

FOTOMETER UNTUK PEMANTAUAN SPEKTRUM RADIASI MATAHARI

N. Huda dan H. Zain

Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya 100 - Depok

Abstrak

Transmisi radiasi matahari yang menjalar ke bumi akan mengalami hambatan yang disebabkan oleh media penyerap yang ada di atmosfer seperti gas bebas dan zat polutan dengan karakteristik dan panjang gelombang yang dimilikinya. Dengan mencuplik besaran intensitas akibat radiasi matahari yang datang sampai di bumi, dapat diperoleh gambaran spektrum yang direkam menggunakan Fotometer Matahari.

Konstruksi Fotometer Matahari dibangun dengan peralatan teleskop, serat optik, monokromator, photomultiplier dan komputer berikut program pemantauannya. Dengan pertimbangan keterbatasan seluruh komponen pembentuknya, Fotometer Matahari mampu merekam pola spektrum panjang gelombang dari 400 sampai 1200 nm dengan sensitivitas tinggi pada daerah 700 sampai 900 nm dan waktu observasi 16 menit 56 detik. Analisis data hasil pemantauan pada bulan Oktober 2000 yang diwakili dengan data 8 hari menunjukkan adanya pola spektrum radiasi matahari yang hampir sama, tidak terjadi perubahan yang signifikan. Puncak-puncak dominan terjadi pada panjang gelombang 712, 753, 785, 810 dan 887 nm dan lembah dominan terjadi pada 764 nm. Dengan membandingkan pola spektrum yang diperoleh terhadap data referensi spektrum zat polutan, didapat gambaran adanya polutan O_2 , O_3 dan H_2O .

Pemantauan secara berkala sebagai fungsi panjang gelombang bisa membantu untuk memperoleh data meteorologi yang berguna, terutama informasi spesifik pada daerah panjang gelombang tertentu.

Kata Kunci :fotometer, spektrum radiasi matahari, absorpsi, polutan, pencuplikan, cuaca.

1. Pendahuluan

Cahaya matahari menyebar ke seluruh galaksi, termasuk menjalar ke planet bumi. Radiasi matahari yang menjalar menuju bumi melalui atmosfer akan mengalami hambatan sepanjang lintasan optik yang disebabkan oleh adanya benda atau media penyerap seperti uap air, CO_2 , ozon dan unsur pencemar atmosfer sesuai dengan karakteristik dan panjang gelombang yang dimilikinya^[2]. Dengan pemantauan secara kontinu, akan diperoleh suatu gambaran spektrum dari radiasi matahari yang direkam dengan menggunakan Fotometer Matahari^[3].

Penelitian ini berfokus pada pembuatan alat Fotometer Matahari untuk meneliti spektrum radiasi matahari dengan cara melakukan pemantauan dan pengukuran untuk beberapa panjang gelombang secara berkesinambungan sehingga diperoleh gambaran ada tidaknya zat polutan. Fotometer Matahari ini diharapkan dapat digunakan untuk mengukur penyerapan gas di atmosfer dengan mempelajari spektrum penyerapannya. Penggunaan Fotometer Matahari akan efektif bila digunakan untuk pengamatan pola transmisi cahaya sebagai fungsi panjang gelombang secara kontinu maupun periodik^[5]. Berdasarkan data spesifikasinya, gabungan semua peralatan pembentuk Fotometer Matahari mampu menangani pola absorpsi pada jarak panjang gelombang dari 400 nm sampai 1200 nm, sehingga kandungan informasi yang diperoleh hanya dapat menjelaskan masalah pada rentang panjang gelombang tersebut.

2. Teori Dasar

Berdasarkan hukum pelemahan *Bouguer-Lambert-Beer*, dari penyinaran langsung sinar matahari yang diamati melalui pita gelombang yang kecil $\Delta\lambda$ terpusat pada panjang gelombang λ maka tegangan keluaran melalui Fotometer Matahari adalah :

$$V(\lambda) = V_0(\lambda)R^{-2}e^{-m(\theta)\tau(\lambda)} \quad (1)$$

dimana $V_0(\lambda)$ menyatakan konstanta kalibrasi dari alat, R menyatakan jarak bumi-matahari, $\tau(\lambda)$ menyatakan kedalaman optik spektral (*spectral optical depth*) dan $m(\theta)$ menyatakan massa udara optik relatif yang merupakan fungsi dari sudut zenith matahari θ .

Bila Persamaan (1) dimasukkan kedalam fungsi logaritmis maka didapat :

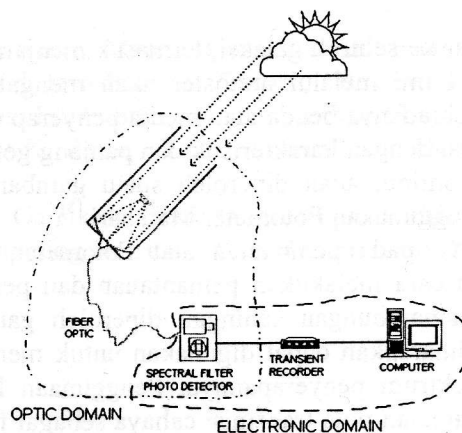
$$\ln V(\lambda) = \ln(V_0(\lambda)R^{-2}) - m(\theta)\tau(\lambda) \quad (2)$$

Jika dilakukan sejumlah pengukuran pada daerah $m(\theta)$ tertentu dimana kedalaman optik $\tau(\lambda)$ dipertahankan konstan, maka $V_0(\lambda)$ dapat ditentukan dari perpotongan ordinat yang diplot dari bagian kiri Persamaan (2) terhadap $m(\theta)$. Dalam keadaan demikian dapat ditentukan kedalaman optik rata-rata $\tau(\lambda)$ dari kemiringan masing-masing grafik tanpa mengetahui $V_0(\lambda)$ yang dikenal dengan kalibrasi *Langley-Plot* [6].

3. Pembuatan Fotometer Matahari

Komponen utama Fotometer Matahari yaitu *telescope*, *fiber optic*, *spectral filter*, *photo-detector*, *transient recorder* dan *computer*. Bentuk hubungan komponen tersebut tampak pada Gambar 1.

Ketika matahari menyinari bumi, energi radiasi matahari akan melewati atmosfer. Radiasi ini akan berinteraksi dengan partikel penghambur yang ada di atmosfer, diantaranya partikel aerosol, molekul-molekul gas (termasuk zat polutan) dan zat padat lainnya. Sebagian energi hamburan ditangkap oleh teleskop kemudian dilewatkan melalui ujung serat optik supaya dapat menjangkau lokasi peralatan lainnya yang berada didalam ruangan. Energi yang dikeluarkan oleh serat optik pada ujung yang lain diterima oleh spectral filter, dalam hal ini adalah monokromator, untuk memilih panjang gelombang yang diperlukan. Energi pada panjang gelombang yang terpilih diukur oleh photo-detector, dalam hal ini menggunakan PMT. PMT mengubah energi optis menjadi energi listrik. Sinyal listrik yang dikeluarkan PMT diterima oleh transient recorder untuk dilewatkan menuju komputer agar besar energi listrik tersebut dapat direkam dan diketahui nilainya.



Gambar 1. Skema Fotometer Matahari

Proses pengukuran ini dilakukan berulang-ulang untuk panjang gelombang yang lain. Sehingga diperoleh spektrum transmisi radiasi matahari pada panjang gelombang yang diharapkan.

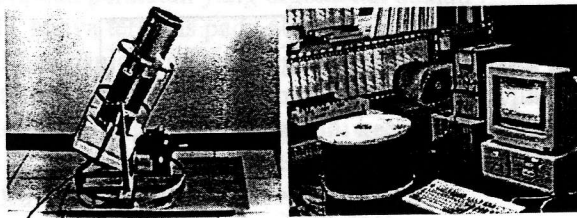
Konstruksi Fotometer Matahari perlu dikalibrasi agar diperoleh konstanta kalibrasi alat. Kalibrasi dilakukan terhadap komponen pembentuk Fotometer Matahari. Hasil ujicoba kecepatan maksimum peralihan panjang gelombang monokromator adalah 0.835 nm/dt. Berdasarkan spesifikasinya, kecepatan pencuplikan sistem data akuisisi adalah 6.22 Hz, tetapi pada

kenyataannya hanya mampu sampai pada sinyal 4 Hz saja dengan 8 bit data keluaran. Pengujian untuk spektrum panjang gelombang dari 350 nm sampai 1200 nm memerlukan waktu 16 menit 56 detik dengan menerapkan pola kerja program kendali yang didaftar pada algoritma berikut.

1. Mengaktifkan File Penampung Data
2. Inisialisasi PPI-ADC, Inisialisasi Nomor Data
3. Membaca status Sensor Matahari
4. Jika 0 maka menggerakkan Stepper Motor sampai status Sensor Matahari = 1
5. Mengirim sinyal pencuplikan
6. Menunggu beberapa saat
7. Mengecek apakah tersedia data di ADC, jika tidak ada kembali ke no.4.
8. Mengambil data dari ADC
9. Data ditambahkan kedalam file penampung
10. Data ditampilkan ke Grafik Asli
11. Nomor Data = Nomor Data + 1
12. Mengecek apakah Nomor Data telah maksimum, jika belum kembali ke no. 3.
13. Menghentikan pencuplikan
14. Membaca ulang semua Nomor Data.
15. Melakukan proses penyesuaian skala absorpsi dan panjang gelombang
16. Menyimpan semua Data hasil penyesuaian di file penampung
17. Menampilkan semua Data hasil penyesuaian di Grafik Smooth
18. Selesai

Algoritma 1. Algoritma Program Kendali Fotometer Matahari

Hasil pembuatan dan setup Fotometer Matahari tampak pada pada Gambar 2.



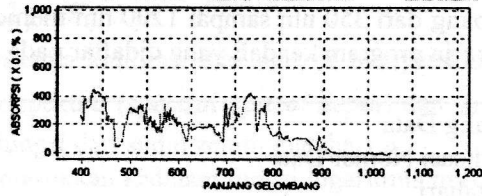
Gambar 2. Setup Fotometer Matahari

Proses pelaksanaan pengambilan data perlu memperhatikan waktu observasi untuk panjang gelombang yang diamati dan kondisi cuaca. Hasil ujicoba menunjukkan pada kondisi berawan tidak dapat diperoleh data karena sensitivitas Fotometer Matahari sangat tergantung pada radiasi matahari.

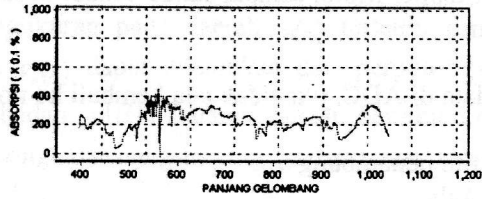
4. Analisis Data Hasil Pemantauan

Pelaksanaan pemantauan dilapangan memperoleh data 82 buah pada bulan oktober 2000. Pemilihan data dilakukan guna mencari data yang valid, terdapat 22 data valid yang tersebar pada waktu 8 hari. Spektrum radiasi matahari setelah dikoreksi dengan menghilangkan faktor konstanta kalibrasi alat fotometer tampak pada gambar 3.

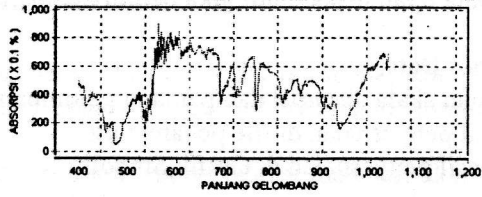
Hari Ke-1



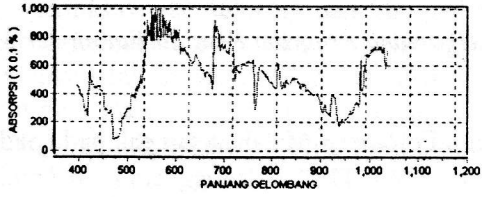
Hari Ke-2



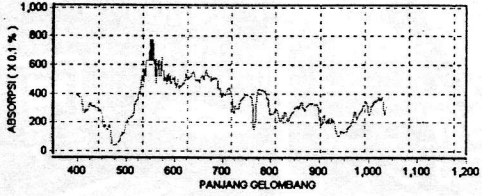
Gambar 3. Data Hasil Pemantauan
Hari Ke-3



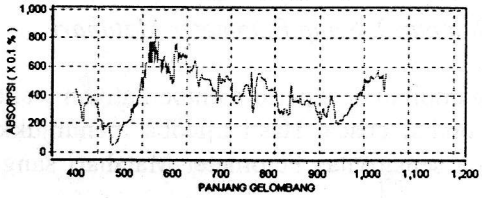
Hari Ke-4



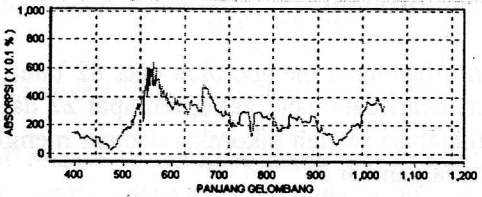
Hari Ke-5

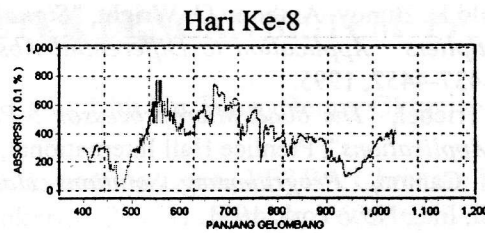


Hari Ke-6



Hari Ke-7





Gambar 3 (Lanjutan). Data Hasil Pemantauan

Gambar 3 menampilkan bentuk spektrum yang mempunyai pola hampir sama, tidak terjadi perubahan pola spektrum yang signifikan. Perubahan nyata hanya tampak pada besaran intensitas radiasi matahari. Hal ini akibat kecerahan cuaca saat Fotometer Matahari mengambil data tersebut.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil ujicoba dan analisis data pemantauan diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Fotometer Matahari cukup memadai untuk digunakan dalam pemantauan spektrum radiasi matahari pada daerah panjang gelombang 400 nm sampai 1200 nm
2. Karakteristik data pemantauan memberikan informasi tentang :
 - Pola spektrum pada bulan Oktober 2000 yang diwakili dengan data 8 hari memiliki bentuk yang hampir sama, tidak terjadi perubahan yang signifikan.
 - Berdasarkan perbandingan dengan data referensi spektrum zat polutan diperoleh gambaran adanya polutan yang dapat dipantau : O_2 , O_3 dan H_2O .
3. Fotometer Matahari mampu dioperasikan secara berkala untuk pemantauan sinar matahari sebagai fungsi panjang gelombang dengan waktu observasi 16 menit 56 detik untuk panjang gelombang 350 sampai 1200 nm.
4. Penggunaan Fotometer Matahari dapat membantu untuk mempelajari data meteorologi yang lebih spesifik pada daerah panjang gelombang tertentu.
5. Keterbatasan kemampuan peralatan yang digunakan adalah :
 - Sensitivitas PMT hanya terbatas pada 400 nm sampai 1200 nm.
 - Kecepatan peralihan panjang gelombang pada monokromator masih lambat.
 - Kecepatan waktu pencuplikan ADC hanya mampu menangani sinyal 4 Hz.
 Kedua kecepatan tersebut sangat mempengaruhi kecepatan proses pemantauan.

6. Daftar Pustaka

- [1] Nevers, Noel de. *Air Pollution Control Engineering*. Mc Graw-Hill, Inc. 1995.
- [2] Sugimoto, Nobuo et.al. *Continuous Observation of Aerosols and Clouds with Ground Based Lidars in Tsukuba Japan and in Jakarta Indonesia*. Proceedings of The International Symposium on The Atmospheric Correction of Satellite Data and Its Application to Global Environment. 288-291. Ceres Chiba University. Japan. 1998.
- [3] Tipping, RH and Q. Ma. *New Breakthrough in Far-Wing Line Shapes : Application to CO_2 and H_2O* , Proceedings of The International Symposium on The Atmospheric Correction of Satellite Data and Its Application to Global Environment. 3-10. Ceres Chiba University. Japan. 1998.
- [4] Cracknell, A.P. *Remote Sensing in Meteorology, Oceanography and Hydrology*. Ellis Horwood Limited. John Wiley & Sons. 1981.
- [5] B.R. Crysman Tarigan, Tesis : "Pemantauan Polutan Menggunakan Sun Photometer Dengan Mengamati Perubahan Spektrum Transmisi Radiasi Matahari", Program Studi Opto-Elektroteknika Dan Aplikasi Laser Universitas Indonesia, 1998.
- [6] Beat Schmidt, Christoph Wehrli, "Comparison of Sun-Photometer Calibration by Use of the Langley Technique and The Standard Lamp", *Applied Optics* Vol.34, No. 21, July 1995.
- [7] Guillaume A. d'Almeida, Ruprecht Jaenicke, Peter Roggendort, Dirk Richter, "New Sun-Photometer for Network Operation", *Applied Optics* Vol. 22, No. 23, December 1983.

- [8] Michael P. Bristow, Donald H. Bundy, Anthony G. Wright, "*Signal Linearity, Gain Stability, and Gating in Photomultipliers : Application to Differential Absorption Lidars*", Applied Optics, Vol. 34, No. 21, 4437-4452, 1995.
- [9] Avtar Singh, Walter A. Triebel, "*The 8088 Microprocessor : Programming, Interfacing, Software, Hardware and Applications*", Prentice Hall International, Inc., New Jersey, 1989.
- [10] Julio Sanchez, Maria P. Canton, "*Programming Solutions Handbook for IBM Micro-Computers*", McGraw-Hill, Inc., New York, 1991.
- [11] Anonymous, "*National Data Acquisition Databook, 1996 Edition*", National Semiconductor Corporation, California, 1996.
- [12] Stephen C. Gates, Jordan Becker, "*Laboratory Automation Using The IBM PC*", Prentice Hall International, Inc., New Jersey, 1989.
- [13] Dietrich Marcuse, "*Curvature Loss for Optical Fibers*", Journals of Optical Society of America, Vol. 66, No. 3, 216-220, OSA New York, 1976.
- [14] Sachio OHTA, Naoto MURAO, "*Evaluation of Optical Properties of Atmospheric Aerosols Based On Chemical Characterization*", Proceedings of The International Symposium on The Atmospheric Correction of Satellite Data and Its Application to Global Environment, 17-24, Ceres Chiba University, Japan, 1998.
- [15] S. Kaneta, T. Takamura, N. Takeuchi, "*Retrieval of Aerosol Characteristics by Combining Ground Based and Airborne Measurements*", Proceedings of The International Symposium on The Atmospheric Correction of Satellite Data and Its Application to Global Environment, 250-253, Ceres Chiba University, Japan, 1998.
- [16] Oleg B. Vasilyev, Amando Leyva, Agustin Muhila, Mauro Valdes, Ricardo Peralta, Anatoliy P. Kovalenko, Ronald M. Welch, Todd A. Berendes, Vladilen Yu. Isakov, Yuri P. KuliKovskiy, Sergey S. Sokolov, Nikolay N. Strepanov, Sergey S. Gulidov, Wolfgang von Hoyningen-Huene, "*Spectroradiometer With Wedge Interference Filters (SWIF) : Measurements of The Spectral Optical Depths at Mauna Loa Observatory*", Applied Optics, Vol. 34, No. 21, 4426-4436, 1995.
- [17] R. Yamauchi, Y. Kikuchi, T. Shioda, K. Inada, "*Transmission Characteristics of Heated Optical Fibers*", The Fujikura Cable Works, Ltd., Japan, 1981.