

**PENGUMPULAN DAN PENGANALISAAN DATA
SINARAN SURIA MENGGUNAKAN
KOMPUTER**

SAHARA LUBIS

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA
1996**

MIKROFIS
4546

PENGHARGAAN

Ucapan terima kasih saya aturkan kepada Prof. Madya Dr. Kamarulazizi Ibrahim, sebagai penyelia utama yang telah memberi tunjuk ajar dan mengambil berat terhadap semua kegiatan sehinggalah dalam penulisan tesis ini.

Pendekatan yang akrab, ceria dan mendidik yang telah ditunjukkan selama penyelidikan ini dijalankan memberi makna dan rasa yang mendalam untuk diingati, sekali lagi hormat dan terima kasih.

Seterusnya ucapan terima kasih disampaikan kepada pentadbir Universiti Sains Malaysia, Institut Pengajian Siswazah, dan kepada Prof. Madya Dr. Abd. Aziz Tajuddin, Dekan, Pusat Pengajian Sains Fizik dan khas kepada Dato' Dr. Abdul Latiff Awang yang telah memberikan peluang kepada saya untuk mengikuti pendidikan ini.

Penghargaan yang tinggi kepada Universiti Sains Malaysia yang memberikan bantuan pembiayaan pendidikan atas kerjasamanya dengan Universiti Islam Sumatera Utara Medan. Juga terima kasih kepada Rektor dan Dekan Fakulti Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universiti Islam Sumatera Utara Medan atas semua sokongan yang diberikan.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pensyarah dan kakitangan Pusat Pengajian Sains Fizik terutama kepada En Badrul Hisham Mohd. Nowani dan En Mohd. Jamil Kassim yang telah banyak membantu bermula dari persiapan sehingga kajian-kajian dapat diselesaikan.

Juga tidak dilupakan terima kasih saya kepada Pengarah, Jabatan Kajicuaca Pulau Pinang yang telah memberikan kerjasama yang baik di dalam pengumpulan data.

Akhirnya, penghargaan dan terima kasih yang tak bertepi saya aturkan kepada suami tercinta Harris Mozasa serta anak-anak tersayang, Indra Mozasa, Bebyanna Mozasa, Wahyu Mozasa, Hanan Mozasa dan Shira Tahniah Mozasa. Sungguh di luar dugaan daya tahan yang luar biasa yang mereka tunjukkan selama ditinggalkan, telah membangkitkan semangat untuk dapat menyelesaikan pendidikan ini.

Untuk kedua ibunda, terima kasih atas semua doa yang tulus dan tiada putus, tak lupa kepada Allahyarham ayahanda tersayang, doa anakanda menyertaimu. Akhirnya, dengan Ridho Allah Subhanahu Wataala jua tesis yang kurang sempurna ini dapat diselesaikan.

Sahara Lubis
U.S.M., April 1996

ISI KANDUNGAN

	Muka surat
PENGHARGAAN	ii
SENARAI JADUAL	viii
SENARAI RAJAH	ix
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
1. PENGENALAN AM	1
1.1 Latarbelakang Penyelidikan	5
1.2 Tujuan dan Skop Penyelidikan	10
1.2.1 <i>Dari Segi Peralatan</i>	11
1.2.2 <i>Dari Segi Perisian</i>	11
1.2.3 <i>Dari Segi Data</i>	11
1.3 Keadaan Fizik Suria	12
1.4 Tenaga Dalam Biosfera	15
1.5 Pemalar Suria	16
1.6 Taburan Spektrum Sinaran Suria	19
1.6.1 <i>Suhu dan Jasad Hitam Suria</i>	21
1.6.2 <i>Sinaran Suria Pada Keadaan Langit Cerah</i>	23
1.7 Atenuasi Sinaran Suria Langsung	29
1.7.1 <i>Penyerapan Sinaran Suria Terus oleh Gas-Gas</i>	31

1.8	Pancaran Sinaran Langsung Pada Bumi	32
1.8.1	<i>Asal Sinaran Spektral Sebaran</i>	34
1.8.2	<i>Pancaran Spektrum Keseluruhan Pada Bumi</i>	37
1.8.3	<i>Sinaran Suria Pada Langit Berawan</i>	38
2.	GEOMETRI SINARAN SURIA	40
2.1	Pengantar	40
2.2	Maklumat-Maklumat Umum Bumi-Suria	40
2.2.1	<i>Spektrum Suria</i>	40
2.2.2	<i>Atenuasi Jisim Udara</i>	41
2.2.3	<i>Jarak Bumi-Suria</i>	43
2.2.4	<i>Pergerakan Bumi Serta Musim-Musim</i>	44
2.3	Geometri Suria	46
2.3.1	<i>Kesan Sudut Suria Pada Pengumpul</i>	46
2.3.2	<i>Sudut Bumi-Suria</i>	55
2.3.3	<i>Waktu Suria</i>	56
2.3.4	<i>Sudut-Sudut Permukaan Suria</i>	60
2.4	Sinaran Di Luar Atmosfera	63
2.5	Jenis-Jenis Sinaran Suria	64
3.	SISTEM PENGUMPULAN DATA	67
3.1	Pengenalan Am	67
3.2	Susunan Peralatan	68
3.3	Fungsi-Fungsi Peralatan	69

	Muka surat
3.3.1 <i>Pengukuran Sinaran Suria Keseluruhan</i>	69
3.3.2 <i>Sifat-Sifat Pyranometer</i>	70
3.3.3 <i>Ciri-Ciri</i>	71
3.3.3.1 <i>Kesan kosinus</i>	71
3.3.3.2 <i>Kesan azimut</i>	72
3.3.4 <i>Kalibrasi Pyranometer</i>	72
3.3.5 <i>Pyranometer Bergelang Tudung</i>	75
3.4 <i>Pemasangan Peralatan</i>	75
3.4.1 <i>Seleksi Tempat Pyranometer</i>	75
3.4.2 <i>Dawai Penghubung</i>	77
3.5 <i>Sistem PCI-20000</i>	77
3.5.1 <i>"Termination Panel"</i>	78
3.5.2 <i>"Carrier" dan Modul</i>	78
3.6 <i>Proses Pengumpulan Data</i>	79
3.6.1 <i>Komputer</i>	79
3.6.2 <i>Sistem PCI-20098C</i>	80
3.6.3 <i>Alat Tapak Pengatur</i>	81
3.6.4 <i>Komputer Kompatibel IBM PC XT</i>	81
3.7 <i>Susunan Perisian</i>	81
3.7.1 <i>Sistem PCI-20026S (Pemandu-Pemandu Perisian)</i>	84
4. KAJIAN MODEL-MODEL SINARAN SURIA KESELURUHAN PADA PERMUKAAN DATAR	94
4.1 <i>Pengenalan Am</i>	94
4.2 <i>Penggunaan Data Sinaran Suria</i>	95

4.3	Keputusan Penggunaan Data	96
4.4	Kaedah Ramalan	97
4.5	Korelasi Purata Harian Sinaran Keseluruhan Dengan Jangkla Sinaran Cera	97
4.6	Perkiraan Sinaran Sebaran	98
4.7	Perkiraan Sinaran Di Luar Atmosfera	99
4.8	Anggaran Sinaran Terbaur Harian Pada Permukaan Datar	100
4.9	Model-Model Sinaran Keseluruhan Pada Permukaan Datar	102
4.10	Model-Model Sinaran Suria Semasa	103
	4.10.1 Model Reitveld	103
	4.10.2 Model Page	104
	4.10.3 Model Clover & McCulloch	104
	4.10.4 Model Doniaux & Lamonie	105
4.11	Cadangan Persamaan Baru	105
	4.11.1 Analisa Data	107
4.12	Perbandingan Model-Model	109
	4.12.1 Kaedah Pengujian Statistik	112
	4.12.2 Keputusan	113
	4.12.3 Perbincangan	114
5.	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	115
5.1	Pengambilan Data Oleh Sistem Peralatan PCI-20000	115
5.2	Perbandingan Bagi Model-Model	117
5.3	Sistem Peralatan PCI-20000	119

	Muka surat
5.4 Kesimpulan Bagi Model-Model	120
6. KESIMPULAN	122
6.1 Cadangan Kerja Masa Depan	121
RUJUKAN	123

LAMPIRAN-LAMPIRAN:

Lampiran A: Pembahagian atmosfera bumi.

Lampiran B: Komposisi dan kepekatan sebenar unsur-unsur bagi udara bersih.

Lampiran C: Program komputer dan hasil data-data yang diukur.

SENARAI JADUAL

- Jadual 1.1: Pengkelasan sinaran suria mengikut jarak gelombang.
- Jadual 1.2: Purata nisbah percampuran tahunan, M (ppm) dan air terendap (μm) dalam lapisan-lapisan 2 km.
- Jadual 2.1: Taburan tenaga sinaran luar atmosfera mengikut julat jarak gelombang.
- Jadual 2.2: Faktor koreksi, esentrisiti, E_0 , untuk setiap hari dalam setahun.
- Jadual 2.3: Sudut deklinasi untuk setiap hari.
- Jadual 2.4: Sudut tuju untuk berbagai-bagai permukaan (δ).
- Jadual 3.1: Byte-byte untuk mewakili nombor byte yang lebih besar atau kuantiti-kuantiti yang lebih kompleks.
- Jadual 4.1a: Analisa regresi untuk kawasan Universiti Sains Malaysia pada tahun 1994.
- Jadual 4.1b: Purata sinaran keseluruhan, sinaran sebaran dan jangka sinaran suria pada permukaan mendatar untuk kawasan Bayan Lepas ($\text{MJ m}^2 \text{h}^{-1}$).
- Jadual 4.1c: Purata sinaran keseluruhan, sinaran sebaran dan jam cahaya suria pada permukaan mendatar untuk kawasan Universiti Sains Malaysia ($\text{MJ m}^2 \text{h}^{-1}$).
- Jadual 4.2a: Perbandingan purata sinaran keseluruhan seharian setiap bulan yang diukur dan dikira berdasarkan model-model yang telah digunakan untuk kawasan Bayan Lepas ($\text{MJ m}^2 \text{h}^{-1}$).
- Jadual 4.2b: Perbandingan purata sinaran keseluruhan seharian setiap bulan yang diukur dan dikira berdasarkan model-model yang telah digunakan untuk kawasan Universiti Sains Malaysia ($\text{MJ m}^2 \text{h}^{-1}$).
- Jadual 4.3a: Peratusan untuk model 1-5 yang menepati posisi tingkatan dengan nilai MBE yang mungkin.
- Jadual 4.3b: Peratusan untuk model 1-5 yang menepati posisi tingkatan dengan nilai RMSE yang mungkin.

SENARAI RAJAH DAN GRAF

- Rajah 1.1: Bola cahaya.
- Rajah 1.2: Gambaran bagi ukuran-ukuran sinaran suria daripada kapal angkasa Nimbus 7, bermula pada hari O (menegak) dan menambah arah ikut jam. Data untuk 1247 hari diplotkan, setiap jejari mewakili 27 hari (1404 hari untuk 360 darjah); pancaran dinyatakan sebagai jejari yang semakin menambah. Plot ini sumbangan daripada John R. Hickey, Eppley Laboratory, NASA dan NOAA/NESS: NASA/GSFC data, April 1982.
- Rajah 1.3: Spektrum sinaran suria nampak.
- Rajah 1.4: Perbandingan spektrum WRC dengan suria dianggap sebagai suatu jasad hitam pada 5777 K.
- Rajah 1.5: Pecahan kuasa emisi jasad hitam berbanding suria.
- Rajah 1.6: Perubahan oksigen dan nitrogen atmosfera dengan ketinggian.
- Rajah 1.7: Taburan bagi sinaran langsung, sebaran dan terserap.
- Rajah 1.8: Penyerakan sinaran elektromagnet. (a) Penyerakan Rayleigh dan (b) penyerakan Mie.
- Rajah 1.9: Pengenalan berbagai-bagai molekul.
- Rajah 1.10: Sinaran bagi spektrum normal langsung di bawah berbagai-bagai jumlah ozon.
- Rajah 1.11: Sinaran bagi spektral normal di bawah berbagai-bagai jumlah wap air.
- Rajah 1.12: Penyerakan berganda oleh molekul-molekul udara.
- Rajah 1.13: Penyerakan berganda oleh aerosol.
- Rajah 1.14: Sinaran langsung, sebaran dan sirkumsolar.
- Rajah 1.15: Sinaran spektral langsung, keseluruhan dan sebaran pada permukaan ufuk.

- Rajah 1.16: Sinaran suria langsung, sebaran dan keseluruhan.
- Rajah 1.17: Sinaran suria langsung, sebaran dan keseluruhan.
- Graf 2.1: Pancaran sinaran spektra suria dan contoh jasad hitam unggul lawan jarak gelombang.
- Rajah 2.1: Atenuasi jisim udara.
- Rajah 2.2: Bumi mengelilingi suria dalam setahun.
- Rajah 2.3: Perhubungan bim sinaran tuju dan suatu permukaan condong.
- Rajah 2.4: Hukum kosinus: kesan sudut suria terhadap jumlah insolasi memancar pada suatu pengumpul.
- Rajah 2.5: Ukuran-ukuran insolasi hari cerah pada suatu permukaan ufuk di Livermore, California (sudut ketinggian 37.5°) pada dua masa berbeza. Lengkung ini hampir fungsi kosinus.
- Rajah 2.6: Kegunaan sudut ketinggian dan sudut kecondongan untuk menyatakan kawasan satu titik pada bumi.
- Rajah 2.7: Kesan longitud pada sudut suria.
- Rajah 2.8: Kesan condongan pada pengumpul. Suatu pengumpul dicondongkan ke selatan pada suatu sudut β pada longitud ϕ mempunyai sudut tuju suria θ sama seperti suatu pengumpul ufuk pada longitud $(\phi - \beta)$.
- Rajah 2.9: Lintasan suria melintasi langit. (a), (b) dan (c) menunjukkan lintasan suria pada longitud berlainan, (d) ialah pandangan sisi lintasan suria dan (e) ialah pandangan plan yang mengasaskan carta lintasan suria seperti ditunjukkan dalam (f). (d), (e) dan (f) dari Solar Dwelling Design Concepts, Washington, D.C., 1976.
- Rajah 2.10: Sudut deklinasi.
- Rajah 2.11: Garisan Bujur dan Garisan Jadi untuk Semenanjung Malaysia.
- Rajah 2.12: Sudut-sudut permukaan suria (δ).
- Rajah 3.1: Skematik keseluruhan peralatan.
- Rajah 3.2: Pyranometer.

- Rajah 3.3: Keamatan Pyranometer sebagai fungsi sudut tuju kesan kosinus.
- Rajah 3.4: Kaedah kalibrasi.
- Rajah 3.5: Pyranometer bergelang tudung.
- Rajah 3.6: Pengubah analog digital.
- Rajah 3.7: Sistem PCI-20000.
- Rajah 3.8: Aturcara menjalankan Sistem PCI-20000.
- Rajah 3.9: Aturcara memulakan program dengan program aplikasi.
- Rajah 3.10: Aturcara mula memilih menu utama.
- Rajah 3.11: Aturcara pengumpulan data bermula dan berakhir.
- Rajah 3.12: Aturcara mencetak data.
- Graf 4.1: Perubahan sinaran terbaur harian sebagai fungsi indeks kecerahan.

ABSTRAK

Kebanyakan pengukuran sinaran suria kini dijalankan secara manual, yang melibatkan banyak kerja yang rumit, sehingga perlu dijalankan dengan bantuan komputer selaras dengan zaman teknologi komputer yang sedang berkembang dengan pesat.

Kajian ini bertujuan untuk memudahkan kerja-kerja pengumpulan dan pemprosesan data sinaran suria keseluruhan yang seterusnya digunakan untuk mencadangkan suatu persamaan yang bersesuaian untuk Negeri Pulau Pinang.

Suatu sistem pengubah analog ke digital yang cekap dikenali sebagai sistem PCI-20000 digunakan untuk mengukur data sinaran suria dan data kaji iklim melalui Pyranometer Model Kipp & Zonen. Isyarat-isyarat input analog dari Pyranometer dihantar kepada sistem peralatan PCI-20000 yang berhubungan terus dengan komputer peribadi.

Suatu program aplikasi dalam bahasa Quick Basic 4.5 telah direkabentuk untuk mengoperasikan sistem peralatan PCI-20000 supaya dapat mengumpul dan memproses data-data sinaran suria keseluruhan. Data-data yang terkumpul tersebut telah dibandingkan dengan data-data daripada lima model yang dipilih.

Suatu persamaan baru telah dicadangkan berasaskan kepada korelasi Angstrom. Hasil-hasil perbandingan daripada keseluruhan model menunjukkan bahawa persamaan baru tersebut adalah bersesuaian untuk Negeri Pulau Pinang.

THE COLLECTION AND ANALYSIS OF SOLAR RADIATION DATA USING COMPUTER

ABSTRACT

Most measurement of solar radiation at present are performed manually, which involved a lot of complicated works, so that there is a need for computer application especially in this advancing technological era.

The objective of this study is to ease the works of collection and processing data on global solar radiation which can be used to determine a reference equation suitable for Penang.

An efficient system of analog to digital converter known as PCI-20000 is used to measure the solar radiation data and the meteorological data through a Pyranometer made by Kipp & Zonen. Analog input signal from the Pyranometer is continuously transmitted to the PCI-20000 apparatus system which is connected to a personal computer.

An application program based on Quick Basic 4.5 language has been developed to operate using the PCI-20000 apparatus to collect and to process the solar radiation data. The collected data are compared with the data from five chosen radiation models.

A new radiation equation has been suggested based on Angstrom correlation. Comparative studies of models indicate that the new suggested model is suitable for Penang.

BAB 1

Pengenalan AM

Sinaran suria merupakan suatu bentuk tenaga dan selalu digunakan di dalam penghidupan sehari-hari. Berbagai-bagai barangan yang menggunakan tenaganya telah dihasilkan yang bukan sahaja tertumpu kepada penggunaan biasa, malah telah menuju ke bidang lain seperti dalam bidang sains, bangunan, elektronik dan sebagainya. Namun begitu penyelidikan ke atasnya masih berterusan sehingga ke hari ini. Teknologi suria telah berkembang sejak 541 tahun yang lalu bermula pada abad ke-17 sehingga abad ke-21.

Keistimewaan yang dimiliki oleh suria menyebabkan semakin ramai saintis memberikan tumpuan yang mendalam terhadapnya. Ahli-ahli kajian tenaga dan sains lainnya amat meminati untuk menyelidiki penggunaan sinaran suria dan merekabentuk peralatannya untuk memudahkan sistem pengumpulan sinaran suria. Mereka mendapati bahawa tenaga peralihan akan timbul setelah terjadinya krisis tenaga. Memandangkan kepada ini para saintis telah memanfaatkan sinaran suria dengan menggunakan peralatan yang berteknologi tinggi, dengan teknologi yang semakin maju, sinaran suria dapat dikesan lebih cepat.

Selama ini kebanyakan penyelidikan yang dilakukan adalah tertumpu kepada peralatan yang dapat memanfaatkan tenaganya secara langsung, memandangkan kepada ini, maka penulis ingin menumpukan penyelidikan ke atas kebolehpercayaan sistem Personal Computer Inteligen PCI-20000 dengan tujuan bagi mengkaji model-model sinaran matahari yang bersesuaian untuk kawasan Pulau Pinang.

Seiring dengan kemajuan teknologi yang senantiasa bergerak maju, kesedaran manusia tentang manfaat dan kemudaran daripada kemajuan teknologi itu sendiri juga semakin besar. Adalah sudah menjadi tujuan manusia untuk memanfaatkan teknologi itu sebesar-besarnya dan mengurangi akibat negatifnya sampai sekecil-kecilnya. Contoh kemajuan yang mempunyai manfaat yang besar adalah teknologi tenaga suria. Banyak manfaat tenaga suria yang telah digunakan oleh manusia, misalnya dalam penjana tenaga elektrik, penyelidikan sains dan teknologi, pertanian, bangunan dan sebagainya.

Pengetahuan tentang jumlah sinaran yang tiba di permukaan bumi, jumlah yang wujud serta perubahannya mengikut musim-musim di suatu tempat adalah perlu untuk mengkaji potensi penggunaan tenaga suria.

Mengingat pentingnya tenaga suria di dunia [Chuah, D.G.S dan Lee. S.L. (1980)] dan juga untuk maksud-maksud penyelidikan lanjut, maka diciptakan alat-alat pengesan sinaran suria. Beberapa contoh alat pengesan tersebut adalah: Pyranometer, Aktinometer, Pyheliometer, Solarimeter, Sun duration meter dan sebagainya. Salah satu pengesan sinaran suria yang boleh dikatakan selalu digunakan adalah Pyranometer CM 11 Kipp & Zonen.

Seperti yang diketahui kajian pengumpulan data sinaran suria telah banyak dijalankan di negara-negara membangun, bagaimanapun dalam kajiannya kerja-kerja harian dalam pengumpulan data dijalankan secara manual. Oleh itu untuk memudahkan kerja-kerja harian tersebut salah satu alat yang cepat, cekap dan tanggap adalah dengan menggunakan komputer mikro.

Pengetahuan tentang sinaran suria pada permukaan mendatar sangat diperlukan. Data yang diperlukan sekali-sekala tidak tersedia dan biasanya dikira berasaskan nilai yang berhubungan pada permukaan itu. Dalam kajian ini, Pyranometer CM 11 Kipp & Zonen digunakan untuk mengesan pancaran sinaran suria keseluruhan yang jatuh kepadanya dan seterusnya pancaran sinaran suria ditukarkan kepada isyarat-isyarat analog ke digital dalam bentuk bezaupaya. Pyranometer Kipp & Zonen berfungsi atas prinsip termoelektrik oleh pengesan termal dalam pyranometer dan seterusnya dihantarkan ke komputer melalui sistem peralatan PCI- 20000.

Sistem peralatan PCI-20000 terdiri daripada 4 komponen utama, iaitu "Termination Panel", "Modul dan Carrier" dan pemandu-pemandu perisian PCI-20026S yang menyediakan bahasa sokongan Q.Basic dan bahasa penterjemah untuk sistem PCI-20000. Sistem ini membolehkan program aplikasi (Q.Basic) mengarah pemandu-pemandu perisian dan seterusnya berkomunikasi secara tidak langsung dengan sistem peralatan PCI-20000 bagi melakukan kerja-kerja pengumpulan data.

Di Universiti Sains Malaysia dan juga beberapa stesen lain ada mengukur sinaran suria keseluruhan pada permukaan mendatar yang berasaskan kepada komponen sinaran sebaran, langsung dan indeks kecerahan (jangka sinaran suria).

Dalam kajian ini beberapa model yang terdapat pada masa ini akan dikaji kesesuaiannya berdasarkan data-data sinaran suria untuk Pulau Pinang.

Di Universiti Sains Malaysia banyak kajian pengumpulan data sinaran suria telah dilaksanakan [Chuah, D.G.S. dan Lee, S.L. (1982)], bagaimanapun dalam kajian beliau, kerja-kerja pengumpulan data serta pemprosesan data dijalankan secara manual. Oleh kerana peralatan dalam pengumpulan data ini sangat diperlukan, maka sistem PCI-20000 ini sangat baik ditempatkan pada tempat-tempat yang layak digunakan.

Sebagai perbandingan sedikit maklumat mengenai sistem Personal Computer Inteligen 20000 diperolehi daripada hasil kajian Sodha, M.S.R., et al. (1991) sedangkan perbandingan kepada model-model sinarannya diperolehi daripada hasil kajian Jayakumaran, N., et al. (1992), Parangtopo, Sasmito, A., et. al. (1987) dan Jain, P.C. (1990).

Disertasi ini mengemuakan kajian-kajian di atas serta hasilnya. Secara keseluruhan, penyelidikan ini terbahagi kepada 6 bab. Bab 1 akan menerangkan mengenai sejarah penerapan tenaga suria serta keadaan fiziknya. Sinaran suria dan maklumat-maklumat umum bumi-suria diterangkan dalam Bab 2. Bab 3 akan menerangkan sistem-sistem pengumpulan data, Bab 4 akan menerangkan model-model sinaran suria pada permukaan datar, manakala bab 5 akan merumuskan hasil-hasil

kajian keseluruhan dan perbincangan dan bab 6 akan memberikan kesimpulan keseluruhan kajian.

1.1 Latarbelakang Penyelidikan

Sejarah tenaga suria bermula pada suatu sesi yang suram di zaman prasejarah, mungkin pada zaman yang dinamakan 'Era Lembaran-Tanah Liat' di Mesopotamia, iaitu ketika pendeta wanita kerajaan menggunakan tabung-tabung yang dilapisi emas untuk menyalakan api pada altar. 'Patung-patung sounding' dari zaman Amenkhotep III (1415-1419 S.M.) di Mesir [Anderson, E.E. (1983)] sebagai penyebab pemanas udara oleh sinar suria yang jatuh pada permukaan patung-patung itu pada saat suhu naik. Veinberg juga menyebutkan bahawa nyanyian daripada burung-burung buatan yang ada pada makam Zari Memon adalah disebabkan oleh cahaya suria pada pagi hari. Cerita-cerita mengenai peralatan yang berhubungan dengan solar ini telah menimbulkan banyak pembicaraan di abad pertengahan.

Tahun 1920-an merupakan jangka masa yang tidak begitu menghairahkan bagi tenaga suria. Mungkin kerana setiap orang menumpukan perhatiannya kepada aspek-aspek lain yang lebih menarik dan abad ini juga sangat sulit. Namun demikian, tahun 1920-an juga memberi suatu perkembangan [Anderson, E.E. (1983)] di bidang tenaga suria. Pertama kalinya pada tahun 1905 Abbot mempelajari bidang suria dan dari masa ke masa mengadakan hubungan rapat dengan beberapa ilmiuan seperti Eneas dan Willies.

Tahun 1930-an menampakkan suatu peningkatan cukup bermakna di bidang tenaga suria, tetapi penerapannya berbeza daripada sebelumnya. Pada jangkamasa ini terjadi tekanan ekonomi keseluruhan. Di tahun 30-an ini dapat dilihat beberapa orang yang berfikir dan berangan-angan di mana cuba mencari jalan untuk mendapatkan tenaga yang percuma.

Untuk mengkaji potensi penggunaan tenaga suria, pengetahuan tentang jumlah sinaran yang tiba di permukaan bumi, jumlah yang wujud di permukaan bumi serta perubahannya mengikut musim di sesuatu tempat adalah perlu.

Sinaran suria adalah pancaran tenaga oleh suria dalam bentuk gelombang-gelombang elektromagnet. Sinaran suria adalah sumber tenaga yang utama di bumi dan dapat digunakan sebagai perubahan iklim di bumi. Jadi, tenaga yang lazim digunakan seperti tenaga fosil dan tenaga air diturunkan daripada tenaga suria secara tidak langsung. Kajian-kajian tentang tenaga suria pada masa ini ditumpukan kepada pemakaian langsung sinaran suria menjadi bentuk-bentuk tenaga yang berguna untuk pemakaian langsung.

Untuk merancang dan mempelajari peralatan yang lazim digunakan untuk penukaran tenaga suria, suatu pengetahuan yang mendalam mengenai sinaran suria yang sampai ke permukaan bumi, kegunaannya serta perubahan musim pada suatu tempat adalah sangat penting. Keterangan seperti ini juga dipakai dalam kajian ilmu lain seperti pertanian dan perancang bangunan-bangunan.

Dunia memasuki jangkamasa tak menentu sejak dimulainya Perang Dunia Ke-II, dan pelajaran tentang masalah yang demikian sebagai bahan penyokong untuk sistem tenaga suria, dikesampingkan sampai pertengahan dekad ini, ketika persoalan itu digantikan dengan harapan baru dan kemenangan sebagai akhir daripada batasan pemunculan ilmu pengetahuan di tahun 1945. Sehingga ke abad 21 ini, tenaga suria akan menjadi sumber tenaga yang utama.

Dalam beberapa tahun kemudiannya, penyelidikan-penyelidikan dilakukan di negara-negara lain dan kemudahan-kemudahan telah pun disediakan untuk mengajar mengenali teknologi tenaga suria dan kini penyelidikan ke atasnya masih berterusan hingga ke hari ini.

Peluang penyelidikan yang luas mengenai sinaran suria menyebabkan penggunaan komputer mikro sebagai salah satu sistem teknologi yang paling tepat untuk digunakan. Dengan teknologi yang semakin meluas, pemanfaatan tenaga suria semakin banyak dikaji, kerana tenaga suria boleh digunakan untuk berbagai-bagai bidang ilmu [Chuah D.G.S., et al. (1982)]. Semua proses tenaga suria memerlukan suatu pengetahuan tentang kedapatan sinaran suria pada kawasan tersebut walaupun intensiti sinaran suria di luar atmosfera bumi dapat ditentukan.

Pentingnya perhitungan sinaran suria tidak dapat diberikan dengan keterangan yang berlebihan, namun dengan penggunaan tenaga suria yang semakin meluas untuk memperoleh berbagai-bagai keadaan yang mungkin boleh mempengaruhi tingkat ketelitian data yang diperolehi. Misalnya penggunaan data sinaran suria pada permukaan mendatar di tempat-tempat yang berbeza keadaan iklimnya, kerana pengaruh iklim

seperti suhu, kelembapan udara, kecepatan angin perlu diperhitungkan. Perkiraan sinaran suria pada permukaan mendatar di mana keadaan langit berawan telah banyak dikembangkan [Chuah, D.G.S. dan Lee, S.L. (1984)] yang akan digunakan untuk:

- (a) perancang terma suria dan alat fotovoltai .
- (b) menghitung penerimaan panas sinar suria di bangunan-bangunan.
- (c) menghitung hilangnya pengwapan air yang digunakan untuk irigasi dan lain-lainnya.

Sinaran suria telah dirancang untuk menghitung parameter-parameter berupa:

- (a) waktu suria, sudut deklinasi, sudut zenit, jam sinar suria dan panjang siang.
- (b) menghitung purata bulanan harian dan nilai-nilai per jam daripada sinaran keseluruhan, sebaran, langsung pada permukaan mendatar.
- (c) secara statistik, menghuraikan nilai-nilai dan model-model sinaran keseluruhan selama satu bulan dengan mengetahui purata harian sinaran suria keseluruhan.

Menurut kepentingannya, sinaran suria, angin dan data kaji iklim adalah untuk merekabentuk dan menentukan kecekapan daripada operasi suria [Guzzi, R. dan Justus, C.G. (1986)]. Perbandingan dengan data kaji iklim yang lain, data sinaran suria keseluruhan, sebaran dan alur sinaran, tempoh sinaran dan sebagainya merupakan pembolehubah yang paling

kurang diukur di sebarang kawasan di seluruh dunia. Oleh itu kehilangan data yang sebegini akan mengakibatkan seseorang itu memperihalkan beberapa model [Sayigh, A.A. (1977)]. Alat pencatat sinaran suria yang automatik iaitu Pyranometer yang terdapat di pasaran Kipp & Zonen (9001), tetapi informasi data terpaksa dimasukkan melalui kiriman dari stesen induk. Dalam penyelidikan sistem pengumpulan data, maka penulisan tesis ini adalah untuk memahami keberkesanan sistem pengumpul sinaran suria PCI-20000, dari unit medan ke atas suatu komputer peribadi. Sistem PCI-20000 (dengan jaringan) adalah praktikal dan mempunyai kesan harga di samping perkembangannya terkini. Pada masa depan, perkembangan saluran akibat perkembangan daripada penggunaan pembolehubah analog ke digital. Ia mempunyai resolusi sebanyak 12 bit dan boleh menganggarkan nilai purata kedudukan asal (diukur pada selang masa yang tetap dan cukup) untuk jangka masa yang ditetapkan sebelum nilai simpanan untuk setiap nilai saluran dalam komputer.

Sistem ini mempunyai isyarat bersyarat yang diperbuat khas untuk suhu dalam darjah celsius, sebagai pampasan dalam fotokonduktor arus gelap dan untuk pengukuran arus litarpintas dalam sel fotovoltai . Suatu 'pengubah analog ke digital (ADC) dengan resolusi sebanyak 12 bit, 2 polariti yang digunakan untuk menukar informasi analog kepada bentuk digital. Pada sistem PCI-20000 ADC disetkan pada input analog yang minimum -5V dan maksimum +5V dengan resolusi sebanyak 1 mV. Input analog (ADC) dimasukkan dari amplifier ke sampel, ia menyimpan apabila diarahkan oleh nilai proses spontan pada input, dan menahan sampel

sehingga ditukarkan kepada bentuk digital selesai dan perhubungan digit ke dalam komputer untuk mendapatkan analisa dan rekabentuk yang lebih bererti.

Pada tahun kebelakangan ini, alat automatik yang berkuasa tinggi telah mulai diperkenalkan, iaitu satu sistem komputer mikro yang mengumpul dan memaparkan data sinaran suria. Komputer peribadi telah dipergunakan untuk merakam sinaran suria, angin, suhu dan data klimatologi secara automatik pada suatu kawasan.

Dalam kajian ini suatu pencapaian terbaharu dan mudah untuk melaksanakannya adalah sistem Personal Computer Inteligen 20000 boleh mengukur sinaran suria, suhu dan data kaji iklim lainnya setiap jam. Sistem ini mempunyai 16 saluran single ended dan 32 saluran yang berbeza yang dihubungkan dengan komputer. Perincian selanjutnya dapat dilihat pada bab berikutnya.

1.2 Tujuan dan Skop Penyelidikan

Pengetahuan yang memadai dari sejumlah sinaran keseluruhan, sinaran terbaaur, dan jangka sinaran suria pada suatu tempat sangat diperlukan, terutama kepada pelbagai aplikasi tenaga suria. Kerana sistem peralatan dalam pengukuran sinaran suria ini amatlah diperlukan, berbagai-bagai usaha akan dilakukan untuk mendapatkan sistem dokumentasi data yang baik.

Dalam kajian ini penulis membahagi kepada tiga bahagian kaedah yang penting yang akan digunakan untuk mencapai tujuan ini. Bahagian-bahagian tersebut adalah:

1.2.1 Dari Segi Peralatan

Untuk memahami kebolehpercayaan sistem Personal Komputer Inteligen 20000 (PCI-20000) yang boleh digunakan sebagai pengubah analog ke digital (ADC) dan boleh dihubungkan ke komputer untuk pemproses pengukuran data sinaran suria keseluruhan, serta parameter kaji iklim. Sistem yang mempunyai 16 saluran input diferensial dan 8 saluran input single ended yang boleh digunakan.

1.2.2 Dari Segi Perisian

Untuk membolehkan sistem PCI-20000 melakukan kerja-kerja pengumpulan data, maka suatu perisian yang menggunakan program paked bahasa sokongan Q.Basic tingkat tinggi telah dibangunkan oleh penulis.

1.2.3 Dari Segi Data

Data-data yang telah didapati dari hasil pengukuran, dianalisa untuk membandingkan model-model sinaran keseluruhan, dan mencadangkan suatu model yang baru yang bersesuaian untuk kawasan tropik.

Pengetahuan yang memadai daripada jumlah sinaran keseluruhan sebaran dan jangka sinaran suria untuk setiap tempat sangat diperlukan, terutama kepada pelbagai aplikasi tenaga suria. Kerananya peralatan dalam mengukur sinaran ini sangat diperlukan, untuk hal ini pelbagai usaha telah dilakukan. Sejumlah kaedah telah digunakan untuk mencapai

tujuan ini. Salah satu metod tersebut digunakan dalam bentuk atmosfera yang dapat diukur seperti jangka sinaran suria, tingkat kelembapan relatif dan pengaruh suhu.

Usaha-usaha yang pertama dilakukan adalah mengekstimasi sinaran suria keseluruhan yang sangat dikenal dengan penggunaan korelasi Angstrom. Di antara sinaran keseluruhan sinaran sebaran juga menggunakan keadaan-keadaan sinaran suria yang cerah dan masa penggunaan waktu suria cerah. Jangkaan menganggarkan model-model sinaran ini berasaskan kepada hasil kajian yang telah dijalankan oleh para ahli fizik seperti apa yang telah disebutkan pada Bahagian 1.7.

1.3 Keadaan Fizik Suria

Suria adalah salah satu bintang yang paling penting di dalam tata suria kerana ia merupakan sumber cahaya dan panas (tenaga) utama bagi bumi [Chuah, D.G.S. dan Lee, S.L. (1984)]. Tenaga sinarannya adalah tenaga tunggal yang mempengaruhi gerakan-gerakan atmosfera dan iklim setempat. Suria adalah satu jasad gas yang terdiri daripada hidrogen dan helium. Struktur fiziknya boleh dibahagikan kepada beberapa rantau iaitu teras, pedalaman, fotosfera, lapisan pembalikan, kromosfera dan korona. Kawasan yang paling dalam merupakan bahagian matahari yang paling panas dan tumpat. Suhu teras adalah dari 1.5×10^7 K hingga 4.0×10^7 K dan gas-gasnya termampat pada ketumpatan $100\text{-}150 \text{ g/cm}^3$. Di luar teras ialah rantau pedalaman yang mengandungi semua jisim suria. Rantau teras dan pedalaman digambarkan sebagai reaktor nukleus raksasa dan

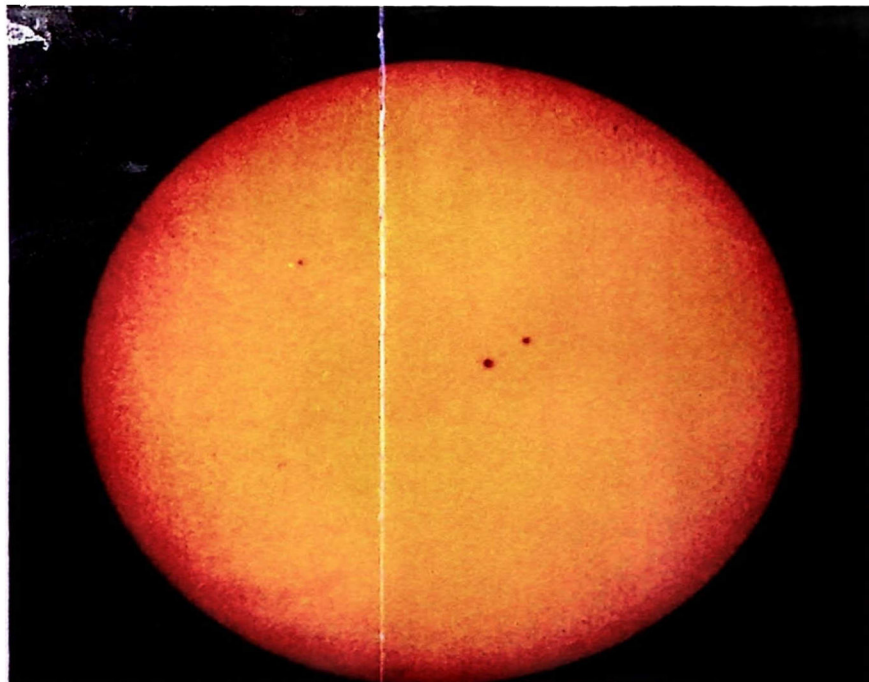
menjadi sumber bagi hampir kesemua tenaganya. Tenaga ini dihantarkan ke rantau luar melalui proses penyinaran.

Bahagian yang terlihat oleh mata kita dikenali sebagai fotosfera. Permukaan fotosfera merupakan sumber bagi kebanyakan sinar nampak yang sampai pada permukaan bumi. Ia terdiri daripada gas-gas tak homogen berketumpatan sangat rendah yang membentuk butiran-butiran dan tompokan-tompokan suria. Suhu dalam kawasan ini adalah 40000-60000 K. Berdekatan dengan fotosfera ialah lapisan pembalikan. Lapisan ini mengandungi wap-wap bagi hampir kesemua elemen kerak bumi. Di luarnya berkembang melalui suatu jarak hampir 25000 km ialah kromosfera bersama lapisan pembalikan membentuk lapisan atmosfera suria terutamanya terdiri daripada gas hidrogen dan helium, boleh dilihat dengan mata semasa gerhana suria. Suhu kromosfera adalah beberapa kali lebih tinggi daripada fotosfera. Bahagian suria paling luar dikenali sebagai korona dan terdiri daripada gas-gas yang sangat tipis yang dikenali sebagai angin-angin suria.

Seperti yang telah diperlihatkan daripada penerangan di atas, suria tidak mempunyai saiz tetap [Dickinson, W.C., et al. (1980)]. Untuk tujuan pengiraan, diameternya dianggap bernilai kira-kira 1.39×10^6 km. Jisim suria hampir 2.0×10^{30} kg. Ini adalah lebih berat daripada jisim bumi dengan faktor hampir 330,000 kg. Kadar jumlah bagi tenaga output daripada suria ialah 3.84×10^8 kW. Pada jarak purata bumi-suria 1UA, bumi memintas hampir satu bahagian daripada 2000 juta tenaga ini (jarak

purata suria-bumi dikenali sebagai 1 unit astronomik: $1\text{UA} = 1.496 \times 10^8$ km). Kebanyakan tenaga yang dihasilkan dalam relau pelakuran suria dipancarkan secara jejarian sebagai sinaran elektromagnet yang dikenali sebagai sinaran suria atau tenaga suria

Suria memancarkan cahayanya pada suatu suhu permukaan berkesan hampir 5800 K. Terdapat juga suatu jumlah kecil secara relatif tenaga yang tiba di bumi melalui proses konduksi dan perolakan daripada suria. Kedua-dua proses ini hanya menyumbangkan kurang daripada 1 per sejuta tenaga yang dipancarkan daripada suria.



Rajah 1.1: Bola cahaya Beazley (1970).

1.4 Tenaga Dalam Biosfera

Biosfera bumi menerima tenaga secara semulajadi daripada 3 sumber:

- (a) Sinaran suria terpintas.
- (b) Tenaga termal daripada bahagian dalam bumi.
- (c) Tenaga pasang surut akibat daripada interaksi di antara lautan dan putaran bumi.

Sinaran suria yang diterima pada puncak atmosfera bumi ialah hampir 1.743×10^{14} kW. Haba daripada permukaan dalam bumi hampir 32 billion kW dan sumber-sumber pasang-surut hanya menyumbang 3 billion kW.

Di bawah ini adalah peratusan setiap sumber tenaga semulajadi yang menyumbangkan kepada jumlah tenaga yang wujud:

Sinaran suria	99.98%
Haba dalaman	0.018%
Tenaga pasang-surut	0.002%

Relau pelakuran raksasa suria memancarkan sinaran elektromagnet, akibat daripada pelakuran. 140 trilion ton jisimnya setiap tahun. Setiap saat 4 juta ton hidrogen ditukarkan ke helium dan hasil sinaran yang tersisa berjumlah sebanyak 3.84×10^{23} kW dikeluarkan berterusan.

Vincent McKelvey Boer, K. dan Duffi, J.A. (1982) telah membentuk istilah SERRY untuk tenaga suria yang diterima setiap tahun. Ia adalah 1.5×10^{15} mWh nilai sinaran suria yang tiba di luar atmosfera bumi dalam

masa satu tahun. Menurut McKelvey, 1 SERRY ialah 28000 kali tenaga suria digunakan dalam masa satu tahun.

Sinaran suria yang diterima atmosfera di luar bumi, hampir 35% dipantulkan balik ke angkasa sebagai sinaran gelombang pendek, hampir 20% diserap oleh unsur-unsur atmosfera; hanya 45% yang tiba di permukaan bumi. Sinar-X, γ dan sinaran berjarak gelombang sangat pendek diserap dengan banyak dalam ionosfera oleh oksigen. Sinaran berjarak gelombang sehingga ke $2900\text{\AA}$ diserap oleh ozon. Hanya sinaran dengan jarak gelombang panjang lebih daripada $2900\text{\AA}$ dapat melalui atmosfera yang mengalami proses-proses penyerakan dan penyerapan.

Terdapat 2 proses sangat penting dalam biosfera yang menggunakan sinaran suria, sistem pemanasan atmosfera dan lautan serta pengahsian tumbuh-tumbuhan. 370 billion kW digunakan untuk proses pertama dan 40 billion kW diserap oleh kloropil dalam proses fotosintesis dan tumbuh-tumbuhan hijau. Kedua-dua proses ini hanya 0.4% daripada sinaran suria yang tiba pada permukaan bumi.

1.5 Pemalar Suria

Jumlah tenaga suria pada semua jarak gelombang diterima per unit masa per unit luas kawasan terdedah serenjang kepada sinaran suria pada jarak purata suria-bumi (1UA) dikenali sebagai pemalar suria [Iqbal, M. (1983)]. Kuantiti ini sukar diukur daripada permukaan bumi kerana ketidaktentuan dalam pembetulan sinaran yang diperhatikan akibat kesan-kesan atmosfera. Pengukuran daripada satelit mengatasi kesukaran ini, tetapi ia memperkenalkan ketaktentuan bagi kalibrasi mutlak. Pemalar

Jumlah tenaga suria pada semua jarak gelombang diterima per unit masa per unit luas kawasan terdedah seranjang kepada sinaran suria pada jarak purata suria-bumi (1UA) dikenali sebagai pemalar suria [Iqbal, M. (1983)]. Kuantiti ini sukar diukur daripada permukaan bumi kerana ketidaktentuan dalam pembetulan sinaran yang diperhatikan akibat kesan-kesan atmosfera. Pengukuran daripada satelit mengatasi kesukaran ini, tetapi ia memperkenalkan ketaktentuan bagi kalibrasi mutlak. Pemalar suria bukan suatu pemalar sebenar tetapi berubah beberapa bahagian per sepuluh peratus (0.1%) selepas tempoh masa beberapa tahun. Pada masa ini pengukuran pada ketinggian telah dijalankan dengan menggunakan kapal angkasa, belon dan pengesan-pengesan angkasa, di mana pembetulan untuk atenuasi atmosfera sangat kecil. Pyrheliometer yang menyatukan tenaga semua jarak gelombang selalu digunakan. Kejituan mutlak yang pernah dicapai dengan peralatan ini ialah hampir $\pm 0.3\%$. Thekaekara menyenaraikan nilai bagi pemalar suria. Nilai-nilai pada permukaan bumi adalah lebih tinggi daripada yang dilaporkan daripada ukuran-ukuran ketinggian secara tetap dari permukaan bumi [Thekaekara, M.P. (1973)]. Nilai bagi pemalar daripada ukuran-ukuran ketinggian berubah dari 1338 ke 1369 Wm^{-2} . Nilai NASA (The National Aeronautics and Space Administration) bagi pemalar suria berdasarkan suatu purata pemberat beberapa nilai adalah

$$I_{sc} = 1353 \text{ Wm}^{-2}$$

Ralat dijangka adalah $\pm 21 \text{ Wm}^{-2}$ atau $\pm 1.5\%$. Nilai ini diterima dalam tahun 1971, dikenali sebagai piawaian rancangan NASA dan berdasarkan kepada

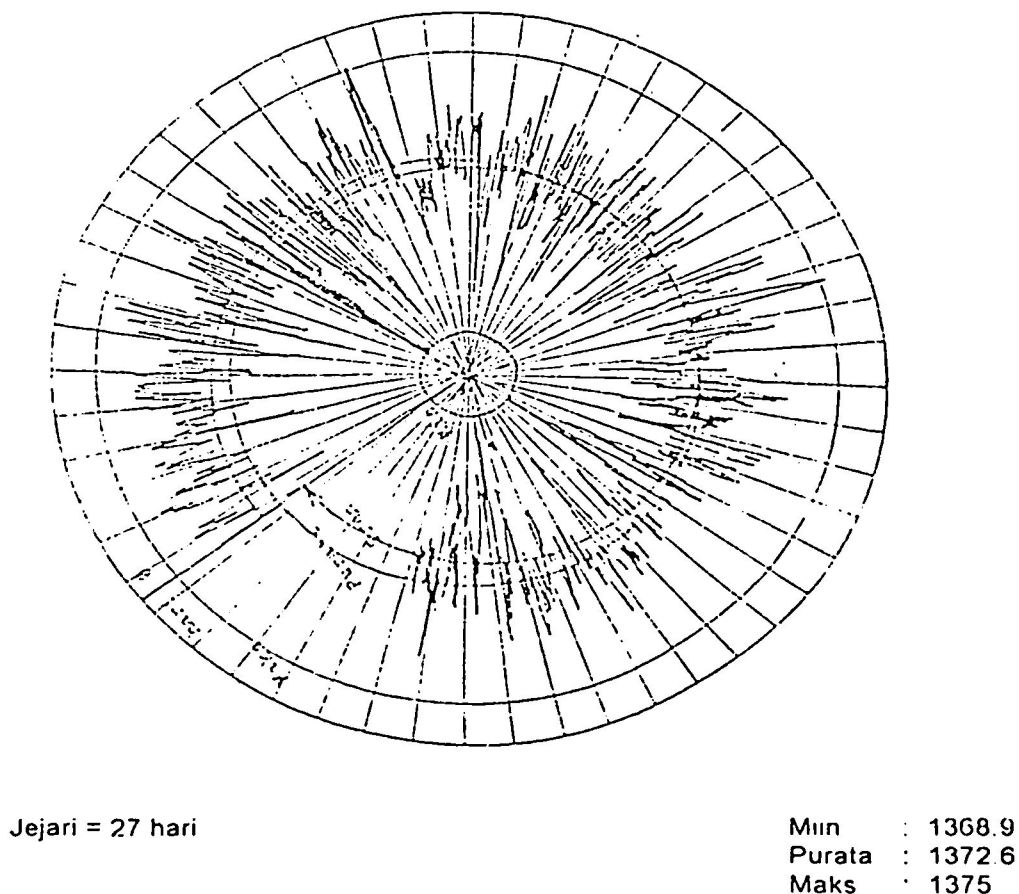
Dengan sisihan piawai 1.6 Wm^{-2} dan sisihan terbesar 7 Wm^{-2} , "Commission for Instrument and Methods of Observation" pada bulan Oktober 1981 telah bersetuju menerima nilai pemalar suria WRC (World Radiation Center) ini untuk tujuan-tujuan meteorologi. Perbezaan di antara piawaian rancangan NASA dan nilai WRC hanya 1%. Pada tahun 1982, dua eksperimen menentukan pemalar suria telah dijalankan iaitu melalui kapal angkasa Nimbus [Hickey, J.R., et al. (1982)] dan kapal angkasa Solar Maximum Mission. Nilai-nilai yang mereka dapati untuk pemalar suria ialah 1372.6 Wm^{-2} dan 1368.31 Wm^{-2} masing-masing berbeza hanya kira-kira 0.3%. Kedua-dua eksperimen ini menunjukkan terdapat perubahan, melalui tempoh masa dalam tertib harian, sekitar nilai purata, yang mana melebihi 0.2% nilai purata. Kedua-dua eksperimen ini juga menyatakan kecenderungan mengurang bagi pemalar suria yang melebihi 0.015% setiap tahun. Bagaimanapun, ukuran ini didapati untuk masa hanya 2 ke 3 tahun sahaja, masih tidak diketahui sehingga bila ini akan dijangkakan berterusan. Satu gambaran data ini ditunjukkan dalam Rajah 1.2.

Eksperimen ini penting kerana kajian ini mula menghubungkan perubahan sinaran suria dengan kesan-kesan pada iklim di permukaan bumi [Evans, J.R. (1982)]. Pengukuran-pengukuran jenis ini akhirnya boleh menjadi sumber utama bagi maklumat untuk peramal-peramal cuaca.

1.6 Taburan Spektrum Sinaran Suria

Spektrum suria pada keadaan langit tak berawan bermula dari gelombang radio hingga ke sinar- γ [Solar, A. (1990)]. Wujud perubahan kira-kira 27 tertib magnitud antara tenaga dikeluarkan pada jarak gelombang radio 10 m daripada bahagian nampak spektrum ini, dan 89% tenaga dalam sinaran suria terletak di antara $0.25\ \mu\text{m}$ hingga $3.0\ \mu\text{m}$; iaitu kawasan nampak, hampir ultra lembayung dan infra merah (Rajah 1.2).

Sinaran suria (W/m) : Nimbus 7 Capity Pyheliometer melawan masa



Sinaran harian dari 16 Nov. 1978 ke 15 April 1982

Rajah 1.2: Gambaran bagi ukuran-ukuran sinaran suria daripada kapal angkasa Nimbus 7, bermula pada hari O (menegak) dan menambah arah ikut jam. Data untuk 1247 hari diplotkan; setiap jejari mewakili 27 hari (1404 hari untuk 360 darjah); pancaran dinyatakan sebagai jejari yang semakin menambah. Plot ini sumbangan daripada John R. Hickey, Eppley Laboratory, NASA dan NOAA/NESS: NASA/GSFC data, April 1982.

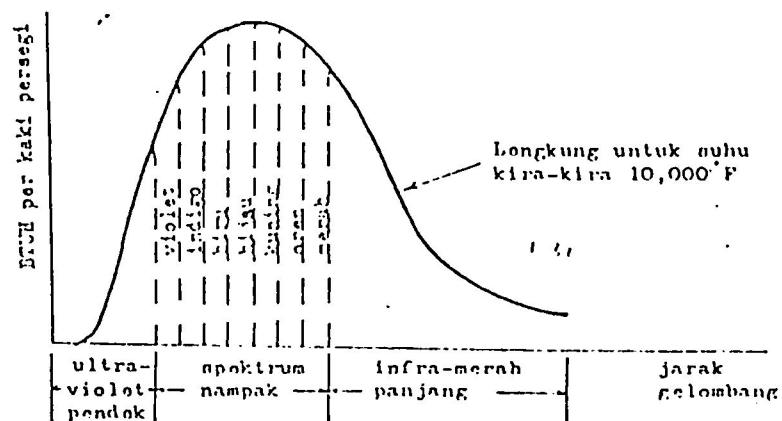
Sinaran suria tidak boleh diperhatikan dari bumi bagi julat-julat jarak gelombang tertentu iaitu infra merah tengah bermula pada lebih kurang $2.4\text{-}24\text{ }\mu\text{m}$, di mana berlakunya penyerapan kuat oksigen atmosfera, wap-wap air, karbon dioksida dan molekul-molekul lain. Bagi infra-merah jauh, melebihi $24\text{ }\mu\text{m}$ hampir kesemuanya diserap oleh atmosfera bumi; manakala bagi kawasan gelombang radio atmosfera hampir semuanya tembus kepada sinaran suria.

Pada jarak gelombang lebih panjang, zarah-zarah berkas dalam ionosfera bumi mula mempunyai pengarah, yang berubah dengan aktiviti-aktiviti suria, sehingga kira-kira 40 m , di mana sesekali tiada sinaran daripada sinaran suria pada permukaan bumi. Pada bahagian ultra lembayung, tiada sinaran daripada suria dikesan pada paras laut pada jarak gelombang lebih pendek daripada $0.29\text{ }\mu\text{m}$ $92900\text{\AA}$. Ozon atmosfera dalam lapisan $10\text{ ke }40\text{ km}$ menyerap ke bawah kira-kira $2200\text{\AA}$, di mana molekul-molekul oksigen di atas 75 km mengambil alih dan menjalankan kebanyakan penyerapan di bawah $900\text{\AA}$. Di bawah jarak gelombang ini, banyak unsur atmosfera menyerap semua sinaran sebelum ia sampai ke lebih kurang 150 km atas permukaan bumi [Duffi, J.A., et al. (1980)]. Spektrum suria dapat dibahagikan kepada beberapa rantau dan ditunjukkan seperti di dalam Jadual 1.1.

Suria menjana dan memancar tenaga elektromagnet meliputi suatu spektrum yang luas, sinaran suria nampak hanya membentuk suatu bahagian yang kecil sahaja (lihat Jadual 1.1). Kebetulannya kebanyakan tenaga haba yang dihasilkan oleh spektrum luas ini datang dari rantau sinaran suria nampak (Rajah 1.3).

Jadual 1.1: Pengelasan sinaran suria mengikut jarak gelombang.

Nama rantau	Jarak gelombang
Sinar dan sinar-X	$<10\text{\AA}$
Ultra lembayung jauh	10-2000 $\text{\AA}$
Ultra lembayung tengah	2000-3150 $\text{\AA}$
Ultra lembayung dekat	315-3800 $\text{\AA}$
Sinaran matahari nampak	3800-7200 $\text{\AA}$
Infra merah dekat	7200 $\text{\AA}$ -1.5 μ
Infra merah tengah	1.5-5.6 μ
Infra merah jauh	5.6-1000 μ
Gelombang mikro dan gelombang radio	$>1000 \mu$



Rajah 1.3: Spektrum sinaran suria nampak Drummon, A.J. (1958).

1.6.1 Suhu dan Jasad Hitam Suria

Seperti dibincangkan pada bahagian awal, suhu berubah dari bahagian satu ke bahagian lain suria. Sinaran sampai pada bahagian luar bumi adalah suatu fungsi rumit proses perolakan dan penyinaran dalam

lapisan luar suria dan bersandar pada faktor-faktor lain yang telah disebutkan sebelum ini. Suhu suria dihitung daripada dua jenis maklumat didapati pemalar suria dan taburan spektrumnya.

Dengan menggunakan pemalar suria dan persamaan Stefan-Boltzmann Boer, K., et al. (1982)

$$e_b = \sigma T^4 \quad (1.6.1a)$$

boleh dapat suhu jasad hitam suria daripada

$$T = \left(\frac{I_{sc} r_o^2}{\sigma r_s^2} \right)^{1/4} \quad (1.6.2b)$$

di mana e_b : kuasa pemancaran total jasad hitam

r_o : jarak purata suria-bumi

r_s : jejari purata bagi cakera suria (695980 km)

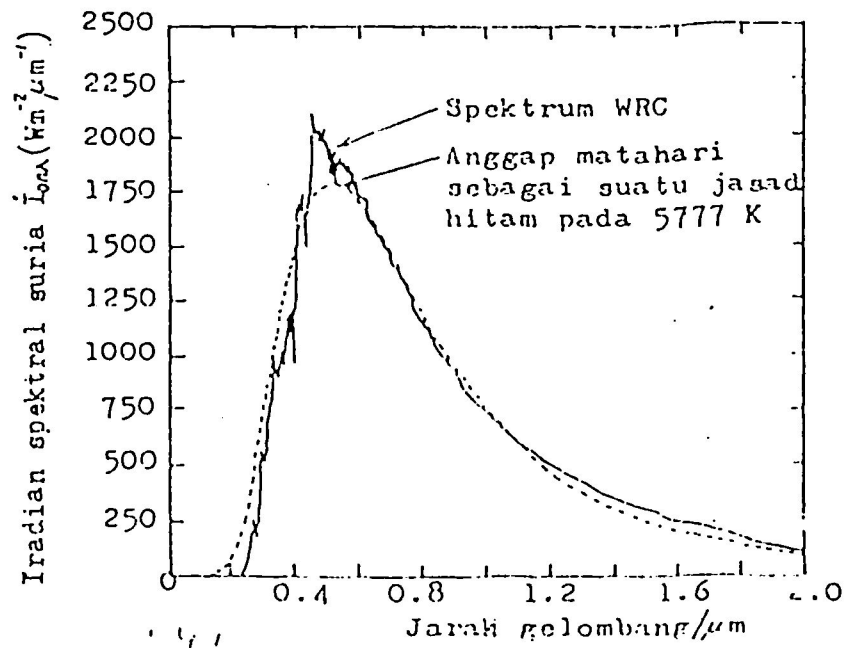
σ : pemalar Stefan-Boltzmann ($5.6697 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$)

I_{sc} : pemalar suria, 1367 Wm di mana $I_{sc} = e_b (r_s/r_o)^2$

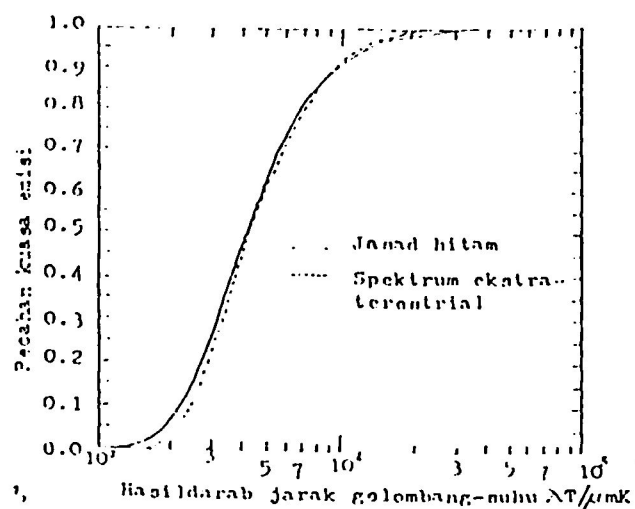
Daripada persamaan di atas $T = 5777 \text{ K}$.

Suatu perbandingan (Rajah 1.4) sinaran spektrum sebenar daripada suria yang didapati dari "World Radiation Centre" dengan ciri-ciri sinaran spektrum jasad hitam pada suhu 777 K. Daripada rajah membuktikan spektrum yang diukur tidak mengikut dengan tepat lengkung jasad hitam. Tambahan pula spektrum diperhatikan terletak pada jarak gelombang lebih pendek daripada bagi jasad hitam pada 5777 K.

Pengujian lain yang berguna bagi spektrum dilakukan dengan penjumlahan sinaran pecahan (Rajah 1.5).



Rajah 1.4: Perbandingan spektrum WRC dengan suria dianggap sebagai suatu jasad hitam pada 5777 K.



Rajah 1.5: Pecahan kuasa emisi jasad hitam berbanding suria.

1.6.2 Sinaran Suria Pada Keadaan Langit Cerah

Secara relatif hanya sedikit perubahan yang diperhatikan dalam keamatan sinaran suria apabila ia tiba ke bahagian atmosfera luar bumi. Perubahan ini terutamanya disebabkan oleh kebujuran trajetori bumi

mengelilingi suria dan aktiviti-aktiviti suria. Sebaliknya, perubahan utama sinaran suria diperhatikan selepas sinaran ini melalui atmosfera.

Sinaran suria yang datang daripada suria diatenuasikan sebelum sampai ke permukaan bumi, yang boleh dikelaskan kepada dua jenis:

- (a) Atmosfera tanpa awan.
- (b) Atmosfera berawan.

1.6.2.1 Atmosfera tanpa awan dan optiknya

Sinaran maksimum pada bumi diterima pada keadaan langit tak berawan dan langit cerah. Keadaan langit tak berawan penting dari segi penggunaan kalibrasi dan tujuan kawalan.

Atmosfera bumi dibahagikan kepada beberapa sfera sepusat: troposfera, stratosfera, mesosfera dan termosfera (rujuk kepada Lampiran A bagi biosfera bumi). Wujud perubahan penting dalam suhu setiap rantau tersebut, bagaimanapun ketumpatan dan tekanan berkurang secara berterusan.

Atmosfera bumi terdiri terutamanya daripada molekul-molekul nitrogen dan oksigen. Udara bersih kering mengandungi hampir 78% nitrogen, 21% oksigen, 1% argon dan 0.33% karbon dioksida mengikut isipadu. Tambahan atmosfera bumi juga mengandungi wap-wap air, zarah-zarah jirim (aerosol) seperti debu, asap atau jelaga, titisan air, hablur-hablur ais yang sangat berubah dalam masa dan ruang. Untuk menentukan kehantaran atmosfera terhadap sinaran suria, jumlah atmosfera bumi biasanya dibahagikan kepada 3 kumpulan: molekul-molekul udara kering, wap-wap air dan aerosol.