang terlibat secara langsung ataupun secara tidak langsung dalam projek ini. Pertama sekali saya ingin mengambil peluang keemasan ini untuk mengucapkan ribuan terima kasih khasnya kepada Prof. Madya. Dr. Mohd. Zubir Mat Jafri dan Prof. Madya. Dr. Khiruddin Abdullah selaku penyelia saya dalam projek ini. Mereka telah banyak memberi panduan, tunjuk ajar, bantuan dan nasihat semasa saya menjalankan projek ini. Terima kasih juga atas bimbingan dan teguran yang membina sehingga saya dapat melengkapkan projek ini. Mereka sungguh mengorbankan masa persendirian demi untuk membantu saya. Penjelasan mereka dari semasa ke semasa telah saya jadikan sebagai panduan untuk melengkapkan projek ini. Terima kasih juga atas motivasi mereka yang sentiasa merangsang dan memangkinkan dedikasi saya.

Selain itu, saya ingin turut mengucapkan ribuan terima kasih kepada kedua-dua ibu bapa yang amat saya sayangi. Dorongan dan kepercayaan mereka pada saya merupakan faktor utama yang membolehkan saya menjalankan projek penyelidikan ini di Universiti Sains Malaysia, walaupun terpisah begitu jauh sekali. Di samping itu, saya juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada isteri saya, Pn. Heng Chin Ching atas sokongan dan galakan yang diberikan untuk saya melanjutkan pelajaran di peringkat Doktor Falsafah tinggi serta menyiapkan projek ini. Tidak lupa juga penghargaan istimewa kepada dia yang menjadi sumber dorongan dan semangat sepanjang pelaksanaan projek ini.

Selain itu, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada semua kakitangan Pusat Pengajian Sains Fizik, Universiti Sains Malaysia sama ada yang terlibat secara langsung atau secara tidak langsung dari awal hingga akhir projek

penyelidikan ini. Jasa Encik Burhanudin Wahi juga amat saya hargai kerana beliau bersusah payah mengambil imej digital udara dari dalam pesawat untuk saya.

Terima kasih juga saya ucapkan kepada pihak Pusat Remote Sensing Malaysia. Banyak bahan cetakan, terutamanya bahan jurnal, yang sudi dipinjamkan kepada saya untuk dijadikan rujukan serta menyumbangkan satu set data satelit kepada saya secara percuma. Selain itu, terima kasih juga diucapkan kepada Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar, Malaysia yang telah menaja pengajian saya.

Saya juga amat berterima kasih kepada pihak Kelab Penerbangan Kedah yang sudi menyewakan pesawat kepada saya untuk mengambil imej. Selain itu, pihak Kelab Penerbangan Kedah juga telah memberikan maklumat-maklumat yang berguna tentang teknik pengambilan imej dari pesawat. Akhir sekali, saya amat bersyukur kerana dikuniakan rakan-rakan seperjuangan yang sudi berkongsi pengetahuan bersama saya.

Akhirnya, saya juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada Dr. Rudolf Richter dari DLR - German Aerospace Center, Dr. Adrianos Retalis dari institute for Space Applications & Remote Sensing, National Observatory of Athens, Athens, Greece, Dr. Jauad El-Kharraz dari University of Valencia, Spain dan Prof. L. Wald serta Dr. Anne-Lise Beauliant dari Paris, France yang membekalkan kertas kerja mereka untuk rujukan saya. Tidak lupa juga mengucapkan ribuan terima kasih kepada En. Brian Curtiss dari Analytical Spectral Devices, Inc. 5335 Sterling Drive, Boulder, Colorado, U.S.A. yang membekalkan cara-cara dan teknik-teknik penggunaan spektrometri model bimbit tersebut.

SUSUNAN KANDUNGAN

Muka Surat

PENGHARGAAN	ii
JADUAL KANDUNGAN	iv
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SINGKATAN	xxiii
SENARAI LAMPIRAN	xxvi
SENARAI PENERBITAN & SEMINAR	xxvi
ABSTRAK	xxvii
ABSTRACT	xxix
BAB 1 PENGENALAN DAN PENGGUNAAN KAEDAH PENDERIAAN JAUH	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Definisi Penderiaan Jauh	1
1.3 Latar Belakang Pencemaran Udara	2
1.4 Pengesanan Pencemaran Udara	10
1.5 Kajian Ilmiah Penggunaan Teknik Penderiaan Jauh	10
1.6 Permasalahan Kajian	22
1.7 Objektif	25
1.8 Skop Kajian	25
1.9 Ringkasan Tesis	26
BAB 2 KAWASAN KAJIAN DAN METODOLOGI KAJIAN	29
2.1 Pengenalan	29
2.2 Kawasan Kajian	29
2.2.1 Kampus USM	30
2.2.2 Muara sungai Prai	30
2.2.3 Yan, Kedah	31
2.3 Peralatan Kajian	33
2.3.1 Spektroradiometer	33
2.3.2 Sistem Penentududukan Sejagat	35

2.3.3	Meter Habuk	36
2.3.4	Kamera Digital	37
2.3.5	Pesawat Ringan	38
2.4	Perisian Komputer	39
2.4.1	Perisian Komputer <i>PCI Geomatica</i>	39
2.4.2	Perisian Komputer <i>Surfer</i>	42
2.4.3	Perisian Komputer <i>Hh.exe</i>	42
2.4.4	Perisian Komputer <i>ASDViewSpecPro</i>	42
2.5	Data Kajian	43
2.6	Metodologi Kajian	45
2.6.1	Pembetulan geometri	45
2.6.1.1	Keterangan Pembetulan Geometri	46
2.6.1.2	Penentuan Nilai DN Imej Digital Bese padanan Stesen Sampel Kualiti Udara	48
2.6.2	Penentuan Keterpantulan Permukaan Imej	50
2.6.2.1	Imej Satelit Landsat	50
2.6.2.2	Imej Satelit ADOES – OCTS	52
2.6.3	Analisis Jalur Terma Imej satelit	55
2.6.3.1	Jalur Terma Imej Satelit Landsat	56
2.6.3.2	Jalur Terma Imej Satelit ADOES – OCTS	56
2.6.4	Kaedah Penentuan AOT Daripada Spektrometer	56
2.6.5	Teknik Imej Kamera Digital	61
2.6.5.1	Imej Kamera Digital Mengufuk	61
2.6.5.2	Imej Kamera Digital Menegak	67
2.7	Kesimpulan	72

BAB 3 PEMBANGUNAN ALGORITMA KUALITI UDARA **73**

3.1	Pengenalan	73
3.2	Optikal Atmosfera	73
3.3	Teori Pembangunan Algoritma	86
3.4	Model Algoritma	98
3.5	Model Infra-merah Terma	108
3.6	Algoritma Gabungan Untuk Jalur Cahaya Nampak Dan Jalur Terma	109
3.7	Perbincangan	111
3.8	Kesimpulan	112

BAB 4	KALIBRASI DAN PENGESAHAN ALGORITMA DENGAN MENGGUNAKAN IMEJ SATELIT	113
4.1	Pengenalan	113
4.2	Analisis Imej Satelit Landsat	113
4.3	Data Satelit OCTS	155
4.4	Perbincangan	160
4.5	Kesimpulan	164
BAB 5	PENGGUNAAN JALUR TEMA DAN PENGUBAHSUAIAN ALGORITMA	165
5.1	Pengenalan	165
5.2	Analisis Jalur Tema Satelit Landsat	165
5.3	Analisis Data Dan Kalibrasi Dengan Menggunakan Algoritma Pengubahsuaian	183
5.4	Analisis Jalur Tema Satelit ADOES - OCTS	211
	5.4.1. Kalibrasi Algoritma Jalur Tema ADOES - OCTS	212
	5.4.2. Kalibrasi Algoritma Penggabungan Data Jalur 10, 11 Dan 12	218
5.5	Perbincangan	221
5.6	Kesimpulan	223
BAB 6	PENGESAHAN DAN PEMBANGUNAN ALGORITMA TEMPATAN	224
6.1	Pengenalan	224
6.2	Penggabungan, Kalibrasi Dan Pengesahan Algoritma Cahaya Nampak Bagi Imej satelit	224
6.3	Pembangunan Algoritma Tempatan	234
6.4	Perbincangan	254
6.5	Kesimpulan	255
BAB 7	PEMETAAN DAN INTERPOLASI PETA AOT	257
7.1	Pengenalan	257

7.2	Pengujian Dan Pemetaan AOT Dengan Menggunakan Data Satelit Landsat	257
7.2.1	Pengujian Dan Pemetaan AOT Dengan Menggunakan Algoritma Dua Jalur Data Satelit Landsat	258
7.2.2	Pengujian Dan Pemetaan AOT Dengan Menggunakan Algoritma Linear Terma Daripada Data Satelit Landsat	270
7.2.3	Pengujian Dan Pemetaan AOT Dengan Menggunakan Aigoritma Pengubahsuaian Daripada Data Satelit Landsat	275
7.3	Penggabungan, Kalibrasi Dan Pengesahan Algoritma pengubahsuaian Bagi Imej Satelit Untuk AOT	283
7.4	Pemetaan AOT Melalui Teknik Kriging	296
7.5	Perbincangan	298
7.6	Kesimpulan	301

BAB 8 CARA ALTERNATIF PENENTUAN PENCEMARAN

UDARA 303

8.1	Pengenalan	303
8.2	Penganalisan Data Kepekatan PM10	303
8.3	Penganalisan Data Kepekatan AOT	309
8.4	Penggabungan, kalibrasi Dan Pengesahan Data bagi Kalibrasi Algoritma	315
8.5	Pengujian Kaedah Lain Bagi Memperoleh Nilai Kepantulan Atmosfera Daripada Imej Kamera Digital	320
8.6	Analisis Data Dan Kalibrasi Algoritma Bagi Imej Kamera Digital	321
8.7	Perbincangan	332
8.8	Kesimpulan	334

BAB 9 KESIMPULAN DAN CADANGAN 336

9.1	Pengenalan	336
9.2	Kesimpulan	336
9.2.1	Algoritma Dua Jalur Bagi Pemetaan Pencemaran Udara	343
9.2.2	Algoritma Linear Terma Bagi Pemetaan Pencemaran Udara	344
9.2.3	Algoritma Pengubahsuaian Bagi Pemetaan Pencemaran	

Udara	345
9.2.4 Penerbitan Algoritma Bagi Pemetaan Pencemaran Udara	346
9.3 Cadangan Untuk Kajian Lanjutan	346
SENARAI RUJUKAN	350
LAMPIRAN-LAMPIRAN	369
Lampiran A	369
Lampiran B	372
Lampiran C	373
Lampiran D	374
Lampiran E	376
Lampiran F	380
SENARAI PENERBITAN & SEMINAR	383

SENARAI JADUAL

Muka surat

4.1	Parameter-parameter yang perlu diinputkan bagi modul komputer ATCOR2	115
4.2:	Bilangan PM10 diukur dan bilangan GCP yang digunakan dalam pembetulan geometri	115
4.3:	Keputusan nilai pekali korelasi dengan menggunakan pelbagai bentuk algoritma bagi PM10 bagi teknik sasaran gelap.	130
4.4	Keputusan nilai RMS dengan menggunakan pelbagai bentuk algoritma bagi PM10 untuk teknik sasaran gelap	130
4.5:	Keputusan nilai pekali korelasi dengan menggunakan pelbagai bentuk algoritma bagi PM10 untuk teknik ATCOR2	131
4.6:	Keputusan nilai RMS dengan menggunakan pelbagai bentuk algoritma bagi PM10 untuk teknik ATCOR2	131
4.7:	Keputusan kejitian regresi dengan menggunakan pelbagai bentuk algoritma bagi PM10 untuk teknik sasaran gelap	157
5.1:	Perbandingan nilai pekali korelasi dengan menggunakan data satelit bagi algoritma untuk dua jalur cahaya nampak, jalur terma infra-merah dan algoritma pengubahsuaian bagi teknik sasaran gelap	185
5.2:	Perbandingan nilai RMS dengan menggunakan data satelit bagi algoritma untuk dua jalur cahaya nampak, jalur terma infra-merah dan algoritma pengubahsuaian bagi teknik sasaran gelap	185
5.3:	Perbandingan nilai pekali korelasi dengan menggunakan data satelit bagi algoritma untuk dua jalur cahaya nampak, jalur terma infra-merah dan algoritma pengubahsuaian bagi teknik ATCOR2	186
5.4:	Perbandingan nilai RMS dengan menggunakan data satelit bagi algoritma untuk dua jalur cahaya nampak, jalur terma infra-merah dan algoritma pengubahsuaian bagi teknik ATCOR2	186
6.1:	Nilai pekali regresi yang didapati bagi algoritma dua jalur daripada data pelbagai tarikh	235
7.1:	Nilai kejitian algoritma bagi memperoleh nilai AOT bagi jalur merah dan biru bagi Landsat	259
7.2:	Keputusan kejitian regresi dengan menggunakan pelbagai bentuk algoritma bagi AOT bagi teknik sasaran gelap	262
7.3:	Keputusan kejitian regresi dengan menggunakan pelbagai bentuk algoritma bagi AOT bagi teknik ATCOR2	263

7.4:	Perbandingan nilai pekali korelasi dengan menggunakan data satelit bagi algoritma bagi dua jalur cahaya nampak, jalur terma infra-merah dan algoritma pengubahsuaian	278
7.5:	Nilai pekali regresi yang didapati bagi algoritma dua jalur daripada data pelbagai tarikh	291
8.1	Jarak gelombang mengikut jalur masing-masing	304
8.2:	Keputusan nilai pekali korelasi dengan menggunakan pelbagai bentuk algoritma bagi PM10	306
8.3:	Keputusan nilai RMS dengan menggunakan pelbagai bentuk algoritma bagi PM10	307
8.4:	Keputusan nilai pekali korelasi dengan menggunakan pelbagai bentuk algoritma bagi AOT	311
8.5:	Keputusan nilai RMS dengan menggunakan pelbagai bentuk algoritma bagi AOT	312
8.6:	Nilai pekali regresi yang didapati bagi algoritma dua jalur daripada data pelbagai tarikh	316
8.7:	Keputusan kejituan regresi dengan menggunakan pelbagai bentuk algoritma bagi PM10	318
8.8:	Keputusan kejituan regresi dengan menggunakan pelbagai bentuk algoritma bagi AOT	320
8.9:	Nilai Kejituan bagi ketiga-tiga teknik yang telah dijalankan di dalam kajian ini bagi penggabungan kesemua data	321
8.10:	Kejituan pengkelasan keseluruhan dan statistik Kappa bagi imej digital kamera pada 1-9-2003	326
8.11:	Keputusan konfusi matrik bagi imej digital kamera pada 1-9-2003	326
8.12:	Kejituan bagi setiap kelas dengan menggunakan kaedah Jarak Mahalanobis bagi imej digital kamera pada 1-9-2003	326
8.13:	Nilai kepantulan permukaan bumi purata yang diukur dengan menggunakan sebuah spektroradiometer model bimbit bagi kelas yang sama.	327
8.14 :	Keputusan kejituan regresi dengan menggunakan pelbagai bentuk algoritma bagi PM10 bagi imej digital kamera pada 1-9-2003	329

SENARAI RAJAH

	Muka Surat
2.1: Stesen pengukuran kualiti udara ASMA, USM	30
2.2: Lokasi kawasan kajian	32
2.3: Spektroradiometer model bimbit	35
2.4: GPS model bimbit iaitu Silva MultiNavigator	36
2.5: Meter habuk model 8520	37
2.6: Kamera digital model Kodak DC290	38
2.7: Pesawat model Cessna 172Q	39
3.1: Rajah menunjukkan sudut zenit, sudut azimuth dan sudut altitud	79
3.2: Kesan atmosfera bagi optikal penderiaan jauh	96
3.3: Ilustrasi rajah bagi model yang digunakan	98
4.1 Hubungan jalur 1 dan 3 dengan jalur 7	114
4.2 Imej asal yang digunakan dalam kajian ini (S1)	116
4.3 Imej asal yang digunakan dalam kajian ini (S2)	116
4.4 Imej asal yang digunakan dalam kajian ini (S3)	117
4.5 Imej asal yang digunakan dalam kajian ini (S4)	117
4.6 Imej asal yang digunakan dalam kajian ini (S5)	118
4.7 Imej asal yang digunakan dalam kajian ini (S6)	118
4.8 Imej asal yang digunakan dalam kajian ini (S7)	119
4.9 Imej asal yang digunakan dalam kajian ini (S8)	119
4.10 Hubungan antara nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik sasaran gelap (S1)	120
4.11 Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik sasaran gelap (S2)	121
4.12 Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik sasaran gelap (S3)	121
4.13 Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik sasaran gelap (S4)	122
4.14 Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik	

	sasaran gelap (S5)	122
4.15	Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik sasaran gelap (S6)	123
4.16	Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik sasaran gelap (S7)	123
4.17	Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik sasaran gelap (S8)	124
4.18	Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik ATCOR2 (S1)	124
4.19	Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik ATCOR2 (S2)	125
4.20	Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik ATCOR2 (S3)	125
4.21	Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik ATCOR2 (S4)	126
4.22	Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik ATCOR2 (S5)	126
4.23	Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik ATCOR2 (S6)	127
4.24	Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik ATCOR2 (S7)	127
4.25	Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk teknik ATCOR2 (S8)	128
4.26	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik sasaran gelap (S1)	132
4.27	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik sasaran gelap (S2)	132
4.28	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik sasaran gelap (S3)	133
4.29	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik sasaran gelap (S4)	133
4.30	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik sasaran gelap (S5)	134
4.31	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik sasaran gelap (S6)	134
4.32	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik sasaran gelap (S7)	135

4.33	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik sasaran gelap (S8)	135
4.34	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik ATCOR2 (S1)	136
4.35	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik ATCOR2 (S2)	136
4.36	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik ATCOR2 (S3)	137
4.37	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik ATCOR2 (S4)	137
4.38	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik ATCOR2 (S5)	138
4.39	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik ATCOR2 (S6)	138
4.40	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik ATCOR2 (S7)	139
4.41	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk teknik ATCOR2 (S8)	139
4.42	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S1)	140
4.43	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S2)	141
4.44	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S3)	142
4.45	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S4)	143
4.46	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S5)	144
4.47	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S6)	145
4.48	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S7)	146
4.49	Peta PM10 bagi kawasan Yan, Kedah dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S8)	147
4.50	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S1)	148

4.51	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S2)	149
4.52	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S3)	150
4.53	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S4)	151
4.54	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S5)	152
4.55	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S6)	153
4.56	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S7)	154
4.57	Peta PM10 bagi kawasan Yan, Kedah dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S8)	155
4.58	Imej OCTS asal yang digunakan dalam kajian ini	156
4.59	Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera	157
4.60	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur	148
4.61	Peta PM10 bagi Semenanjung Malaysia	159
5.1:	Taburan nilai PM10 dengan DN bagi jalur terma (S1)	166
5.2:	Taburan nilai PM10 dengan DN bagi jalur terma (S2)	167
5.3:	Taburan nilai PM10 dengan DN bagi jalur terma (S3)	167
5.4:	Taburan nilai PM10 dengan DN bagi jalur terma (S4)	168
5.5:	Taburan nilai PM10 dengan DN bagi jalur terma (S5)	168
5.6:	Taburan nilai PM10 dengan DN bagi jalur terma (S6)	169
5.7:	Taburan nilai PM10 dengan DN bagi jalur terma (S7)	169
5.8:	Taburan nilai PM10 dengan DN bagi jalur terma (S8)	170
5.9:	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur (S1)	171
5.10:	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur (S2)	171
5.11:	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur (S3)	172

5.12:	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur (S4)	172
5.13:	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur (S5)	173
5.14:	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur (S6)	173
5.15:	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur (S7)	174
5.16:	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur (S8)	174
5.17:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang (S1)	175
5.18:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang (S2)	176
5.19:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang (S3)	177
5.20:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang (S4)	178
5.21:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang (S5)	179
5.22:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang (S6)	180
5.23:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang (S7)	181
5.24:	Peta PM10 bagi kawasan Yan, Kedah (S8)	182
5.25:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik sasaran gelap (S1)	187
5.26:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik sasaran gelap (S2)	187
5.27:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik sasaran gelap (S3)	188
5.28:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik sasaran gelap (S4)	188
5.29:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik sasaran gelap (S5)	189
5.30:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik sasaran gelap (S6)	189
5.31:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik sasaran gelap (S7)	190
5.32:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik sasaran gelap (S8)	190
5.33:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik ATCOR2 (S1)	191
5.34:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik ATCOR2 (S2)	191
5.35:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik ATCOR2 (S3)	192
5.36:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik ATCOR2 (S4)	192

5.37:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik ATCOR2 (S5)	193
5.38:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik ATCOR2 (S6)	193
5.39:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik ATCOR2 (S7)	194
5.40:	Nilai PM10 bagi ukuran dan anggaran untuk teknik ATCOR2 (S8)	194
5.41:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S1)	195
5.42:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S10)	196
5.43:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S2)	197
5.44:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S2)	198
5.45:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S3)	199
5.46:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S3)	200
5.47:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S4)	201
5.48:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S4)	202
5.49:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S5)	203
5.50:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S5)	204
5.51:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S6)	205
5.52:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S6)	206
5.53:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S7)	207
5.54:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S7)	208
5.55:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S8)	209
5.56:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S8)	210

5.57:	Taburan nilai PM10 dengan DN bagi ketiga-tiga jalur terma, OCTS	212
5.58:	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk jalur 10	213
5.59:	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk jalur 11	213
5.60:	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur untuk jalur 12	214
5.61:	Peta PM10 bagi Semenanjung Malaysia (jalur 10)	215
5.62:	Peta PM10 bagi Semenanjung Malaysia (jalur 11)	216
5.63:	Peta PM10 bagi Semenanjung Malaysia (jalur 12)	217
5.64:	Hubungan antara nilai PM10 yang dianggarkan dengan nilai PM10 yang diukur	219
5.65:	Peta PM10 bagi Semenanjung Malaysia	220
6.1:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dengan nilai PM10 bagi set data daripada data pelbagai tarikh untuk teknik sasaran gelap	225
6.2:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dengan nilai PM10 bagi set data daripada data pelbagai tarikh untuk teknik ATCOR2	226
6.3:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dengan nilai PM10 bagi set data kalibrasi algoritma daripada data pelbagai tarikh untuk teknik sasaran gelap	227
6.4:	Taburan nilai PM10 anggaran dan nilai PM10 ukuran bagi set data kalibrasi algoritma daripada data pelbagai tarikh untuk teknik sasaran gelap	228
6.5:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dengan nilai PM10 bagi set data pengesahan daripada data pelbagai tarikh untuk teknik sasaran gelap	229
6.6:	Taburan nilai PM10 anggaran dan nilai PM10 ukuran bagi set data pengesahan daripada data pelbagai tarikh untuk teknik sasaran gelap	230
6.7:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dengan nilai PM10 bagi set data kalibrasi algoritma daripada data pelbagai tarikh untuk teknik ATCOR2	231
6.8:	Taburan nilai PM10 anggaran dan nilai PM10 ukuran bagi set data kalibrasi algoritma daripada data pelbagai tarikh untuk teknik ATCOR2	232
6.9:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dengan nilai PM10 bagi set data pengesahan daripada data pelbagai tarikh untuk teknik ATCOR2	233
6.10:	Hubungan antara nilai anggaran dan nilai ukuran bagi set data pengesahan daripada data pelbagai tarikh untuk teknik ATCOR2	234

6.11:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dengan nilai PM10 untuk teknik sasaran gelap	236
6.12:	Hubungan nilai ukuran dan anggaran untuk teknik sasaran gelap	237
6.13:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dengan nilai PM10 untuk teknik ATCOR2	238
6.14:	Hubungan nilai ukuran dan anggaran untuk teknik ATCOR2	239
6.15:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S1)	240
6.16:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S1)	241
6.17:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S2)	242
6.18:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S2)	243
6.19:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S3)	244
6.20:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S3)	245
6.21:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S4)	246
6.22:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S4)	247
6.23:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S5)	248
6.24:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S5)	249
6.25:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S6)	250
6.26:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S6)	251
6.27:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S7)	252
6.28:	Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S7)	253
7.1:	Lokasi dan taburan kepekatan AOT bagi S6	259
7.2:	Lokasi dan taburan kepekatan AOT bagi S7	260

7.3:	Taburan kepekatan AOT lawan nilai kepantulan atmosfera bagi S6 untuk teknik sasaran gelap	260
7.4:	Taburan kepekatan AOT lawan nilai kepantulan atmosfera bagi S7 untuk teknik sasaran gelap	261
7.5:	Taburan kepekatan AOT lawan nilai kepantulan atmosfera bagi S6 untuk teknik ATCOR2	261
7.6:	Taburan kepekatan AOT lawan nilai kepantulan atmosfera bagi S7 untuk teknik ATCOR2	262
7.7:	Hubungan antara nilai AOT anggaran dengan nilai AOT ukuran bagi teknik sasaran gelap untuk S6	263
7.8:	Hubungan antara nilai AOT anggaran dengan nilai AOT ukuran bagi teknik sasaran gelap untuk S7	264
7.9:	Hubungan antara nilai AOT anggaran dengan nilai AOT ukuran bagi teknik ATCOR2 untuk S6	264
7.10:	Hubungan antara nilai AOT anggaran dengan nilai AOT ukuran bagi teknik ATCOR2 untuk S7	265
7.11:	Peta AOT bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S6)	266
7.12:	Peta AOT bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S6)	267
7.13:	Peta AOT bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S7)	268
7.14:	Peta AOT bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S7)	269
7.15:	Taburan kepekatan AOT lawan nilai DN bagi S6	270
7.16:	Taburan kepekatan AOT lawan nilai DN bagi S7	271
7.17:	Hubungan antara nilai AOT anggaran dengan nilai AOT ukuran bagi S6	271
7.18:	Hubungan antara nilai AOT anggaran dengan nilai AOT ukuran bagi S7	272
7.19:	Peta AOT bagi kawasan Pulau Pinang (S6)	273
7.20:	Peta AOT bagi kawasan Pulau Pinang (S7)	274
7.21:	Nilai AOT bagi ukuran dan anggaran bagi teknik sasaran gelap untuk S6	276
7.22:	Nilai AOT bagi ukuran dan anggaran bagi teknik sasaran gelap untuk S7	276
7.23:	Nilai AOT bagi ukuran dan anggaran bagi teknik ATCOR2 untuk S6	277

7.24:	Nilai AOT bagi ukuran dan anggaran bagi teknik ATCOR2 untuk S7	277
7.25:	Peta AOT bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S6)	279
7.26:	Peta AOT bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S6)	280
7.27:	Peta AOT bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap (S7)	281
7.28:	Peta AOT bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 (S7)	282
7.29:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dengan nilai AOT bagi set data kalibrasi algoritma daripada data pelbagai tarikh untuk teknik sasaran gelap	284
7.30:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dengan nilai AOT bagi set data kalibrasi algoritma daripada data pelbagai tarikh untuk teknik ATCOR2	284
7.31:	Hubungan antara nilai anggaran dan nilai ukuran bagi set data kalibrasi algoritma daripada data pelbagai tarikh untuk teknik sasaran gelap	285
7.32:	Hubungan antara nilai anggaran dan nilai ukuran bagi set data kalibrasi algoritma daripada data pelbagai tarikh untuk teknik ATCOR2	286
7.33:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dengan nilai AOT bagi set data pengesahan daripada data pelbagai tarikh untuk teknik sasaran gelap	287
7.34:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dengan nilai AOT bagi set data pengesahan daripada data pelbagai tarikh untuk teknik ATCOR2	287
7.35:	Hubungan antara nilai AOT anggaran dan nilai AOT ukuran bagi set data pengesahan daripada data pelbagai tarikh untuk teknik sasaran gelap	288
7.36:	Hubungan antara nilai AOT anggaran dan nilai AOT ukuran bagi set data pengesahan daripada data pelbagai tarikh untuk teknik ATCOR2	288
7.37:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dengan nilai AOT bagi daripada data pelbagai tarikh untuk teknik sasaran gelap	289
7.38:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dengan nilai AOT untuk teknik ATCOR2	290
7.39:	Hubungan antara nilai AOT anggaran dan nilai AOT ukuran untuk teknik sasaran gelap	290
7.40:	Hubungan antara nilai anggaran dan nilai ukuran untuk teknik ATCOR2	291

7.41:	Peta AOT bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap bagi S6	292
7.42:	Peta AOT bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 bagi S6	293
7.43:	Peta AOT bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik sasaran gelap bagi S7	294
7.44:	Peta AOT bagi kawasan Pulau Pinang dengan menggunakan teknik ATCOR2 bagi S7	295
7.45:	Peta kepekatan AOT untuk M1	296
7.46:	Hubungan linear di antara AOT dan PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	297
7.47:	Peta kepekatan PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [M1]	298
8.1:	Contoh imej digital yang diambil	304
8.2:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dan kepekatan PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [L6]	308
8.3:	Hubungan antara nilai PM10 anggaran dengan nilai PM10 ukuran ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [L6]	308
8.4:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dan kepekatan AOT [L6]	313
8.5:	Hubungan antara nilai AOT anggaran dengan nilai AOT ukuran [L6]	313
8.6:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dan kepekatan AOT [L2]	314
8.7:	Hubungan antara nilai AOT anggaran dengan nilai AOT ukuran [L2]	314
8.8:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dan kepekatan PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	317
8.9:	Hubungan antara nilai PM10 anggaran dengan nilai PM10 ukuran ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	317
8.10:	Taburan nilai kepantulan atmosfera dan kepekatan AOT	319
8.11:	Hubungan antara nilai AOT anggaran dengan nilai AOT ukuran	319
8.12:	Imej asal pertama yang digunakan untuk dalam kajian ini	322
8.13:	Imej asal kedua yang digunakan untuk dalam kajian ini	322
8.14:	Imej penggabungan serta data pengukuran permukaan yang digunakan dalam kajian ini	323
8.15:	Carta aliran bagi analisis pengkelasan imej	324
8.16:	Pengkelasan imej yang didapati dengan menggunakan kaedah Pengkelas Jarak Mahalanobis bagi imej digital kamera (Hijau muda = Rumput, Hijau tua = Pokok, Biru muda = Bangunan jenis I, Merah jambu = Bangunan jenis II dan Hitam = Air dan kawasan di luar imej	

analisis)	325
8.17 Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk imej digital kamera pada 1-9-2003 bagi teknik pengelasan	327
8.18: Taburan nilai PM10 dengan nilai kepantulan atmosfera untuk imej digital kamera pada 1-9-2003 bagi teknik ATCOR2	328
8.19: Hubungan antara nilai PM10 anggaran dengan nilai PM10 ukuran ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) bagi teknik pengelasan untuk imej digital kamera pada 1-9-2003	328
8.20: Hubungan antara nilai PM10 anggaran dengan nilai PM10 ukuran ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) bagi teknik ATCOR2 untuk imej digital kamera pada 1-9-2003	329
8.21: Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang bagi teknik pengelasan imej untuk imej digital kamera pada 1-9-2003	330
8.22: Peta PM10 bagi kawasan Pulau Pinang bagi teknik ATCOR2 untuk imej digital kamera pada 1-9-2003	331

SENARAI SINGKATAN

5S	= Simulation of the Sensor Signal in the Solar Spectrum
6S	= Second Simulation of the Sensor Signal in the Solar Spectrum
μm	= Mikrometer
ADC	= Penukar analog kepada digital
ADEOS	= Advanced Earth Observing Satellite
AOT	= Ketebalan optikal aerosol
APEX	= Airborne Imaging Spectrometer
ASMA	= Alam Sekitar (M) Sdn. Bhd.
ASTER	= Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
ATCOR	= ATmospheric CORrection
AVHRR	= Advanced Very High Resolution Radiometer
AVIRIS	= Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer
CCD	= Charge Coupled Device
CERES	= Clouds and the Earth's Radiant Energy System
CMOS	= Semikonduktor lengkap oksida logam
CO	= Karbon monoksida
CZCS	= Coastal Zone Color Scanner
DAIS	= Digital Airborne Imaging Spectrometer
DN	= Nombor digital
DOE	= Jabatan Alam Sekitar
DTA	= Differential Texturai Anaiysis
ETM+	= Enhanced Thematic Mapper Plus
GCP	= Titik kawalan Bumi
GLI	= Global Imager
GPS	= Sistem penentududukan sejagat
ICAROS NET	= Integrated Computer Assessment of Urban Air Quality Via Remote Observation Systems Network

IPU	= Indeks Pencemaran Udara
JPEG	= <i>Joint Photographic Experts Group</i>
KFC	= Kelab Penerbangan Kedah
km	= Kilometer
Landsat	= Land Satellite
LOWTRAN	= Low Resolution Transmission
m	= Meter
MISR	= Multiangle Imaging SpectroRadiometer
mm	= Milimeter
MODIS	= Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MODTRAN	= MODerate spectral resolution atmospheric TRANsmittance algorithm
MOPITT	= Measurements of Pollution in the Troposphere
nm	= Nanometer
NASA	= National Aeronautics and Space Administration
NASDA	= National Space Development Agency of Japan
NOAA	= National Oceanic & Atmospheric Administration
NO₂	= Nitrogen dioksida
O₃	= Ozon
OCTS	= Ocean Color and Temperature Scanner
PM	= Bahan partikel
PM10	= Bahan partikel yang saiznya kurang daripada 10 mikrometer
POLDER	= POLarization and Directionality of the Earth's Reflectances
R	= Pekali korelasi
RMS	= Sisihan punca kuasa dua min
SeaWiFS	= Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor
SENSAT-3	= Sensor-Atmosphere-Target
SIPHA	= Satellite Image Processing for Haze and Aerosol Quantification and Mapping

SMA	= Satellite Mapping of Aerosols
SO₂	= Sulphur dioksida
SPOT	= Satellite Pour l'Observation de la Terre
TM	= Thematic Mapper
TIFF	= <i>Tagged Image File Format</i>
TOMS	= Total Ozone Mapping Spectrometer
TSP	= Jumlah partikel terampai
UNEP	= United Nations Environment Programme
WHO	= Organisasi Kesehatan Sedunia

SENARAI LAMPIRAN

A.1	Speksifikasi bagi alat spektrometri	369
A.2	Speksifikasi bagi alat GPS	370
B.1	Laluan lintasan bagi satelit Landsat untuk (a) Malaysia dan (b) Asia	372
C.1	Speksifikasi bagi Meter habuk 8520	373
C.2	Speksifikasi bagi Enclosure alam sekitar 8520-1	374
D.1	Stesen kualiti udara di Pulau Pinang	374
D.2	Stesen kualiti udara di Malaysia	375
E.1	Senarai kanta dan jarak fokus bagi kamera	376
E.2	Hubungan antara jarak fokus dengan sudut pandangan kamera	376
E.3	Speksifikasi teknikal bagi kamera digital model Kodak DC 290	377
E.4	Ciri-ciri Satelit	377
F.1	Kejituan Data Analysis	380

SENARAI PENERBITAN & SEMINAR

1.0	Senarai Penerbitan International/National Seminar	383
2.0	Senarai Penerbitan International/National Journal	391

PEMETAAN PM10 DAN AOT MENGGUNAKAN TEKNIK PENDERIAAN JAUH DI SEMENANJUNG MALAYSIA

ABSTRAK

Parameter yang dipilih dalam kajian kualiti udara ini adalah bahan partikel bersaiz kurang daripada 10 mikrometer (PM10). Objektif bagi kajian ini adalah menerbitkan algoritma berdasarkan konsep ketebalan optikal aerosol (AOT) pemetaan kepekatan PM10 daripada imej penderiaan jauh kamera digital dan satelit. Algoritma yang diterbitkan adalah algoritma dua jalur, linear terma dan algoritma diubahsuai daripada penggabungan data jalur cahaya nampak dan jalur terma infra-merah. Dalam kajian ini, imej satelit dan kamera digital biasa yang diambil daripada pesawat ringan pada altitud rendah digunakan untuk pemetaan PM10 dan AOT di Semenanjung Malaysia. Data sebenar PM10 pada permukaan diukur secara serentak dengan pengambilan imej digital dengan menggunakan sebuah meter habuk model 8520 dan lokasinya ditentukan oleh sistem penentududukan sejagat (GPS) model bimbit. Nilai kepekatan PM10 diambil dengan menggunakan meter habuk. Penentuan kepantulan permukaan sangat penting untuk memperolehi nilai kepantulan atmosfera daripada data penderiaan jauh dan seterusnya digunakan dalam pengkalibrasian algoritma. Dalam kajian ini, terdapat dua teknik untuk menentukan nilai kepantulan permukaan iaitu teknik sasaran gelap dan modul komputer *ATmospheric CORrection (ATCOR2)*. Teknik sasaran gelap menggunakan hubungan antara jalur cahaya nampak (biru dan merah) dan jalur infra-merah tengah, 2.1 μm . Pekali hubungan jalur infra-merah tengah, 2.1 μm dan jalur biru dan jalur merah ditentukan secara graf. Spektrometer digunakan untuk mengukur keterpantulan permukaan dan pemancaran jalur nampak. Nilai AOT diperolehi berdasarkan kepada hukum Beer-Lambert-Bouguer. Nombor digital setiap jalur merujuk kepada lokasi sampel permukaan ditukarkan kepada nilai kepantulan untuk pengkalibrasian algoritma. Nilai kepantulan atmosfera diperolehi daripada jumlah kepantulan yang dicatatkan oleh

pengesanan satelit ditolak dengan nilai kepantulan permukaan yang didapati. Pelbagai bentuk algoritma diuji, dan nilai pekali korelasi (R) serta nilai sisihan punca min kuasa dua (RMS) dibandingkan. Algoritma dua jalur, linear terma dan algoritma diubahsuian dipilih dalam kajian ini berdasarkan nilai R yang tertinggi (> 80%) dan RMS yang terendah. Algoritma ini kemudiannya digunakan untuk memplot peta taburan PM10 dan AOT bagi kawasan kajian. Pembetulan geometri dilaksanakan ke atas peta yang dikodwarnakan dan penuras purata digunakan untuk mengurangkan kesan hingar. Pengesahan algoritma juga dilakukan dengan menggunakan gabungan data berbagai tarikh. Pengesahan ini menghasilkan nilai R yang agak tinggi (>80%) dan nilai RMS yang rendah. AOT juga dipetakan dengan menggunakan teknik interpolasi data rujukan. Tiga teknik telah diuji dalam kajian ini bagi memperolehi nilai kepantulan imej kamera digital yang diambil secara mendatar iaitu teknik rujukan, teknik jarak jauh-dekat, dan teknik medan datar. Teknik rujukan yang dicadangkan dalam kajian ini menggunakan satu kad gelap sebagai sasaran rujukan yang menghasilkan keputusan lebih jitu berbanding dengan dua teknik lagi. Dua teknik yang dicadangkan untuk memperolehi nilai kepantulan permukaan bagi imej kamera digital yang diambil secara menegak iaitu teknik pengelasan dan teknik penggunaan kepantulan permukaan imej satelit secara *ATCOR2*.

PM10 AND AOT MAPPING USING REMOTE SENSING TECHNIQUE AT PENINSULAR MALAYSIA

ABSTRACT

This study is dealing with retrieving concentrations of particles with diameters less than 10 micrometer (PM10) in the atmosphere. The objective of this study is to develop an algorithm based on the aerosol optical thickness (AOT) for mapping PM10 using digital camera and satellite imageries. The developed algorithms are two-band algorithm, terma linear and modified algorithm from the combination of the visible and infrared thermal bands. In this study, satellite and airborne digital images were captured by a normal digital camera from a low-altitude flying aircraft to generate PM10 and AOT maps of Peninsular Malaysia. In-situ PM10 measurements were collected simultaneously with the digital image acquisition using a DustTrak Aerosol Monitor model 8520 and their locations were determined by a handheld global positioning system (GPS). The retrieval of surface reflectance is important to obtain the atmospheric reflectance in remotely sensed data and later used for algorithm calibration. In this study, two techniques were used to retrieve the surface reflectance, dark target technique and *ATCOR2* technique. Dark target technique uses the relationship between two visible bands (blue and red) and the mid infrared data at 2.1 μm . The coefficient of the relationship between the mid infrared band and visible band (blue and red) was obtained using the plotted graph. A handheld spectroradiometer was used for surface reflectance and transmittance measurements in the visible wavelength. AOT values were calculated based on the Beer-Lambert-Bouguer law. The digital numbers of the required bands corresponding to the in-situ locations were extracted and then converted into reflectance values for algoritma calibration. The atmospheric reflectance values was obtained by subtrating the amount given by the surface reflectance from the satellite observation reflectance values. Various algorithms were then examined by comparing the correlation coefficient (R) values and

the root-mean-square (RMS) error values. The two-band model, terma linear and modified algorithms were selected based on the highest correlation coefficient (R) value (> 80%) and the lowest root-mean-square (RMS) error value. The proposed algorithms were used to generate PM10 and AOT maps for the study areas. The maps were geometrically corrected and colour coded for visual interpretation to the PM10 and AOT distributions patterns. Average filtering was applied to the PM10 map to minimise the noise effect. The proposed algorithms were also validated using the multi-date data. The validation analysis produced high correlation coefficient value (> 80%). Besides that, interpolate technique was also used in this study for AOT mapping using in situ data. Three techniques were performed in this study to retrieve the reflectance values from the horizontal digital camera imageries. They were reference technique, far-near distance technique and flat-field technique. The reference technique proposed in this study used a dark card as reference and this technique produced the high accuracy compared to other two techniques. The two techniques proposed to retrieve surface reflectance from the vertical digital camera imageries were (i) classification technique and (ii) by using a surface reflectance map derive from *ATCOR2*.

BAB 1

PENGENALAN DAN PENGGUNAAN KAEDAH PENDERIAAN JAUH

1.1 Pengenalan

Definisi mengenai penderiaan jauh diberikan dalam bab ini. Selain itu, sejarah penggunaan teknik penderiaan jauh dan kajian pencemaran udara menggunakan teknik penderiaan jauh juga dibincangkan. Objektif serta skop tentang kajian ini juga dijelaskan.

1.2 Definisi Penderiaan Jauh

Penderiaan jauh adalah suatu teknologi sains untuk mendapatkan maklumat tentang objek, kawasan atau fenomena di bumi melalui proses analisis data yang diperoleh menggunakan peranti yang tidak menyentuh sebarang sasaran tersebut secara fizikal ataupun secara jarak jauh (Siegal, 1980). Pemindahan maklumat dari objek ke penderia adalah secara sinaran elektromagnet [Lillesand dan Kiefer, (1994), Japan Association of Remote Sensing, (1999), Natural Resources Canada, (2004), Lewis dan Clack, (2005), Liew, (2001) dan National Aeronautics and Space Administration (NASA)]. Ia melibatkan pengukuran dan pengrekodan tenaga elektromagnetik yang diterpantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi dan atmosfera dengan menggunakan penderia yang dipasang pada pesawat udara atau satelit. Penderia-penderia beroperasi dari pelantaran udara dan pelantaran angkasa. Data yang diperoleh adalah bergantung kepada jenis penderia yang digunakan dan ketinggian peninjauannya.

Istilah penderiaan jauh telah digunakan semenjak tahun 1960 iaitu setelah dimajukan oleh Pejabat Penyelidikan Tentera Laut Amerika Syarikat (U. S. Office of Naval Research). Ia digunakan untuk mendapatkan maklumat yang diperoleh daripada

alat fotografi dan bukan fotografi. Perkembangan dalam penderiaan jauh boleh dibahagikan kepada 2 era iaitu era sebelum 1960 yang melibatkan fotografi udara dan era selepas 1960 yang melibatkan satelit, kapal terbang dan sebagainya. Pada Perang Dunia Pertama, kebanyakan perkembangan adalah dalam penggunaan fotografi udara. Di antara Perang Dunia Pertama dan Perang Dunia Kedua banyak perkembangan dalam kamera, alat penganalisis filem telah juga membolehkan fotografi udara digunakan dalam pelbagai penggunaan seperti pertanian, perhutanan dan sebagainya. Manakala pada Perang Dunia Kedua, sistem terma infra-merah dan radar telah direka untuk bidang penderiaan jauh.

1.3 Latar Belakang Pencemaran Udara

Atmosfera mengandungi partikel terampai dengan julat jejaringnya daripada 10^{-3} μm sehingga 10^2 μm yang disebut sebagai aerosol. Partikel kecil yang bersaiz daripada 10^{-3} μm sehingga 0.1 μm dipanggil sebagai partikel Aitken dan partikel besar yang bersaiz daripada 0.1 μm sehingga 1 μm . Partikel yang bersaiz daripada 1 μm kepada 100 μm dipanggil sebagai partikel sangat besar. Partikel aerosol dalam atmosfera biasanya diukur dalam unit jumlah partikel per isipadu. Aerosol yang mengandungi karbon hitam akan menyerap dan memantulkan cahaya matahari. Aerosol juga mengurangkan sebanyak 10% jumlah keseluruhan cahaya matahari yang sampai pada permukaan (Alles, 2004).

Kualiti udara memainkan peranan yang sangat penting dalam formula bagi kawalan kualiti udara dan strategik pengurusan untuk menyediakan maklumat mengenai keberkesanan perancangan kualiti udara yang lebih baik. Dalam masalah kualiti udara, model bagi kualiti udara digunakan untuk menganggarkan kepekatan bagi satu atau lebih spesifik dalam udara dan masa sebagai berhubungkait kepada pergantungan dengan pembolehubah (Sharma, et al., 2003).

Jerebu bukanlah suatu perkara yang baru kerana ia berlaku sejak tahun 1980-an lagi di Malaysia. Seiringan dengannya, ada pendapat para saintis yang mengatakan bahawa kejadian jerebu adalah berkaitan dengan fenomena El Nino. Namun, dalam episod bulan Ogos 1990, faktornya disebabkan oleh pengaruh tempatan seperti pembakaran terbuka, asap kenderaan dan partikel-partikel terampai akibat daripada pembinaan dan pembukaan tanah baru bagi tujuan pembangunan. Lanjutan daripada itu, darurat telah diisytiharkan di Kuching pada 23-24 September 1997 kerana Indeks Pencemaran Udaranya (IPU) mencecah $850 \mu\text{m}/\text{m}^3$ dan pada 6 Oktober 1997 ia berkurangan menjadikan bacaan IPU dibawah $100 \mu\text{m}/\text{m}^3$ (Ismail, 1999).

Jerebu bukan sekadar asap biasa. Pakar-pakar alam sekitar dan kejuruteraan kimia memberi amaran jerebu itu amat bahaya kerana ia mengandungi campuran gas beracun dan bahan kimia termasuk magnesium. Bahan-bahan itu mampu menghakis permukaan paru-paru sekali gus melumpuhkan sistem pernafasan manusia. Kualiti udara yang tidak sihat mampu menjejaskan kesihatan penduduk negara ini termasuk kanak-kanak sekolah yang berkemungkinan besar terpaksa berehat di rumah jika bacaan indeks pencemaran udara semakin tinggi (Utusan Malaysia & Mingguan Malaysia, 2002). Kajian awal daripada Jabatan Kesihatan Pulau Pinang telah mengatakan bahawa terdapat korelasi antara kes-kes asma dan indeks pencemaran udara (The star, 2004).

Aerosol merupakan partikel pepejal ataupun cecair terampai yang terdapat di dalam udara dan berikutan pergerakan udara dengan luas yang tanpa batasan. Secara amnya, hujan dan salji bukanlah partikel aerosol. Tetapi, molekul wap air yang beku iaitu berikutan pergerakan udara adalah dipertimbangkan sebagai aerosol. Molekul gas yang tetap dan partikel terampai di dalam udara dipertimbangkan dalam isipadu, saiz, taburan, bentuk dan komposisi bahan. Partikel ini bolehlah berasal daripada bentuk semulajadi (seburan pasir lautan, pembakaran hutan dan sebagainya)

ataupun hasilan daripada aktiviti manusia (asap perindustriaan dan sebagainya). Aerosol mempunyai saiz partikel yang nipis daripada lingkungan 0.1 μm kepada 1 μm merupakan pengaruh yang terbanyak terhadap kesinaran matahari bagi jarak gelombang cahaya nampak (Wijeratne, 2003).

Aerosol semulajadi ini adalah dikenali sebagai bahan atmosfera yang penting bagi perubahan cuaca pada masa sekarang dan pada masa akan datang. Aerosol mempunyai dua kesan yang utama terhadap kepergunaan radiatif bumi. Pertamanya merupakan kesan secara langsung iaitu aerosol menyerak dan menyerap radiatif matahari dan terma. Kesan yang keduanya merupakan kesan secara tidak langsung dengan butiran partikel akan mengubah saiznya dan takat hayat bagi titisan awan yang memainkan peranan sebagai nuklear kodensasi awan yang menyebabkan perubahan albedo awan (Takemura et al. 2002).

Nilai piawai harian bagi PM₁₀ yang diberikan oleh kualiti udara piawai Amerika Syarikat adalah 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bagi purata tahunan. Index kualiti udara bagi Malaysia adalah berdasarkan kepada sistem ini dengan kategori kepekatan PM₁₀ dalam kelas mengikut julat kepekatannya (Heil). Organisasi Kesihatan Sedunia (WHO, 2005) menyatakan bahawa maksimum jumlah partikel terampai (TSP) purata harian adalah pada 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan maksimum purata tahunan adalah pada 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Mulaku, dan Kariuki, 2001).

Kualiti udara dipengaruhi oleh pelbagai faktor yang berhubungkait dengan penyiaran semulajadi dan anthropogenik, keadaan meteorologikal tempatan serta perubahan iklim sejagat. Ia mempunyai impak pengukuran terus kepada awam dan kesihatan ekosistem serta kesan kepada pemetaan dan pengurusan (Sarigiannis, et al., 1999). Penambahan pendedahan kepada bahan partikel dengan diameter aerodinamik yang saiznya lebih kecil daripada 2.5 μm boleh menyebabkan penyakit

mengakibatkan masalah dalam jangka masa panjang seperti pengurangan fungsi paru-paru dan jangka masa pendek seperti penambahan simptom respirasi atau sakit jantung. Maka dikatakan bahawa butiran yang kecil ini adalah lebih bahaya kerana ia akan mengganggu sistem respirasi manusia. Selain itu, PM yang kecil juga merupakan sumber jerebu. Ia juga mengganggu tumbuh-tumbuhan dan ekosistem dengan pengganggu terhadap tanah dan air (United States Environmental Protection Agency (EPA) – The Particle Pollution Report-Current Understanding of Air Quality and Emissions through 2003, 2004). Akimoto, (2003) juga mengatakan bahawa aerosol boleh ditentukan berdasarkan kepada satelit.

Isyarat penderiaan jauh dalam jarak gelombang cahaya nampak dan infra-merah bagi pelantar satelit ataupun udara adalah campuran daripada permukaan dan atmosfera dengan kebergantungan kepada keadaan atmosfera (Vermote dan Roger, 1996). Jumlah isyarat keseluruhan yang dicatatkan oleh penderia mengandungi 2 komponen iaitu keterpantulan atmosfera dan keterpantulan daripada permukaan. Oleh itu, komponen daripada permukaan perlulah diketahui dan difahami secara terperinci untuk mendapatkan komponen atmosfera daripada jumlah isyarat keseluruhan yang diterima oleh penderia. Penderiaan jauh pasif bagi cahaya nampak dan infra-merah merupakan satu teknologi untuk mengkaji kesan secara langsung dan tidak langsung daripada aerosol. AOT (ketebalan optikal aerosol), ketebalan optikal awan dan kesan jejari bagi titisan awan merupakan tiga parameter yang penting (Nalajima, et al., 2001).

Lapisan aerosol mempunyai dua kesan yang bertentangan terhadap isyarat satelit atau udara bagi jalur cahaya nampak dan infra-merah. Pertama, ia menyebabkan penambahan isyarat yang diterima oleh penderia satelit atau udara dengan penambahan keterpantulan atmosfera yang merupakan keterpantulan atmosfera asal (disebabkan oleh foton yang dipantul balik ke atmosfera sebelum interaksi dengan sasaran). Kedua, ia mengurangkan jumlah cahaya yang sampai pada

sasaran yang dipanggil sebagai kesan pemancaran (disebabkan oleh penyerapan dan penyerakan foton daripada perjalanan kepada sasaran atau penerima) [Vermote dan Roger, 1996]. Keterpantulan permukaan didapati di dalam kajian ini adalah berdasarkan kepada cara permukaan gelap yang mempunyai beberapa prinsip asal. Kesan aerosol ke atas sinaran yang diukur daripada penerima adalah berkurangan dengan jarak gelombang sebagai λ^{-1} kepada λ^{-2} . Ini bermakna kesan tersebut adalah sangat kecil pada jarak gelombang infra-merah tengah berbanding dengan jarak gelombang cahaya nampak.

Selain itu, kesan radiatif aerosol melibatkan penyerakan dan penyerapan terhadap sinaran matahari terus dan keterpantulan cahaya matahari daripada permukaan bumi. Untuk permukaan hitam, kesan penyerakan menguasai kesan tersebut dan kesan tersebut adalah daripada campuran antara kedua-dua kesan bagi permukaan cerah. Maka, kesan radiatif aerosol adalah lebih kuat bagi kawasan yang mempunyai nilai keterpantulan yang rendah. Penderiaan jauh aerosol dengan menggunakan permukaan gelap boleh dilakukan dengan kejituan yang sangat tinggi bagi keterpantulan permukaan yang kurang daripada 0.06. Sebahagian keterpantulan permukaan melalui spektrum matahari adalah korelasi antara satu sama lain. Tanah biasanya mempunyai penambahan keterpantulan sebagai fungsi jarak gelombang dengan korelasi antara keterpantulan berkurangan dengan satu penambahan jangka masa jarak gelombang secara perlahan-lahan. Kewujudan tumbuh-tumbuhan telah mengurangkan keterpantulan dalam jalur cahaya nampak yang disebabkan oleh penyerapan klorofil dan dalam jalur mid infra-merah yang disebabkan oleh penyerapan wap air. Tanah basah mempunyai keterpantulan yang rendah pada jalur cahaya nampak yang disebabkan oleh perangkap cahaya dan dalam jalur $2.1 \mu\text{m}$ serta $3.8 \mu\text{m}$ yang disebabkan oleh penyerapan wap air. Justeru itu, kekasaran permukaan, bayang dan kecondongan juga mengurangkan keterpantulan menyeberangi seluruh spektrum matahari (Kaufman dan Tanre, 1998).

Di samping itu, kesan bersih bagi aerosol ke atas sinaran atmosfera dan iklim memberikan kesan yang paling tidak menentu dalam percubaan memodel dan mengganggu iklim. Aerosol boleh menghalang kawasan pemanasan kesan rumah hijau dengan memantulkan sinaran matahari kepada angkasa atau dengan penambahan keterpantulan awan atau tempoh hayatnya. Tetapi, penyerapan aerosol bagi cahaya matahari adalah hipotesis untuk memperlambat kitar hidrologikal dan mempengaruhi iklim dalam cara yang tidak sepadan dengan kesan rumah hijau. Sebagai contoh, sepanjang tempoh kepekatan aerosol yang tinggi pada Lautan Indian dan Besen Amazon, pengukuran telah mendedahkan bahawa penyerapan aerosol telah memanaskan kawasan atmosfera pada 2 km sehingga 4 km dan mengurangkan 15 % jumlah cahaya matahari yang sampai pada permukaan. Kekurangan kesinaran pada permukaan membawa maksud kekurangan kewapan daripada tumbuh-tumbuhan dan badan air, dan (kecuali asap adalah bertabur dekat dengan permukaan sahaja) satu atmosfera yang lebih stabil dan kering, dan mengakibatkan kekurangan pembentukan awan. Kesan ini ditakrifkan secara teori sebagai maklum balas positif kepada penyerapan aerosol bagi cahaya matahari dan diistilahkan sebagai kesan separa-terus (Koren, et al., 2004).

Partikel aerosol anthropogenik mengubah iklim melalui tiga proses yang diketahui. Secara terus, dengan menyerak sinaran matahari kembali kepada udara akan mengarahkan kepada kesan kesejukan dan penyerapan sinaran matahari mengarahkan kepada kesan kepanasan. Secara tidak langsung, dengan mengubah sifat awan apabila partikel aerosol berlaku sebagai nuklear kondensasi awan. Secara separa-terus, dengan menyediakan kewapan awan apabila kepekatan yang tinggi bagi penyerapan aerosol seperti terdapat karbon hitam dalam atmosfera (Mallet, et al., 2003). Pengukuran jitu bagi sifat optikal aerosol adalah penting untuk kuantitatif yang akan mempengaruhi aerosol ke atas iklim. Partikel aerosol atmosfera menarik perhatian terus melalui sinaran matahari dengan penyerakan dan penyerapan cahaya

kejadian. Kesan bersih bagi tarikan perhatian ini atas sistem iklim bumi adalah satu perkara yang menarik penyelidikan (Pattersson, et al., 2004).

Selain itu, nilai AOT juga boleh diperoleh daripada nilai pemancaran atmosfera. Ia melibatkan gabungan ketebalan optikal molekul (disebabkan oleh penyerakan), ketebalan optikal gas (disebabkan oleh penyerapan) dan ketebalan optikal aerosol (disebabkan oleh penyerakan dan penyerapan). Ketebalan optikal molekul bergantung kepada tekanan permukaan sahaja. Ketebalan optikal gas pula bergantung kepada penyerapan jumlah gas melalui sesuatu bahagian bagi jarak gelombang tertentu. Gas-gas seperti ozon, NO_2 (Nitrogen dioksida) dan SO_2 (Sulphur dioksida) menyerap cahaya matahari pada spektrum jarak gelombang tertentu. Manakala AOT wujud pada sesuatu nombor jarak gelombang tertentu.

AOT merupakan satu faktor yang menunjukkan sifat optikal aerosol. AOT telah menjadi satu operasi kerja harian pada NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) [Huang dan Liu, 2000]. AOT merupakan parameter tanpa unit di mana ia boleh digunakan untuk mengira pengurangan sinaran penyebaran matahari. Di sini, AOT bermakna nilai ketebalan optikal secara keseluruhan. Biasanya, kesan atmosfera datang daripada molekul atmosfera dan penyerakan aerosol pada kawasan spektrum cahaya nampak dan infra-merah. Kesan tersebut adalah sukar diperbetulkan secara jitu walaupun ia mengaburkan maklumat sebenar pada permukaan (Lin dan Liu, 2000). Kunci penunjuk untuk mengakses muatan pencemaran atmosfera terutamanya dalam keadaan pencemaran fotokimia adalah AOT (Retalis, et al., 1999). Terdapat ramai penyelidik yang menggunakan parameter ini dalam kajian mereka [Wang dan Christopher, (2003), Myhre, et al., (2004) dan Paronis, et al., (1998)].

1.4 Pengesanan Pencemaran Udara

Sebenarnya, pencemaran udara dapat diukur dan dikesan dengan menggunakan peralatan pengesanan pencemaran udara melalui kajian kawasan lapangan. Selain itu, pemetaan dan pengukuran kualiti udara juga boleh dilakukan oleh peralatan pada permukaan ataupun jaringan rangkaian. Kebanyakan Negara di dunia ini telah mendirikan jaringan rangkaian untuk mengukur kualiti udara dalam negara mereka. Malaysia juga mempunyai jaringan rangkaian bagi pemantauan kualiti udara di seluruh negara. Terdapat 51 lokasi jaringan rangkaian di Malaysia, iaitu 37 lokasi jaringan rangkaian di Semenanjung Malaysia dan 14 lokasi jaringan rangkaian di Sabah dan Sarawak.

Peninjauan bumi dengan pengesanan satelit merupakan satu penambahan teknik yang paling berkuasa bagi mengesan kualiti udara pada skala tempatan mahupun sejagat. Ini disebabkan oleh keupayaan menyediakan maklumat secara objektif dan sinoptik bagi kawasan yang luas. Kegunaan peninjauan bumi untuk mengesan dan pemetaan pencemaran atmosfera bagi bandar telah mengambil perhatian khusus daripada penyelidik dan mereka telah menjanakan pelbagai cara dan teknik. Teknik sebegini boleh digunakan ke atas data peleraian ruang yang rendah seperti Meteosat, data peleraian ruang sederhana seperti AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), atau data peleraian ruang tinggi seperti Landsat, yang kemungkinan paling besar untuk mengkaji pencemaran pada skala tempatan.

1.5 Kajian Ilmiah Penggunaan Teknik Penderiaan Jauh

Ramai penyelidik menggunakan kaedah penderiaan jauh dalam kajian mereka pada akhir 70-an (Ritchie dan Cooper). Seorang daripada penyelidik tersebut adalah Lyzenga iaitu pada tahun 1978. Ritchie, et al. (1987) dan Rimmer, et al. (1987) merupakan sebilangan daripada penyelidik pada 80an. Manakala penyelidik-penyelidik

yang lain adalah terdiri daripada Gower, et al. pada tahun 1990, serta Miller dan Cruise pada tahun 1995. Maritorea dan Bowers, et al. adalah penyelidik pada tahun 1996, serta Clark, et al. pada tahun 1997.

Manakala terdapat juga penyelidik-penyelidik yang menjalankan kajian pada alaf ke-20 iaitu Brivio, et al. (2001), Abdel-Rahman, et al. (2001), Afanasyev, (2001), Mickus, et al. (2001), serta Liceaga-correa dan Euan-avila (2002). Kaedah penderiaan jauh ini boleh digunakan untuk pelbagai kegunaan. Contohnya, kajian kualiti air oleh Reddy (1997), Herut, et al. (1999), serta Schiller dan Doerffer (1999). Ini juga terdiri daripada penyelidik-penyelidik seperti Lira, et al. (1997), Ries dan Marzolf (1997), dan Bowers, et al. (1998). Penyelidik-penyelidik pada abad ke-20 juga tidak ketinggalan antara mereka ialah Lahet, et al. (2001), Koponen, et al. (2001), Matthews, et al. (2001), Barbini, et al. (2001), dan Pulliainen, et al. (2001). Manakala dalam kajian alga, Lavender dan Grom (2001), Bowers, et al. (2001), dan Ammenberg, et al. (2002) adalah sebilangan daripada penyelidik-penyelidik tersebut. Kajian pemetaan mineral pula dilakukan oleh Gallie, et al. 2002.

Di samping itu, kajian plankton dilakukan oleh Svejksky dan Shdanley pada tahun 2001. Ahmad dan Hashim telah menjalankan kajian jerebu pada tahun 2000. Kajian fenomenon pula adalah Pellikka pada tahun 2001, serta kajian sedimen dan sistem logam berharga gunung berapi adalah dari Spantz pada tahun 1997. Kajian klorofil pendarfluor aruhan yang disebabkan oleh matahari pada permukaan laut telah dijalankan oleh Babin, et al. (1996). Kajian padi oleh Abu Bakar, et al. pada tahun 1999. Kajian fitoplankton dibuat oleh Hashim, et al. pada tahun 2000, kajian permukaan laut oleh Ferri, et al., dan kajian tanah guna oleh Su. Malah dalam kajian suhu air telah dikaji selidik oleh Torgersen, et al. pada tahun 2001, dan pemetaan kemasinan air bawah tanah oleh Srivastava, et al. pada tahun 1997.

Kajian lanskap diselidik oleh Hill, et al. (2002) dan kajian sistem sempadan oleh Ferrier, et al. (1997). Oppenheimer pada tahun 1997 telah membuat kajian warna dan suhu bagi tasik vulkanik dan Hedger, et al. pada tahun 2001 membuat kajian halaju pada pantai. Justeru itu, kajian pengesanan kapal oleh Marghany, et al. dan pemetaan balimetri oleh Roberts dan Danerson pada tahun yang sama iaitu 1999 serta Bagheri dan Dios pada tahun 1998. Selain itu, teknik penderiaan jauh juga telah berjaya digunakan untuk mengesan kebocoran pada saluran paip bawah tanah yang terletak di kawasan sukar seperti pedalaman atau gunung-ganang (Pemetaan bawah permukaan bumi guna remote sensing). Di Pusat Pengajian Sains Fizik, USM, kajian dengan menggunakan data penderiaan jauh juga dijalankan dengan menggunakan data satelit [Abdullah, et al., (1999a), Abdullah, et al., (1999b), Abdullah, et al., (2001a), Abdullah, et al., (2001b) dan Abdullah, et al., (2001c)]

Sejak abad ke-19, sesetengah zon perindustrian di Eropah dan Dunia menghadapi masalah dalam pencemaran atmosfera yang serius (Ung, 2003). Kefahaman terhadap aerosol oleh daya radiatif adalah sangat rendah pada masa sekarang (Christopher dan Wang, 2003). Suhu permukaan bumi telah bertambah sebanyak 0.6 °C pada abad yang lepas di mana ia mencapai tahap yang paling tinggi pada seribu tahun yang lepas. Perubahan suhu yang cepat ini merupakan sifat kepada suatu pemindahan pengimbangan tenaga yang kurang daripada 1% antara penyerapan sinaran matahari yang datang dan penyiaran sinaran terma daripada permukaan bumi (Kaufman, et al., 2002).

Penggunaan data satelit bagi pengesanan pencemaran udara adalah tidak begitu biasa dan umum (Wijeratne, 2003). Ung, et al., (2001b) telah membincangkan kepentingan bagi kajian pencemaran udara untuk kawasan pempandaran.). Ung, et al., (2001b) juga memberikan kesukaran dan telah mengemukakan satu kaedah bagi pengesanan pencemaran udara iaitu dengan menggunakan lokasi mutlak. Mereka juga

menyimpulkan bahawa kebolehan pemetaan partikel hitam dengan menggunakan data satelit TM (Thematic Mapper) bagi jalur tema. Mereka juga menggunakan teknik interpolasi bagi pemetaan pencemaran udara dalam kajian mereka (Ung, et al., 2001b). Penderiaan jauh bagi sifat optikal aerosol daripada angkasa bermulanya pada masa dahulu dengan bantuan data satelit yang bukan direka bentuk untuk tujuan tersebut. Ini termasuk data AVHRR yang direkabentuk untuk penentuan suhu pada permukaan laut dan nilai indeks pada tumbuh-tumbuhan. Selain itu, data TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) juga direkabentuk untuk penentuan jumlah kandungan ozon. Data AVHRR merupakan penderia satelit yang paling biasa digunakan untuk memperoleh AOT. Ketebalan optikal yang disebabkan oleh aerosol sahaja dipanggil sebagai ketebalan optikal aerosol (Satheesh, 2002). Ketebalan optikal merupakan nombor positif dan merupakan kesan penggabungan penyerakan dan penyerapan dalam lajur menegak (Wijeratne, 2003). Penderia AVHRR ini mempunyai 5 jalur yang bermula operasi sejak tahun 1978. Memandangkan penderia ini tidak mempunyai kalibrasi terhadap jalur cahaya nampak, maka kepentingan fokus terhadap penentuan AOT bagi permukaan air. NOAA memperoleh AOT bagi permukaan air sejak tahun 1981 dengan menggunakan satelit orbit polar sahaja di mana algoritma jalur tunggal digunakan untuk mendapatkan separuh penyerakan bagi mengelakkan keterpantulan matahari. Oleh itu, penderia ini biasa digunakan bagi memperoleh AOT pada permukaan air dengan menggunakan algoritma jalur tunggal [Husar, et al., (1997), Rao, et al., (1989) dan Stowe, et al., (1992)].

Penderia lain yang digunakan untuk tujuan kajian pencemaran udara adalah TOMS yang dilancarkan pada tahun 1978. Herman, et al., (1997) telah menggunakan data daripada Nimbus 7/TOMS dalam kajian mereka untuk memperoleh AOT dalam jarak gelombang ultralembayung. Penderia ini tidak sesuai digunakan untuk aerosol analisis yang disebabkan oleh peleraian yang rendah. Ini menyebabkan kesukaran untuk menentukan ketinggian lapisan aerosol. Pada tahun 1995, satu penderia satelit

bernama MISR (Multiangle Imaging SpectroRadiometer) yang mempunyai pelbagai sudut telah dilancarkan untuk menentukan suhu permukaan laut. Penderia ini mempunyai dua sudut pandangan yang berbeza iaitu membolehkan AOT didapati daripada hasil datanya.

Ciri-ciri aerosol adalah mempunyai tempoh dan ruang yang berubah-ubah hasil daripada tempoh hayat yang pendek (beberapa hari). Maka satelit adalah sesuai untuk mengawas perubahan ini. Terdapat beberapa satelit yang telah direkabentuk khas untuk memperoleh kepekatan aerosol dengan menggunakan spektrum, kesudutan dan kekutuban bagi keterpantulan kesinaran matahari bagi aerosol (Kaufman, et al, 2000). Jepun telah melancarkan satelit mereka pada tahun 1996 yang dinamakan sebagai ADEOS (Advanced Earth Observing Satellite). Ia mengandungi kedua-dua penderia POLDER (POLarization and Directionality of the Earth's Reflectances) dan OCTS (Ocean Color and Temperature Scanner) yang disediakan oleh NASDA (National Space Development Agency of Japan). POLDER (POLarization and Directionality of the Earth's Reflectances) merupakan penderia angkasa pertama yang direkabentuk khas untuk memperoleh AOT daripada hasil data POLDER. Penderia ini boleh digunakan untuk memperoleh AOT bagi sesuatu kawasan permukaan laut dan tanah. Manakala OCTS direkabentuk untuk memperoleh suhu permukaan laut tetapi ia juga telah digunakan untuk memperoleh AOT dengan berjaya bagi kawasan permukaan laut. Satelit ADEOS ini cuma mempunyai misi selama 8 bulan sahaja yang disebabkan oleh kegagalan dalam susunan panel suria.

Pada tahun 1997, NASA dan OrbImage telah melancarkan satelit SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor) yang bertujuan untuk mengambil data secara sejagat. Ini merupakan penderia yang agak canggih kerana ia mempunyai keupayaan dalam mengelakkan kilauan cahaya matahari pada kawasan tropika. Ia juga digunakan untuk memperoleh AOT bagi kawasan permukaan laut. Satelit ini tidak mempunyai

jalur terma dan kalibrasi jalur, maka ia mempunyai kesukaran untuk menopengkan kawasan yang berawan. Kebolehan dalam penentuan penderiaan jauh troposfera aerosol telah dipertambahbaikkan setelah NASA melancarkan satelit Terra pada tahun 1999. Satelit ini membawa lima penderia yang khasnya direkabentuk untuk penderian jauh iaitu MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System), MOPITT (Measurements of Pollution in the Troposphere) dan MISR (Multiangle Imaging SpectroRadiometer). MODIS mempunyai 36 jalur dengan peleraian antara 250 – 1000 m. Satelit ini menggunakan algoritma 6 jalur untuk memperoleh aerosol bagi permukaan laut dan tanah.

NASDA juga melancarkan satelit ADEOS II pada tahun 2000. Satelit ini membawa penderia GLI (Global Imager) sebagai penderia tambahan kepada satelit ADEOS yang juga mempunyai 36 jalur. GLI ini mempunyai kebolehan untuk memperoleh aerosol bagi permukaan laut dan tanah. Biasanya AOT diperoleh dengan menggunakan satelit NOAA dengan AVHRR bagi kawasan permukaan laut. AOT ini diperoleh dengan menggunakan jalur tunggal iaitu jalur pertama ($0.63 \mu\text{m}$). Manakala TOMS menggunakan nisbah bagi nilai keterpantulan antara R_{340}/R_{380} (Torres, et al., 1998). Data daripada POLDER dan OCTS juga digunakan dalam kajian aerosol. POLDER menggunakan prinsip kekutuban. Kedua-dua satelit ini digunakan untuk mendapatkan nilai Angstrom eksponen dan AOT (Nakajima dan Higurashi, 1998). Pada hakikatnya, pengukuran AOT ini boleh didapati secara sejagat daripada AERONET (AErosol RObotic Network). AERONET merupakan satu peralatan optikal jaringan aerosol secara sejagat yang disokong oleh NASA. Peralatan ini mempunyai kebolehan untuk memperoleh AOT sejagat [Dubovik dan King (2000), Eck, et al., (2005), Christopher, et al., (2002) dan Holben, (2001)].

Spektrum keterpantulan yang dicatatkan oleh satelit pada jarak gelombang pendek biasanya dipengaruhi oleh sinaran matahari dan penyerakan oleh lapisan atmosfera. Cahaya dipantulkan daripada permukaan berinteraksi dengan lapisan atmosfera. Cahaya boleh diserakkan terhadap satelit oleh partikel aerosol sama ada dari serakan hadapan ataupun dari serakan belakang. Penyerapan oleh gas-gas dan partikel aerosol biasanya bergantung terhadap spektrum dan sudut. Kaufman, (1991) telah menceritakan dengan terperinci dalam penerbitan beliau tentang sinaran atmosfera dan AOT. Pelbagai teknik telah dijalankan dan dibangunkan untuk memperoleh pencemaran atmosfera daripada data satelit [Kaufman, et al., (1990), Sifakis dan Deschamps, (1992), Retalis, et al., (1999), Wald dan Balleynaod, (1994), Wald, et al., (1999), Ung, et al., (2001a, 2001b), Ung, et al., (2003), Retalis, et al., (2003), Myhre, et al., (2004), Tulloch dan Li, (2004) serta Retalis dan Nikitopoulou, (2005)].

Penyelidikan awal bagi pencemaran udara bagi memperoleh aerosol bagi kawasan permukaan tanah adalah menggunakan satu imej yang dianggapkan tidak ada kesan atmosfera sebagai rujukan (Wen, et al., 1999). Teknik yang dikemukakan oleh Kaufman dan Sendra, (1988) adalah dipanggil sebagai teknik sasaran gelap. Teknik ini telah dijelaskan di dalam beberapa penerbitan beliau seperti Kaufman, et al., (1997a, 1997b), Kaufman, et al., (1997c) dan Kaufman, et al., (2002). Vermote, et al., (1997) juga menggunakan teknik ini dalam kajian mereka. Selain itu, Bojinski, et al., (2004) juga menggunakan teknik sasaran gelap dalam kajian mereka dengan menggunakan data AVIRIS (Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer). Kepekaan teknik ini berkurangan bagi permukaan yang mempunyai nilai keterpantulan yang lebih daripada 0.1. Kepekaan maksimum berlaku pada kawasan yang berpermukaan gelap. Bagi kawasan permukaan yang cerah pula, kepekaan dikurangkan dan bergantung kepada penyerapan aerosol. Maka, pengukuran bagi kawasan permukaan laut dan sasaran gelap bagi permukaan yang gelap biasanya

digunakan untuk mengesan AOT daripada penderia satelit (Griggs, 1975). Selain itu, Kaufman dan Joseph menggabungkan kedua-dua keadaan tersebut iaitu permukaan gelap dan permukaan cerah untuk mengesan albedo dalam penyerakan tunggal aerosol (King, et al., 1999).

Di samping itu, terdapat beberpa penyelidik menggunakan model daya terus bagi aerosol dengan menggunakan susunan sifat optikal aerosol daripada pelbagai pengukuran [Myhre dan Stordal ((2001), dan Sokolik dan Toon, (1996)]. Ramai penyelidik telah memperoleh habuk bagi kawasan permukaan laut [Nakajima dan Higurashi, (1998), Mishchenko, et al., (1999) dan Stowe, et al., (1997)]. Tetapi terdapat ketidakpastian yang besar dalam menganggarkan daya bersih aerosol. Tanre dan Legrand (1991), dan Tanre, et al., (1992) telah membuat kajian terhadap kawasan gurun bagi memperoleh sifat optikal aerosol dengan menggunakan kaedah pengurangan kecerahan dan sifat terma. Kaufman, et al., (2000) telah menggunakan kaedah sasaran gelap bagi dalam kajian mereka. Kaedah sasaran gelap ini yang digunakan dalam kajian ini. Manakala Hsu, et al., (2004) telah memperkenalkan satu algoritma *DEEP BLUE* bagi memperoleh aerosol untuk kawasan gurun.

Sebenarnya, pengukuran radiatif dan sifat-sifat bagi aerosol boleh dikesan dan ditentukan dengan berdasarkan banyak cara dan kaedah yang sama serta dengan menggunakan keterpantulan tunggal atau keterpantulan pelbagai jalur, keterpantulan pelbagai sudut, pengurangan kecerahan dan pengurangan kekutuban. Takayama dan Takashima, (1986) dan Kaufman, et al. (1990) telah menggunakan jalur cahaya nampak dalam kajian mereka. Long dan Stowe, (1994), Husar et al., (1997) dan Moulin, et al., (1997) telah menggunakan jalur tunggal dalam kajian mereka bagi pengesanan AOT. Gordon dan Wang, (1994), Durkee, et al., (1986, 1991), menggunakan algoritma dua jalur dan pelbagai jalur dalam kajian mereka. Manakala Durkee, (1991) mengesan AOT dengan menggunakan data AVHRR daripada jalur

satu ($0.63 \mu\text{m}$) dan jalur dua ($0.83 \mu\text{m}$). Stowe, et al., (1997) telah menggunakan satu data imej siri masa dalam penentuan AOT dengan menggunakan data daripada AVHRR. Pada tahun 1991 juga, Nakajima dan Higurashi, (1997) juga menjalankan kajian sifat optikal aerosol bagi kawasan Teluk Parsi dengan menggunakan data AVHRR. Pada tahun 1994, Villevalde, et al. (1994) telah menggunakan data AOT spektrum daripada meter foton matahari bagi kawasan permukaan laut. Nakajima dan Higurashi, (1997) menganggarkan bahawa penyelesaian Mie dan petua taburan saiz untuk mengangkar nilai AOT dan Angstrom eksponen daripada jalur satu dan jalur dua bagi data sinaran AVHRR. Ramanathan, et al., (2001) juga menjalankan kajian terhadap aerosol MODIS. Seterusnya, Nakajima dan Higurashi, (1998) menganalisis kedua-dua data AVHRR dan OCTS bagi menganggarkan taburan saiz lognormal bimodal. Fukushima dan Toratani, (1997) menganggarkan $\omega_0 = 1$ untuk jalur empat ($0.55 \mu\text{m}$) bagi satelit CZCS (Coastal Zone Color Scanner) untuk menganggarkan nilai albedo penyerakan tunggal. Satelit MODIS dan GLI telah digunakan untuk memperoleh AOT bagi permukaan laut dan tanah dengan berjaya. Tanre, et al., (1997) menggabungkan kedua-dua model saiz aerosol dan kepekatan dalam kajian mereka. Justeru itu, Hauser juga banyak menjalankan kajian terhadap aerosol [Hauser, et al., (2005a), Hauser, et al., (2005b), Hauser, et al., (2004), Hauser, et al., (2003a, b, c) dan Hauser, et al., (2002)]. Popp, et al., (2004) telah menggunakan data AVIRIS manakala Seidel, (2005) menggunakan data APEX (Airborne Imaging Spectrometer) bagi mengesan aerosol.

Tumbuh-tumbuhan dan sebahagian tanah adalah gelap pada kawasan spektrum jalur merah ($0.6 - 0.7 \mu\text{m}$) dan biru ($0.4 - 0.5 \mu\text{m}$). Campuran tumbuh-tumbuhan dan tanah-tanah boleh menjadi gelap atau cerah adalah bergantung kepada liputan permukaan, kehijauan tumbuh-tumbuhan dan sifat optikal tanah-tanah. Nilai keterpantulan permukaan adalah kecil bagi membolehkan nilai AOT diperoleh bagi permukaan tanah. Untuk kaedah sasaran gelap ini, terdapat hubungan korelasi antara

jalur 0.47 μm dengan 2.1 μm dan 0.66 μm dengan 2.1 μm . Untuk data MODIS yang tidak mempunyai jalur 2.1 μm , maka jalur 3.8 μm digunakan untuk menggantikan jalur 2.1 μm dengan syarat selepas pembetulan nilai penyiaran permukaan [Kaufman, et al., (1997b) dan Kaufman, et al., (1997b)]. Kumpulan NASA merupakan kumpulan penyelidik terbanyak menggunakan data MODIS untuk kajian kualiti udara [Chu, et al., (2005), Kaufman, et al., (2005) dan Remer, et al., (2005)]. Teknik sasaran gelap ini juga telah digunakan oleh penyelidik Lin, et al., (2002) dengan menggunakan data SPOT bagi memperoleh AOT. Sebelum itu, Sifakis dan Deschamps telah menggunakan data SPOT dalam kajian mereka pada tahun 1992 bagi pengesanan pencemaran udara.

Ackerman, (1997) telah menjalankan kajian terhadap aerosol penderiaan jauh dengan menggunakan data MODIS bagi kawasan jarak gelombang infra merah. Kawasan jarak gelombang ini mempunyai beberapa kebaikan berbanding dengan kawasan jarak gelombang cahaya nampak seperti kebolehan kajian dijalankan pada permukaan cerah dan malam. Kajian ini menggunakan jalur terma dengan berdasarkan kepada suhu kecerahan. Wald, dan Baleynaud, (1994), Ung, (2003a), Ung, et al., (2001a), Ung, et al., (2001b) serta Tulloch dan Li, (2004) menggunakan data Landsat TM jalur terma dalam pengesanan kualiti udara. Mereka dapat hubungan linear antara data jalur terma (Nombor Digital) dan kepekatan kualiti udara. Ahmad dan Hashim, (1997) menggunakan data AVHRR dalam pemetaan kualiti udara dengan cara algoritma empirikal. Mereka menggunakan jalur satu daripada data AVHRR dalam pengesanan kualiti udara. Parameter yang mereka pertimbangkan adalah PM₁₀. Retalis, et al., (1999), Wijeratne, (2003) dan Hadjimitsis, et al., (2002) juga menggunakan data Landsat TM dalam kajian mereka bagi menentukan pencemaran udara. Mereka menggunakan jalur satu (0.45 – 0.52 μm) daripada dua imej satelit dengan menganggapkan satu imej rujukan yang tidak ada berlakunya pencemaran udara. Pada tahun 1990, Richter juga menerangkan pembangunan dalam pembetulan

atmosfera dengan menggunakan data Landsat TM dengan bantuan LOWTRAN (Low Resolution Transmission) dan SENSAT-3 (Sensor-Atmosphere-Target). Richter, (1996c) juga menerangkan pembangunan dalam pembetulan atmosfera dengan menggunakan data DAIS (Digital Airborne Imaging Spectrometer) dengan bantuan MODTRAN (MODerate spectral resolution atmospheric TRANSmittance algorithm). Selepas itu, Richter, et al., (2002) juga memperbetulkan kesan atmosfera bagi data DAIS-7915 dan HyMap dengan bantuan MODTRAN serta 6S (Second Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum).

Terdapat banyak kod komputer yang sedia ada untuk mengurangkan kesan atmosfera ini. Antaranya adalah seperti DTA (Differential Textural Analysis), SMA (Satellite Mapping of Aerosols), SIPHA (Satellite Image Processing for Haze and Aerosol Quantification and Mapping), ATCOR (ATmospheric CORrection), SMA, 5S (Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum), 6S (Second Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum) serta MODTRAN. Retalis, et al. (2003) menggunakan analisis tekstur dalam perbezaan DTA bagi pengesanan AOT. Teknik ini menggunakan satu imej rujukan yang bebas pencemaran relatif terhadap imej yang tercemar. Selain itu, terdapat juga kod-kod komputer yang membolehkan kita mengurangkan kesan atmosfera seperti kod DTA, kod SMA, kod SIPHA, kod ATCOR dan 6S. Kod SMA ini telah digunakan oleh Sifakis, et al., (1998). Kod SIPHA digunakan oleh Sifakis dan Soulakellis. Kod 6S merupakan pengubahsuaian 5S yang dibangunkan oleh Vermote et al., (1997). Kod ATCOR telah digunakan oleh Petalina, (1998) dan Lehner, et al., (2004). Jacob, et al., (2003) telah menggunakan kod komputer MODTRAN dalam kajian mereka. ICAROS NET (Integrated Computer Assessment of Urban Air Quality Via Remote Observation Systems Network) merupakan satu kod komputer baru yang mempunyai fungsi secara automatik untuk mengirakan nilai AOT [Sarigiannis, et al., (2002) dan Sarigiannis, et al., (2004)]. Kod komputer ini dibangunkan berdasarkan kepada kod komputer DTA bagi data SPOT (Satellite Pour

l'Observation de la Terre), SMA bagi data Landsat TM dan SIPHA (Sarigiannis, et al., 2004). Zagolski dan Gastellu-Etchegorry (1995) telah menggunakan 5S dalam kajian mereka bagi mengurangkan kesan atmosfera.

Teknik yang digunakan dalam kajian ini bagi mengesan pencemaran udara adalah dengan teknik sasaran gelap dan kod komputer. Teknik sasaran gelap adalah berdasarkan kepada kajian Quaidrari dan Vermote, (1999) dan Kaufman, et al., (1997) yang menerbitkan hubungan antara jalur 1 dan 3 dengan jalur 7 bagi data satelit Landsat TM dan modul komputer yang digunakan dalam kajian ini merupakan *ATCOR2*. Modul ini digunakan dalam pengiraan kesan atmosfera lalu memperoleh nilai keterpantulan permukaan. Modul *ATCOR2* ini dibangunkan oleh Dr. Rudolf Richter dari DLR, the German Aerospace Center. Keterangan tentang kod modul komputer ini adalah merujuk kepada Richter, (1996a). Kod ini tidak sesuai digunakan bagi kawasan air dan data yang tidak mempunyai hubungan yang baik (>0.8) antara jalur infra-merah tengah dengan jalur biru dan jalur merah. Kod ini juga terhad kepada beberapa jenis pengesan satelit. Kod ini boleh didapati dalam perisian komputer itu tersendiri, ataupun bersama dengan perisian komputer yang lain seperti PCI Geomatica dan Leica Geosystems.

Tesis ini mengkaji pencemaran udara di kawasan sekitar Pulau Pinang dan sekitar Yan, Kedah serta Semenanjung Malaysia. Terdapat penyelidik yang menjalankan kajian sebegini bermula daripada 80-an [Ung, et al., (2003), Ung, et al., (2001a) dan Ung, et al., (2001b)]. Selain itu, kajian mengenai AOT juga dijalankan dalam kajian ini. Wang dan christoper, (2003) dan Zhang, et al., (2001) telah menjalankan kajian mengenai AOT ini.

1.6 Permasalahan Kajian

Kaedah tradisional dengan kajian kawasan lapangan untuk mengesan takat pencemaran udara pada kawasan lapang memerlukan masa yang panjang, kos yang tinggi dan menghadapi kesukaran pemprosesan data. Selain itu, data bagi masa yang lalu jarang digunakan lagi. Keadaan ini tidak dapat menyediakan grid yang baik bagi menganggarkan kepekatan pencemaran udara dengan berkesan dan jitu bagi sesuatu kawasan. Oleh itu, kajian ini mengemukakan satu teknik penderiaan jauh bagi menyediakan pencemaran udara dengan ruang peleraian yang tinggi dan peninjauan yang berterusan.

Pengesanan pencemaran udara melalui rangkaian juga menghadapi masalah yang sama. Bilangan stesen pengukuran yang terhad tidak dapat menyediakan ruang peleraian kawasan yang memuaskan. Selain itu, ia juga tidak dapat menyediakan pengukuran kualiti udara bagi skala tempatan mahupun sejagat. Selain itu, kos dan pemeliharaan jaringan rangkaian ini adalah terhad kepada maklumat titik speksifik pada bandar. Taburan peleraian yang jitu bagi pencemaran atmosfera bagi satu bandar adalah tidak mungkin dengan stesen pengukuran yang terhad (Ung, et al., 2003). Untuk mengatasi masalah tersebut, Ung, et al., (2001a) mencadangkan dengan menggunakan data penderiaan jauh. Wang dan Christopher, (2003) juga mengatakan bahawa pengukuran daripada satelit merupakan satu alat yang berguna bagi mengesan aerosol dan memperoleh sifat aerosol kerana ruang peleraian yang tinggi dan peninjauan yang berterusan.

Maklumat peleraian ke atas taburan pencemaran adalah lemah dengan hasil daripada pengukuran stesen permukaan yang bilangannya terhad secara traditional. Pengukuran tersebut adalah sukar bagi mengakses pencemaran bagi kawasan yang luas. Di samping itu, kebanyakan kerajaan tempatan terpaksa menghadkan pembelanjaan mereka bagi mengurangkan kos operasi. Keadaan tersebut seterusnya

mengurangkan bilangan stesen pengukuran kualiti udara. Oleh itu, satu cara alternatif adalah dengan menggunakan imej satelit bagi menyediakan peleraian taburan pencemaran. Cara demikian juga dikenali sebagai penderiaan jauh. Imej tersebut menyediakan maklumat peleraian pada skala tempatan, kawasan dan sejagat (Kanaroglou, et al., 2002).

Sebenarnya, pencemaran udara dapat dipetakan melalui teknik interpolasi daripada data permukaan yang dipanggil sebagai peta kontur. Tetapi teknik interpolasi tidak dapat menunjukkan taburan pencemaran udara dengan jitu dan jelas. Hal ini disebabkan oleh peta kontur ini diplotkan bergantung kepada grid titik sampel permukaan. Bagi tempat yang tidak ada sampel permukaan maka kontur diplotkan dengan mengirakan nilai sampel udara yang paling dekat dengan titiknya. Peta kontur adalah jitu jika grid data permukaan sebenar adalah rapat antara satu sama lain. Tetapi kaedah ini adalah tidak ekonomi dan memerlukan kos yang agak tinggi. Sedangkan peta kontur yang dijana oleh algoritma menggunakan imej penderiaan jauh untuk memplotkan peta yang lebih jitu dan terperinci. Keadaan ini menunjukkan keupayaan menggunakan algoritma untuk menghasilkan peta pencemaran udara. Corak peta taburan pencemaran udara yang dijanakan dengan menggunakan algoritma adalah hampir serupa jika dibandingkan dengan corak peta yang diplotkan dengan menggunakan data permukaan sebenar.

Dalam kajian ini, imej daripada satelit juga digunakan dalam kajian ini. Jalur jarak gelombang cahaya nampak digunakan dalam pengukuran kualiti udara. Manakala jalur terma infra-merah juga digunakan dalam kajian ini bagi data satelit. Selain itu, imej udara yang diambil daripada sebuah kamera digital biasa digunakan dalam pengukuran kualiti udara. PM10 dan AOT telah dipilih sebagai parameter pencemaran udara bagi kajian ini. Kita mengkaji PM10 dalam kajian ini kerana dua sebab. Pertamanya, kita cuma mempunyai alat meter habuk yang dapat mengukur PM

yang bersaiz 10 μm ke bawah. Keduanya, PM yang saiznya lebih kecil, lebih banyak kawasan permukaan mereka ini boleh diserap masuk oleh bahan pencemaran yang lain. Selain itu, AOT dipilih adalah disebabkan oleh tidak terdapat kajian AOT sebegini di Malaysia yang telah lama menjadi satu operasi kajian kerja harian di Eropah.

Masalah yang kerap timbul ialah kesukaran mendapatkan imej satelit di rantau yang berhampiran dengan Khatulistiwa, disebabkan oleh litupan awan yang banyak. Oleh itu, imej kamera digital juga digunakan dalam kajian ini bagi pencemaran udara. Kaedah ini boleh dikatakan murah dan ekonomi. Ini disebabkan setiap kali satelit melalui kawasan kajian, kumpulan pengambilan data yang mengambil sampel permukaan mesti beroperasi. Tetapi ini belum menjamin imej satelit dapat diperolehi kerana ia bergantung kepada litupan awan. Ini bukan sahaja merugikan wang dan masa, malah tenaga manusia. Kaedah ini dengan menggunakan kamera digital tidak menghadapi masalah sedemikian imej diambil dari altitud yang rendah tanpa litupan awan. Di samping itu, masa perolehan imej udara adalah fleksibel dan boleh dirancang berbanding dengan satelit yang mempunyai kitaran yang tertentu sahaja. Justeru itu, pemetaan kualiti udara dapat dijalankan pada bila-bila masa sahaja. Sebaliknya, imej satelit tanpa litupan awan cuma dapat diperolehi pada masa dan waktu tertentu sahaja terutamanya di kawasan Khatulistiwa. Selain itu, peleraian ruang imej digital udara ini juga adalah jauh lebih tinggi daripada imej satelit (Lim, 2003). Ramai penyelidik menggunakan kamera digital dalam kajian mereka [Ellis dan Dodd, Nakada dan Chikatsu, Heier dan Hinz, White, et al., (2000), Mason, et al., (1997), Dean, et al., (2000), dan Levesque, dan King, (1999)]. Ia dipilih kerana imej yang telah diambil dapat diproses dengan cepat.

Di samping itu, kita juga memandangkan kepada peluang terhadap kamera digital yang merupakan pengambilan imej kenangan. Maka kita juga menguji kebolegunaan kamera digital bagi pengesanan udara. Kajian ini menguji keupayaan