

LAPORAN PENELITIAN
HIBAH PEKERTI ANGKATAN I, TAHUN I

**STUDI DINAMIKA METEOROLOGI BERDASARKAN
PENGAMATAN ASTRONOMI DI GAW BUKIT KOTO TABANG
SUMATERA BARAT**

Bidang Penelitian : Ilmu Terapan

OLEH:

Nama Tim Peneliti Pengusul (TPP)

1. Dra. Festiyed, M.S (Ketua)
 2. Drs. Hamdi, M.Si (Anggota)
 3. Drs. Irwan, M.Si (Anggota)
- Universitas Negeri Padang

Nama Tim Peneliti Mitra (TPM)

1. Dr. Hakim L.Malasan (Ketua)
 2. Ir. Tri Wahyu Adi, PhD (Anggota)
 3. Nuning Nuraini, S.Si.,M.Si(Anggota)
- Observatorium Bosscha Dept. Astronomi ITB Bandung

PENELITIAN INI DIBIYAI OLEH:

PROYEK PENINGKATAN PENELITIAN PENDIDIKAN TINGGI

DEPAETEMEN PENDIDIKAN NASIONAL, JAKARTA

TAHUN ANGGARAN 2003 NO. KONTRAK: 306/P4T/DPPM/PHP/1V/2003

TANGGAL 25 APRIL 2003

MILIK PERPUSTAKAAN	UNIV. NEGERI PADANG
DITERIMA OLEH	16 DES. '03.
SMAKUTR NO. 100	HADIAH
KOLEKSI	KI
NO. INVENTARIS	298 / K / 2003 S1 (a)
KLASIFIKASI	551.507 2 Fes - SP

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN

Judul : Studi Dinamika Meteorologi Berdasarkan Pengamatan Astronomi di GAW Bukit Koto Tabang Sumatera Barat.

Tim Peneliti Pengusul : 1. Dra. Festiyed M.S (Ketua)
2. Drs. Hamdi, M.Si (Anggota)
3. Drs. Irwan, M.Si (Anggota)

Instansi Tim Peneliti Pengusul : Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang,
Alamat Instansi : Jl. Hamka Air Tawar Barat Padang
Telepon/faksimil : Telepon : (0751) 443450 Fax. : (0751)55628

Alamat Rumah Ketua TPP : Jl. Bhakti ABRI No 32.C Koto Tangah Padang
25172 Telp Rumah: (0751) 480817,
e-mail: festiyed@yahoo.com

Tim Peneliti Mitra : 1. Dr. Hakim L.Malasan (Ketua)
2. Ir. Tri Wahyu Adi, PhD (Anggota)
3. Nuning Nuraini, S.Si.,M.Si(Anggota)

Instansi Tim Peneliti Mitra : Observatorium Bosscha Dept. Astronomi
ITB Bandung
Alamat Instansi : Lembang Bandung 40391
Telepon/faksimil : Telepon : (022) 2786001 dan (022) 2508126
Fax. : (022) 2508126

Jumlah Dana Disetujui Tahun I : Rp 70.000.000,-

Padang, 30 Oktober 2003

Mengetahui,
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang

(Prof. Dr. Agus Irianto)
NIP. 130879791

Ketua Tim Peneliti Pengusul,

(Dra. Festiyed, MS)
NIP. 131668027

RINGKASAN

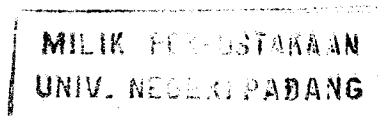
STUDI DINAMIKA METEOROLOGI BERDASARKAN PENGAMATAN ASTRONOMI DI GAW BUKIT KOTO TABANG SUMATERA BARAT

Penelitian ini dimaksudkan untuk mencari hubungan data empirik astronomi dengan kondisi meteorologi melalui pemodelan atmospheric extinction. Kondisi yang menjadi perhatian adalah tingkat polutan aerosol di Sumatera Barat dan sekitarnya. Asumsi yang digunakan adalah bahwa keberadaan aerosol dilapisan bawah atmosfer mengakibatkan hamburan dan penyerapan cahaya yang mengakibatkan peredaman cahaya dilapisan atas. Karakteristik hamburan atau penyerapan tergantung kepada substansi lapisan apakah berupa gas, partikel, debu metalik dan lain-lain yang terkandung dalam aerosol. Panjang gelombang serta distribusi tinggi gelombang cahaya terhambur/terserap digunakan untuk mencari koefisien ekstingsi.

Secara umum tujuan penelitian ini untuk mengkonstruksi model-model yang mengkaitkan karakteristik keberadaan substansi pencemar yang tersebar di atmosfer (salah satunya adalah aerosol) dengan keadaan cuaca serta mempublikasikannya baik di dalam maupun luar negeri. Dan secara khusus tujuan penelitian ini adalah:

1. Membantu pemahaman observasi astronomi dengan model atmospheric extinction untuk memantau kondisi meteorology yang berkaitan dengan aerosol di Sumatera Barat dan sekitarnya
2. Untuk mempelajari kondisi meteorology dengan pemodelan jika data karakteristik keberadaan substansi pencemar aerosol diberikan

Pada (2002) sedang dilaksanakan penelitian serupa oleh TPM yang dibiayai proyek RUT IX untuk daerah Jawa Barat dan sekitarnya dengan memanfaatkan data jangka panjang yang terdapat di Bosscha (1982-1994). Dan beberapa penelitian serupa untuk daerah Eropah Tengah [1], [3], [5], [6]. Kaitan antara keberadaan debu vulkanik di atmosfer dan atmospheric extinction telah diteliti [7], [8]. Suatu



studi kasus untuk mengaitkan antara tingkat aerosol di atmosfer dan perturbasi terhadap cuaca global telah ditinjau dalam [8]. Studi empirik mengenai pengaruh kondisi meteorology terhadap atmospheric extinction [2] [9] [10]. Pemodelan karakteristik atmospheric extinction untuk memprediksi pencemaran aerosol di daerah Sumatera Barat merupakan hal yang baru. Juga keistimewaan penelitian ini penggunaan data dan peralatan dari GAW yang satu-satunya ada di Indonesia yang terletak di Sumatera Barat. Penelitian ini juga menuntut keterlibatan berbagai disiplin ilmu seperti astronomi, sains atmosfer, fisika sebagai dasar pemahaman, dan matematika sebagai media untuk merumuskan dan memodelkan permasalahan yang ditinjau.

Kontribusi yang dapat disumbangkan dari penelitian antara lain adalah: Menghasilkan software pemodelan; Dapat memprediksi dengan teliti keterkaitan tingkat konsentrasi aerosol di atmosfer bawah dan di atmosfer atas dan hubungannya dengan perubahan cuaca lokal; Dapat menginformasikan kepada masyarakat dampak polusi terhadap perubahan cuaca lokal; Memanfaatkan data GAW untuk pemodelan yang lebih teliti; Meningkatkan kemampuan meneliti dari TPP dan terbina pula kerjasama penelitian antar perguruan tinggi

Peningkatan aerosol oleh aktivitas manusia maupun secara alamiah tidak dapat dihindari, lebih-lebih di daerah perkotaan. Kenaikan konsentrasi aerosol diantaranya akan menyebabkan kekeruhan atmosfer, efek penghamburan dan absorpsi dilapisan atas atmosfer, menyokong terbentuknya inti kondensasi yang penting untuk proses pembentukan awan., penyebab kenaikan albedo, menurunkan temperatur permukaan secara global, sebagai polutan yang potensial untuk mempengaruhi hujan asam, menimbulkan penyakit saluran pernafasan dan lainnya. Mengingat banyak sekali kerugian yang ditimbulkan adanya aerosol di atmosfer, perlu sekali untuk mempelajari sifat-sifat dan karakteristik aerosol yang ada di setiap daerah.

KATA PENGANTAR

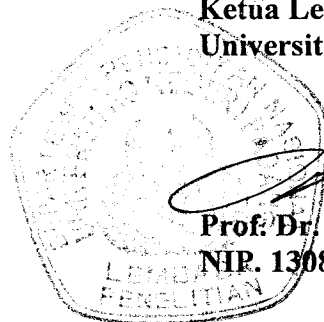
Kegiatan penelitian mendukung pengembangan ilmu serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerjasama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Proyek Peningkatan Penelitian Pendidikan Tinggi, Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Ditjen Dikti Depdiknas dengan surat perjanjian kerja No.306/P4T/DPPM/PHP/1V/2003 tanggal 25 April 2003 untuk melakukan penelitian dengan judul *Studi Dinamika Meteorologi Berdasarkan Pengamatan Astronomi di GAW Bukit Koto Tabang Sumatera Barat*

Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan Peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, maka Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang akan dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dan kompleks dalam meningkatkan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan sebagai bahan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini. Secara khusus kami sampaikan terima kasih kepada Pimpinan Proyek Peningkatan Penelitian Pendidikan Tinggi, Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Ditjen Dikti Depdiknas yang telah memberikan dana untuk penelitian ini. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang terjalin selama ini, penelitian ini tidak dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan. Semoga kerjasama yang baik ini dapat dilanjutkan untuk masa yang akan datang.
Terimakasih.

Padang, Oktober 2003
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Negeri Padang



Prof. Dr. H. Agus Irianto
NIP. 130879791

PRAKATA

Segala puji bagi Allah yang telah memberi kesehatan, kesempatan untuk melaksanakan penelitian Hibah Pekertiangkatan I, tahun I dengan judul *Studi Dinamika Meteorologi Berdasarkan Pengamatan Astronomi Di Gaw Eukit Koto Tabang Sumatera Barat*

Penelitian ini diawali dengan gagasan dasar bahwa cahaya matahari mengalami pelemahan sampai ke Bumi setelah melewati lapisan atmosfer. Pelemahan ini terutama disebabkan oleh penyerapan dan hamburan berbagai substansi seperti: hamburan Reyleigh oleh molekul udara; penyerapan oleh lapisan ozon; hamburan dan penyerapan akibat keberadaan aerosol. Aerosol berupa partikel padat atau cair yang mengambang didalam medium gas. Atmosfer secara tetap mengandung partikel yang mengambang diudara yang ukurannya bervariasi dari 10^{-3} μm sampai 10^{-2} μm yang biasa disebut aerosol atau polutan. Keberadaan aerosol di atmosfer terkait dengan polusi yang diproduksi oleh manusia (*antrophogenic activities*) dan mempengaruhi kondisi meteorologis.

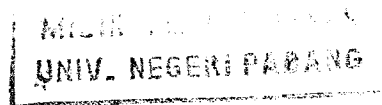
Untuk memprediksi keberadaan aerosol dan pengaruhnya terhadap kondisi meteorologis dilakukan dua tahap, tahap satu (tahun 1) mengolah data radiasi matahari menjadi data empiric ekstingsi, mencari korelasi atmosferik ekstingsi dengan tingkat polutan aerosol. Tahap dua (tahun 2) pembuatan pemodelan dengan formulasi invers problem, tingkat aerosol di atmosfer dan prediksi pada tingkat pencemaran udara, dan implementasinya terhadap kondisi meteorologi

Pada kesempatan ini peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini. Secara khusus peneliti sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya berkat dukungan substansial dari Dana Hibah Pekerti Angkatan I Tahun I 2003 Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Dirjen Dikti, Depdiknas Jakarta.

Tak ada gading yang tak retak, untuk itu peneliti mohon saran dan kritik demi sempurnanya laporan ini.
Terimakasih.

Padang, Oktober 2003

Peneliti



DAFTAR ISI

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN KE I	3
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	7
3.1 Pemahaman Teori dan Fenomena Pengamatan astronomi	7
a. Energi matahari	7
b. Studi dinamika meteorology	12
c. Keberadaan aerosol di atmosfer	13
d. Turbiditas atmosfer dalam kaitannya dengan aerosol	18
3.2 Pemodelan matematika koefisien ekstingsi dan atenuasi	19
a. Koefisien turbiditas Angstrom β	19
b. Faktor turbiditas Linke T_L	23
c. Koefisien atenuasi Unsworth-Monteith T_{UM}	24
BAB IV METODE PENELITIAN	25
4.1 Pengolahan Data	25
4.2 Pemodelan dan numerical Code	26
4.3 Implementasi Data Observasi	27
4.4 Alat dan cara Pengukuran	27
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	29
5.1 Basis data Ekstingsi	29
5.2 Pemodelan Mie	30
5.3 Implementasi Data Observasi	31
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	33
6.1 Kesimpulan	33
6.2 Saran	34
BAB VII RENCANA/PENELITIAN TAHAP SELANJUTNYA	35
7.1 Tujuan Khusus	35
7.2 Metode	37
7.3. Jadwal Kerja	39
7.4 Pelaksanaan Kerja Sama	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	44
Lampiran 1	44
Lampiran 2	50
Lampiran 3	68
Lampiran 4	74

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1	Instrumen Solar Radiasi	11
Tabel 2	Jadwal Kegiatan Tahun II	39

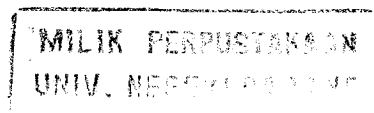
DAFTAR GAMBAR

	Halaman	
Gambar 1	Hubungan Data radiasi dengan Kondisi Meteorologi	4
Gambar 2	Sumber aerosol	4
Gambar 3	Struktur vertikal lapisan <i>troposfer</i> dan <i>stratosfer</i> menurut temperaturnya untuk daerah lintang menengah (45°LU).	15
Gambar 4	Lapisan troposfer	16
Gambar 5	Evolusi harian lapisan batas (planetary boundary layer)	17
Gambar 6	Kondisi ketebalan optik Aerosol tahun 1976 sampai 2001	19
Gambar 7	(a) Pyrheliometer (b) Pyranometer	28
Gambar 8	Kecendrungan koefisien Angstrom aerosol dengan ukuran partikel $a=1.3$ untuk berbagai panjang gelombang	30
Gambar 9	Kecendrungan koefisien ekstingsi aerosol dengan ukuran partikel $a=1.3$ untuk berbagai panjang gelombang	30
Gambar 10	Hamburan model Mie	31
Gambar 11	Hasil Kecendrungan koefisien ekstingsi partikel Berdasarkan model Mie untuk berbagai panjang gelombang	31

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Makalah Pada Acara Workshop Pemanfaatan Informasi Iklim Untuk Pertanian Di Sumatera Barat, Tgl. 12 S/D 14 Juli 2003	44
Lampiran 2 Makalah Pada Seminar Astronomi Dan Penelitian Antariksa Tgl 22 S/D 24 Oktober 2003	50
Lampiran 3 Model Data Base Untuk Bulan Juli 2003 Di Padang Dan Data Dari Gaw	68
Lampiran 4 Bio Data Peneliti	74

x



BAB I PENDAHULUAN

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Komputasi Jurusan Fisika FMIPA UNP selaku Tim Peneliti Pengusul (TPP), di observatorium Bosscha dan Laboratorium P4M ITB selaku Tim Peneliti Mitra (TPM) terhitung Maret 2004 sampai dengan Desember 2004.

Data diambil dari GAW dan ditambah dengan observasi/pengamatan astronomis dengan pyrhelimeter dan pyranometer (peralatan milik GAW Bukit Koto Tabang yang telah dipasang di Laboratorium UNP). Sedang teori dan implementasikan kedalam expert system di olah di Laboratorium P4M ITB. Pada hakekatnya suatu observasi bertujuan mengumpulkan data obyek pengamatan dan disimpan dalam bentuk digital dalam system akuisisi data yang ada.

Data pengamatan selanjutnya direduksi guna menurunkan koefisien eredaman berdasarkan data intensitas radiasi matahari. Dekomposisi koefisien peredaman diadopsi melalui formula yang diberikan oleh [21]

$$k_a(\lambda) = \beta\lambda^{-a} \quad (1)$$

Selanjutnya data observasi yang diperoleh diimplementasikan kedalam expert system yang sudah terkontruksi untuk memperoleh tingkat polutan aerosol. Melalui suatu analisa korelasi akan diperoleh tinjauan deskriptif implikasi tingkat polutan terhadap kondisi meteorologi.

Secara umum tujuan penelitian ini untuk mengkonstruksi model-model yang mengkaitkan karakteristik keberadaan substansi pencemar yang tersebar di atmosfer

(salah satunya adalah aerosol) dengan keadaan cuaca serta mempublikasikannya baik di dalam maupun luar negeri. Dan secara khusus tujuan penelitian ini adalah:

1. Membantu pemahaman observasi astronomi dengan model atmospheric extinction untuk memantau kondisi meteorology yang berkaitan dengan aerosol di Sumatera Barat dan sekitarnya
2. Untuk mempelajari kondisi meteorology dengan pemodelan jika data karakteristik keberadaan substansi pencemar aerosol diberikan

Target/indikator keberhasilan yang dicapai dari penelitian ini adalah :

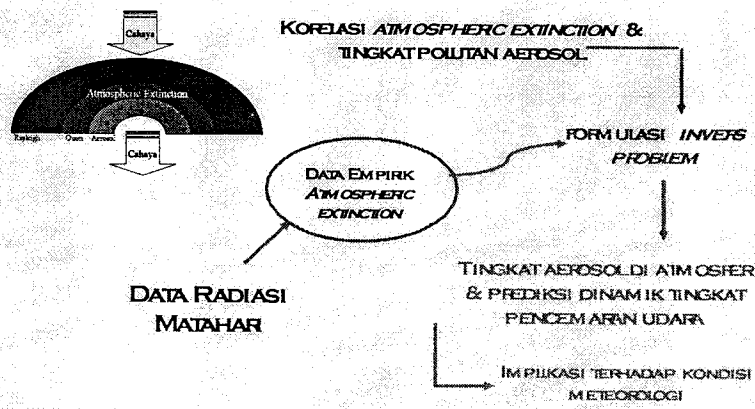
1. Alih teknologi oleh TPM kepada TPP dalam pengembangan perangkat lunak untuk pemodelan yang dapat memprediksi tingkat aerosol di atmosfer dan kaitannya dengan perubahan cuaca
2. Terwujudnya penelitian mandiri oleh TPP dalam kasus-kasus lainnya yang menyangkut penyelesaian masalah dengan pemodelan
3. Tercapainya bentuk kerjasama penelitian antara TPM dan TPP kelak setelah HIBAH PEKERTI berakhir,
4. Publikasi ilmiah dalam jurnal nasional maupun internasional.

BAB II TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN II

Empat hal penting yang mendasari melakukan penelitian ini adalah: (1) pencemaran atmosfer dalam bentuk gas, partikel, debu metalik serta pengaruhnya terhadap kondisi meteorologi belum banyak difikirkan. (2) Kondisi atmosfer maupun dinamika perubahannya berkaitan erat dengan aktifitas serta proses-proses yang dilakukan manusia (*anthropogenic activities*) seperti penurunan lahan perhutanan, lalu lintas yang memadat, perluasan pemukiman penduduk, pertumbuhan industri yang pesat. (3) Pengamatan astronomi dan data di GAW dapat memberikan informasi lengkap untuk lapisan bawah dan lapisan atas atmosfer sehingga banyak informasi yang dipakai untuk memprediksi dinamika meteorologi. (4) Observatorium GAW (Global Atmosphere Watch) diseluruh dunia ada 22 buah, salah satunya terletak di Indonesia yaitu di Bukit Koto Tabang Sumbar.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mencari hubungan data empirik astronomi dengan kondisi meteorologi melalui pemodelan. Kondisi yang menjadi perhatian adalah tingkat polutan aerosol di Sumatera Barat dan sekitarnya. Asumsi yang digunakan adalah bahwa keberadaan aerosol dilapisan bawah atmosfer mengakibatkan hamburan dan penyerapan cahaya yang mengakibatkan peredaman cahaya dilapisan atas. Karakteristik hamburan atau penyerapan tergantung kepada substansi lapisan apakah berupa gas, partikel, debu metalik dan lain-lain yang terkandung dalam aerosol. Intensitas matahari yang yang diterima di permukaan bumi digunakan untuk mencari koefisien ekstinksi, seperti diperlihatkan pada gambar berikut:

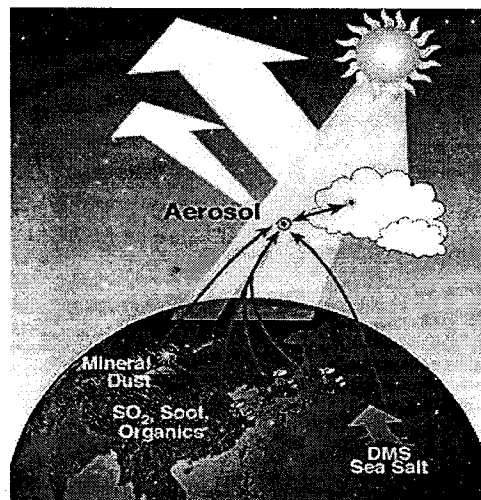
Gagasan Dasar



Gambar 1
Hubungan data radiasi matahari dengan kondisi meteorologi

Pada tahun 1 yang dilakukan menentukan data empirik atmosferik extinction dan menentukan korelasinya dengan tingkat polutan aerosol. Sedangkan untuk formulasi invers problem, tingkat aerosol di atmosfer dan prediksi dinamik tingkat pencemaran udara, implementasi terhadap kondisi meteorologi direncanakan pada tahun 2.

Peningkatan aerosol oleh aktivitas manusia maupun secara alamiah tidak dapat dihindari, lebih-lebih di daerah perkotaan,



Gambar 2
Sumber aerosol

Kenaikan konsentrasi aerosol diantaranya akan menyebabkan kekeruhan atmosfer, efek penghamburan dan absorpsi dilapisan atas atmosfer, menyokong terbentuknya inti kondensasi yang penting untuk proses pembentukan awan., penyebab kenaikan albedo, menurunkan temperatur permukaan secara global, sebagai polutan yang potensial untuk mempengaruhi hujan asam, menimbulkan penyakit saluran pernafasan dan lainnya. Mengingat banyak sekali kerugian yang ditimbulkan adanya aerosol di atmosfer, perlu sekali untuk mempelajari sifat-sifat dan karakteristik aerosol yang ada di setiap daerah.

Sejak 2002 sampai 2003 ini sedang dilaksanakan penelitian serupa oleh TPM yang dibiayai proyek RUT IX untuk daerah Jawa Barat dan sekitarnya dengan memanfaatkan data jangka panjang yang terdapat di Bosscha (1982-1994). Dan beberapa penelitian serupa untuk daerah Eropah Tengah [1], [3], [5], [6]. Kaitan antara keberadaan debu vulkanik di atmosfer dan atmospheric extinction telah diteliti [7], [8]. Suatu studi kasus untuk mengaitkan antara tingkat aerosol di atmosfer dan perturbasi terhadap cuaca global telah ditinjau dalam [8]. Studi empirik mengenai pengaruh kondisi meteorology terhadap atmospheric extinction [2] [9] [10]. Pemodelan karakteristik atmospheric untuk memprediksi pencemaran aerosol di daerah Sumatera Barat merupakan hal yang baru. Juga keistimewaan penelitian ini penggunaan peralatan dari GAW yang satu-satunya ada di Indonesia yang terletak di Sumatera Barat. Penelitian ini juga menuntut keterlibatan berbagai disiplin ilmu seperti astronomi, sains atmosfer, fisika sebagai dasar pemahaman, dan matematika sebagai media untuk merumuskan dan memodelkan permasalahan yang ditinjau.

Manfaat yang dapat disumbangkan dari penelitian antara lain adalah: Menghasilkan software pemodelan; Dapat memprediksi dengan teliti keterkaitan tingkat konsentrasi

aerosol di atmosfer bawah dan di atmosfer atas dan hubungannya dengan perubahan cuaca lokal; Dapat menginformasikan kepada masyarakat dampak polusi terhadap perubahan cuaca lokal; Meningkatkan kemampuan meneliti dari TPP dan terbina pula kerjasama penelitian antar perguruan tinggi

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Pemahaman Teori dan Fenomena Pengamatan Astronomi

Sebagai bintang yang paling dekat dari planet Bumi, yaitu hanya berjarak 8 menit cahaya, sangatlah alami jika hanya pancaran energi matahari yang mempengaruhi dinamika atmosfer dan kehidupan di Bumi. Angin yang berhembus dari matahari dapat menembus ruang antar planet sehingga menyebabkan fluktuasi kelimpahan dan komposisi kimia planet-planet dalam keluarga matahari. Energi yang datang ke Bumi sebagian besar merupakan pancaran radiasi matahari. Energi ini kemudian ditransformasikan menjadi bermacam-macam bentuk energi, misalkan pemanasan permukaan Bumi, gerak dan pemanasan atmosfer, gelombang lautan, fotosintesa tanaman dan reaksi fotokimia lainnya.

a. Energi matahari

Spektrum energi yang diterima Bumi sangatlah lebar, meskipun sebagian besar berada dalam rentang panjang gelombang tampak (400-700 nm). Kontribusi pancaran energi juga berasal dari riak panjang gelombang inframerah (lebih besar dari 700 nm) dan ultra violet (kurang dari 400 nm). Integrasi jumlah energi matahari yang diterima di Bumi ataupun di orbit Bumi dalam spektrum yang luas tersebut disebut iradiansi matahari atau seringkali juga dikenal dengan konstanta matahari. Besaran tersebut merupakan energi yang diterima per satuan luas per satuan waktu atau dapat dinyatakan dalam satuan W/m^2 . Kesulitan pengukuran iradiansi matahari adalah sangat kompleksnya dinamika

atmosfer bumi yang berubah terhadap waktu, misalkan kelimpahan gas ozon, uap air dan karbondioksida. Problema gangguan atmosfer ini dapat sebagian dipecahkan, yaitu dengan mengirimkan instrumen pengukurannya dalam satelit yang mengorbit bumi atau diletakkan dalam roket yang diluncurkan ke luar lapisan atmosfer. Besar iradiansi berdasarkan pengukuran satelit adalah 1368 W/m^2 .

Usaha untuk mengetahui besaran iradiansi matahari telah dimulai pada awal abad 18, yaitu ketika seorang warganegara Perancis, C.S.M. Pouillet merancang alat yang disebut pyrheliometer. Percobaan ini memberikan harga iradiansi sebesar 1260 W/m^2 . Hasil yang tidak terpaut jauh dari pengukuran terkini. Prinsip kerja dari alat tersebut adalah mengukur perubahan temperatur dan membandingkannya pada suatu alat yang telah dikalibrasi dengan teliti. Pouillet menggunakan kotak tembaga yang dihitamkan kemudian diisi air dan dilengkapi dengan termometer. Pyrheliometer sederhana tersebut terus dikembangkan dan disempurnakan oleh Angstrom tahun 1896. Pengukuran iradiansi yang dirasakan sangat penting memicu Smithsonian Institute di Washington untuk merancang program pengukuran jangka panjang. Sebuah pyrheliometer yang dibangun oleh C.G. Abbot dan sebuah bolometer yang dirancang oleh S.P. Langley diletakkan di puncak Mount Whitney, California dengan ketinggian 4400 m. Program ini berlangsung dari tahun 1902 sampai tahun 1960. Harga iradiansi yang didapatkan sebesar 1353 W/m^2 dengan variasi kurang dari 1%. Kesalahan tersebut disebabkan oleh pengaruh variasi atmosfer bumi, meskipun dengan ketinggian lebih dari 4000 m di atas permukaan laut.

Penentuan besaran iradiansi matahari dengan ketelitian tinggi penting diketahui, karena dengan harga tersebut dapat ditelusuri berapa besar temperatur permukaan

matahari atau berapa banyak energi dipancarkan dari permukaannya. Pada tahun 1879, J. Stefan dan L. Boltzmann menemukan hubungan bahwa jumlah energi yang dipancarkan suatu benda hitam sebanding dengan pangkat empat temperaturnya. Dengan perumusan itu mereka dapat merekonstruksi temperatur permukaan matahari, yaitu sekitar 6600 K. Hukum Stefan-Boltzmann dapat dituliskan sebagai

$$E = \sigma T^4 \quad (2)$$

dengan σ merupakan konstanta Stefan Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8}$ SI)

Perhitungan temperatur efektif di permukaan matahari dapat diperoleh dari jumlah radiasi total yang diterima bumi. Pancaran radiasi matahari menjalar sepanjang jarak Bumi dan Matahari yaitu 149 600 000 km Sedangkan luas bola dengan radius sama dengan jarak tersebut adalah $4\pi r^2$. Maka besarnya energi yang mengalir per detik, dengan mengambil harga iradiansi sebesar 1368 W/m^2 , adalah sebesar $3,85 \times 10^{23}$ kilowatt. Jika ruang antara Bumi dan Matahari merupakan ruang yang transparan atau tidak ada gangguan serapan, maka aliran energi tersebut sama dengan energi yang dipancarkan matahari per detik ke segala arah (isotropik) atau dikenal sebagai besaran luminositas matahari. Dengan menganggap matahari merupakan bola gas dengan radius 696 000 km, maka energi per satuan luas sebesar $63\,200 \text{ kW/m}^2$. Sekarang dengan memakai hukum Stefan-Boltzmann, diperoleh temperatur permukaan setinggi 5778 K.

Kinerja pyrheliometer terus disempurnakan diantaranya adalah detektor ERB (*Earth Radiation Budget*) yang dibawa oleh satelit Nimbus 7 dan diluncurkan dalam bulan November 1978. Detektor lainnya adalah ACRIM (*Active Cavity Radiometer Irradiance Monitor*) yang berada dalam satelit Solar Maximum Mission. Satelit ini beroperasi dari tahun 1980 sampai dengan 1989. Dengan sensitivitas 0,05%, maka detektor ini dapat

mengukur berkurangnya iradiansi akibat munculnya bintik matahari. Secara umum pola iradiansi mengikuti bentuk siklus bintik matahari dengan perioda 11 tahun. Pola tersebut memperlihatkan korelasi antara tingginya besaran iradiansi dengan sedikitnya jumlah bintik matahari yang tampak di permukaan matahari. Variasi iradiansi sebagai fungsi siklus bintik matahari harganya berkisar antara 1365 – 1369 W/m². Harga rata-rata berdasarkan detektor ACRIM adalah 1368 W/m². Perhitungan temperatur efektif atau temperatur dengan asumsi matahari merupakan benda hitam di atas juga menganggap bahwa energi dalam jumlah yang sama dipancarkan secara isotropik. Sedangkan hasil dari detektor ACRIM maupun ERB membuktikan bahwa asumsi yang dipakai tidak sepenuhnya benar. Iradiansi akan turun akibat bintik matahari dan akan naik kembali jika terdapat fakula, yang merupakan daerah terang di sekitar kenampakan bintik matahari dalam riak panjang gelombang tampak.

Implikasi telaah variasi iradiansi matahari lebih lanjut adalah berkaitan dengan penjalaran energi dari inti ke permukaan. Energi ini menempuh perjalanan panjang melewati lapisan radiatif dan konvektif. Energi yang “hilang” akibat bintik matahari harus dikompensasi dengan energi dalam bentuk lain, misalkan sebagai energi magnetik atau energi disimpan dalam keadaan tertentu di lapisan konveksi. Problema ini masih terbuka dalam arti masih banyak kemungkinan untuk menjelaskan fenomena variasi iradiansi matahari. Solusi terbaik yang mungkin dapat dilakukan adalah meningkatkan sensitivitas detektor. Ketelitian yang tinggi tidak hanya berguna untuk pemahaman tentang penjalaran energi matahari dari sumbernya, tetapi juga berguna dalam kaitannya dengan perubahan iklim di Bumi, yaitu melalui energi yang dikonversikan dalam dinamika atmosfer dan lautan.

Saat ini jenis peralatan dan frekuensi pemantauan yang digunakan untuk menentukan radiasi matahari di peroleh dari <http://www.mlo.noaa.gov/Projects/Solar> (Agustus 2003):

Tabel 1 Instrument Solar Radiation

	Instrument	Frequency	Site
GLOBAL IRRADIANCE	Eppley Pyranometers with Q, OG1, and RG8 filters	continuous	MLO
DIRECT IRRADIANCE	Eppley pyrhelimeter with Q filter(2)	continuous	MLO
	Eppley pyrhelimeter with RG8 filter	continuous	MLO
	Eppley pyrhelimeter with Q, OG1, RG2, and RG8 filters	3/day(weekdays)	MLO
	Eppley/Kendall active cavity radiometer	1/month	MLO
DIFFUSE IRRADIANCE	Eppley pyrgeometer with shading disk and Q filter (2)	continuous	MLO
UV SOLAR RADIATION	Yankee Environmental UVB pyranometer (230-320 nm)	continuous	MLO
DIFFUSE (IR) RADIATION	Diffuse downwelling IR pyrgeometer with shading disk	continuous	MLO
TURBIDITY	J-202 and J-314 sunphotometers at 380,500,778,862 nm	3/day(weekdays)	MLO
	PMOD three-wave sunphotometer 380,500,778 nm; narrowband	continuous	MLO
COLUMN WATER VAPOR	Three two-wavelength tracking sunphotometers: 860, 940 nm	continuous	MLO

Peralatan yang ada di GAW untuk mengukur radiasi matahari yang bisa digunakan adalah: Pyranometer (1996 sampai sekarang, interval sampling kontinyu), Eppley Radiometer (1998 sampai sekarang, interval sampling kontinyu) dan Eppley normal Incidence Pyrhelimeter (1996 dan 1997, saat cuaca cerah).

b. Studi Dinamika Meteorologi

Seperti diketahui, atmosfer yang melingkupi bumi terdiri atas sejumlah lapisan. Setiap lapisan memiliki peran penting bagi kehidupan. Penelitian mengungkapkan bahwa lapisan-lapisan ini memiliki fungsi mengembalikan benda-benda atau sinar yang mereka terima ke ruang angkasa atau ke arah bawah, yakni ke bumi, lapisan tersebut adalah:

- Lapisan Troposfir, 13 hingga 15 km di atas permukaan bumi, memungkinkan uap air yang naik dari permukaan bumi menjadi terkumpul hingga jenuh dan turun kembali ke bumi sebagai hujan.
- Lapisan ozon, pada ketinggian 25 km, memantulkan radiasi berbahaya dan sinar ultraviolet yang datang dari ruang angkasa dan mengembalikan keduanya ke ruang angkasa.
- Ionosfir, memantulkan kembali pancaran gelombang radio dari bumi ke berbagai belahan bumi lainnya, persis seperti satelit komunikasi pasif, sehingga memungkinkan komunikasi tanpa kabel, pemancaran siaran radio dan televisi pada jarak yang cukup jauh.

Karena banyaknya proses dan variabel yang terlibat, maka perilaku atmosfer sukar digambarkan secara lengkap. Namun demikian, kejadian di atmosfer dapat dipelajari melalui perilaku data pengamatan parameter atmosfer, penelitian yang telah dilakukan diantaranya properti optik aerosol di Cina [26], parameter turbiditas dan radiasi matahari di Athena [23], Turbiditas atmosfer di Bangladesh [20], variabilitas kekeruhan atmosfer di Athena [28], karakteristik atmosferik aerosol menggunakan sun photometer di Buenos

Aires [27], ketebalan optik NO₂, O₃ dan aerosol menggunakan multi-filter shadowband radiometer [24], karakteristik ketebalan optik aerosol di Bandung [25].

Jadi perilaku atmosfer melalui pengamatan terhadap parameter-parameternya dapat juga dipelajari bahkan untuk lokasi tanpa data pengamatan (dengan interpolasi/ekstrapolasi). Pada saat kebutuhan akan informasi parameter atmosfer menuju pada tingkat yang lebih tinggi yaitu untuk skala ruang dan waktu yang lebih kecil maka model area terbatas dapat mewujudkannya (informasi parameter iklim dengan resolusi sampai beberapa puluh kilo meter). Informasi parameter atmosfer masa lalu dan masa sekarang dapat diperoleh melalui simulasi model.

Informasi parameter atmosfer baik melalui pemodelan maupun prediksi diperlukan sebagai informasi pendamping dalam menentukan dampak variabilitas parameter atmosfer terhadap berbagai sektor kehidupan, yang berkaitan erat dengan kebijakan Nasional dan Internasional.

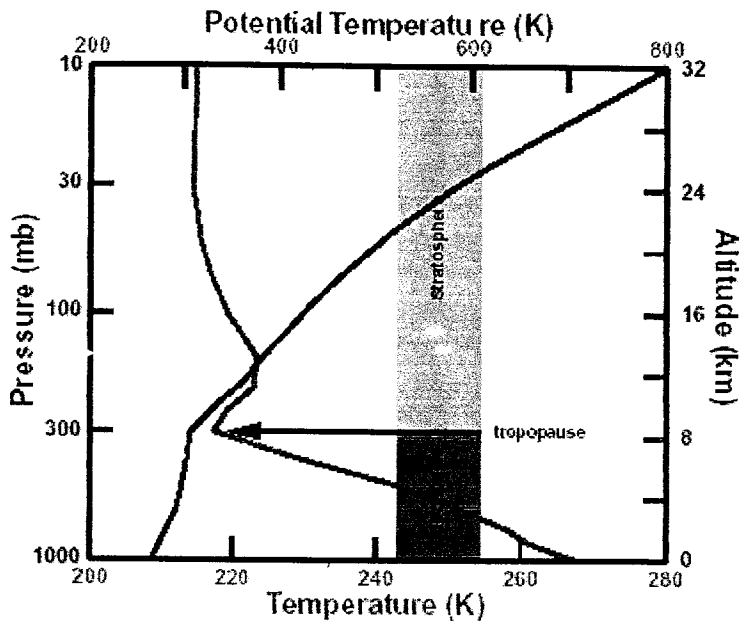
c. Keberadaan Aerosol di Atmosfer

Aerosol adalah partikel berukuran antara 0.01 sampai dengan 10 µm yang pada umumnya berasal dari permukaan bumi dan tersebar di dalam atmosfer karena berbagai proses yang murni alamiah maupun dampak dari kegiatan manusia (*anthropogenic*). Dengan menghamburkan atau menyerap radiasi, aerosol secara langsung mempengaruhi neraca radiasi bumi dan berperan penting dalam scenario perubahan iklim global. Aerosol juga merupakan inti kondensasi dalam proses pembentukan awan. Meningkatnya jumlah aerosol di atmosfer dapat pula secara tidak langsung meningkatkan jumlah awan yang mempengaruhi albedo dan neraca radiasi bumi. Meskipun pengamatan aerosol secara

global telah dilakukan selama kurang-lebih 20 tahun, informasi yang akurat mengenai keberadaan, jumlah, dan jenis aerosol di atmosfer cukup sulit didapat. Oleh karena itu, selama ini keberadaan *aerosol* menjadi salah satu sumber ketidakpastian dalam penilaian hasil simulasi perubahan iklim global.

Peningkatan aerosol secara lokal jelas mempengaruhi kualitas lingkungan atmosfer. Aerosol yang mengandung unsur-unsur tertentu seperti timbal juga sangat berpengaruh kepada kesehatan manusia dalam jangka panjang. Aerosol dalam jumlah banyak di atmosfer, seperti yang berasal dari kebakaran hutan, dapat langsung menyebabkan gangguan pernapasan yang parah. Dengan demikian, adalah penting untuk dapat selalu memonitor keberadaan aerosol di atmosfer, baik untuk kepentingan lingkungan global maupun lokal.

Meskipun atmosfer bumi membentang secara vertikal sampai ke ketinggian yang jauh melebihi 100 km, aerosol hanya ditemukan di dalam *troposfer* dan *stratosfer*, yakni lapisan atmosfer di bawah ketinggian 40 km, perhatikan gambar 1 berikut:



Gambar 3
Struktur vertikal lapisan *troposfer* dan *stratosfer* menurut temperturnya untuk daerah lintang menengah (45°LU).

Antara troposfer dan stratosfer terdapat *tropopause* dimana temperatur berubah secara drastic terhadap ketinggian. Di lintang tengah tinggi tropopause bervariasi antara 8 sampai dengan 15 km tergantung musim, sedangkan di daerah tropis ketinggiannya hampir tetap sekitar 16 km.

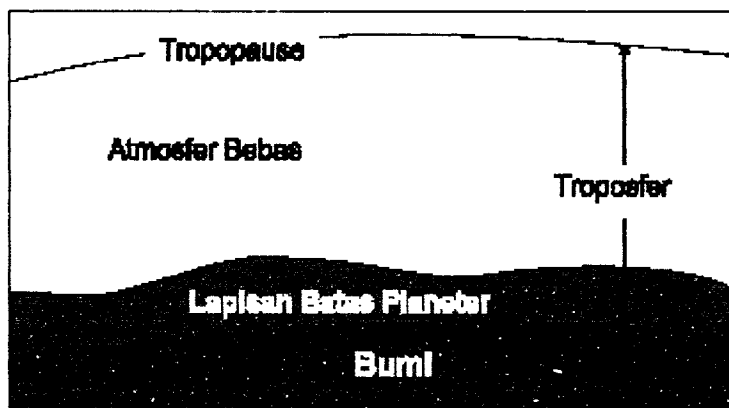
Pada dasarnya, keadaan atmosfer bumi adalah stabil secara statis. Artinya, udara di bawah lebih berat daripada udara di atas sehingga atmosfer terstratifikasi dengan baik dan stratosfer lebih stabil daripada troposfer. Hal ini dapat dipahami dengan lebih mudah apabila kita melihat variasi *temperatur potensial* terhadap ketinggian. Temperatur potensial didefinisikan sebagai temperatur yang akan dimiliki parsel udara jika diturunkan dari ketinggian tekanan tertentu p sampai ke ketinggian tekanan standar p_0 secara adiabatik (proses tanpa terjadi pertukaran panas) dan dirumuskan secara matematis

$$\theta = T \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\kappa} \quad (3)$$

sebagai :

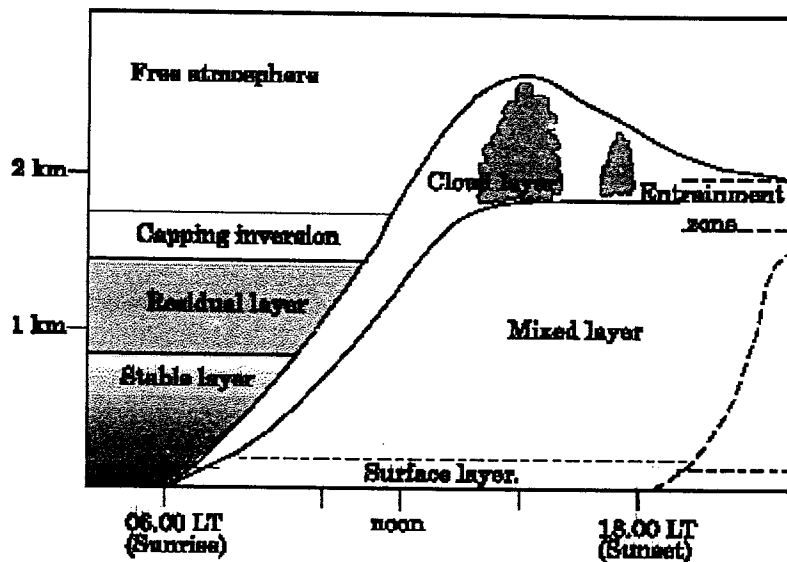
dimana T adalah temperatur parcel dan $k = R/C_p$ dengan R adalah konstanta dan C_p adalah kapasitas panas pada tekanan konstan. Profile temperatur potensial pada Gambar 1 menunjukkan bahwa udara di atas pada umumnya lebih besar temperatur potensialnya yang dapat diartikan lebih “panas” dan lebih “ringan” dari udara di bawahnya. Jika tidak ada gangguan yang berarti, maka udara di bawah berikut aerosol tidak akan naik dan bercampur dengan udara di atasnya.

Di dalam troposfer, gangguan utama terhadap kestabilan atmosfer adalah pemanasan oleh radiasi matahari. Udara dekat permukaan tanah yang terpanaskan oleh radiasi matahari pada siang hari menjadi lebih ringan dari udara di atasnya sehingga terangkat dan bercampur oleh proses *convective turbulence*. Proses pencampuran murni oleh pengaruh pemanasan matahari ini terutama terjadi hanya di lapisan atmosfer yang sangat dekat dengan permukaan yang disebut dengan *planetary boundary layer* (lapisan batas). Jadi, troposfer sendiri dapat dibagi menjadi dua : (1) lapisan batas, dan (2) atmosfer bebas, seperti ditunjukkan dalam Gambar 4



Gambar 4
Lapisan troposfer

Lapisan batas sangat dipengaruhi oleh variasi diurnal yang merupakan pengaruh langsung dari pemanasan sinar matahari. Dengan demikian, struktur boundary layer mengalami evolusi harian yang secara konseptual ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5
Evolusi harian lapisan batas (planetary boundary layer)

Dalam keadaan cuaca cerah, proses pencampuran udara akibat konveksi akan berlangsung sampai batas ketinggian *mixed layer* sekitar 2-3 km untuk daerah tropis, sepanjang pagi sampai sore hari. Berbagai partikel, termasuk aerosol, yang dilepaskan dekat permukaan pada umumnya akan terdispersi vertikal di dalam lapisan ini. Pada malam hari terjadi proses stabilisasi lapisan atmosfer yang kadang-kadang menyisakan udara tercampur di dalam *residual layer*. Jadi, aerosol secara lokal akan banyak terdapat di dalam *mixed layer* pada siang hari dan *residual layer* pada malam hari. Di dalam *free atmosphere*, konsentrasi aerosol tidak begitu banyak karena angin yang relatif kencang akan mendispersinya dalam arah horisontal secara

551.507 2

Fes.

80

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIV. NEGERI PADANG

cepat. Di dalam boundary layer, angin horisontal lebih lemah karena pengaruh gesekan permukaan. Di permukaan bumi, sumber aerosol alamiah banyak berasal dari debu gurun pasir dan garam yang dilepaskan di permukaan laut. Sumber aerosol anthropogenic berasal dari gas buangan dalam proses-proses industri, kegiatan rumah tangga, pembangkit tenaga listrik (terutama yang menggunakan batubara), dan kegiatan lalu lintas.

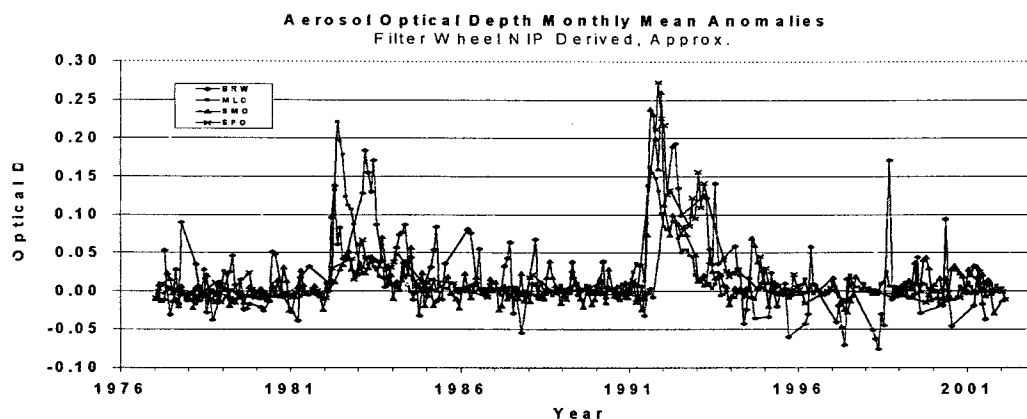
d. Turbiditas Atmosfer Dalam Kaitannya Dengan Aerosol

Radiasi matahari terlemahkan ketika melewati atmosfer. Pelemahan ini terutama disebabkan oleh penyerapan dan hamburan berbagai substansi seperti: hamburan Rayleigh oleh molekul udara; penyerapan oleh lapisan ozon, hamburan dan penyerapan akibat keberadaan aerosol. Aerosol berupa partikel padat atau cair yang mengambang didalam medium gas. Pada cuaca cerah aerosol adalah substansi yang mendominasi pelemahan radiasi matahari pada spectrum cahaya tampak dan near infra merah. Partikel aerosol mempunyai waktu hidup yang singkat, sehingga aerosol mempunyai sifat bervariasi dari satu tempat ketempat lain dan juga bervariasi terhadap waktu.

Jumlah aerosol di atmosfer dapat ditunjukkan oleh koefisien turbiditas. Dalam studi turbiditas atmosfer, koefisien tersebut menunjukkan adanya pelemahan radiasi yang diterima puncak atmosfer (*Extra Terrestrial Radiation- ETR*) pada seluruh panjang gelombang atau pada rentang panjang gelombang tertentu. Koefisien yang sering digunakan adalah koefisien Angstrom, factor turbiditas Linke dan koefisien turbiditas Unsworth-Monteith. Koefisien turbiditas Angstrom β merupakan koefisien tak berdimensi yang menunjukkan jumlah aerosol di atmosfer dan digunakan secara luas dalam observasi meteorology untuk mencari karakteristik tingkat turbiditas. Faktor

turbiditas Linke TL digunakan untuk menunjukkan jumlah atmosfer kering bersih yang perlu untuk menghasilkan pelemahan ETR yang sama yang dihasilkan oleh atmosfer sebenarnya. Koefisien turbiditas Unsworth-Monteith TU menyatakan jumlah atmosfer bersih dengan kandungan uap air tertentu yang menghasilkan pelemahan yang sama seperti atmosfer sesungguhnya yang mengandung aerosol.

Berikut kondisi atmosfer rata-rata bulanan ditinjau dari ketebalan optik aerosol (CMDL, MOAA):



Gambar 6

Kondisi ketebalan optik Aerosol dari tahun 1976 sampai 2001

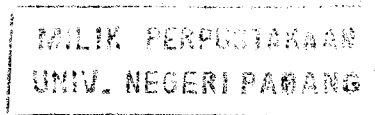
3.2 Pemodelan matematik koefisien ekstingsi dan atenuasi aerosol

a. Koefisien turbiditas Angstrom β

Untuk koefisien hamburan dan penyerapan akibat keberadaan aerosol Angstrom mengasumsikan sebagai jumlah aerosol di atmosfer dalam arah vertical dinyatakan dengan koefisien turbiditas Angstrom β . Harga β bervariasi dari 0,0 sampai 0,5.

Persamaan turbiditas Angstrom dinyatakan sebagai berikut:

$$k_a(\lambda) = \beta \lambda^{-\alpha} \tag{4}$$



dimana $k_{a\lambda}$ adalah koefisien ekstingsi aerosol untuk monokromatik atau dikenal dengan aerosol optical depth dengan arah vertical. λ adalah panjang gelombang dalam micrometer. Exponensial a adalah ukuran distribusi partikel bervariasi dari $a = 0$ untuk partikel yang sangat besar dan $a = 4,0$ untuk partikel Rayleigh yang sangat kecil.

Diasumsikan nilai $a = 1,3 \pm 0,2$ dan rata-rata yang paling mendekati adalah 1,3

(C.Frohlich:1986), sehingga dirumuskan koefisien turbiditas Angstrom sebagai berikut:

$$\beta = k_{a\lambda} \lambda^{1,3} \quad (5)$$

dengan $k_a(\lambda) =$ koefisien ekstingsi hamburan dan penyerapan akibat keberadaan aerosol .

Menentukan β dicari berdasarkan (M.Husain, Salma Khatum and M.G. Rasul: Journal Renewable Energy 20. p.325-332.2000) ,

$$G(\lambda) = G_0(\lambda) \exp[-m_r(k_r(\lambda) + k_a(\lambda) + k_{oz}(\lambda))]$$

$$k_a(\lambda) = (\ln G_0(\lambda) - \ln G(\lambda) - m_r k_r(\lambda) - m k_{oz}(\lambda)) / m_r \quad (6)$$

dimana $G(\lambda) =$ hasil pengukuran intensitas radiasi matahari pada panjang gelombang λ

$$G_0(\lambda) = I_o = I_{SC} E_o (= \sin(\delta) \cdot \sin(LAT) + \cos(\delta) \cdot \cos(LAT) \cdot \cos(W)) \quad (6.a)$$

I_{SC} adalah solar konstan 1367 W/m^2

$k_r(\lambda) =$ konstanta hamburan Reyleigh oleh molekul udara

$$= (P/P_0) 0,00865 \cdot \lambda_m^{-(3,916 + 0,074\lambda_m + 0,050/\lambda_m)} \quad (6.b)$$

P tekanan di lokasi pengukuran dalam mbar

P_0 adalah 1013,25 mbar,

λ_m panjang gelombang rata-rata.

$k_{oz}(\lambda) =$ koefisien penyerapan oleh lapisan ozon.

$$= K(\lambda) \cdot l \cdot m_r$$

$K(\lambda)$ koefisien absorpsi lapisan ozon,
 l ketebalan ozon dalam cm (M.Iqbal:1983)

$$m_r = [\sin\theta + 0,15 (\theta + 3.885)]J^{-1} \quad (6.c)$$

θ = sudut posisi matahari.

$$\cos(\theta) = \sin(\delta) \cdot \sin(\text{LAT}) + \cos(\delta) \cdot \cos(\text{LAT}) \cdot \cos(W)$$

$$\begin{aligned} \delta = & (180/\pi)(0,006819 - 0,399912 \cdot \cos(\Gamma) + 0,070257 \sin(\Gamma) \\ & - 0,006758 \cos(2\Gamma) + 0,000907 \sin(2\Gamma) \\ & - 0,002697 \cos(3\Gamma) + 0,00148 \sin(3\Gamma)) \end{aligned}$$

LAT = Lintang tempat pengamatan

$$W = 15 \cdot (12 - \text{HS}) \quad (6.d)$$

dengan

$\Gamma = 2\pi(d_n - 1)/365$,
 d_n hari ke n dalam tahun tersebut (1 untuk 1 Januari, 365 untuk 31 Desember)

$$\text{HS} = \text{LST} + (E_t/60) + ((L_s - L_e)/15)$$

LST = Local Standart Time

L_s = Standart Longitude

L_e = Local Longitude

$$\begin{aligned} E_t = & (229,18) \cdot (0,000075 + 0,001868 \cdot \cos(\Gamma) - 0,032677 \sin(\Gamma) \\ & - 0,0114615 \cos(2\Gamma) + 0,04089 \sin(2\Gamma)) \end{aligned}$$

Selanjutnya koefisien Angstrom β diuraikan berdasarkan (C.P.Jacovides and J.D.

Karalis: Internasional Journal of Climatology, Vol.16, 229-242 .1996), yang

memperhitungkan kandungan uap air adalah:

$$\beta = \frac{1}{mD} \ln\left(\frac{C}{A - B}\right) \quad (7)$$

$$A = \frac{I}{0,975 E_0 \tau_R \tau_0 \tau_w \tau_G} \quad I = \text{Intensitas matahari (hasil pengukuran)}$$

$$B = 0,1244 a - 0,0162 \quad a = \text{ukuran partikel}$$

$$C = 1.003 - 0,125 a$$

$$D = 1,089 a + 0,5123$$

$$m = m_r \frac{P}{P_0} \quad (8)$$

P tekanan di lokasi pengukuran dalam mbar

P_0 adalah 1013,25 mbar,

$$m_r = \left[\sin h + 0,15(h + 3,885)^{-1,253} \right]^{-1}$$

$$\cos(h) = \sin(\delta) \cdot \sin(\text{LAT}) + \cos(\delta) \cdot \cos(\text{LAT}) \cdot \cos(W)$$

$$E_0 = 1,000110 + 0,034221 \cos(\Gamma) + 0,001280 \sin(\Gamma) + 0,000719 \cos(2\Gamma) + 0,000077 \sin(2\Gamma) \quad (9)$$

transmitansi hamburan Rayleigh (Iqbal, 1983):

$$\tau_R = \exp\left[-0,0903 m^{0,84} (1 + m - m^{1,01})\right] \quad (10)$$

transmitansi ozon adalah:

$$\tau_0 = 1 - \left[0,1611 U_3 (1 + 139,48 U_3)^{-0,3035} - 0,002715 U_3 (1 + 0,044 U_3 + 0,0003 U_3^2)^{-1} \right]$$

$U_3 = l \cdot m_r$ dimana l adalah tebal ozon dalam arah vertical (dalam cm)

(11)

Transmitansi oleh uap air:

$$\tau_w = 1 - 2,4959 U_1 \left[(1 + 79,034 U_1)^{0,6828} + 6,385 U_1 \right]^{-1}$$

$U_1 = W \cdot m_r$ dengan $W = 0,475(\Phi/T) \exp(26,23 - 5416/T)$

T temperatur ambient dalam Kelvin dan Φ Kelembaban relatif (< dari 1)

(12)

Transmitansi oleh gas O_2 CO_2 :

$$\tau_G = \exp(-0,0127 m^{0,26}) \quad (13)$$

transmitansi aerosol :

$$\tau_A = (0,12445a - 0,0162) + (1,003 - 0,125a) \cdot \exp[-\beta m(1,089a + 0,5123)] \quad (14)$$

b. Faktor turbiditas Linke T_L

Faktor turbiditas Linke T_L digunakan untuk menunjukkan jumlah atmosfer kering bersih yang menghasilkan pelemahan radiasi yang diterima puncak atmosfer (*Extra Terrestrial Radiation- ETR*). Faktor turbiditas Linke ini berkisar dari 1 sampai 10. Linke merumuskan:

$$\begin{aligned} I &= S^1 I_0 \exp[-T_L \delta_R(m) m] \\ T_L &= (\ln I_0 - \ln I - \ln S) / [\delta_R(m) m] \\ &= P(m) (\ln I_0 - \ln I - \ln S) \end{aligned} \quad (15)$$

$$I_0 = I_{SC} E_o \sin(\delta) \cdot \sin(LAT) + \cos(\delta) \cdot \cos(LAT) \cdot \cos(W)$$

I_{SC} adalah solar konstan 1367 W/m²

$S = (R/R_0)^2$ adalah factor koreksi untuk jarak matahari

$$= 1 + 0,033 \cos[2 \pi d_n / 365] \quad (16)$$

d_n hari ke n dalam tahun tersebut

dimana $P(m) = [\delta_R(m) m \ln(e)]^{-1}$

$$\delta_R = [6,5567 + 1,7513 m - 0,1202 m^2 + 0,0065 m^3 - 0,000m^4]^{-1}$$

$$m = m_r \frac{P}{P_0} \quad (17)$$

P tekanan di lokasi pengukuran dalam mbar

P_0 adalah 1013,25 mbar,

c. Koefisien atenuasi Unsworth-Monteith T_{UM}

Koefisien atenuasi Unsworth-Monteith T_{UM} menyatakan jumlah atmosfer bersih dengan kandungan uap air tertentu yang menghasilkan pelemahan yang sama seperti atmosfer sesungguhnya yang mengandung aerosol. Koefisien atenuasi ini berkisar dari 0 sampai 1. persamaannya:

$$\exp(-T_{UM} m) = \frac{\int I(\lambda) d\lambda}{\int I^*(\lambda) d\lambda}$$

koefisien atenuasi Unsworth-Monteith dapat dihitung

$$T_{UM} = m^{-1} \ln[I^*/I S]$$

dengan

$$I(\lambda) = I^*(\lambda) \exp[-\tau_a(\lambda)m]$$

$$I^*(\lambda) = I_0(\lambda) \exp[-(\tau_R(\lambda) + \tau_O(\lambda) + \tau_W(\lambda))m]$$

$$I = \int I(\lambda) d\lambda \quad \text{dan} \quad I^* = \int I^*(\lambda) d\lambda \quad (18)$$

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Pengolahan Data

Data hasil observasi/ pengamatan (dari GAW dan langsung diambil) direduksi guna menurunkan koefisien peredaman berdasarkan data intensitas radiasi matahari. Dekomposisi koefisien peredaman diadopsi melalui formula yang diberikan oleh [21]

$$k_a(\lambda) = \beta \lambda^{-a}$$

Dalam formula tersebut,

$$\beta = \frac{1}{mD} \ln \left(\frac{C}{A - B} \right)$$

$$\tau_A = (0,12445a - 0,0162) + (1,003 - 0,125a) \cdot \exp[-\beta m(1,089a + 0,5123)]$$

$$A = \frac{I}{0,975 E_0 \tau_R \tau_0 \tau_w \tau_G} \quad B = 0,1244 a - 0,0162$$

$$C = 1,003 - 0,125 a \quad D = 1,089 a + 0,5123$$

I = Intensitas matahari (hasil pengukuran), a = ukuran partikel, $k_a(\lambda)$ berkaitan dengan transmitansi hamburan reyleigh (τ_R), berkaitan dengan transmitansi lapisan ozon diatmosfer (τ_0), berkaitan dengan transmitansi uap air (τ_w), berkaitan dengan transmitansi gas O₂ CO₂ (τ_G). Sedang transmitansi aerosol(τ_A) berkait dengan koefisien Angstrom (β). Setiap data pengamatan akan direduksi dengan disertai evaluasi akan perilaku statistiknya.

4.2. Pemodelan dan Numerical Coding

Terlebih dulu ditentukan parameter-parameter atmospheric extinction yang berkaitan dengan kuantitas aerosol di atmosfer melalui modifikasi perhitungan teori Mie dengan melibatkan data meteorology yang dipantau GAW khusus untuk Sumatera Barat.

Teori Mie ini digunakan untuk memperoleh hubungan antara koefisien ekstingsi dan panjang gelombang dengan ukuran partikel diasumsikan. Untuk partikel sferis yang homogen dengan radius a dan tersusun atas material dengan indeks bias kompleks m , maka dipergunakan persamaan-persamaan berikut ini,

$$Q_{\text{sca}} = \frac{2}{x^2} \sum_{n=1}^{\infty} (2n+1) [|a_n|^2 + |b_n|^2]$$

$$Q_{\text{ext}} = -\frac{2}{x^2} \sum_{n=1}^{\infty} (2n+1) \text{Re}(a_n + b_n)$$

$$Q_{\text{abs}} = Q_{\text{ext}} + Q_{\text{sca}}$$

dimana

$$a_n = \frac{\psi'_n(mx)\psi_n(x) - m\psi_n(mx)\psi'_n(x)}{\psi'_n(mx)\zeta_n(x) - m\psi_n(mx)\zeta'_n(x)}$$

$$b_n = \frac{m\psi'_n(mx)\psi_n(x) - \psi_n(mx)\psi'_n(x)}{m\psi'_n(mx)\zeta_n(x) - \psi_n(mx)\zeta'_n(x)}$$

$\psi_n(z)$, $\zeta_n(x)$ adalah fungsi Riccati-Bessel yang memiliki hubungan dengan fungsi Bessel sferis, $j_n(z)$ dan $h_n^{(2)}(z)$ sebagai berikut,

$$\psi_n(z) = zj_n(z) = (\pi z / 2)^{1/2} J_{n+1/2}(z)$$

$$\zeta_n(z) = zh_n^{(2)}(z) = (\pi z / 2)^{1/2} [J_{n+1/2}(z) + i(-1)^n J_{-n-1/2}(z)]$$

Problem komputasi yang terlibat dalam teori Mie adalah mencari nilai a_n dan b_n untuk nilai-nilai m dan x yang diberikan.

1. Kasus m bilangan riil (material dielektrik): Fungsi dalam persamaan a_n dan b_n hanya melibatkan fungsi Bessel dengan argumen riil.
2. Kasus m bilangan kompleks (metal dan grafit): Fungsi dalam persamaan a_n dan b_n mengandung $\psi_n(mx)$ dan $\psi_n'(mx)$ yang melibatkan fungsi Bessel dengan argumen kompleks.

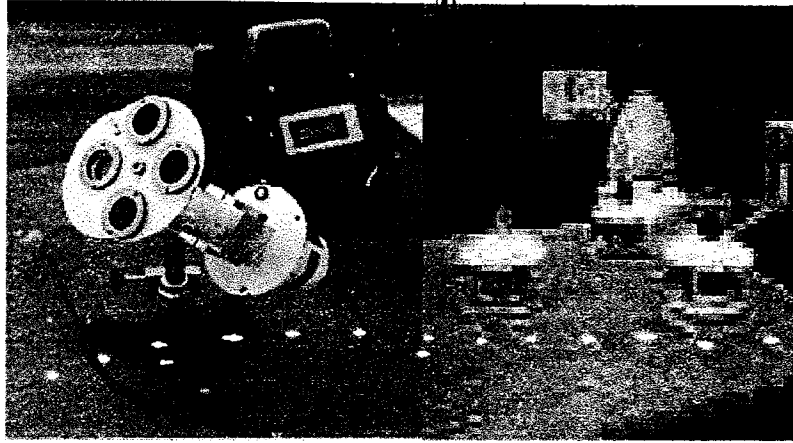
Pemodelan numerical diimplementasikan dengan Delphi Pascal/Matlab (user friendly) yang menganalisis karakteristik atmospheric extinction berdasarkan panjang gelombang serta distribusi tinggi cahaya terhambur/terserap.

4.3 Implementasi data Observasi

Data observasi yang diperoleh diimplementasikan kedalam expert system yang sudah terkontruksi untuk memperoleh tingkat polutan aerosol. Melalui suatu analisa korelasi akan diperoleh tinjauan deskriptif implikasi tingkat polutan terhadap kondisi meteorologi.

4.4 Alat dan Cara Pengukuran

Nilai dari intensitas langsung radiasi matahari pada kondisi normal (cuaca cerah) untuk semua spectrum dengan tanpa filter, filter OG1, RG2 dan RG8 diukur dengan Normal Incidence Pyrheliometer (NIP 25433 E6). Pyrheliometer dirancang untuk bermacam-macam elevasi dan azimuth, seperti gambar (a) berikut:



(a)

(b)

Gambar 7

(a) Pyrhelioscope (b) Pyranometer

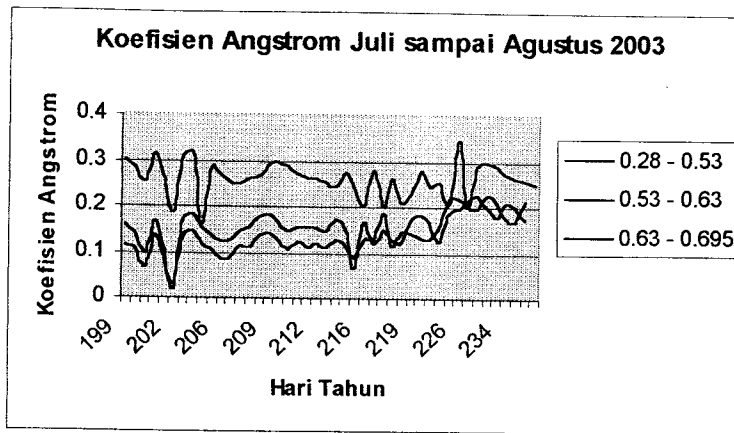
Sebelum pengukuran dimulai pyrhelioscope dihubungkan dengan digital multimeter dengan respons bacaan dalam milivolt. Pembacaan dilakukan saat cuaca cerah dan sumbu pyrhelioscope harus sejajar dengan radiasi matahari langsung. Sedangkan Pyranometer untuk pengukuran radiasi difus dan global sedang proses pemasangan.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Basisdata ekstingsi

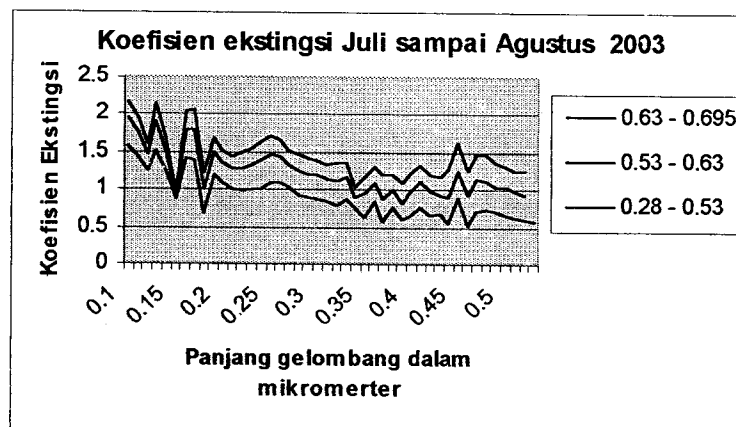
Basisdata koefisien ekstingsi dicari berdasarkan data pengamatan radiasi matahari dengan Eppley Normal Incidence Pyrheliometer. Pengamatan dilakukan setiap cuaca cerah sekitar jam 10.00 dan 14.00 pada panjang gelombang (0.28 – 0.53) μm , (0.53 – 0.63) μm , (0.63 – 0.695) μm . Keluaran alat dibaca dalam milivolt kemudian dikali dengan kalibrasi alat $1/7,77 \cdot 10^{-3} \text{ mv/ Wm}^2$. Besaran yang telah dikalibrasi merupakan besaran intensitas radiasi matahari.

Data diambil dari GAW Bukit Koto Tabang Kab. Agam ($0.25^\circ \text{ LS } 100.36^\circ \text{ BT}$) tahun 1996 sampai 1997, dan pengamatan langsung di laboratorium Fisika UNP ($0^\circ.52'.26'' \text{ LS } 100^\circ.21'.42'' \text{ BT}$) pada bulan Agustus sampai Sekarang. Data pengamatan selanjutnya direduksi untuk menentukan koefisien ekstingsi dengan rumus empirik (Iqbal, 1983; C.P. Jacovides, 1996). Pada gambar 8 disajikan hubungan hari pengamatan dengan koefisien Angstrom dan gambar 9 disajikan profil hubungan koefisien ekstingsi dengan panjang gelombang:



Gambar 8. Kecenderungan koefisien Angstrom aerosol dengan ukuran partikel $a=1.3$ untuk berbagai panjang gelombang

Nilai koefisien Angstrom bergantung juga pada panjang gelombang yang digunakan, dan harga kekeruhan tertinggi untuk panjang gelombang 0,28 sampai 0,53, artinya atmosfer diantara “turbit” sampai ‘verry turbit”



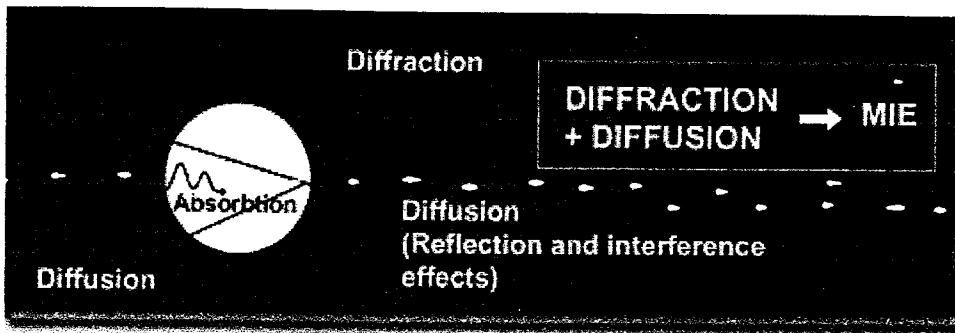
Gambar 9. Kecenderungan koefisien ekstingsi aerosol dengan ukuran partikel $a=1.3$ untuk berbagai panjang gelombang

5.2 Pemodelan Mie

Pemodelan Mie mempertimbangkan diffraction dan difusi yang terjadi pada partikel dalam medium. Untuk menggunakan model Mie terlebih dulu dihitung indeks bias kompleks partikel dan medium, bagian riil adalah indeks bias standar dan Imajiner

untuk penyerapan, seperti gambar berikut

(<http://www.lightscattering.de/MieCalc/eindex.html>):

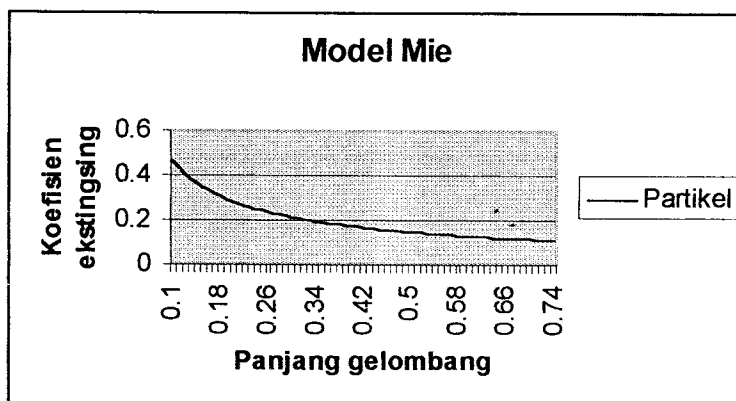


Gambar 10
Hamburan model Mie

Persamaan empiris model Mie secara langsung untuk koefisien hamburan dengan kerapatan partikel 1 sampai 800 partikel per centimeter kubik (Iqbal, 1983)

$$k_{d\lambda} = 0,08128 \lambda^{-a}$$

diperkirakan ada diatmosfer sekitar 200 partikel per centimeter kubik untuk udara bersih dan 800 partikel kalau udara sangat terpolusi. Hubungan koefisien ekstingsi untuk berbagai panjang gelombang dari model Mie dapat dilihat pada gambar berikut:

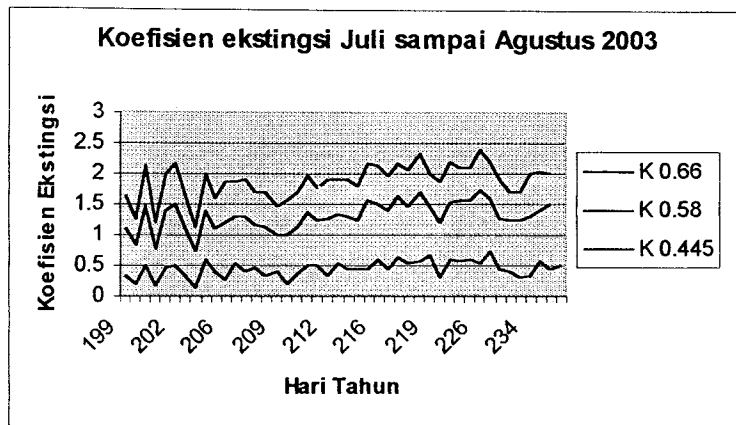


Gambar 11. Hasil Kecendrungan koefisien ekstingsi partikel Berdasarkan model Mie untuk berbagai panjang gelombang

Dari hasil pemodelan Mie partikel aerosol mempunyai jari-jari sekitar 1.3.

5.3 Kecendrungan hubungan koefisien ekstingsi dengan kondisi atmosfer

Hubungan antara data koefisien ekstingsi dengan kondisi atmosfer dapat dilihat dari perilaku perubahan koefisien ekstingsi terhadap waktu seperti gambar 6 berikut:



Gambar 12. Kecendrungan perubahan koefisien ekstingsi aerosol dengan ukuran partikel $a=1.3$ untuk berbagai panjang gelombang terhadap waktu

Hasil Koefisien Ekstingsi yang diperoleh dari data Juli-Agustus 2003 di Padang meningkat setiap waktu pengukuran dan terlihat sangat tergantung pada panjang gelombang yang digunakan dan musim saat pengambilan data. Dari grafik pada gambar 12 kita akan cari korelasinya dengan kondisi meteorologi. Dan hubungan keberadaan aerosol dengan koefisien ekstingsi. Dari model hubungan yang diperoleh akan dibuat pemodelan menggunakan model Mie. Dengan memberikan data karakteristik keberadaan substansi aerosol kondisi meteorologi dapat dipelajari

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Koefisien yang menunjukkan kekeruhan atmosfer akibat keberadaan atmosfer dinyatakan dengan koefisien turbiditas Angstrom. Di Bukit Koto Tabang 1996 bervariasi mulai dari 0.05 sampai 0.30 . Rata-rata koefisien Angstrom pada rentangan panjang gelombang 0,53 – 0,630 μm didapat 0,15759 artinya atmosfer dalam kondisi “clear” dengan visibilitas terjauh 28 km. Dan pada rentangan panjang gelombang 0,63 – 0,639 μm diperoleh rata-rata koefisien Angstroms 0,1336, dikategorikan atmosfer “clear” dan visibilitasnya 28 km.

Untuk tahun 1997 di Bukit Koto Tabang bervariasi mulai dari 0.07 sampai 0.35. Rata-rata koefisien Angstrom pada rentangan panjang gelombang 0,53 – 0,630 μm didapat 0,2373 artinya atmosfer dalam kondisi “turbid” dengan visibilitas 11 km. Dan pada rentangan panjang gelombang 0,63 – 0,639 μm diperoleh rata-rata koefisien Angstroms 0,2530, dikategorikan atmosfer “turbid” dengan visibilitas 11 km.

Di Padang pada bulan Juli 2003 bervariasi mulai dari 0.02 sampai 0.26 Rata-rata koefisien Angstrom pada rentangan panjang gelombang 0,53 – 0,630 μm didapat 0,1270 artinya atmosfer dalam kondisi “turbid” dengan visibilitas terjauh 11 km. Dan pada rentangan panjang gelombang 0,63 – 0,639 μm diperoleh rata-rata koefisien Angstroms 0,1340, dikategorikan atmosfer “turbid” dan visibilitas 11 km.

Koefisien ekstingsi Juli-Agustus 2003 di Padang cenderung berkurang dengan bertambahnya panjang gelombang , dan kecenderungan menaik dengan waktu

Untuk variasi turbiditas Linke terhadap waktu selama bulan Juli dan Agustus berkisar sekitar 5. Normalnya harga koefisien berkisar terendah 1 dan tertinggi 10. Selanjutnya variasi turbiditas Unsworth-Monteith terhadap waktu selama bulan Juli dan Agustus berkisar antara 2 sampai 4. Harga koefisien terendah 1 dan tertinggi 5.

Jadi koefisien Angstrom pada bulan Juli dan Agustus di Padang berkisar dari 0,01 sampai 0,35 dengan kecendrungan naik sebesar 0.0015, artinya atmosfer cenderung keruh (turbid). Koefisien ekstingsi menurun dengan bertambahnya panjang gelombang, dan cenderung naik terhadap waktu. Faktor turbiditas Linke berkisar berkisar 5 dan kelihatannya cenderung turun, dan cenderung naik untuk faktor turbiditas Unsworth-Monteith.

6.2 Saran

1. Untuk mendapatkan data yang akurat dari hubungan koefisien ekstingsing dengan kondisi aerosol dan hubungannya dengan dinamika meteorologi diperlukan data yang banyak
2. Disarankan pengukuran banding menggunakan instrumen radiasi matahari selain pyrhelimeter dan pyranometer
3. Diperlukan lagi penelitian lain untuk melengkapi pemodelan dari ukuran dan bentuk aerosol yang bermacam-macam (selain sferik dengan ukuran 1,3)
4. Hendaknya ada penelitian lanjut untuk menentukan aerosol yang ada apakah berasal dari uap laut atau pengaruh kegiatan manusia atau pabrik semen yang letaknya di dalam kota Padang

BAB VII RENCANA/PENELITIAN TAHAP SELANJUTNYA

7.1 Tujuan Khusus

Penelitian ini dimaksudkan untuk mencari hubungan data empirik astronomi dengan kondisi meteorologi melalui pemodelan atmospheric extinction. Kondisi yang menjadi perhatian adalah tingkat polutan aerosol di Sumatera Barat dan sekitarnya. Asumsi yang digunakan adalah bahwa keberadaan aerosol dilapisan bawah atmosfer mengakibatkan hamburan dan penyerapan cahaya yang mengakibatkan peredaman cahaya dilapisan atas. Karakteristik hamburan atau penyerapan tergantung kepada substansi lapisan apakah berupa gas, partikel, debu metalik dan lain-lain yang terkandung dalam aerosol. Panjang gelombang serta distribusi tinggi gelombang cahaya terhambur/terserap digunakan untuk mencari koefisien ekstingsi.

Secara umum tujuan penelitian ini untuk mengkonstruksi model-model yang mengkaitkan karakteristik keberadaan substansi pencemar yang tersebar di atmosfer (salah satunya adalah aerosol) dengan keadaan cuaca serta mempublikasikannya baik di dalam maupun luar negeri. Dan secara khusus tujuan penelitian ini adalah:

1. Membantu pemahaman observasi astronomi dengan model atmospheric extinction untuk memantau kondisi meteorology yang berkaitan dengan aerosol di Sumatera Barat dan sekitarnya
2. Untuk mempelajari kondisi meteorology dengan pemodelan jika data karakteristik keberadaan substansi pencemar aerosol diberikan

Pada (2002) sedang dilaksanakan penelitian serupa oleh TPM yang dibiayai proyek RUT IX untuk daerah Jawa Barat dan sekitarnya dengan memanfaatkan data jangka panjang yang terdapat di Bosscha (1982-1994). Dan beberapa penelitian serupa untuk daerah Eropah Tengah [1], [3], [5], [6]. Kaitan antara keberadaan debu vulkanik di atmosfer dan atmospheric extinction telah diteliti [7], [8]. Suatu

studi kasus untuk mengaitkan antara tingkat aerosol di atmosfer dan perturbasi terhadap cuaca global telah ditinjau dalam [8]. Studi empirik mengenai pengaruh kondisi meteorology terhadap atmospheric extinction [2] [9] [10]. Pemodelan karakteristik atmospheric extinction untuk memprediksi pencemaran aerosol di daerah Sumatera Barat merupakan hal yang baru. Juga keistimewaan penelitian ini penggunaan data dan peralatan dari GAW yang satu-satunya ada di Indonesia yang terletak di Sumatera Barat. Penelitian ini juga menuntut keterlibatan berbagai disiplin ilmu seperti astronomi, sains atmosfer, fisika sebagai dasar pemahaman, dan matematika sebagai media untuk merumuskan dan memodelkan permasalahan yang ditinjau.

Kontribusi yang dapat disumbangkan dari penelitian antara lain adalah: Menghasilkan software pemodelan; Dapat memprediksi dengan teliti keterkaitan tingkat konsentrasi aerosol di atmosfer bawah dan di atmosfer atas dan hubungannya dengan perubahan cuaca lokal; Dapat menginformasikan kepada masyarakat dampak polusi terhadap perubahan cuaca lokal; Memanfaatkan data GAW untuk pemodelan yang lebih teliti; Meningkatkan kemampuan meneliti dari TPP dan terbina pula kerjasama penelitian antar perguruan tinggi

Peningkatan aerosol oleh aktivitas manusia maupun secara alamiah tidak dapat dihindari, lebih-lebih di daerah perkotaan. Kenaikan konsentrasi aerosol diantaranya akan menyebabkan kekeruhan atmosfer, efek penghamburan dan absorpsi dilapisan atas atmosfer, menyokong terbentuknya inti kondensasi yang penting untuk proses pembentukan awan., penyebab kenaikan albedo, menurunkan temperatur permukaan secara global, sebagai polutan yang potensial untuk mempengaruhi hujan asam, menimbulkan penyakit saluran pernafasan dan lainnya. Mengingat banyak sekali kerugian yang ditimbulkan adanya aerosol di atmosfer, perlu sekali untuk mempelajari sifat-sifat dan karakteristik aerosol yang ada di setiap daerah.

7.2 Metode

a. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Komputasi Jurusan Fisika FMIPA UNP selaku Tim Peneliti Pengusul (TPP) terhitung Maret 2004 sampai dengan Desember 2004

b. Observasi dan Pengolahan data

Pengamatan astronomis dilakukan dengan pyrhelimeter dan pyranometer peralatan GAW Bukit Koto Tabang yang telah dipasang di Laboratorium UNP. Pada hakekatnya suatu observasi bertujuan mengumpulkan data obyek pengamatan dan disimpan dalam bentuk digital dalam system akuisisi data yang ada.

Data pengamatan selanjutnya direduksi guna menurunkan koefisien peredaman berdasarkan data intensitas radiasi matahari. Dekomposisi koefisien peredaman diadopsi melalui formula yang diberikan oleh [21]

$$k_a(\lambda) = \beta \lambda^{-a}$$

Dalam formula tersebut,

$$\beta = \frac{1}{mD} \ln \left(\frac{C}{A-B} \right)$$

$$\tau_A = (0,12445a - 0,0162) + (1,003 - 0,125a) \cdot \exp[-\beta m(1,089a + 0,5123)]$$

$$A = \frac{I}{0,975 E_0 \tau_R \tau_0 \tau_w \tau_G} \quad B = 0,1244 a - 0,0162$$

$$C = 1,003 - 0,125 a \quad D = 1,089 a + 0,5123$$

I = Intensitas matahari (hasil pengukuran), a = ukuran partikel, $k_a(\lambda)$ berkaitan dengan transmitansi hamburan reyleigh (τ_R), berkaitan dengan transmitansi lapisan ozon di atmosfer (τ_0), berkaitan dengan transmitansi uap air (τ_W), berkaitan dengan transmitansi gas O_2 CO_2 (τ_G). Sedang transmitansi aerosol (τ_A) berkait dengan koefisien Angstrom (β). Setiap data pengamatan akan direduksi dengan disertai evaluasi akan perilaku statistiknya.

c. Pemodelan dan Numerical Coding

Terlebih dulu ditentukan parameter-parameter atmospheric extinction yang berkaitan dengan kuantitas aerosol di atmosfer melalui modifikasi perhitungan teori Mie dengan melibatkan data meteorology yang dipantau GAW khusus untuk Sumatera Barat.

Teori Mie ini digunakan untuk memperoleh hubungan antara koefisien ekstingsi dan panjang gelombang dengan ukuran partikel diasumsikan. Untuk partikel sferis yang homogen dengan radius a dan tersusun atas material dengan indeks bias kompleks m , maka dipergunakan persamaan-persamaan berikut ini,

$$Q_{sca} = \frac{2}{x^2} \sum_{n=1}^{\infty} (2n+1) [|a_n|^2 + |b_n|^2]$$

$$Q_{ext} = \frac{2}{x^2} \sum_{n=1}^{\infty} (2n+1) \text{Re}(a_n + b_n)$$

$$Q_{abs} = Q_{ext} + Q_{sca}$$

dimana

$$a_n = \frac{\psi'_n(mx)\psi_n(x) - m\psi_n(mx)\psi'_n(x)}{\psi'_n(mx)\zeta_n(x) - m\psi_n(mx)\zeta'_n(x)}$$

$$b_n = \frac{m\psi'_n(mx)\psi_n(x) - \psi_n(mx)\psi'_n(x)}{m\psi'_n(mx)\zeta_n(x) - \psi_n(mx)\zeta'_n(x)}$$

$\psi_n(z)$, $\zeta_n(x)$ adalah fungsi Riccati-Bessel yang memiliki hubungan dengan fungsi Bessel sferis, $j_n(z)$ dan $h_n^{(2)}(z)$ sebagai berikut,

$$\psi_n(z) = z j_n(z) = (\pi z / 2)^{1/2} J_{n+1/2}(z)$$

$$\zeta_n(z) = z h_n^{(2)}(z) = (\pi z / 2)^{1/2} [J_{n+1/2}(z) + i(-1)^n J_{-n-1/2}(z)]$$

Problem komputasi yang terlibat dalam teori Mie adalah mencari nilai a_n dan b_n untuk nilai-nilai m dan x yang diberikan.

1. Kasus m bilangan ril (material dielektrik): Fungsi dalam persamaan a_n dan b_n hanya melibatkan fungsi Bessel dengan argumen ril.
2. Kasus m bilangan kompleks (metal dan grafit): Fungsi dalam persamaan a_n dan b_n mengandung $\psi_n(mx)$ dan $\psi_n'(mx)$ yang melibatkan fungsi Bessel dengan argumen kompleks.

Pemodelan numerical diimplementasikan dengan Delphi Pascal/Matlab (user friendly) yang menganalisis karakteristik atmospheric extinction berdasarkan panjang gelombang serta distribusi tinggi cahaya terhambur/terserap.

d. Implementasi data Observasi

Data observasi yang diperoleh diimplementasikan kedalam expert system yang sudah terkontruksi untuk memperoleh tingkat polutan aerosol. Melalui suatu analisa korelasi akan diperoleh tinjauan deskriptif implikasi tingkat polutan terhadap kondisi meteorologi.

7.3 Jadwal Kerja

Tabel 2 JADWAL KEGIATAN TAHUN 2004 (TAHUN II)

No.	KEGIATAN/ PENANGGUNG JAWAB	BULAN									
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Validasi model data astronomi dan meteorologi Formulasi invers problem PJ : Anggota peneliti II										

2.	Kunjungan TPP ke TPM untuk pematapan Design Expert system PJ : Peneliti utama dan Anggota peneliti II									
3.	Implementasi Design Expert system PJ : Peneliti utama dan Anggota peneliti II									
4.	Observasi jangka pendek astronomi, dengan menggunakan instrumen untuk memperoleh data atmospheric extinction yang lebih kualitatif PJ : Peneliti utama dan Anggota peneliti I									
5.	Penerapan expert system pada studi kasus No. 4 Design Expert system PJ : Anggota peneliti II									
6.	Analisa implikasi tingkat aerosol terhitung terhadap kondisi meteorologi PJ : Anggota peneliti I									
8.	Kunjungan kerja TPM ke TPP untuk pematapan bentuk kerjasama penelitian [TPM dan TPP di UNP]									
9.	Tabulasi hasil, Penulisan paper dan presentasi PJ : Peneliti utama									
10.	Laporan Akhir Tahun II Pemikiran dan tinjauan kearah pengembangan hasil lebih lanjut PJ : Peneliti utama dan semua anggota									

7.4 Pelaksanaan Kerjasama

Untuk mewujudkan indikator keberhasilan yang dicapai dari penelitian ini, maka dilakukan langkah strategis dalam melaksanakan kerjasama antara TPM dan TPP mencakup

:

1. Komunikasi berkala (setiap minggu) via e-mail, telpon, sms, maupun surat menyurat,
2. Membahas informasi-informasi terkini seperti peranserta dalam usul penelitian bersama RUT, RUK, Hibah Bersaing, bahkan RUTI,
3. Berperan aktif dalam publikasi ilmiah (jurnal nasional maupun internasional)
4. Tukar menukar referensi/jurnal terkini dalam mendukung pengembangan penelitian berikutnya,
5. Menumbuhkembangkan inovasi IPTEKS, dan mempertinggi nilai tambah sumber daya manusia dengan cara manajemen penelitian berorientasi pasar agar dapat meningkatkan kesejahteraan peneliti dan rakyat Indonesia melalui prosedur paten/HaKI baik di dalam negeri maupun luar negeri

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H.G. Reiman, V. Ossenkopf, and S. Beyersdorfer, 1990, Atmospheric extinction and meteorological conditions- a long time photometric study, *Astron. Astrophys.*
- [2] H.L. Malasan, 1993, Atmospheric extinction coefficients over Lembang based on astronomical photometry, *Proc. The 5th International Symposium on Equatorial Atmospheric Observation over Indonesia*, BPPT Jakarta
- [3] F.Rufener, 1986, The evolution of atmospheric extinction at La Silla, *astron. Astrophys.* 165, 275-286
- [4] H. van de Hulst, 1957, *Light Scattering by Small Particle*, Jhon Willey and Sons
- [5] A.W.J. Cousins, 1985, Atmospheric extinction in relation to stellar photometry, *MNASSA V.44*, 10-14
- [6] G. Burki, F.D.Rufener, M. Burnet, C. Richard, A. Blecha, and P.Bratschi, 1995, The Evolution of atmospheric extinction at the E.S.O La Silla Observatory, *Astron. Astrophys. Ser.112*, 383-394
- [7] W.Livingston, 1982, Volcanic ash over Arizona in the Spring of 1982: Astronomical Observation, *Science*, V.220, 300-302
- [8] J.E. Hansen, W.C. Wang, A.A. Lacis, 1978, Global Climate Perturbation, *Science* v.199, 1065-1067
- [9] B.Hidayat and H.L.Malasan, 1985, Coefficients of Extinction at Lembang, *IAU Transaction XIX*, 331
- [10] H.L.Malasan, C.Nurwendaya, B.Hidayat, 1982, Transparansi angkasa sebelum dan sesudah letusan gunung api: kasus angkasa lambing tahun 1982, *proc. ITB Bandung* 17
- [11] H.L.Malasan, H.Taguchi, H.Kawakita, K.Kinugasa, 1999, Photometric Equipment and Activities at Gunna Astronomy Observatory, *Gunna Astronomy Observatory* p.98
- [12] H.L.Malasan, H.Taguchi, H.Kawakita, K.Kinugasa, 2000, Photometric Parameter for Gunna Astronomy Observatory, *Gunna Astronomy Observatory* p.67
- [13] H.Siendentopf, 1948, *Naturwiss* 35, 289
- [14] V. Staizys, 1977, *Multicolour stellar photometry*, Mokslas Publishers, Vilnius
- [15] J.J. Twitty and J.A Weinman, 1971, *J. Appl. Meteor* 10, 725
- [16] F.Volz, 1973, *Applied Optics* 12, 564
- [17] Duffle JA, Beckman WA,(1980), *Solar engineering of thermal processes*, New York: Wiley and Sons
- [18] Fronhlich C,(1986), *Techniques for the measurements of spectral radiation. Course on physical climatology for solar and wind energy*, trieste, Italy: International Centre for Theoretical Physics
- [19] Fronhlich C,(1986), *Extraterrestrial solar radiatio, Course on physical climatology for solar and wind energy*, trieste, Italy: International Centre for Theoretical Physics
- [20] Hussain, M. et al (2000), *Determination of atmospheric turbidity in Bangladesh*, - *J.Renewable Energy* 20, p.325-332
- [21] Iqbal M., (1983), *An Introduction o Solar Radiation*, Toronto: Academic Press.

- [22] H.L. Malasan, Tri Wahyu Adi, Nuning Nuraini (2002), Pemantauan Kondisi Meteorologi Melalui Model Dinamik Atmospheric Extinction: Berdasarkan data jangka Panjang Observatorium Bosscha Lembang, Laporan Penelitian RUT
- [23] Jacovides, C.P., J.D. Karalis, 1996, *Broad-Band Turbidity Parameters and Spectral Band Resolution of Solar Radiation for the Period 1954-1991, in Athens, Greece*, *Internasional Journal of Climatology* Vol. 16.
- [24] Williamson Lorenzo, Liloyd Mehane, Mr. Kevin Brathwaite, Prof. R.Craig, Prof. A. Stewart, Prof. W. W. Hope and Prof. L. R. Johnson, 2000, *Total Optical Depth Analysis for NO₂, O₃ and Aerosols by a Multi-Filter Shadowband Radiometer*
- [25] Budiwati Tuti, 2001, *Karakteristik Ketebanan optic aerosol di Bandung*, *Kontribusi Fisika Indonesia* vol. 12 No. 4.
- [26] Xu Jin, Michael Bergin, 2002, *Aerosol Optical Properties and Direct Radiative Forcing at Yulin, China*, Georgia Institute of Technology
- [27] Ristori, P., J. Fochesatto, P. H. Flamant, E. Wolfram, E. Quel, R. Piacentini, B. Holben, 2001, *Characterization of the Atmospheric Aerosol in Buenos Aires area using long term Sun Photometer Measurements*
- [28] Kambezidis, D Harry, Angeliki K. Fotiadi and Basil D. Katsoulis, *Variability of Atmospheric Turbidity in Athens, Greece*

LAMPIRAN 1

MAKALAH PADA ACARA WORKSHOP PEMANFAATAN
INFORMASI IKLIM UNTUK PERTANIAN
DI SUMATERA BARAT, TGL. 12 S/D 14 JULI 2003

TELAAH VARIASI TURBIDITAS ATMOSFER DALAM KAITANNYA DENGAN KADAR AEROSOL DI PADANG DAN BUKIT KOTOTABANG SUMATERA BARAT

Fesiyec¹⁾, Hamdi²⁾, Irwan³⁾, Herizal⁴⁾, Hardin L. Malasan⁵⁾

- 1), 2) Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang
- 3) Staf Pengajar Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Padang
- 4) Staf Global Atmosphere watch (GAW) Bukit Kototabang
- 5) Staf Pengajar Departement Astronomi FMIPA Institut Teknologi Bandung

TELAAH VARIASI TURBIDITAS ATMOSFER DALAM KAITANNYA DENGAN KADAR AEROSOL DI PADANG DAN BUKIT KOTO TABANG SUMATERA BARAT^{*)}

Festiyed¹⁾, Hamdi²⁾, Irwan³⁾, Herizal⁴⁾, Hakim L. Malasan⁵⁾,

1) 2) Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang
3) Staf Pengajar Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Padang
4) Staf Global Atmosphere Watch (GAW) Bukit Kototabang
5) Staf Pengajar Departemen Astronomi FMIPA Institut Teknologi Bandung

ABSTRAK

Pengukuran intensitas matahari menggunakan "Normal Incidence Pyrheliometer (NIP) and Filter Wheel", dengan Quartz (0,28 – 0,53 μ m), OG1(0,53 – 0,63 μ m), RG2(0,63- 0,695 μ m) dan RG8 (besar dari 0,695 μ m), telah dilakukan pada cuaca cerah pada bulan Juli di Padang (0° 52' 26" LS 100° 21' 42" BT) dan tahun 1996, 1997 di GAW Bukit Koto Tabang Kabupaten Agam (0.25° LS 100.36° BT) Sumatera Barat. Dari hasil perhitungan untuk OG1(0,53 – 0,63 μ m), RG2(0,63- 0,695 μ m) didapat koefisien turbiditas Angstrom β di Bukit Koto Tabang 1996 bervariasi mulai dari 0.05 sampai 0.30 dan tahun 1997 bervariasi mulai dari 0.07 sampai 0.35. Di Padang pada bulan Juli 2003 bervariasi mulai dari 0.02 sampai 0.26

1. Pendahuluan

Radiasi matahari terlemahkan ketika melewati atmosfer. Pelemahan ini terutama disebabkan oleh penyerapan dan hamburan berbagai substansi seperti: hamburan Reyleigh oleh molekul udara; penyerapan oleh lapisan ozon; hamburan dan penyerapan akibat keberadaan aerosol. Aerosol berupa partikel padat atau cair yang mengambang didalam medium gas. Atmosfer secara tetap mengandung partikel yang mengambang diudara yang ukurannya bervariasi dari 10⁻³ μ m sampai 10⁻² μ m yang biasa disebut aerosol atau polutan. Keberadaan aerosol di atmosfer terkait dengan polusi yang diproduksi oleh manusia (*antrophogenic activities*) dan mempengaruhi kondisi meteorologis.

Pada cuaca cerah aerosol adalah substansi yang mendominasi pelemahan radiasi matahari pada spectrum cahaya tampak dan near infra merah. Partikel aerosol mempunyai waktu hidup yang singkat, sehingga aerosol mempunyai sifat bervariasi dari satu tempat ketempat lain dan juga bervariasi terhadap waktu.

Jumlah aerosol di atmosfer dapat ditunjukkan oleh koefisien turbiditas. Dalam studi turbiditas atmosfer, koefisien tersebut menunjukkan adanya pelemahan radiasi yang diterima puncak atmosfer (*Extra Terrestrial Radiation- ETR*) pada seluruh panjang gelombang atau pada rentang panjang gelombang tertentu. Koefisien yang sering digunakan adalah koefisien Angstrom (1930), factor turbiditas Linke (1929) dan koefisien turbiditas Unsworth-Monteith (1972). Koefisien turbiditas Angstrom β merupakan koefisien tak berdimensi yang menunjukkan jumlah aerosol di atmosfer dan digunakan secara luas dalam observasi meteorology untuk mencari karakteristik tingkat turbiditas. Faktor turbiditas Linke TL digunakan untuk menunjukkan jumlah atmosfer

^{*)} Makalah dalam Workshop Pemanfaatan Informasi Iklim untuk Pertanian di Sumatera Barat, Tgl 12 s/d 14 Juli 2003

kering bersih yang perlu untuk menghasilkan pelemahan ETR yang sama yang dihasilkan oleh atmosfer sebenarnya. Koefisien turbiditas Unsworth-Monteith TU menyatakan jumlah atmosfer bersih dengan kandungan uap air tertentu yang menghasilkan pelemahan yang sama seperti atmosfer sesungguhnya yang mengandung aerosol. Pada tulisan ini penentuan koefisien turbiditas atmosfer digunakan koefisien Angstrom.

2. Faktor turbiditas Angstrom β

Pendekatan yang paling mungkin untuk distribusi intensitas radiasi matahari (M.Husain, Salma Khatum and M.G. Rasul: J.2000) dapat ditulis

$$G(\lambda) = G_0(\lambda) \exp[-m_r(d_r(\lambda) + d_a(\lambda) + d_{oz}(\lambda))]$$

Dimana $G(\lambda)$ adalah hasil pengukuran intensitas radiasi matahari pada panjang gelombang λ , $G_0(\lambda)$ konstanta koreksi matahari $d_r(\lambda)$ adalah konstanta hamburan Reyleigh oleh molekul udara; $d_a(\lambda)$ adalah koefisien ekstingsi hamburan dan penyerapan akibat keberadaan aerosol dan $d_{oz}(\lambda)$ adalah koefisien penyerapan oleh lapisan ozon. Sedangkan

$$m_r = [\sin\theta + 0,15 (\theta + 3,885)]^{-1}$$

Dimana θ sudut posisi matahari.

Untuk konstanta hamburan Reyleigh oleh molekul udara dapat dihitung dari total atmosfer dengan pendekatan (C.Frohlich:1986 and J.A.Duffle: 1980)

$$d_r(\lambda) = (P/P_0) 0,00865 \lambda_m^{-(3,916+0,074\lambda_m+0,050/\lambda_m)}$$

Disini P tekanan di lokasi pengukuran dalam mbar dan $P_0 = 1013,25$ mbar, λ_m panjang gelombang rata-rata.

Koefisien penyerapan oleh lapisan ozon diasumsikan sebagai berikut:

$$d_{oz}(\lambda) = K(\lambda) l m_r$$

$K(\lambda)$ adalah koefisien absorpsi lapisan ozon, l ketebalan ozon dalam cm. $K(\lambda)$ harganya berbeda menurut lebar panjang gelombang, dari table koefisien absorpsi ozon (M.Iqbal:1983) harga rata-rata $l=0,25$ cm, untuk lokasi di Padang didapatkan $d_{oz}=0,0643$ untuk daerah panjanggelombang $0,290 - 0,530 \mu\text{m}$, dan $d_{oz}=0,0484$ untuk daerah panjanggelombang $0,290 - 0,630 \mu\text{m}$.

Untuk koefisien hamburan dan penyerapan akibat keberadaan aerosol Angstrom mengasumsikan sebagai jumlah aerosol di atmosfer dalam arah vertical dinyatakan dengan koefisien turbiditas Angstrom β . Harga β bervariasi dari 0,0 sampai 0,5. Persamaan turbiditas Angstrom dinyatakan sebagai berikut:

$$d_a(\lambda) = \beta \lambda^{-a}$$

dimana $k_{a\lambda}$ adalah koefisien ekstingsi aerosol untuk monokromatik atau dikenal dengan aerosol optical depht dengan arah vertical. λ adalah panjang gelombang dalam micrometer. Exponensial a adalah ukuran distribusi partikel bervariasi dari $a = 0$ untuk partikel yang sangat besar dan $a = 4,0$ untuk partikel Rayleigh yang sangat kecil. Diasumsikan nilai $a = 1,3 \pm 0,2$ dan rata-rata yang paling mendekati adalah 1,3 (C.Frohlich:1986), sehingga dirumuskan koefisien turbiditas Angstrom sebagai berikut:

$$\beta = d_a(\lambda)\lambda^{1.3}$$

dengan

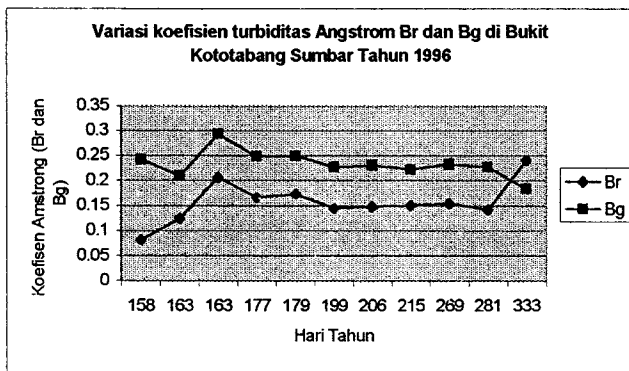
$$d_a(\lambda) = (\ln G_0(\lambda) - \ln G(\lambda) - m_r d_r(\lambda) - m_{d_{oz}}(\lambda)) / m_r$$

3. Pengukuran Langsung Radiasi Matahari

Nilai dari intensitas langsung radiasi matahari pada kondisi normal (cuaca cerah) untuk semua spectrum dengan Quartz (0,280 – 0,530 μm), filter OG1 (0,530 – 0,630 μm), filter RG2 (0,63 – 0,695) dan filter RG9 (besar dari 0,695), Normal Incidence Pyrheliometer (NIP 25433 E6). Pyrheliometer dirancang digunakan untuk bermacam-macam elevasi dan azimuth. Sebelum pengukuran dimulai pyrheliometer dihubungkan dengan digital multimeter dengan respons bacaan dalam milivolt. Pembacaan dilakukan saat cuaca cerah dan sumbu pyrheliometer harus sejajar dengan radiasi matahari.

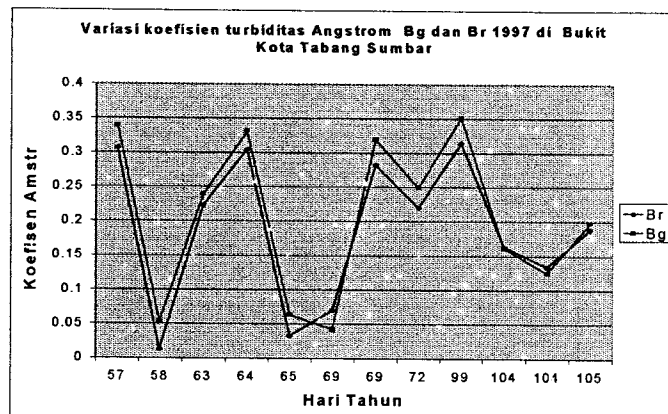
4. Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan turbiditas atmosfer dalam kaitannya dengan aerosol diolah untuk dua rentangan panjang gelombang 0,53 – 0,630 μm dan 0,63 – 0,639 μm , terdiri dari 28 data pada bulan Juli 2003 di Padang dan 11 data tahun 1996, 12 data tahun 1997 di GAW Bukit Koto Tabang. Hasil olahan telah direduksi dalam bentuk grafik sebagai berikut:



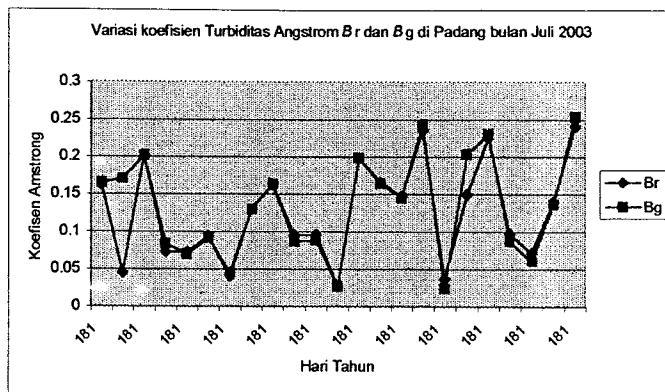
Gambar.1 Variasi koefisien turbiditas Angstrom Br dan Bg (β_g dan β_r) 1996 di Bukit Koto Tabang Sumbar

Dari gambar 1 koefisien turbiditas Angstrom untuk aerosol di Bukit Koto Tabang 1996 bervariasi mulai dari 0.05 sampai 0.30 . Rata-rata koefisien Angstrom pada rentangan panjang gelombang 0,53 – 0,630 μm didapat 0,15759 artinya atmosfer dalam kondisi “clear” dengan visibilitas terjauh 28 km. Dan pada rentangan panjang gelombang 0,63 – 0,639 μm diperoleh rata-rata koefisien Angstroms 0,1336, dikategorikan atmosfer “clear” dan visibilitasnya 28 km.



Gambar 2 Variasi koefisien turbiditas Angstrom B_g dan B_r (β_g dan β_r) 1997 di Bukit Koto Tabang Sumbar

Gambar 2 koefisien turbiditas Angstrom untuk aerosol di Bukit Koto Tabang 1997 bervariasi mulai dari 0.07 sampai 0.35. Rata-rata koefisien Angstrom pada rentangan panjang gelombang 0,53 – 0,630 μm didapat 0,2373 artinya atmosfer dalam kondisi “ turbid” dengan visibilitas 11 km. Dan pada rentangan panjang gelombang 0,63 – 0,639 μm diperoleh rata-rata koefisien Angstroms 0,2530, dikategorikan atmosfer “turbid” dengan visibilitas 11 km.



Gambar 3 Variasi koefisien turbiditas Angstrom Bg dan Br (β_g dan β_r) 2003 di Padang Sumbar

Dari gambar 3 terlihat koefisien turbiditas Angstrom untuk aerosol di Padang pada bulan Juli 2003 bervariasi mulai dari 0.02 sampai 0.26 Rata-rata koefisien Angstrom pada rentangan panjang gelombang 0,53 – 0,630 μm didapat 0,1270 artinya atmosfer dalam kondisi “ turbid” dengan visibilitas terjauh 11 km. Dan pada rentangan panjang gelombang 0,63 – 0,639 μm diperoleh rata-rata koefisien Angstroms 0,1340, dikategorikan atmosfer “turbid” dan visibilitas 11 km.

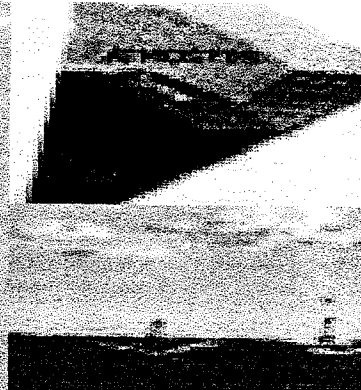
Daftar Bacaan

- Duffle JA, Beckman WA,(1980), Solar engineering of thermal processes, New York: Wiley and Sons
- Fronhlich C,(1986), Techniques for the measurements of spectral radiation. Course on physical climatology for solar and wind energy, trieste, Italy: International Centre for Theoretical Physics
- Fronhlich C,(1986), Extraterrestrial solar radiatio, Course on physical climatology for solar and wind energy, trieste, Italy: International Centre for Theoretical Physics
- Hussain, M. et al (2000), *Determination of atmospheric turbidity in Bangladesh*, - J.Renewable Energy 20, p.325-332
- Iqbal M., (1983), An Introduction o Solar Radiation, Toronto: Academic Press.

LAMPIRAN 2

MAKALAH PADA SEMINAR ASTRONOMI DAN
PENELITIAN ANTARIKSA TGL 22 S/D 24 OKTOBER 2003

**PROGRAM PENGUKURAN
RADIASI MATAHARI DI
LABORATORIUM
UNIVERSITAS NEGERI
PADANG (UNP), PADANG
SUMATERA BARAT**



Festiyed1), Hamdi2), Irwan3) Hakim L. Malasan4)

*1), 2), 3) Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA
Universitas Negeri Padang*

*4) Staf Pengajar Departement Astronomi FMIPA
Institut Teknologi Bandung*

PROGRAM PENGUKURAN RADIASI MATAHARI DI LABORATORIUM UNIVERSITAS NEGERI PADANG (UNP), PADANG, SUMATERA BARAT^{*)}

Festiyed¹⁾, Hamdi²⁾, Irwan³⁾ Hakim L. Malasan⁴⁾

1),2),3) Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang
4) Staf Pengajar Departemen Astronomi FMIPA Institut Teknologi Bandung

ABSTRAK

Parameter atmosfer yang berkaitan dengan radiasi matahari telah dapat diukur di Laboratorium Fisika UNP Padang ($0^{\circ}.52'.26''$.LS $100^{\circ}.21'.42''$ BT). Parameter tersebut diperoleh menggunakan "Normal Incidence Pyrheliometer (NIP) and Filter Wheel", dengan Quartz ($0,28 - 0,53\mu\text{m}$), OG1($0,53 - 0,63\mu\text{m}$), RG2($0,63 - 0,695\mu\text{m}$) dan RG8 (besar dari $0,695\mu\text{m}$) untuk radiasi langsung. Sedangkan Pyranometer untuk pengukuran radiasi difus dan global sedang proses pemasangan.

I. Pendahuluan

Atmosfir yang melingkupi bumi terdiri atas sejumlah lapisan. Setiap lapisan memiliki peran penting bagi kehidupan. Penelitian mengungkapkan bahwa lapisan-lapisan ini memiliki fungsi mengembalikan benda-benda atau sinar yang mereka terima ke ruang angkasa atau ke arah bawah, yakni ke bumi, lapisan tersebut adalah:

- Lapisan Troposfir, 13 hingga 15 km di atas permukaan bumi, memungkinkan uap air yang naik dari permukaan bumi menjadi terkumpul hingga jenuh dan turun kembali ke bumi sebagai hujan.
- Lapisan ozon, pada ketinggian 25 km, memantulkan radiasi berbahaya dan sinar ultraviolet yang datang dari ruang angkasa dan mengembalikan keduanya ke ruang angkasa.
- Ionosfir, memantulkan kembali pancaran gelombang radio dari bumi ke berbagai belahan bumi lainnya, persis seperti satelit komunikasi pasif, sehingga memungkinkan komunikasi tanpa kabel, pemancaran siaran radio dan televisi pada jarak yang cukup jauh.

Pada dasarnya, keadaan atmosfer bumi adalah stabil secara statis. Artinya, udara di bawah lebih berat daripada udara di atas sehingga atmosfer terstratifikasi dengan baik dan stratosfer lebih stabil daripada troposfer. Hal ini dapat dipahami dengan lebih mudah

^{*)} Makalah dalam Seminar "Penelitian Astronomi dan Sains Antariksa", 22-23 Oktober 2003, di Aula Barat ITB Bandung

apabila kita melihat variasi *temperatur potensial* terhadap ketinggian. Temperatur potensial didefinisikan sebagai temperatur yang akan dimiliki parcel udara jika diturunkan dari ketinggian tekanan tertentu p sampai ke ketinggian tekanan standar p_0 secara adiabatik (proses tanpa terjadi pertukaran panas) dan dirumuskan secara matematis sebagai :

$$\theta = T \left(\frac{p_0}{p} \right)^k$$

dimana T adalah temperatur parcel dan $k = R/C_p$ dengan R adalah konstanta dan C_p adalah kapasitas panas pada tekanan konstan.

Di dalam troposfer, gangguan utama terhadap kestabilan atmosfer adalah pemanasan oleh radiasi matahari. Udara dekat permukaan tanah yang terpanaskan oleh radiasi matahari pada siang hari menjadi lebih ringan dari udara di atasnya sehingga terangkat dan tercampur oleh proses *convective turbulence*. Proses pencampuran murni oleh pengaruh pemanasan matahari ini terutama terjadi hanya di lapisan atmosfer yang sangat dekat dengan permukaan yang disebut dengan *planetary boundary layer* (lapisan batas). Lapisan batas sangat dipengaruhi oleh variasi diurnal (harian) yang merupakan pengaruh langsung dari pemanasan sinar matahari.

Dengan demikian, struktur boundary layer mengalami evolusi harian. Dalam keadaan cuaca cerah, proses pencampuran udara akibat konveksi akan berlangsung sampai batas ketinggian *mixed layer* sekitar 2-3 km untuk daerah tropis, sepanjang pagi sampai sore hari. Berbagai partikel, termasuk aerosol, yang dilepaskan dekat permukaan pada umumnya akan terdispersi vertikal di dalam lapisan ini. Pada malam hari terjadi proses stabilisasi lapisan atmosfer yang kadang-kadang menyisakan udara tercampur di dalam *residual layer* sekitar ketinggian 1 km.

Karena banyaknya proses dan variabel yang terlibat, maka perilaku atmosfer sukar digambarkan secara lengkap. Namun demikian, kejadian di atmosfer dapat dipelajari melalui perilaku data pengamatan parameter atmosfer. Data pengamatan parameter atmosfer akan mudah diperoleh di kota-kota besar yang termasuk dalam jaringan pengamatan Nasional/Internasional atau di stasiun pengamat meteorologi (Badan

meteorology dan Geofisika/BMG, Global Atmospheric Watch/GAW, LAPAN dan lain-lain), namun untuk Sumatera Barat pengamatan parameter atmosfer baru dimulai 1996 semenjak stasiun GAW di Bukit Koto Tabang di didirikan. Peralatan yang ada High Volume Air Sampler Metode Gravitasi (SPM), Partisol Low Vol. Air Sampler (PM 10), NDIR TEI 48C (CO), Fuji NDIR (CO₂), Passive Sampler Spektroskopi (NO₂), Passive Sampler Ion Kromatografi (SO₂), UV Photometer (ozon permukaan), Penakar Hujan Otomatis, pH meter, Conductivity meter, IC (komposisi kimia air hujan), Pyranometer (radiasi global, diffuse dan langsung, Eppley Radiometer (radiasi UV), Automatic Weather Station (parameter meteorology), Boundary Layer Radar Dopler Sodar, Anemometer (BLR profil angin vertical).

Walau GAW sudah ada semenjak tahun 1996, belum banyak peneliti dalam negeri atau Perguruan Tinggi yang memanfaatkan data yang ada. Pada tahun 2000 sekelompok dosen Fisika Universitas Negeri Padang (UNP) berkunjung ke GAW dan dari hubungan tersebut beberapa data telah dimanfaatkan untuk tugas akhir mahasiswa, mulai tahun 2001 mengundang staff GAW sebagai dosen luar biasa di Jurusan Fisika. Pada tahun 2003 dengan diterimanya penelitian Hibah Pekerti peralatan GAW khusus untuk radiasi matahari langsung yaitu Pyrheliometer telah dipasang di Labor Fisika UNP.

Saat ini sedang berlangsung proses pemasangan peralatan pengukuran radiasi matahari global, dan difus yaitu Pyranometer. Dengan demikian disamping pengamatan radiasi matahari dilakukan di GAW Bukit Koto Tabang, juga dapat diamati di Padang (sekitar 80 KM dari GAW)

II. Evaluasi Turbiditas Atmosfer dari Radiasi Matahari

Radiasi matahari yang masuk ke atmosfer bumi sebagian energinya dihamburkan dan sebagian lagi diserap. Energi yang dihamburkan disebut dengan radiasi difus. Radiasi difus ini juga ada sebagian yang dikembalikan ke ruang angkasa dan sebagian juga diteruskan ke bumi. Radiasi yang langsung sampai pada permukaan bumi disebut radiasi langsung.

Peredaman radiasi matahari oleh berbagai substansi seperti: hamburan Reyleigh oleh molekul udara; penyerapan oleh lapisan ozon; hamburan dan penyerapan akibat

keberadaan aerosol, hamburan dan penyerapan oleh campuran gas (molekul udara kering dan uap air), menyebabkan berkurangnya radiasi matahari yang sampai di Bumi. Rumus empiris yang dapat menunjukkan koefisien pelemahan radiasi tersebut meliputi (lihat misalnya Malasan, et.al 2002),

1. Hamburan Reyleigh

Hamburan radiasi matahari oleh molekul udara dapat dijelaskan dengan menggunakan teori Rayleigh yang didasarkan pada asumsi bahwa hamburan partikel berupa bola, dengan diameter partikel $0,2 \lambda$ dan partikel yang terhambur tidak berhubungan satu dengan yang lainnya. Formula matematika Rayleigh mencakup jumlah partikel per unit volume dan indeks refraktif dari partikel. Formula aproksimasi untuk koefisien hamburan udara kering pada kondisi standar adalah

$$k_{r\lambda} = 0.00835\lambda^{-4.08}$$

Koefisien hamburan rayleigh bervariasi sebesar λ^{-4} menyebabkan spectrum transmitansi molekul udara meningkat terhadap panjang gelombang dan menurun terhadap peningkatan optis massa udara. Sehingga formula lengkap untuk transmittansi pada hamburan scattering.

$$\tau_{r\lambda} = \exp(-0.008735\lambda^{-4.08} m_a)$$

dimana m_a adalah masa optikal udara relative pada tekanan sebenarnya. Pada lintang geografi tinggi harga $m_a < 1$ dan $m_a \rightarrow 0$ pada atmosfer bumi.

2. Penyerapan oleh Lapisan Ozon

Penyerapan radiasi elektromagnetik oleh ozon telah ditentukan oleh sejumlah peneliti. Ozon diserap dalam daerah ultraviolet, kasatmata dan inframerah. Rumusan untuk koefisien atenuasi ozon adalah:

$$\tau_{o\lambda} = \exp(-k_{o\lambda} l m_r)$$

dimana $k_{o\lambda}$ adalah koefisien atenuasi untuk penyerapan ozon, l adalah jumlah ozon dalam cm (NTP) dan m_r adalah masa optik dari ozon. Koefisien-koefisien ozon tercatat hanya untuk panjang gelombang $> 0.29 \mu\text{m}$ disebabkan semua radiasi gelombang pendek diserap oleh lapisan ozon.

$$\tau_{g\lambda} = \exp\left[-1.41k_{g\lambda}m_a / (1 + 118.93k_{g\lambda}m_a)^{0.45}\right]$$

$$\tau_{wa\lambda} = \exp\left[-0.2385k_{wa\lambda}wm_r / (1 + 20.07k_{wa\lambda}wm_r)^{0.45}\right]$$

Transmittansi total dari molckul yang terserap dapat ditulis

$$\tau_{ma\lambda} = \tau_{o\lambda} \tau_{g\lambda} \tau_{wa\lambda}$$

Distribusi monokromatik dari sinar matahari langsung dapat dihitung sebagai fungsi dari variable termasuk masa optis dan parameter atmosfer lainnya seperti uap air, ketebalan lapisan ozon dan parameter turbiditas. Sehingga transmittansi monokromatik dengan mengabungkan atenuasi dan penyerapan molekul dapat dituliskan sebagai berikut

$$\tau_{\lambda} = \tau_{c\lambda} \tau_{ma\lambda}$$

$$\tau_{\lambda} = \tau_{r\lambda} \tau_{a\lambda} \tau_{o\lambda} \tau_{g\lambda} \tau_{wa\lambda}$$

dimana :

$\tau_{r\lambda}$ = spectrum transmittansi sinar langsung pada hamburan molekul

$\tau_{a\lambda}$ = spectrum transmittansi hamburan dan penyerapan oleh aerosol

$\tau_{o\lambda}$ = spectrum transmittansi sinar langsung pada penyerapan oleh lapisan ozon

$\tau_{g\lambda}$ = spectrum transmittansi penyerapan campuran gas uniform (CO₂ dan O₂)

$\tau_{wa\lambda}$ = spectrum transmittansi sinar langsung pada penyerapan uap air

3. Hamburan dan Penyerapan Akibat Keberadaan Aerosol

Pada cuaca cerah aerosol adalah unsur atmosfer yang mendominasi pelemahan radiasi matahari pada spektrum cahaya tampak dan dekat infra merah. Partikel aerosol bervariasi dari satu tempat ke tempat lain dan bervariasi juga terhadap waktu. Jumlah aerosol dapat ditunjukkan oleh koefisien turbiditas. Dalam studi turbiditas atmosfer sehubungan dengan keberadaan aerosol ini, ada tiga koefisien yang telah diperkenalkan, yaitu:

a. Koefisien turbiditas Angstrom β

Untuk koefisien hamburan dan penyerapan akibat keberadaan aerosol Angstrom mengasumsikan jumlah aerosol di atmosfer dalam arah vertical dinyatakan dengan koefisien turbiditas Angstrom β . Harga β bervariasi dari 0,0 sampai 0,5. Persamaan turbiditas Angstrom dinyatakan sebagai berikut:

$$k_a(\lambda) = \beta \lambda^{-a}$$

dimana $k_{a\lambda}$ adalah koefisien ekstingsi aerosol untuk monokromatik atau dikenal dengan aerosol optical depth dengan arah vertical. λ adalah panjang gelombang dalam micrometer. Exponensial a adalah ukuran distribusi partikel bervariasi dari $a = 0$ untuk partikel yang sangat besar dan $a = 4,0$ untuk partikel Rayleigh yang sangat kecil. Diasumsikan nilai $a = 1,3 \pm 0,2$ dan rata-rata yang paling mendekati adalah 1,3 (Frohlich:1986), sehingga dapat dirumuskan koefisien turbiditas Angstrom sebagai berikut:

$$\beta = k_{a\lambda} \lambda^{1,3}$$

Selanjutnya koefisien Angstrom β diuraikan berdasarkan (Jacovides and Karalis, 1996), yang memperhitungkan kandungan uap air adalah:

$$\beta = \frac{1}{mD} \ln \left(\frac{C}{A - B} \right)$$

$$A = \frac{I}{0,975 E_0 \tau_R \tau_0 \tau_w \tau_G} \quad I = \text{Intensitas matahari (hasil pengukuran)}$$

$$B = 0,1244 a - 0,0162 \quad a = \text{ukuran partikel}$$

$$C = 1.003 - 0,125 a$$

$$D = 1,089 a + 0,5123$$

$$m = m_r \frac{P}{P_0}$$

P tekanan di lokasi pengukuran dalam mbar
 P_0 adalah 1013,25 mbar,

$$m_r = \left[\sin h + 0,15(h + 3,885)^{-1,253} \right]^{-1}$$

$$\cos(h) = \sin(\delta) \cdot \sin(\text{LAT}) + \cos(\delta) \cdot \cos(\text{LAT}) \cdot \cos(\omega)$$

δ = deklinasi matahari
 LAT = Lintang tempat pengamatan

ω = sudut jam

transmitansi hamburan Rayleigh (Iqbal,1983):

$$\tau_R = \exp\left[-0,0903m^{0,84}\left(1+m-m^{1,01}\right)\right]$$

transmitansi ozon adalah:

$$\tau_o = 1 - \left[0,1611U_3(1+139,48U_3)^{-0,3035} - 0,002715U_3(1+0,044U_3+0,0003U_3^2)^{-1}\right]$$

$U_3 = l.m_r$ dimana l adalah tebal ozon dalam arah vertical (dalam cm)

transmitansi oleh uap air:

$$\tau_w = 1 - 2,4959U_1 \left[(1 + 79,034U_1)^{0,6828} + 6,385U_1 \right]^{-1}$$

$U_1 = W.m_r$ dengan $W = 0,475(\Phi/T)\exp(26,23-5416/T)$

T temperatur ambient dalam Kelvin dan Φ Kelembaban relatif (< dari 1)

Transmitansi oleh gas O₂ CO₂:

$$\tau_G = \exp(-0,0127m^{0,26})$$

transmitansi aerosol :

$$\tau_A = (0,12445a - 0,0162) + (1,003 - 0,125a) \cdot \exp[-\beta m(1,089a + 0,5123)]$$

b. Faktor turbiditas Linke T_L

Faktor turbiditas Linke T_L digunakan untuk menunjukkan jumlah atmosfer kering bersih yang menghasilkan pelemahan radiasi yang diterima puncak atmosfer (*Extra Terrestrial Radiation- ETR*) . Faktor turbiditas Linke ini berkisar dari 1 sampai 10. Linke merumuskan:

$$I = S^l I_0 \exp[-T_L \delta_R(m)m]$$

$$T_L = (\ln I_0 - \ln I - \ln S) / \delta_R(m)m$$

$$= P(m) (\ln I_0 - \ln I - \ln S)$$

$$I_o = I_{SC} E_o = \sin(\delta) \cdot \sin(\text{LAT}) + \cos(\delta) \cdot \cos(\text{LAT}) \cdot \cos(W)$$

I_{SC} adalah solar konstan 1367 W/m^2

$S = (R/R_0)^2$ adalah factor koreksi untuk jarak matahari

dimana $P(m) = [\delta_R(m) m \ln(e)]^{-1}$

$$\delta_R = [6,5567 + 1,7513 m - 0,1202 m^2 + 0,0065 m^3 - 0,000m^4]^{-1}$$

c. Koefisien atenuasi Unsworth-Monteith T_{UM}

Koefisien atenuasi Unsworth-Monteith T_{UM} menyatakan jumlah atmosfer bersih dengan kandungan uap air tertentu yang menghasilkan pelemahan yang sama seperti atmosfer sesungguhnya yang mengandung aerosol. Koefisien atenuasi ini berkisar dari 0 sampai 1. persamaannya:

$$\exp(-T_{UM} m) = \frac{\int I(\lambda) d\lambda}{\int I^*(\lambda) d\lambda}$$

koefisien atenuasi Unsworth-Monteith dapat dihitung

$$T_{UM} = m^{-1} \ln[I^* / I S]$$

dengan

$$I(\lambda) = I^*(\lambda) \exp[-\tau_a(\lambda) m]$$

$$I^*(\lambda) = I_o(\lambda) \exp[-(\tau_R(\lambda) - \tau_O(\lambda) + \tau_W(\lambda)) m]$$

$$I = \int I(\lambda) d\lambda \quad \text{dan} \quad I^* = \int I^*(\lambda) d\lambda$$

$$I_o = I_{SC} E_o = \sin(\delta) \cdot \sin(\text{LAT}) + \cos(\delta) \cdot \cos(\text{LAT}) \cdot \cos(W)$$

I_{SC} adalah solar konstan 1367 W/m^2

$S = (R/R_0)^2$ adalah factor koreksi untuk jarak matahari

III. Pengukuran Radiasi Matahari Langsung

Nilai dari intensitas langsung radiasi matahari pada kondisi normal (cuaca cerah) untuk semua spectrum yang dibatasi oleh Quartz(0,280 – 0,530 μm), filter OG1 (0,530 – 0,630 μm), filter RG2(0,63 – 0,695) dan filter RG9 (besar dari 0,695) diambil di Padang sejak bulan Juli 2003 dengan Normal Incidence Pyrheliometer (NIP 25433 E6). Pyrheliometer dirancang digunakan untuk bermacam-macam elevasi dan azimuth. Sebelum pengukuran dimulai pyrheliometer dihubungkan dengan multimeter digital yang memiliki respons bacaan dalam milivolt. Pembacaan dilakukan saat cuaca cerah dan sumbu pyrheliometer harus sejajar dengan radiasi matahari.

IV. Hasil dan Pembahasan

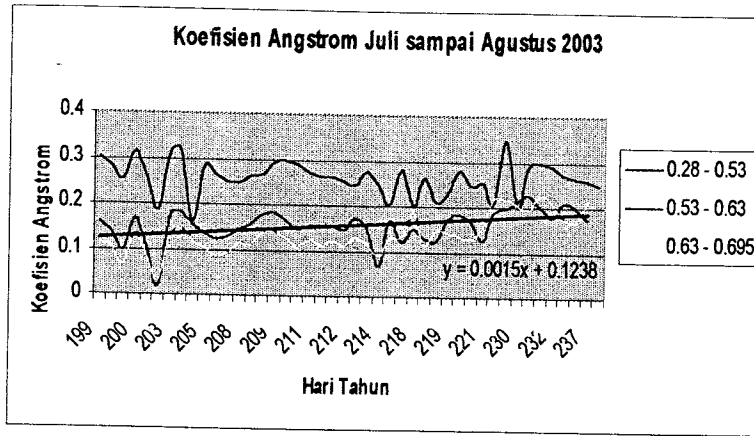
Hasil pengukuran intensitas radiasi matahari yang diterima di Padang pada hari cerah yang telah diolah, terdiri dari 28 data pada bulan Juli 2003 dan 24 data pada bulan Agustus 2003. Hasil olahan telah direduksi dan disajikan dalam bentuk grafik. Dapat dilihat bahwasanya koefisien Angstrom (β) pada bulan Juli dan Agustus berkisar dari 0,01 sampai 0,35 dengan kecendrungan naik sebesar 0,0015. Besarnya koefisien yang diperoleh dapat dibandingkan dengan tabel 1 (Iqbal 1983):

Tabel 1 Variasi parameter kebersihan atmosfer

Atmosphere	β	α	Visibility(km)
Clean	0,00	1,3	340
Clear	0,10	1,3	28
Turbid	0,20	1,3	11
Very Turbid	0,40	1,3	<5

Ket. β = koefisien Amstrong dan α = ukuran partikel

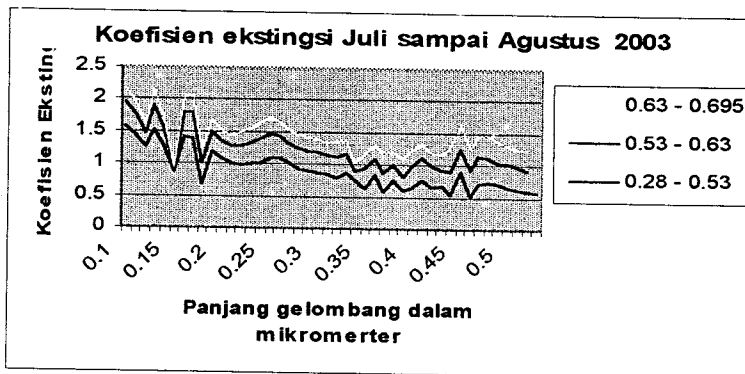
Hubungan antara data koefisien Amstrong terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar.1 berikut:



Gambar1

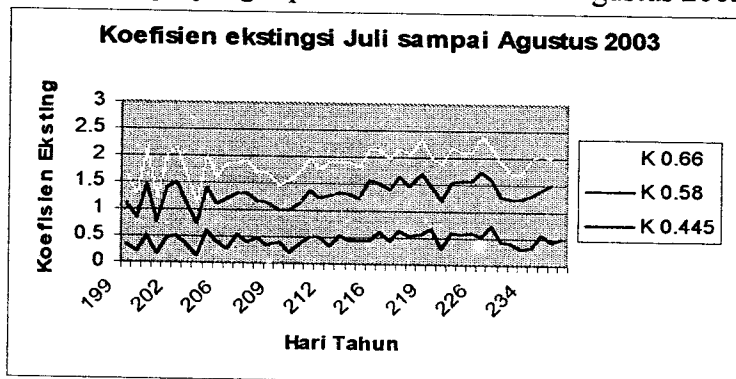
Hasil Koefisien Angstrom yang diperoleh dari data Juli-Agustus 2003 di Padang

Kebergantungan koefisien ekstingsi terhadap panjang gelombang juga disajikan pada Gambar.2. Terlihat adanya penurunan nilai koefisien dengan bertambahnya panjang gelombang , dan hubungan koefisien ekstingsi dengan waktu pada Gambar.3 terlihat kecendrungan menaik



Gambar 2

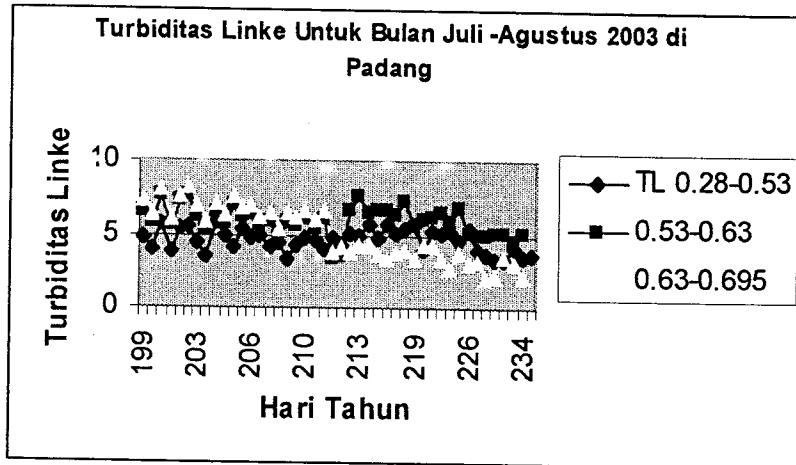
Hasil Koefisien Ekstingsi yang diperoleh dari data Juli-Agustus 2003 di Padang



Gambar 3

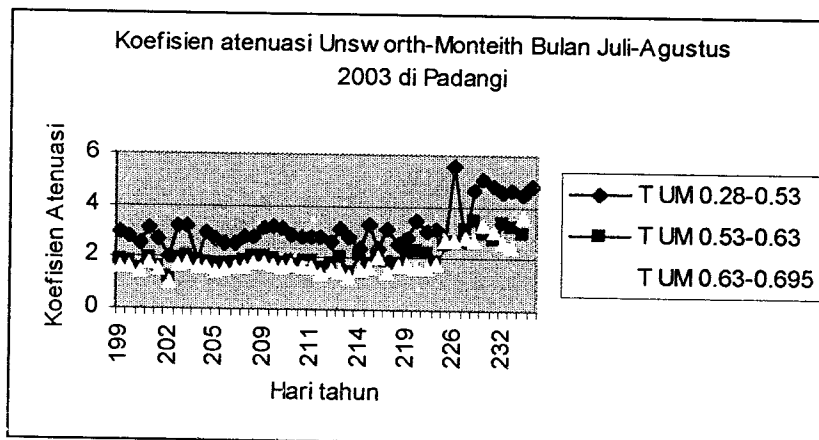
Hasil Koefisien Ekstingsi yang diperoleh dari data Juli-Agustus 2003 di Padang

Untuk melihat variasi turbiditas Linke terhadap waktu selama bulan Juli dan Agustus pada Gambar.4 berkisar sekitar 5. Normalnya harga koefisien berkisar terendah 1 dan tertinggi 10.



Gambar 4 Hasil Turbiditas Linke yang diperoleh dari data Juli-Agustus 2003 di Padang

Selanjutnya variasi turbiditas Unsworth-Monteith terhadap waktu selama bulan Juli dan Agustus disajikan pada Gambar.5 yakni berkisar antara 2 sampai 4. Harga koefisien terendah 1 dan tertinggi 5.



Gambar 5 Hasil Turbiditas Unsworth-Monteith data Juli-Agustus 2003 di Padang

V. Kesimpulan

Koefisien Angstrom pada bulan Juli dan Agustus berkisar dari 0,01 sampai 0,35 dengan kecendrungan naik sebesar 0.0015, artinya atmosfer cenderung keruh (turbid). Koefisien ekstingsi menurun dengan bertambahnya panjang gelombang, dan cenderung naik terhadap waktu. Faktor turbiditas Linke berkisar berkisar 5 dan kelihatannya cenderung turun, dan cenderung naik untuk faktor turbiditas Unsworth-Monteith.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dapat berlangsung berkat dukungan substansial dari Dana Hibah Pekerti Angkatan I Tahun I 2003 Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Dirjen Dikti, Depdiknas. Untuk itu penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya

Daftar Bacaan

- Duffie JA, Beckman WA,(1980), *Solar engineering of thermal processes*, New York: Wiley and Sons
- Fronhlich C,(1986), *Techniques for the measurements of spectral radiation. Course on physical climatology for solar and wind energy*, trieste, Italy: International Centre for Theoretical Physics
- Fronhlich C,(1986), *Extraterrestrial solar radiatio, Course on physical climatology for solar and wind energy*, trieste, Italy: International Centre for Theoretical Physics
- Hussain, M. et al (2000), *Determination of atmospheric turbidity in Bangladesh*, - *J.Renewable Energy* 20, p.325-332
- Iqbal M., (1983), *An Introduction o Solar Radiation*, Toronto: Academic Press.
- Budiwati,Tuti. dkk, (2001), *Karakteristik Ketebalan Optik Aerosol di Bandung*, KFI Vol. 12 No.4, h.120-126
- Malasan,H.L. dkk, *Pemantauan Kondisi Meteorologi Melalui Model Atmospheric Extinction: Berdasarkan data jangka panjang pengamatan observatorium Bosscha Lembang* , Laporan Penelitian RUT,2002

LAMPIRAN 3

MODEL DATA BASE UNTUK BULAN JULI 2003 DI PADANG

OG1 juli													
No	Q1	Q1	OG1	OG1	Rata-rajam	mnt	dt	Hls	tgl.	HariTh	Gamma	Eo	
1	6.01	6.12	3.77	3.54	4.86	11	6	0	11.1	18	199	3.408413	0.967421
2	0.77	0.91	0.55	1.67	0.975	13	57	0	13.95	18	199	3.408413	0.967421
3	5.76	5.77	3.3	3.3	4.533	14	22	0	14.37	18	199	3.408413	0.967421
4	5.39	5.26	2.89	2.75	4.073	12	0	0	12	19	200	3.425627	0.967549
5	6.59	6.49	3.57	3.51	5.04	14	0	0	14	19	200	3.425627	0.967549
6	1.29	1.4	0.71	0.71	1.028	11	15	0	11.25	20	201	3.442841	0.967686
7	1.87	1.4	0.98	0.73	1.245	14	0	0	14	20	201	3.412841	0.967686
8	5.54	5.79	2.87	2.91	4.278	11	15	0	11.25	21	202	3.460055	0.967833
9	4.48	3.83	2.38	2.17	3.215	14	25	0	14.42	21	202	3.460055	0.967833
10	6.43	6.39	3.79	3.64	5.063	11	24	0	11.4	22	203	3.47727	0.967988
11	6.58	6.32	3.91	3.74	5.138	14	4	0	14.07	22	203	3.47727	0.967988
12	1.01	1.71	0.35	0.58	0.913	11	23	0	11.38	23	204	3.494484	0.968153
13	4.01	3.89	1.41	2.2	2.878	14	29	0	14.48	23	204	3.494484	0.968153
14	5.76	5.67	3.51	3.38	4.58	11	10	0	11.17	24	205	3.511698	0.968326
15	5.33	5.3	3.25	3.23	4.278	14	17	0	14.28	24	205	3.511698	0.968326
16	4.79	5.04	2.95	3.11	3.973	10	52	0	10.87	25	206	3.528912	0.968508
17	4.85	4.81	3.11	3.13	3.975	13	53	0	13.88	25	206	3.528912	0.968508
18	0.93	5.4	0.57	3.48	2.595	11	30	0	11.5	26	207	3.546127	0.968699
19	5.25	5.15	3.24	3.2	4.21	10	53	0	10.88	27	208	3.563341	0.968899
20	5.17	5.07	3.46	3.39	4.273	14	5	0	14.08	27	208	3.563341	0.968899
21	5.77	5.85	3.6	3.67	4.723	11	28	0	11.47	28	209	3.580555	0.969108
22	6.05	5.84	3.83	3.69	4.853	14	14	0	14.23	28	209	3.580555	0.969108
23	5.59	5.98	3.46	3.71	4.685	10	47	0	10.78	29	210	3.597769	0.969325
24	5.36	5.32	3.36	3.18	4.305	11	23	0	11.38	29	210	3.597769	0.969325
25	5.05	5.14	3.3	3.35	4.21	10	50	0	10.83	30	211	3.614983	0.969551
26	5.02	4.94	3.39	3.3	4.163	14	7	0	14.12	30	211	3.614983	0.969551
27	4.77	4.87	3.32	3.32	4.07	11	15	0	11.25	31	212	3.632198	0.969786
28	4.61	4.6	3.22	3.14	3.893	13	55	0	13.92	31	212	3.632198	0.969786

1

RG2/8													
No	OG1	OG1	RG2	RG2	Rata-rajam	mnt	dt	Hls	tgl.	HariTh	Gamma	Eo	
1	3.77	3.54	2.98	3.27	3.39	11	6	0	11.1	18	199	3.409785	0.967431
2	0.55	1.67	0.28	0.39	0.723	13	57	0	13.95	18	199	3.409785	0.967431
3	3.3	3.3	3.06	3.07	3.183	14	22	0	14.37	18	199	3.409785	0.967431
4	2.89	2.75	2.66	2.63	2.733	12	0	0	12	19	200	3.427006	0.96756
5	3.57	3.51	3.42	3.37	3.468	14	0	0	14	19	200	3.427006	0.96756
6	0.71	0.71	0.67	0.65	0.685	11	15	0	11.25	20	201	3.444227	0.967698
7	0.98	0.73	0.96	0.67	0.835	14	0	0	14	20	201	3.444227	0.967698
8	2.87	2.91	2.88	2.83	2.873	11	15	0	11.25	21	202	3.461448	0.967845
9	2.38	2.01	2.32	1.52	2.058	14	25	0	14.42	21	202	3.461448	0.967845
10	3.79	3.64	3.27	3.29	3.498	11	24	0	11.4	22	203	3.478669	0.968001
11	3.91	3.74	3.47	3.35	3.618	14	4	0	14.07	22	203	3.478669	0.968001
12	0.35	0.58	0.32	0.61	0.465	11	23	0	11.38	23	204	3.49589	0.968166
13	1.11	1.41	1.06	1.75	1.333	14	29	0	14.48	23	204	3.49589	0.968166

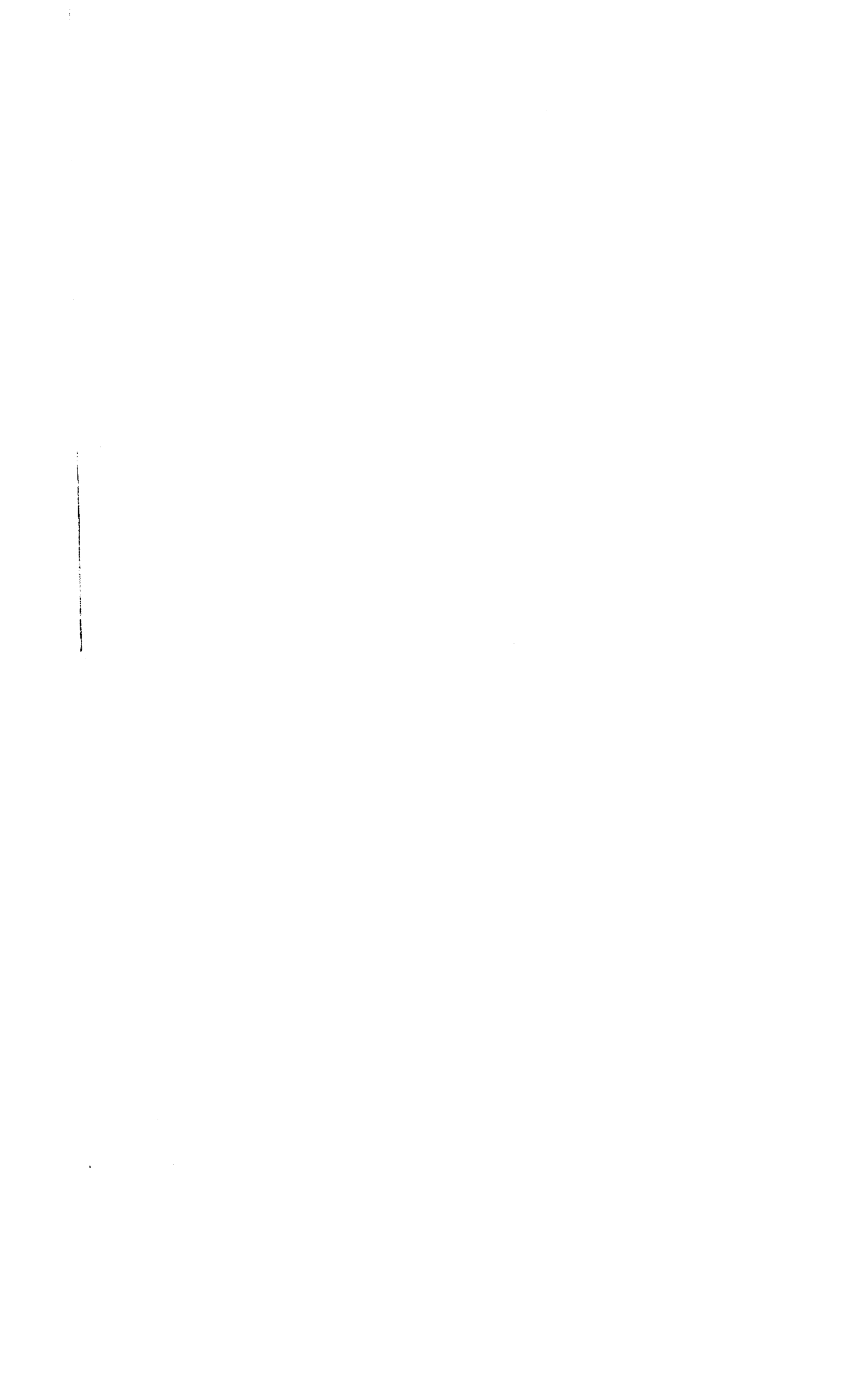
14	3.51	3.38	3.07	3.01	3.243	11	10	0	11.17	24	205	3.513112	0.968341
15	3.25	3.23	2.88	2.87	3.058	14	17	0	14.28	24	205	3.513112	0.968341
16	2.95	3.11	2.61	2.74	2.853	10	52	0	10.87	25	206	3.530333	0.968524
17	3.11	3.13	2.78	2.71	2.933	13	53	0	13.88	25	206	3.530333	0.968524
18	0.57	3.48	0.3	3.12	1.868	11	30	0	11.5	26	207	3.547554	0.968716
19	3.24	3.2	2.93	2.88	3.063	10	53	0	10.88	27	208	3.564775	0.968916
20	3.46	3.39	2.94	2.89	3.17	14	5	0	14.08	27	208	3.564775	0.968916
21	3.6	3.67	3.15	3.21	3.408	11	28	0	11.47	28	209	3.581996	0.969126
22	3.83	3.69	3.28	3.16	3.49	14	14	0	14.23	28	209	3.581996	0.969126
23	3.46	3.71	2.97	3.11	3.313	10	47	0	10.78	29	210	3.599217	0.969344
24	3.36	3.18	2.86	2.67	3.018	14	5	0	14.03	29	210	3.599217	0.969344
25	3.3	3.35	2.92	2.93	3.125	10	50	0	10.83	30	211	3.616438	0.969571
26	3.37	3.3	2.84	2.79	3.075	14	7	0	14.12	30	211	3.616438	0.969571
27	3.32	3.32	2.85	2.86	3.088	11	15	0	11.25	31	212	3.633659	0.969806
28	3.22	3.14	2.78	2.79	2.983	13	55	0	13.92	31	212	3.633659	0.969806

1
2
3

No	RG2/8												Eo
	RG2	RG2	RG8	RG8	Rata-rata	jam	mnt	dt	Hls	tgl	Hari	Th	
1	2.98	3.27	2.65	2.89	2.948	11	6	0	11.1	18	199	3.409785	0.967431
2	0.39	0.39	0.24	2	0.755	13	57	0	13.95	18	199	3.409785	0.967431
3	3.06	3.07	2.63	2.63	2.848	14	22	0	14.37	18	199	3.409785	0.967431
4	2.66	2.63	2.27	2.35	2.478	12	0	0	12	19	200	3.427006	0.96756
5	3.42	3.37	2.94	2.88	3.153	14	0	0	14	19	200	3.427006	0.96756
6	0.67	0.65	0.62	4	1.485	11	15	0	11.25	20	201	3.444227	0.967698
7	0.96	0.67	0.83	0.52	0.745	14	0	0	14	20	201	3.444227	0.967698
8	2.88	2.83	2.63	2.35	2.673	11	15	0	11.25	21	202	3.461448	0.967845
9	2.32	1.52	1.8	1.48	1.78	14	25	0	14.42	21	202	3.461448	0.967845
10	3.27	3.29	2.83	2.81	3.05	11	24	0	11.4	22	203	3.478669	0.968001
11	3.47	3.35	3.02	2.92	3.19	14	4	0	14.07	22	203	3.478669	0.968001
12	0.32	0.61	0.22	0.65	0.45	11	23	0	11.38	23	204	3.49589	0.968166
13	1.06	1.75	1.75	1.68	1.56	14	29	0	14.48	23	204	3.49589	0.968166
14	3.07	3.01	2.66	2.63	2.843	11	10	0	11.17	24	205	3.513112	0.968341
15	2.88	2.87	2.54	2.51	2.7	14	17	0	14.28	24	205	3.513112	0.968341
16	2.61	2.74	2.25	2.39	2.498	10	52	0	10.87	25	206	3.530333	0.968524
17	2.78	2.71	2.46	2.34	2.573	13	53	0	13.88	25	206	3.530333	0.968524
18	0.3	3.12	0.1	2.63	1.538	11	30	0	11.5	26	207	3.547554	0.968716
19	2.93	2.88	2.56	2.53	2.725	10	53	0	10.88	27	208	3.564775	0.968916
20	2.94	2.89	2.51	2.5	2.71	14	5	0	14.08	27	208	3.564775	0.968916
21	3.15	3.21	2.71	2.78	2.963	11	28	0	11.47	28	209	3.581996	0.969126
22	3.28	3.16	2.84	2.74	3.005	14	14	0	14.23	28	209	3.581996	0.969126
23	2.97	3.11	2.65	2.68	2.853	10	47	0	10.78	29	210	3.599217	0.969344
24	2.86	2.67	2.44	2.45	2.605	14	5	0	14.08	29	210	3.599217	0.969344
25	2.92	2.93	2.54	2.56	2.738	10	50	0	10.83	30	211	3.616438	0.969571
26	2.84	2.79	2.48	2.44	2.638	14	7	0	14.12	30	211	3.616438	0.969571
27	2.85	2.86	2.49	2.51	2.678	11	15	0	11.25	31	212	3.633659	0.969806
28	2.78	2.79	2.44	2.37	2.595	13	55	0	13.92	31	212	3.633659	0.969806

Decln	Et	Decln1	Hs jam	w der	sza=(theta)	Masa rel	k reyleight	k ozon
21.16877	-6.096987	0.369613	11.30772	10.38425	30.24457	1.156445	0.231503	0.000833
21.16877	-6.096987	0.369613	14.15772	-32.36575	30.24457	1.156445	0.231503	0.000833
21.16877	-6.096987	0.369613	14.57438	-38.61575	30.24457	1.156445	0.231503	0.000833
20.99455	-6.187828	0.366572	12.2062	-3.093043	30.00649	1.153668	0.231503	0.000831
20.99455	-6.187828	0.366572	14.2062	-33.09304	30.00649	1.153668	0.231503	0.000831
20.81441	-6.26984	0.363426	11.45484	8.17746	29.76015	1.150829	0.231503	0.000829
20.81441	-6.26984	0.363426	14.20484	-33.07254	29.76015	1.150829	0.231503	0.000829
20.62841	-6.342815	0.360179	11.45362	8.195704	29.50564	1.147933	0.231503	0.000827
20.62841	-6.342815	0.360179	14.62029	-39.3043	29.50564	1.147933	0.231503	0.000827
20.43661	-6.406557	0.35683	11.60256	5.961639	29.24303	1.144984	0.231503	0.000824
20.43661	-6.406557	0.35683	14.26922	-34.03836	29.24303	1.144984	0.231503	0.000824
20.23909	-6.460884	0.353381	11.58499	6.225221	28.97241	1.141985	0.231503	0.000822
20.23909	-6.460884	0.353381	14.68499	-40.27478	28.97241	1.141985	0.231503	0.000822
20.03592	-6.505622	0.349833	11.36757	9.486405	28.69386	1.138941	0.231503	0.00082
20.03592	-6.505622	0.349833	14.48424	-37.26359	28.69386	1.138941	0.231503	0.00082
19.82717	-6.540611	0.346189	11.06699	13.99515	28.40746	1.135857	0.231503	0.000818
19.82717	-6.540611	0.346189	14.08366	-31.25485	28.40746	1.135857	0.231503	0.000818
19.61291	-6.565703	0.342448	11.6999	4.501426	28.11331	1.132735	0.231503	0.000816
19.39322	-6.580761	0.338612	11.08299	13.75519	27.8115	1.129581	0.231503	0.000813
19.39322	-6.580761	0.338612	14.28299	-34.24481	27.8115	1.129581	0.231503	0.000813
19.16818	-6.585663	0.334682	11.66624	5.006416	27.50211	1.126397	0.231503	0.000811
19.16818	-6.585663	0.334682	14.43291	-36.49358	27.50211	1.126397	0.231503	0.000811
18.93786	-6.580297	0.330661	10.983	15.25507	27.18525	1.12319	0.231503	0.000809
18.93786	-6.580297	0.330661	11.583	6.255074	27.18525	1.12319	0.231503	0.000809
18.70235	-6.564566	0.326549	11.03326	14.50114	26.861	1.119961	0.231503	0.000806
18.70235	-6.564566	0.326549	14.31659	-34.74886	26.861	1.119961	0.231503	0.000806
18.46171	-6.538385	0.322347	11.45036	8.244596	26.52948	1.116716	0.231503	0.000804
18.46171	-6.538385	0.322347	14.11703	-31.7554	26.52948	1.116716	0.231503	0.000804

Decln	Et	Decln1	Hs jam	w der	sza=(theta)	Masa rel	k reyleight	k ozon
21.1551	-6.104546	0.369375	11.30759	10.38614	30.2259	1.156226	0.078236	0.033299
21.1551	-6.104546	0.369375	14.15759	-32.36386	30.2259	1.156226	0.078236	0.033299
21.1551	-6.104546	0.369375	14.57426	-38.61386	30.2259	1.156226	0.078236	0.033299
20.98034	-6.194725	0.366323	12.20609	-3.091319	29.98706	1.153443	0.078236	0.033219
20.98034	-6.194725	0.366323	14.20609	-33.09132	29.98706	1.153443	0.078236	0.033219
20.79965	-6.276051	0.363169	11.45473	8.179013	29.73996	1.150598	0.078236	0.033137
20.79965	-6.276051	0.363169	14.20473	-33.07099	29.73996	1.150598	0.078236	0.033137
20.61311	-6.348317	0.359911	11.45353	8.197079	29.48469	1.147697	0.078236	0.033054
20.61311	-6.348317	0.359911	14.62019	-39.30292	29.48469	1.147697	0.078236	0.033054
20.42076	-6.411328	0.356553	11.60248	5.962832	29.22133	1.144742	0.078236	0.032969
20.42076	-6.411328	0.356553	14.26914	-34.03717	29.22133	1.144742	0.078236	0.032969
20.2227	-6.464901	0.353095	11.58492	6.226225	28.94995	1.141738	0.078236	0.032882
20.2227	-6.464901	0.353095	14.68492	-40.27377	28.94995	1.141738	0.078236	0.032882



20.01899	-6.508864	0.349538	11.36752	9.487216	28.67064	1.13869	0.078236	0.032794
20.01899	-6.508864	0.349538	14.48419	-37.26278	28.67064	1.13869	0.078236	0.032794
19.80969	-6.543058	0.345884	11.06695	13.99576	28.38348	1.1356	0.078236	0.032705
19.80969	-6.543058	0.345884	14.08362	-31.25424	28.38348	1.1356	0.078236	0.032705
19.5949	-6.567334	0.342133	11.69988	4.501834	28.08858	1.132475	0.078236	0.032615
19.37467	-6.581559	0.338288	11.08297	13.75539	27.78601	1.129316	0.078236	0.032524
19.37467	-6.581559	0.338288	14.28297	-34.24461	27.78601	1.129316	0.078236	0.032524
19.1491	-6.585609	0.334349	11.66624	5.006402	27.47587	1.12613	0.078236	0.032433
19.1491	-6.585609	0.334349	14.43291	-36.4936	27.47587	1.12613	0.078236	0.032433
18.91825	-6.579374	0.330319	10.98301	15.25434	27.15826	1.122919	0.078236	0.03234
18.91825	-6.579374	0.330319	14.28301	-34.24516	27.15826	1.122919	0.078236	0.03234
18.6822	-6.562758	0.326197	11.03329	14.50069	26.83326	1.119688	0.078236	0.032247
18.6822	-6.562758	0.326197	14.31662	-34.74931	26.83326	1.119688	0.078236	0.032247
18.44105	-6.535678	0.321987	11.45041	8.243919	26.50099	1.11644	0.078236	0.032153
18.44105	-6.535678	0.321987	14.11707	-31.75608	26.50099	1.11644	0.078236	0.032153

Decln	Et	Decln1	Hs jam	w der	sza=(theta'	Masa rel	k reyleight	k ozon
21.1551	-6.104546	0.369375	11.30759	10.38614	30.2259	1.156226	0.046301	0.015817
21.1551	-6.104546	0.369375	14.15759	-32.36386	30.2259	1.156226	0.046301	0.015817
21.1551	-6.104546	0.369375	14.57426	-38.61386	30.2259	1.156226	0.046301	0.015817
20.98034	-6.194725	0.366323	12.20609	-3.091319	29.98706	1.153443	0.046301	0.015779
20.98034	-6.194725	0.366323	14.20609	-33.09132	29.98706	1.153443	0.046301	0.015779
20.79965	-6.276051	0.363169	11.45473	8.179013	29.73996	1.150598	0.046301	0.01574
20.79965	-6.276051	0.363169	14.20473	-33.07099	29.73996	1.150598	0.046301	0.01574
20.61311	-6.348317	0.359911	11.45353	8.197079	29.48469	1.147697	0.046301	0.0157
20.61311	-6.348317	0.359911	14.62019	-39.30292	29.48469	1.147697	0.046301	0.0157
20.42076	-6.411328	0.356553	11.60248	5.962832	29.22133	1.144742	0.046301	0.01566
20.42076	-6.411328	0.356553	14.26914	-34.03717	29.22133	1.144742	0.046301	0.01566
20.2227	-6.464901	0.353095	11.58492	6.226225	28.94995	1.141738	0.046301	0.015619
20.2227	-6.464901	0.353095	14.68492	-40.27377	28.94995	1.141738	0.046301	0.015619
20.01899	-6.508864	0.349538	11.36752	9.487216	28.67064	1.13869	0.046301	0.015577
20.01899	-6.508864	0.349538	14.48419	-37.26278	28.67064	1.13869	0.046301	0.015577
19.80969	-6.543058	0.345884	11.06695	13.99576	28.38348	1.1356	0.046301	0.015535
19.80969	-6.543058	0.345884	14.08362	-31.25424	28.38348	1.1356	0.046301	0.015535
19.5949	-6.567334	0.342133	11.69988	4.501834	28.08858	1.132475	0.046301	0.015492
19.37467	-6.581559	0.338288	11.08297	13.75539	27.78601	1.129316	0.046301	0.015449
19.37467	-6.581559	0.338288	14.28297	-34.24461	27.78601	1.129316	0.046301	0.015449
19.1491	-6.585609	0.334349	11.66624	5.006402	27.47587	1.12613	0.046301	0.015405
19.1491	-6.585609	0.334349	14.43291	-36.4936	27.47587	1.12613	0.046301	0.015405
18.91825	-6.579374	0.330319	10.98301	15.25484	27.15826	1.122919	0.046301	0.015362
18.91825	-6.579374	0.330319	14.28301	-34.24516	27.15826	1.122919	0.046301	0.015362
18.6822	-6.562758	0.326197	11.03329	14.50069	26.83326	1.119688	0.046301	0.015317
18.6822	-6.562758	0.326197	14.31662	-34.74931	26.83326	1.119688	0.046301	0.015317
18.44105	-6.535678	0.321987	11.45041	8.243919	26.50099	1.11644	0.046301	0.015273
18.44105	-6.535678	0.321987	14.11707	-31.75608	26.50099	1.11644	0.046301	0.015273

G(lamda)	Go(lamda)	ka(lamda)	B 0.445	B 0.58	B 0.6625	Mr	m	tou R
625.4826	1205.528	0.335049	0.116944	0.378078	0.546509	1.978274	1.975671	0.210864
125.4826	1034.173	1.591521	0.555495	0.971322	1.155604	1.978274	1.975671	0.210864
583.3333	956.1242	0.194947	0.068043	0.306258	0.447117	1.978274	1.975671	0.210864
524.1313	1225.592	0.503959	0.175899	0.47829	0.644027	1.992377	1.989756	0.20907
648.6486	1027.117	0.166065	0.057962	0.301128	0.433083	1.992377	1.989756	0.20907
132.2394	1216.539	1.695975	0.591953	1.068755	0.901163	2.007218	2.004577	0.207204
160.2317	1028.807	1.38349	0.482885	0.912247	1.165599	2.007218	2.004577	0.207204
550.5148	1218.234	0.459613	0.160421	0.457013	0.605959	2.022824	2.020163	0.205265
413.7709	950.8349	0.492476	0.171891	0.493878	0.68648	2.022824	2.020163	0.205265
651.5444	1225.988	0.319783	0.111615	0.376401	0.543622	2.039223	2.036541	0.203253
661.1969	1020.279	0.146525	0.051142	0.282864	0.427304	2.039223	2.036541	0.203253
117.4389	1227.233	1.822517	0.636121	1.248502	1.52226	2.056448	2.053743	0.201168
370.3346	940.2508	0.58357	0.203686	0.679418	0.751912	2.056448	2.053743	0.201168
589.4466	1219.456	0.405968	0.141697	0.409218	0.580074	2.074531	2.071802	0.19901
550.5148	982.634	0.27638	0.096466	0.341235	0.495913	2.074531	2.071802	0.19901
511.2613	1201.443	0.519885	0.181458	0.459654	0.640529	2.093508	2.090754	0.196778
511.583	1057.68	0.407129	0.142102	0.392382	0.559964	2.093508	2.090754	0.196778
333.9768	1236.547	0.923298	0.322263	0.657884	0.906838	2.113417	2.110636	0.194471
541.8275	1206.596	0.476452	0.166298	0.433492	0.601578	2.134298	2.131491	0.19209
549.8713	1025.872	0.319759	0.111607	0.347676	0.520713	2.134298	2.131491	0.19209
607.7864	1239.709	0.400508	0.139791	0.400071	0.574181	2.156197	2.15336	0.189634
624.5174	999.1668	0.184895	0.064535	0.295259	0.455206	2.156197	2.15336	0.189634
602.9601	1202.422	0.382226	0.13341	0.400426	0.579741	2.179158	2.176291	0.187104
554.0541	1239.118	0.484302	0.169038	0.373162	0.546187	2.179158	2.176291	0.187104
541.8275	1208.719	0.484116	0.168973	0.429716	0.605677	2.203234	2.200335	0.184499
535.7143	1024.853	0.346911	0.121084	0.364219	0.539171	2.203234	2.200335	0.184499
523.8095	1237.87	0.537826	0.18772	0.447012	0.631572	2.228478	2.225546	0.181819
500.9653	1062.654	0.441086	0.153954	0.394938	0.568251	2.228478	2.225546	0.181819

G(lamda)	Go(lamda)	ka(lamda)	B 0.58	Mr	m	tou R
436.2934	1205.65	0.767582	0.378078	1.979371	1.976767	0.210723
92.98584	1034.306	1.972	0.971322	1.979371	1.976767	0.210723
409.5882	956.2529	0.621773	0.306258	1.979371	1.976767	0.210723
351.6731	1225.73	0.971034	0.47829	1.993538	1.990915	0.208923
446.2677	1027.251	0.611357	0.301128	1.993538	1.990915	0.208923
88.15959	1216.673	2.169811	1.068755	2.008445	2.005803	0.20705
107.4646	1028.944	1.852063	0.912247	2.008445	2.005803	0.20705
369.6911	1218.373	0.927838	0.457013	2.024121	2.021458	0.205105
264.8005	950.9672	1.002683	0.493878	2.024121	2.021458	0.205105
450.1287	1226.134	0.764179	0.376401	2.040593	2.037908	0.203087
465.5727	1020.418	0.574277	0.282864	2.040593	2.037908	0.203087
59.84556	1227.384	2.534736	1.248502	2.057893	2.055186	0.200995
171.4929	940.3836	1.379369	0.679418	2.057893	2.055186	0.200995

417.3102	1219.609	0.830803	0.409218
393.5006	982.7718	0.692783	0.341235
367.1171	1201.598	0.933199	0.459654
377.4131	1057.827	0.796624	0.392382
240.3475	1236.713	1.33565	0.657884
394.1441	1206.76	0.880085	0.433492
407.9794	1026.016	0.705859	0.347676
438.5457	1239.882	0.812234	0.400071
449.1634	999.3079	0.599441	0.295259
426.3192	1202.595	0.812953	0.400426
388.3526	1029.478	0.757602	0.373162
402.1879	1208.897	0.87242	0.429716
395.7529	1024.998	0.739446	0.364219
397.3616	1238.055	0.907533	0.447012
383.8481	1062.804	0.801813	0.394938

2.076055	2.073324	0.198829
2.076055	2.073324	0.198829
2.095115	2.092359	0.19659
2.095115	2.092359	0.19659
2.115111	2.112328	0.194276
2.136083	2.133273	0.191888
2.136083	2.133273	0.191888
2.158077	2.155238	0.189426
2.158077	2.155238	0.189426
2.18114	2.17827	0.186888
2.18114	2.17827	0.186888
2.205322	2.20242	0.184276
2.205322	2.20242	0.184276
2.230677	2.227742	0.181588
2.230677	2.227742	0.181588

G(lamda)	Go(lamda)	ka(lamda)	B 0.58
379.3436	1205.65	0.937972	0.546509
97.1686	1034.306	1.983362	1.155604
366.4736	956.2529	0.767387	0.447117
318.8546	1225.73	1.105343	0.644027
405.7272	1027.251	0.743301	0.433083
191.1197	1216.673	1.546666	0.901163
95.8816	1028.944	2.000515	1.165599
343.9511	1218.373	1.040007	0.605959
229.0862	950.9672	1.178205	0.68648
392.5354	1226.134	0.933018	0.543622
410.5534	1020.418	0.733381	0.427304
57.91506	1227.384	2.612654	1.52226
200.7722	940.3836	1.290506	0.751912
365.8301	1219.609	0.99558	0.580074
347.4903	982.7718	0.851136	0.495913
321.4286	1201.598	1.09934	0.640529
331.0811	1057.827	0.961066	0.559964
197.8764	1236.713	1.556405	0.906838
350.7079	1206.76	1.032488	0.601578
348.7773	1026.016	0.893699	0.520713
381.2741	1239.882	0.985467	0.574181
386.7439	999.3079	0.781269	0.455206
367.1171	1202.595	0.995009	0.579741
335.2638	1029.478	0.93742	0.546187
352.3166	1208.897	1.039522	0.605677
339.4466	1024.998	0.925379	0.539171
344.5946	1238.055	1.083967	0.631572
333.9768	1062.804	0.975288	0.568251

Mr	m	tou R
1.979371	1.976767	0.210723
1.979371	1.976767	0.210723
1.979371	1.976767	0.210723
1.993538	1.990915	0.208923
1.993538	1.990915	0.208923
2.008445	2.005803	0.20705
2.008445	2.005803	0.20705
2.024121	2.021458	0.205105
2.024121	2.021458	0.205105
2.040593	2.037908	0.203087
2.040593	2.037908	0.203087
2.057893	2.055186	0.200995
2.057893	2.055186	0.200995
2.076055	2.073324	0.198829
2.076055	2.073324	0.198829
2.095115	2.092359	0.19659
2.095115	2.092359	0.19659
2.115111	2.112328	0.194276
2.136083	2.133273	0.191888
2.136083	2.133273	0.191888
2.158077	2.155238	0.189426
2.158077	2.155238	0.189426
2.18114	2.17827	0.186888
2.18114	2.17827	0.186888
2.205322	2.20242	0.184276
2.205322	2.20242	0.184276
2.230677	2.227742	0.181588
2.230677	2.227742	0.181588



U3	tou O	Suhu	RH	W air	tou w	tou G	Rms A	Beta	B Q-OGi
0.455003	0.98051	31	0.59	4.307137	0.946392	0.984955	2.460205	-0.26225	0.26225
0.455003	0.98051	32	0.56	4.31983	0.946349	0.984955	0.493582	0.257102	0.257102
0.455003	0.98051	32	0.56	4.31983	0.946349	0.984955	2.294525	-0.242465	0.242465
0.458247	0.980416	30.5	0.67	4.757509	0.9448	0.984927	2.083015	-0.213305	0.213305
0.458247	0.980416	32.5	0.59	4.677794	0.945055	0.984927	2.577179	-0.273423	0.273423
0.46166	0.980316	30	0.64	4.419896	0.945793	0.984898	0.529794	0.225294	0.225294
0.46166	0.980316	32	0.56	4.31983	0.946134	0.984898	0.64171	0.15384	0.15384
0.465249	0.980211	29.5	0.6	4.029669	0.947043	0.984868	2.223741	-0.228392	0.228392
0.465249	0.980211	31	0.58	4.234135	0.946316	0.984868	1.672665	-0.147813	0.147813
0.469021	0.980102	30	0.64	4.419896	0.945557	0.984836	2.662446	-0.276036	0.276036
0.469021	0.980102	31.5	0.62	4.652856	0.944784	0.984836	2.704099	-0.28027	0.28027
0.472983	0.979987	30	0.61	4.212713	0.946147	0.984803	0.484642	0.254584	0.254584
0.472983	0.979987	30.5	0.64	4.544486	0.945013	0.984803	1.530115	-0.120084	0.120084
0.477142	0.979867	30	0.64	4.419896	0.9453	0.984769	2.461478	-0.250221	0.250221
0.477142	0.979867	31	0.68	4.964158	0.943534	0.984769	2.303206	-0.232239	0.232239
0.481507	0.979741	30.5	0.68	4.828517	0.94382	0.984733	2.162947	-0.213197	0.213197
0.481507	0.979741	32	0.68	5.245508	0.942537	0.984733	2.167254	-0.213735	0.213735
0.486086	0.97961	30	0.67	4.627078	0.944326	0.984696	1.429163	-0.09778	0.09778
0.490889	0.979472	32	0.65	5.014089	0.942939	0.984657	2.351218	-0.231172	0.231172
0.490889	0.979472	33.5	0.59	4.940171	0.94317	0.984657	2.38554	-0.234985	0.234985
0.495925	0.979329	30.5	0.74	5.254562	0.942047	0.984617	2.674626	-0.262239	0.262239
0.495925	0.979329	30.5	0.68	4.828517	0.943365	0.984617	2.744411	-0.268879	0.268879
0.501206	0.979179	30.5	0.62	4.402471	0.944617	0.984575	2.682478	-0.260224	0.260224
0.501206	0.979179	32	0.65	5.014089	0.942615	0.984575	2.470138	-0.23911	0.23911
0.506744	0.979022	31	0.66	4.818154	0.943065	0.984531	2.44907	-0.23432	0.23432
0.506744	0.979022	32.5	0.62	4.915648	0.942753	0.984531	2.422238	-0.231519	0.231519
0.51255	0.978858	31	0.62	4.526144	0.943853	0.984485	2.401031	-0.226684	0.226684
0.51255	0.978858	32	0.59	4.55125	0.943768	0.984485	2.296524	-0.215462	0.215462

U3	tou O	Suhu	RH	W air	tou w	tou G	Rms A	Beta	ABS(Beta)
0.455255	0.980503	31	0.59	4.307137	0.946384	0.984953	1.717244	-0.158769	0.158769
0.455255	0.980503	32	0.56	4.31983	0.94634	0.984953	0.366007	0.392812	0.392812
0.455255	0.980503	32	0.56	4.31983	0.94634	0.984953	1.612206	-0.140225	0.140225
0.458514	0.980408	30.5	0.67	4.757509	0.944791	0.984925	1.398637	-0.097225	0.097225
0.458514	0.980408	32.5	0.59	4.677794	0.945046	0.984925	1.774369	-0.167134	0.167134
0.461942	0.980308	30	0.64	4.419896	0.945784	0.984896	0.353465	0.404972	0.404972
0.461942	0.980308	32	0.56	4.31983	0.946124	0.984896	0.430711	0.310674	0.310674
0.465548	0.980203	29.5	0.6	4.029669	0.947034	0.984865	1.494521	-0.115158	0.115158
0.465548	0.980203	31	0.58	4.234135	0.946306	0.984865	1.071311	-0.015659	0.015659
0.469336	0.980093	30	0.64	4.419896	0.945547	0.984834	1.84094	-0.173677	0.173677
0.469336	0.980093	31.5	0.62	4.652856	0.944774	0.984834	1.905661	-0.183395	0.183395
0.473315	0.979978	30	0.61	4.212713	0.946136	0.984801	0.247187	0.629927	0.629927
0.473315	0.979978	30.5	0.64	4.544486	0.945003	0.984801	0.709188	0.115771	0.115771

0.477493	0.979857	30	0.64	4.419896	0.945289	0.984766	1.744277	-0.15573	0.15573
0.477493	0.979857	31	0.68	4.964158	0.943522	0.984766	1.647837	-0.139833	0.139833
0.481876	0.979731	30.5	0.68	4.828517	0.943808	0.98473	1.554652	-0.122326	0.122326
0.481876	0.979731	32	0.68	5.245508	0.942525	0.98473	1.600429	-0.130434	0.130434
0.486475	0.979599	30	0.67	4.627078	0.944314	0.984693	1.02956	-0.003233	0.003233
0.491299	0.979461	32	0.65	5.014089	0.942926	0.984654	1.712206	-0.146324	0.146324
0.491299	0.979461	33.5	0.59	4.940171	0.943157	0.984654	1.771874	-0.1556	0.1556
0.496358	0.979316	30.5	0.74	5.254562	0.942033	0.984613	1.932053	-0.177059	0.177059
0.496358	0.979316	30.5	0.68	4.828517	0.943352	0.984613	1.976064	-0.183023	0.183023
0.501662	0.979166	30.5	0.62	4.402471	0.944603	0.984571	1.898884	-0.170641	0.170641
0.501662	0.979166	32	0.65	5.014089	0.942601	0.984571	1.73345	-0.146576	0.146576
0.507224	0.979008	31	0.66	4.818154	0.94305	0.984527	1.820163	-0.157744	0.157744
0.507224	0.979008	32.5	0.62	4.915648	0.942738	0.984527	1.791632	-0.153616	0.153616
0.513056	0.978844	31	0.62	4.526144	0.943838	0.984481	1.823801	-0.156466	0.156466
0.513056	0.978844	32	0.59	4.55125	0.943753	0.984481	1.761936	-0.147546	0.147546

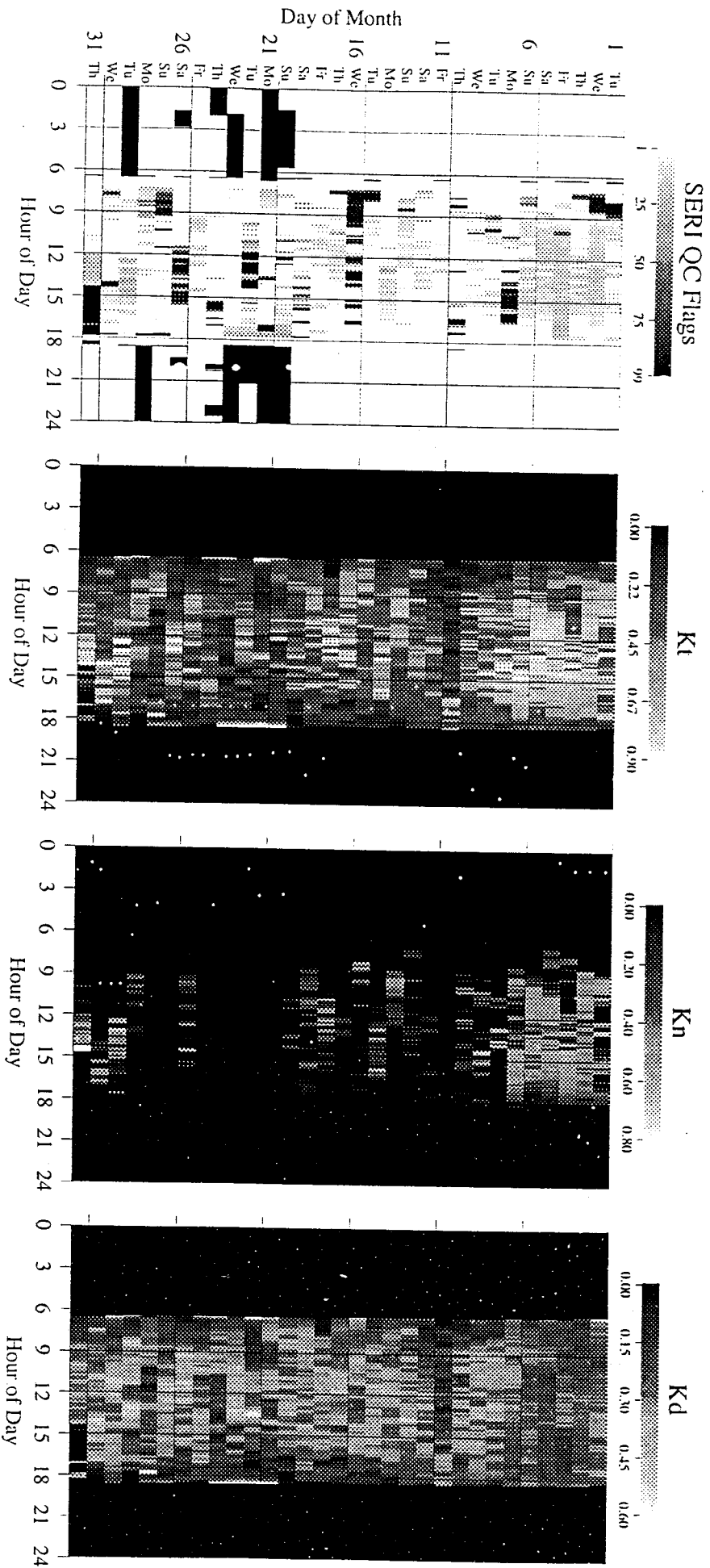
U3	tou O	Suhu	RH	W air	tou w	tou G	Rms A	Beta	ABS(Beta)
0.455255	0.980503	31	0.59	4.307137	0.946384	0.984953	1.49309	-0.117476	0.117476
0.455255	0.980503	32	0.56	4.31983	0.94634	0.984953	0.382472	0.370795	0.370795
0.455255	0.980503	32	0.56	4.31983	0.94634	0.984953	1.4425	-0.107184	0.107184
0.458514	0.980408	30.5	0.67	4.757509	0.944791	0.984925	1.268114	-0.067765	0.067765
0.458514	0.980408	32.5	0.59	4.677794	0.945046	0.984925	1.613179	-0.139405	0.139405
0.461942	0.980308	30	0.64	4.419896	0.945784	0.984896	0.766271	0.092231	0.092231
0.461942	0.980308	32	0.56	4.31983	0.946124	0.984896	0.384287	0.363142	0.363142
0.465548	0.980203	29.5	0.6	4.029669	0.947034	0.984865	1.390464	-0.094032	0.094032
0.465548	0.980203	31	0.58	4.234135	0.946306	0.984865	0.926821	0.029607	0.029607
0.469336	0.980093	30	0.64	4.419896	0.945547	0.984834	1.605395	-0.134806	0.134806
0.469336	0.980093	31.5	0.62	4.652856	0.944774	0.984834	1.680458	-0.14785	0.14785
0.473315	0.979978	30	0.61	4.212713	0.946136	0.984801	0.239214	0.660792	0.660792
0.473315	0.979978	30.5	0.64	4.544486	0.945003	0.984801	0.830269	0.063956	0.063956
0.477493	0.979857	30	0.64	4.419896	0.945289	0.984766	1.5291	-0.118762	0.118762
0.477493	0.979857	31	0.68	4.964158	0.943522	0.984766	1.455163	-0.104684	0.104684
0.481876	0.979731	30.5	0.68	4.828517	0.943808	0.98473	1.361172	-0.084784	0.084784
0.481876	0.979731	32	0.68	5.245508	0.942525	0.98473	1.403956	-0.093589	0.093589
0.486475	0.979599	30	0.67	4.627078	0.944314	0.984693	0.84763	0.055776	0.055776
0.491299	0.979461	32	0.65	5.014089	0.942926	0.984654	1.523514	-0.114417	0.114417
0.491299	0.979461	33.5	0.59	4.940171	0.943157	0.984654	1.514757	-0.11283	0.11283
0.496358	0.979316	30.5	0.74	5.254562	0.942033	0.984613	1.679738	-0.139685	0.139685
0.496358	0.979316	30.5	0.68	4.828517	0.943352	0.984613	1.701454	-0.14314	0.14314
0.501662	0.979166	30.5	0.62	4.402471	0.944603	0.984571	1.63519	-0.131039	0.131039
0.501662	0.979166	32	0.65	5.014089	0.942601	0.984571	1.496483	-0.107222	0.107222
0.507224	0.979008	31	0.66	4.818154	0.94305	0.984527	1.594463	-0.122926	0.122926
0.507224	0.979008	32.5	0.62	4.915648	0.942738	0.984527	1.536725	-0.113126	0.113126
0.513056	0.978844	31	0.62	4.526144	0.943838	0.984481	1.581612	-0.119407	0.119407
0.513056	0.978844	32	0.59	4.55125	0.943753	0.984481	1.533017	-0.111204	0.111204

BOG1-RG2 BRG2-8

0.158769	0.117476
0.392812	0.370795
0.140225	0.107184
0.097225	0.067765
0.167134	0.139405
0.404972	0.092231
0.310674	0.363142
0.115158	0.094032
0.015659	0.029607
0.173677	0.134806
0.183395	0.14785
0.629927	0.660792
0.115771	0.063956
0.15573	0.118762
0.139833	0.104684
0.122326	0.084784
0.130434	0.093589
0.003233	0.055776
0.146324	0.114417
0.1556	0.11283
0.177059	0.139685
0.183023	0.14314
0.170641	0.131039
0.146576	0.107222
0.157744	0.122926
0.153616	0.113126
0.156466	0.119407
0.147546	0.111204

WMO Global Atmosphere Watch: Bukit Kototabang, Indonesia

Monthly Quality Assessment Summary for January, 2002



Summary Statistics

Percent of data	Daytime				Nighttime				Site Information	
	Glo	Dir	Dif	Temp RelHum	Glo	Dir	Dif	Temp RelHum	Identifier: INA	Latitude: -0.20
Present	100.0	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
*Flags <= 5%	88.9	90.1	89.0	100.0	86.0	100.0	90.1	100.0		
*Flags > 10%	6.6	6.6	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Longitude: 100.32	

LAMPIRAN 4

BIO DATA PENELITI TPM DAN TPP

MILIK PERPUSTAKAAN^{xi}
UNIV. NEGERI PADJANG

**DESKRIPSI TIM PENELITI MITRA (TPM)
KETUA PENELITI**

DATA PRIBADI			
Nama Lengkap dan Gelar: Dr. Hakim L. Malasan	Tempat dan Tanggal Lahir: Jakarta, 1 Juni 1961	Jender: Pria	NIP: 132 084 730
Kantor: Departemen Astronomi, FMIPA, dan Pusat Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Matematika (P4M), Institut Teknologi Bandung			
Alamat Kantor: Jl. Ganesa 10	Kota dan Kode Pos: Bandung, 40132	Provinsi: Jawa Barat	
Telepon Kantor: (022) 2508126 atau (022) 2511576 atau (022) 2786001	Faksimile Kantor: (022) 2508126 atau (022) 2509170 atau (022) 2786001	E-mail: p4mitb@bdg.centrin.net.id atau hakim@as.itb.ac.id atau hakim@bosscha.itb.ac.id	
Alamat rumah: Rumah E, Kompleks Observatorium Bosscha	Kota dan Kode Pos: Bandung, 40391	Provinsi: Jawa Barat	
Telepon Rumah; (022) 2786435	Faksimile Rumah:	Nomor Telepon Genggam: 0812 239 9896	

NAMA LENGKAP & BIDANG KEAHLIAN	
Nama Lengkap	Bidang Keahlian
Dr. Hakim Luthfi Malasan, M.Sc.	Astronomi dan Astrofisika, Instrumentasi Astronomi

PENDIDIKAN							
Strata	Universitas	Kota	Negara	Jurusan	Fakultas	Tahun Lulus	Gelar
S1	Institut Teknologi Bandung	Bandung	Indonesia	Astronomi	Matematika & Ilmu Pengetahuan Alam	1985	Drs.
S2	The University of Tokyo	Tokyo	Jepang	Astronomy	Graduate School of Science	1989	M.Sc.
S3	The University of Tokyo	Tokyo	Jepang	Astronomy	Graduate School of Science	1992	D.Sc.

PENGALAMAN KERJA (1991 s.d. sekarang)				
No	Lembaga	Unit Kerja	Jabatan	Tahun
1	Institut Teknologi Bandung	UPT Observatorium Bosscha	Peneliti	1993-sekarang
2	Institut Teknologi Bandung	Departemen Astronomi, FMIPA	Staf Pengajar	1994-sekarang
3	Institut Teknologi Bandung	Departemen Astronomi, FMIPA	Sekretaris Departemen	1995-1998
4	Institut Teknologi Bandung	Departemen Astronomi, FMIPA	Ketua Departemen	1998-1999
5	Gunma Prefecture	Gunma Astronomical Observatory	Senior Researcher	1999-2000

PENGALAMAN RISET (1996 s.d. Sekarang)				
No	Judul Riset	Tahun	Sumber Dana	Keterangan
1	Klasifikasi Spektrum Bintang Dijital Berbantuan Komputer	1996	SPP-DPP	Pemimpin Peneliti
2	Telaah 218 bintang ganda visual yang diamati dengan refraktor ganda 60-cm Zeiss UPT Observatorium Bosscha	1997	SPP-DPP	Pemimpin Peneliti
3	Superhump pada Kurva Cahaya TOAD BC UMa	1997	OPF	Peneliti
4	Struktur Galaksi di arah Aquilae	1999	DIK ITB	Peneliti
5	Design and construction of Bosscha Compact Spectrograph	2000	Genesis Corporation and Hitachi Foundation, Jepang	Pemimpin Peneliti
6	Telaah Pelengkungan Galaksi di Langit Sebelah Selatan dengan Mempelajari Distribusi Bintang OB dan WR	2001	Riset Hibah Bersaing Dikti, Depdiknas	Peneliti

PUBLIKASI ILMIAH (1996 s.d. sekarang)					
No	Judul Publikasi	Jurnal/Buku/Majalah	Volume	Tahun	Keterangan
1	Astroseismological Observations of The Central Star of Planetary Nebula NGC 1501	Astronomical Journal	112	1996	
2	Observational Studies of Close Binary Central Stars of Planetary Nebulae	Proc. Astrophysics at Gunma Astronomical Observatory		1998	
3	Observational Study of Close Binary Stars	Proc. Workshop on Variable and Binary Stars		1998	

4	Plates for Galactic Structure. Comet and Nova	Trasure Hunting in Astronomical Plate Archives		1999	
5	Economical Imperative versus Preserving Astronomical Observatory	Proc. International Astronomical Union	196	1999	
6	Basic Photometric Parameters for Gunma Astronomical Observatory	Proc. Astrophysics at Gunma Astronomical Observatory		2000	
7	Design and implementation of a compact spectrograph for astronomical research and education	Proc. Indonesian-German Conference in Instrumentation, Measurements and Communitations for the Future		2001	
8	Data Reduction System for Gunma Astronomical Observatory Echelle Spectrograph	Proc. Workshop High resolution spectroscopy with Echelle Spectrograph		2001	
9	Motion under gravity	Journal of Indonesian Mathematical Society	7	2001	
10	Penentuan Parameter Fisik dan Geometrik Selubung Bintang Be di Gugus NGC 663 Berdasarkan Polarisasi Intrinsiknya	Jurnal Matematika dan Sains	6	2001	
11	A New Sample of Old Open Clusters in the Anti-Galactic Center Region	Pub. Astron. Society of Japan		2002	<i>submitted</i>

**DESKRIPSI TIM PENELITI MITRA (TPM)
ANGGOTA PENELITI I**

1. Name : Dr. Tri Wahyu Hadi
2. Sex : Male
3. Place & Date of Birth : Cimahi, 18 February 1965
4. Nationality : Indonesian
5. Institution : Program in Meteorology, Dept. of Geophysics and Meteorology, ITB
6. Address : Jl. Ganesha 10 Bandung 40132. Indonesia
Tel. +62-22-2500494
7. Educational Background :
- 1984-1990 : Sarjana, Department of Geophysics and Meteorology, ITB
 - 1996-1998 : Master of Science, Earth and Planetary Sciences, Kyoto University, Japan.
 - 1998-2002 : Doctor of Science, Earth and Planetary Sciences, Kyoto University, Japan
8. Working experience :
- 1990-1992 : Geophysical Programmer, Geoservices Ltd., Bandung
 - 1993-Present : Faculty Staff, Program in Meteorology, Dept. of Geophysics and Meteorology (GM), ITB
 - 1996-Present : Researcher at P4M, ITB
9. Research Experience :
- 1993-1994 : Modeling of oil slick spreading over the sea (research assistant, Oceanography Group, Dept. GM-ITB)
 - Ongoing : El Nino/La Nina prediction using ANFIS (researcher, Climatology Research Group, Dept. GM-ITB)
 - Ongoing : Modeling of extinction coefficient for atmospheric aerosol monitoring (researcher, P4M, ITB)
10. Publications :
- a) Hadi S., M.S. Fitriyanto, and T. W. Hadi : *A Mathematical Model of Oil Slick Spreading in the Balongan - Indramayu Coastal Water*, Proceeding ITB, Supplement Vol. 26, No. 1, 1994.
 - b) Kato, S., T. W. Hadi, dan J. Wiratmo, *Dinamika Atmosfer (A Text Book on Atmospheric Dynamics)*, Penerbit ITB, 90pp., 1998.
 - c) Hadi, T. W., T. Tsuda, T. Kozu, and K. K. Reddy, Radar Observations of Boundary Layer Structure over Gadanki-India during Pre-Monsoon Period, *Summary of Report Meeting, NMRF/ISRO-MPT/CRL, KMITL-MPT/CRL Joint Projects on Radar and Lidar Remote Sensing, Communication Policy Bureau, Ministry of Posts and Telecommunications*, 14th December 1998, Tokyo, Japan.

- d) Hadi, T. W., T. Tsuda, H. Hashiguchi, and S. Fukao, Tropical sea-breeze circulation and related atmospheric phenomena observed with L-band boundary layer radar in Indonesia, *J. Meteor. Soc. Japan*, **78**, 123–140, 2000.
- e) Hadi, T. W., T. Horinouchi, T. Tsuda, H. Hashiguchi, and S. Fukao, Observations of sea-breeze circulation and diurnal variations of boundary-layer structure over Jakarta, Indonesia, *Preprints of the Fifth International Symposium on Tropospheric Profiling: Needs and Technologies, Adelaide, 4-8 December*, 327–329, 2000.
- f) Hadi, T. W., T. Horinouchi, T. Tsuda, H. Hashiguchi, and S. Fukao, Sea-breeze circulation over Jakarta, Indonesia : A climatology based on boundary layer radar observations, *Monthly Weather Review*, **30**, 2153–2166, 2002.
- g) Dupe, Z. L., T. W. Hadi, and A. Lubis, El-Nino/La-Nina Forecasting using Adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS), *Temu Ilmiah Prediksi Iklim Nasional, LAPAN Bandung (A Symposium)*, Bandung, 31 July 2002.

11. Foreign Language Proficiency :

English, Japanese

DESKRIPSI TIM PENELITI MITRA (TPM)
ANGGOTA PENELITI II

Mathematics Department
Bandung Institute of Technology

Jl. Ganesha 10 Bandung 40132
62 -22 -2502545 ext 303
nuning@dns.math.itb.ac.id

Nuning Nuraini

RESEARCH and WORKING EXPERIENCE

- Institut Teknologi Bandung (ITB) (Indonesia),
Active Lecturer in Mathematics Department ITB
(March 1 1999 – Now)
- Institut Teknologi Bandung (ITB) (Indonesia)
Finance Manager of TPB – ITB (January 1 2002 - Now)
- Institut Teknologi Bandung (ITB) (Indonesia)
Member of researcher for Interdisciplinary Research Grants
(Astronomy – Geophysic & Meteorology - Mathematics)
(April 2002 – Now)
- Two years of experience in computation using Maple or
MatLab (Feb 2000 – Now)

SCIENTIFIC ACTIVITIES

- Seminar on Basic Science, ITB, Oct. 21 – 22, 2002
- National Mathematics Conference XI, UM, July 22 – 25, 2002
- Symposium on LabMath and Wave Propagation, P4M-ITB in
co – operation with U Twente, MARIN (Netherlands) & IHL
Surabaya-Indonesia, Sept. 9 – 10 , 2001
- Course on Mathematical Support for Hydrodynamic
Laboratories, P4M-ITB in co – operation with U Twente,
MARIN (Netherlands) & IHL Surabaya-Indonesia, August 27
– Sept. 8, 2001
- Symposium on Dynamical Systems, P4M-ITB in co --
operation with University of Groningen, March 9, 2001
- Short Course on Cryptography, Mathematics Dept. – ITB in
co – operation with University of Newcastle Australia, Jan.
31 – Feb 3, 2001
- National Mathematics Conference X, ITB, July 17 – 20, 2000
- Workshop on Mathematical Modelling in Industrial
Problems and in the "Industrial Mathematics Week 2000",
P4M-ITB in co – operation with TU Eindhoven & U Twente
Netherlands, July 3 – 14, 2000

EDUCATION

MSc. in Mathematics, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia,

(1999 – 2001)

BSc. in **Mathematics**, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia,
(1994 –1998)

**RESEARCH
INTERESTS**

- Optimization
- Dynamical System
- Computation on Mathematical Modelling

**AWARDS and
SCHOLARSHIPS**

- Learning Education Grant from Due Like TPB –ITB for a period of 10 Months (Jan. – Oct. 2002), Received at Institut Teknologi Bandung 2002
- Master Scholarship funded by Due Like TPB –ITB for a period of 12 Months (August 2000 – August 2001), Received at Institut Teknologi Bandung
- DAAD scholarship for Short Term Research at University of Kaiserslautern Germany for a period Juni – Oct 2001 (cancelled because of pregnancy).

**LIST OF
PUBLICATIONS**

1. Nuning Nuraini , *Simulasi Pembangkit Gelombang 2D dan 3D (Simulation of 2D and 3D Water Wavemaker)* , Proceedings National Mathematics Conference Indonesia, July 22 – 25, 2002
2. Nuning Nuraini and Andonowati, *Uni – Multi Directional Wave Generation*, Collection of Abstract, Symposium on Mathematical Support for Hydrodynamic Laboratories, September 9 – 11, 2001
3. Septorato Siregar, S.M. Nababan, Robert Saragih, Diah Chaerani, Nuning Nuraini and Mubassiran, *The Importance of Gas Pipeline Network Optimization*, Proceeding of AEESEAP Conference 2000, August 22-25 2000, Bali, Indonesia
4. Hadi P. Handoyo, Toto Nusantara and Nuning Nuraini , *Induction on Analysis of 115 kV and 230 kV Transmissions Lines to Crude Oil Pipeline at PT Caltex Pasific Indonesia*, Proceedings Industrial Mathematics Week, July 10 – 14, 2000

LAMPIRAN 2

DAFTAR RIWAYAT HIDUP TPP KETUA PENELITI

Nama Lengkap/NIP : Dra. Festiyed, M.S / 131 668 027
 Tempat/Tanggal Lahir : Bukittinggi, 7 Desember 1963
 Jenis Kelamin : Perempuan
 Pangkat/Golongan : Pembina/ IVa
 Bidang Keahlian : Fisika Komputasi
 Kantor/Unit Kerja : Jurusan Fisika FMIPA UNP
 Alamat Kantor : Jl. Prof. DR. Hamka, Air Tawar Padang 25131
 Telp : 0751-3959 Fax : 0751-55628 (UNP)
 Alamat Rumah : Jl. Bhakti ABRI Rt 01/01 No 32-C, Batang Kabung
 Koto Tangah, Padang 25172
 Telp : 0751-480817 Hp : 0812 67 42403
 E-mail : festiyed@yahoo.com

Pendidikan			
UNIVERSITAS/INSTITUT DAN LOKASI	GELAR	TAHUN SELESAI	BIDANG STUDI
FPMIPA IKIP Padang	Dra (sarjana)	1986	Pendidikan Fisika
FMIPA ITB Bandung	--- (Pasca Sarjana)	1988	Fisika (Pra-S2)
FMIPA ITB Bandung	MS (Pasca Sarjana)	1990	Fisika Komputasi

Pengalaman kerja dalam penelitian dan pengalaman profesional serta kedudukan saat ini		
UNP (eks. IKIP PADANG)	Staf pengajar	1987 – Sekarang
Universitas Bung Hatta	Staf pengajar	1999 – Sekarang
PPKLH (Lingkungan Hidup)	Anggota	1996 – Sekarang
Pusat pengembangan Penelitian MIPA UNP	Anggota	1998 – Sekarang
Lembaga Penelitian UNP	Redaksi Journal SAINTEK	1998 – Sekarang
Proyek Due-Like UNP	Ketua Peneliti	2001 – 2002
Proyek Due-Like UNP	Anggota Peneliti	2000 – 2001
PGSM Batch III (RII) Jakarta	Ketua Peneliti	1999 – 2000
FMIPA UNP Padang	Panelis Panel Forum Penelitian Dosen MIPA	23-1-2001

UNP Padang	Pemakalah pada Lokakarya Pembuatan Media Pengajaran Dengan Komputer	31 Jan.- 3 Feb. 2000
Lemlit IKIP Padang	Ketua Peneliti	1999
IKIP Padang	Pemakalah pada Seminar Penyelamatan dan Pemberdayaan Laut	29 Agustus 1998
DP3M Jakarta	Anggota Peneliti	1998
IKIP Padang dan HEDS JICA	Pemakalah Pada Training of Computer assisted Instruction for Physics Education	13-26 Sept. 1998
DP3M Jakarta	Ketua Peneliti	1997
Lemlit IKIP Padang	Ketua Peneliti	1996
PPD HEDS Jakarta	Ketua Peneliti	1995
P2MTK ITB	Ketua Peneliti	1994
Lemlit IKIP Padang	Anggota Peneliti	1993
Lemlit IKIP Padang	Ketua Peneliti	1992
DP3M Jakarta	Ketua Peneliti	1991

Daftar publikasi yang relevan dengan proposal yang diajukan

1. Festiyed, Hamdi, Computer Simulated Experiment (CSE) Untuk Gelombang dan Optik, Doe-like, 2002
2. Festiyed, Nurasma, Murtiani, Upaya Meningkatkan Kinerja Mahasiswa Dalam memahami Konsep-Konsep Fisika Dasar Melalui Pemakaian Program Komputer Yang Interaktif, Penelitian, Action Research PGSM Batch III (RII)-Jakarta, 2000
3. Festiyed, Simulasi dan Animasi Dengan Menggunakan Bahasa Pascal, Pemakalah pada Lokakarya Pembuatan Media Pengajaran Dengan Komputer, UNP Padang, 31 Januari – 3 Februari 2000
4. Festiyed, Dasar Algoritma dan Pembuatan Diagram Alur Untuk Perancangan Pemrograman Aplikasi Dengan Komputer, Buku, IKIP padang, 1999
5. Festiyed, Pemrograman Model CAI untuk Materi Fisika, Pemakalah pada Training of Computer Asisted Instruction for Physics Education, IKIP Padang dan Heds JICA, 13-26 September 1998
6. Festiyed, Djusmaini.DJ, Mahrizal, Analisis Radiasi Layar Monitor Komputer, Penelitian, Dana Rutin IKIP Padang, 1996
7. Festiyed, Pembuatan Program Model CAI Untuk Materi Osilator Harmonik Linier dan Rangkaian Pengganti Pada arus searah, Penelitian, PPD HEDS-Jakarta, 1995
8. Festiyed, Solusi Stasioner Persamaan Schrodinger untuk Osilator Harmonik dengan Bantuan Komputer, Tesis, S-2, 1990

Lanjutan pengalaman riset

Institusi	Jabatan	Judul Riset	Periode Kerja
Dana Rutin	Anggota	Analisis <i>Diphenil Phycril Hydrazil</i> (DPPH) dengan Electron Spin Resonance.	1998-1999
Dana Rutin	Ketua	Analisis Perubahan Bentuk Kurva Histerisis dan Kurva Magnetisasi dari Bahan Ferromagnetik Akibat Perlakuan Tegangan Mekanik	1997-1998
Dana Rutin	Anggota	Penentuan Spektrum Absorpsi dan Waktu Relaksasi Kristal LiF Menggunakan Spektrometer	1997-1998
Dana Rutin	Anggota	Analisis Perubahan Isyarat Keluaran pada Verifikasi dan Pengembangan Disain serta Simulasi Penguat Sinyal Kecil	1996-1997
P4M ITB	Anggota	Hamiltonian Consistent Numerical Code for 1-D Surface Wave Equations	9 Juni s/d 1 Agustus 1997.
ITB (Skripsi S-2)	Ketua	Sifat Magnetoelastik dalam Bahan $Fe_{77,5}Si_{7,5}B_{15}$ dan Aplikasinya Pada Sensor	1995-1996
IKIP Padang (Tesis S-1)	Ketua	<i>Hubungan Persepsi Siswa Terhadap Mata Pelajaran Fisika dengan Hasil Belajar di SMA Negeri III Kodya Padang</i>	1990-1991

Publikasi Nasional :

No.	KARYA ILMIAH
1.	Herizal, Hamdi, <i>Kalibrasi Pirheliometer Di Stasiun GAW Bukit Kototabang</i> , Saintek, Vol. IV, No. 2, Maret 2002, 143-153, (2002)
2.	Hamdi, Djusmaini Djamas, Adiar, <i>Upaya Pembelajaran Mahasiswa Melalui Program Terpadu dalam Mata Kuliah Fisika Kuantum</i> , Buletin Pengajaran, (2000).
3.	Jaharuddin, Novriana Sumantri, Hamdi, dan Sharidan Shafie, <i>Hamiltonian Consistent Numerical Code for 1-D Surface Wave Equations</i> , Proceeding of Research Workshop 'Aspect of Computational Fluid Dynamic', P4M ITB, (9 Juni s/d 1 Agustus 1997).
4.	Hamdi, <i>Teknologi Mikrosensor</i> , Buletin IKIP Padang, No. 1 tahun XXI, Jan 1998, 26-31, (1998)
5.	Hamdi, <i>Sifat Magnetoelastik dalam Bahan $Fe_{77,5}Si_{7,5}B_{15}$ dan Aplikasinya pada Sensor</i> , Forum Basandi, No. 1, tahun I september 1996, (1996).
6.	
7.	

CURRICULUM VITAE
ANGGOTA PENELITI II

Nama : Drs. I r w a n, M.Si.
Tempat dan Tanggal Lahir : Padang, 5 Oktober 1965
Jenis Kelamin : Laki-laki
Pekerjaan : Dosen Universitas Negeri Padang
Jurusan : Matematikia
Alamat : Jln. Jeruk, Blok O No. 3, Wisma Indah II
Lapai - Padang – Sumatera Barat

Riwayat Pendidikan

Tahun	Tingkat	Tempat	Jurusan
1979	Sekolah Dasar	Padang	
1982	SMP	Padang	
1985	SMU	Padang	IPA
1990	S1	IKIP Padang	Pendd. Matematika
1995	S2	ITB Bandung	Matematika

Pengalaman Penelitian

1. Studi tentang Penggunaan Metode Latihan sebagai Metode Tambahan dari Metode Ceramah untuk Pokok Bahasan Pecahan pada Sekolah Dasar Negeri Kota Padang.
2. Studi tentang Penggunaan Metode Latihan pada Pengajaran Matematika di SLTP kec. X Koto Singkarak Sumatera Barat.
3. Analisis Kesulitan Mahasiswa yang Mempelajari Kalkulus pada Fakultas Matematika dan IPA Univ. Negeri Padang

4. Analisis Kesulitan yang Siswa yang Mempelajari Geometri pada SMU Kota Padang, Sumatera Barat.
5. Analisis Kesulitan Mahasiswa yang Mempelajari Analisis pada Jurusan Matematika FMIPA Univ. Negeri Padang
6. Pemeriksaan Plot Sisa Sebagian
7. Analisis Kepekaan pada Regresi Linier

Riwayat Kursus/Pelatihan

- | | |
|--|------|
| 1. Teori dan Penerapan Himpunan Kabur | 1996 |
| 2. Magang Penelitian Statistika Terapan | 1995 |
| 3. Kursus Singkat Penelitian Matematika | 1997 |
| 4. Kursus Singkat Sistem Teknologi Informasi | 1997 |
| 5. Kursus Singkat Paket Program Matlab | 1998 |

Riwayat Mengajar

1. Kalkulus I
2. Kalkulus II
3. Aljabar Linier Elementer
4. Aljabar Abstrak
5. Analisis Riil I
6. Analisis Riil II
7. Pengantar Topologi
8. Analisis Kompleks
9. Pemrograman Pascal
10. Statistik Dasar
11. Analisis Regresi Terapan

Karya Ilmiah yang Tidak Dipublikasikan

1. Pengantar Analisis Riil I
2. Pengantar Teori Grup
3. Regresi Linier Sederhana
4. Panduan Praktikum Pemrograman Pascal

5. The Difficulty Analysis of The Student Who Learning Real Analysis at Mathematics Department State University of Padang
6. Exploring Partial Residual Plot
7. Sensitivity Analysis in Linear Regression Analysis

Teaching Experiences

1. Calculus I
2. Calculus II
3. Elementary Linear Algebra
4. Abstract Algebra
5. Real Analysis I
6. Real Analysis II
7. Introduction to Topology
8. Complex Analysis
9. Pascal Programming
10. Elementary Statistics

Non Publications Written Summary of Lectures

1. Introduction to Real Analysis I
2. Introduction to Group Theory
3. Ordinary Linear Regression
4. Pascal Programming

