

HASIL-HASIL AWAL DARI SPEKTROGRAF CAHAYA-MATAHARI UNTUK MENDETEKSI MOLEKUL-MOLEKUL DI ATMOSFER

Bambang Setiahad¹⁾

¹⁾ Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
WatuKosek, Gempol P.O. Box 04, Pasuruan 67155, Jawa Timur, Indonesia
Email : bambangsetiahad@rocketmail.com, bsetiahad@lapan.go.id

Abstrak. Hasil-hasil awal data hasil pengamatan atmosfer dengan menggunakan spektrograf atmosfer hasil rancangan sendiri ditampilkan disini. Pengamatan dilakukan di tempat pengamatan matahari di LAPAN Watukosek. Cara memperoleh data adalah menggunakan teleskop yang memfokuskan cahaya matahari lewat lensa akromatik sebagai peranti untuk mengumpulkan cahaya matahari. Cahaya selanjutnya dialirkan ke bagian belakang teleskop dimana ditempatkan slit berbentuk sirkular dengan diameter 0.01 mm. Pada jarak 17.7 mm di belakang slit sebuah lensa kolimator memfokuskan cahaya matahari yang diterima ke ujung serat optik untuk dialirkan ke dalam serat optik tersebut sepanjang 10.0 m untuk dimasukkan ke dalam spektrometer di ruang kontrol pengamatan dan akuisisi data. Keluaran sudah dalam bentuk kurva Planck. Alat ini mendeteksi radiasi optik dalam panjang gelombang dari 2.000 Angstrom hingga 10.000 Angstrom. Disini ditampilkan hasil pengamatan salah satu molekul di atmosfer yaitu H₂O dari rentang waktu pengamatan di bulan Januari 2016. Hasil menunjukkan jumlah molekul air sebanding dengan 10⁶ to 10⁸ particle-count/mm²/sec.

Kata kunci: teleskop, slit-kolimator, serat optik, garis molekul air.

1 Pendahuluan

Teleskop atmosfer yang dirancang sendiri memiliki sedikitnya tiga aspek penting. Pertama, sains dan teknologi akan lebih dikuasai dengan lebih baik selama perancangan peralatan, disesuaikan dengan tujuan dan sasaran yang hendak dicapai oleh peneliti. Kedua, teori-teori dasar yang berkaitan dapat dikaji dan dihubungkan dengan efektifitas dan harga-ekonomi yang rendah, yaitu dengan menggunakan sinar matahari yang masuk ke dalam atmosfer. Ketiga, kemampuan mandiri dalam rangka partisipasi internasional dalam kampanye iklim global [1].

Kondisi lain adalah isu perubahan iklim global yang berkaitan erat dengan penurunan kualitas atmosfer untuk biosfer dan kehidupan umumnya di Bumi. Protokol Hijau Kyoto dengan jelas menyatakan keprihatinan akan masalah iklim global tersebut. Pada isu tersebut para ilmuwan ditantang untuk melakukan observasi lebih banyak dan lebih sering dari segala titik di seluruh dunia. Negara-negara yang berbeda dapat berpartisipasi untuk mendukung Protokol Hijau Kyoto dengan menciptakan kegiatan pengamatan atmosfer sesuai dengan kemampuan nasionalnya.

Kawasan negara kita berada di sepanjang garis katulistiwa beriklim tropis, yang membentang sangat lebar sehingga memberikan kesempatan bagi kita untuk mengumpulkan data atmosfer yang berlimpah. Selain itu kawasan ini memberikan kelimpahan data sepanjang tahun tanpa terganggu oleh peristiwa-peristiwa alam yang mengganggu observasi, misalnya angin topan. Topan tidak dapat berkembang kekuatannya karena arus vertikal di atmosfer sepanjang daerah ekuator. Sepanjang tahun hanya memiliki dua musim saja, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Walaupun demikian karena teleskop ini dirancang untuk menggunakan cahaya matahari sebagai eksekutornya, maka selama musim hujan terjadi penurunan intensitas cahaya karena hujan dan liputan awan [2]. Pengamatan atau observasi selama musim hujan berkepanjangan tahun 2016 menunjukkan hasil yang proporsional dengan jumlah uap air yang besar, demikian juga dengan kelimpahan oksigen.

Aktifitas untuk mengumpulkan data dengan observasi rutin sepanjang tahun akan menempatkan Watukosek dan Indonesia sebagai tempat atau negara yang aktif berpartisipasi dalam Protokol Hijau Kyoto. Kita harus punya data dan pengetahuan untuk mengeliminasi kecenderungan atmosfer untuk dikontaminasi dengan aerosol dan polutan lain yang merugikan atau menurunkan tingkat kualitas atmosfer [3].

1.1 Teori radiasi

Karena sinar matahari digunakan sebagai eksekutor, maka cahaya matahari yang terhalang oleh awan akan mengurangi hasil perhitungan jumlah molekul air ataupun molekul-molekul yang lain. Sehingga jumlah molekul yang optimal dihasilkan dari cahaya matahari yang tidak terhalang oleh awan, ataupun debu dan aerosol. Karena itu catatan harian pengamatan yang dilaporkan oleh peneliti setiap jam, misalnya sangat membantu dalam memperkirakan pengaruh cakupan awan dan debu serta aerosol selama pengamatan.

Sinar matahari sangat sesuai untuk penelitian ini karena sinar matahari mempunyai spektrum panjang gelombang radiasi optik yang sangat lebar. Dalam panjang gelombang optik penampilan energi radiasi akan tampak sebagai warna-warna pelangi. Dalam warna-warna tersebut secara implisit terdiri dari berbagai energi matahari yang berupa distribusi energi cahaya tampak. Warna pelangi itu sendiri adalah bagian kontinu dari energi matahari [4].

Matahari memiliki temperatur efektif pada $5800^{\circ}\text{K} \sim 6000^{\circ}\text{K}$ sehingga energi optiknya berada pada panjang gelombang sekitar 6000\AA , atau dalam pelangi terletak di warna kuning. Dengan temperatur tersebut dapat dibuat plot antara panjang gelombang sebagai variabel bebasnya terhadap intensitas cahaya yang diterima oleh teleskop. Hasilnya merupakan sebuah kurva Planck untuk daerah panjang gelombang optik [5].

Energi yang dipancarkan dari matahari ke Bumi hampir tidak terganggu selama perjalanannya hingga tiba di atmosfer atas sekitar 80.0 km dari permukaan Bumi. Hal ini disebabkan oleh ruang hampa antara Matahari dan Bumi. Selain itu tidak ada partikel yang mampu menyerap ataupun melakukan perubahan terhadap energi cahaya Matahari.

Cahaya Matahari yang menembus lapisan atmosfer akan mengalami absorpsi. Semakin dekat dengan permukaan Bumi absorpsi semakin besar. Absorpsi cahaya Matahari terdiri dari dua jenis. Pertama, absorpsi hampir diseluruh panjang gelombang yang disebut absorpsi-umum (general absorption). Kedua, absorpsi spesifik, yaitu absorpsi yang terjadi hanya pada panjang gelombang tertentu yang sekaligus merupakan ciri khas molekul yang mengabsorpsi. Absorpsi-umum biasanya terjadi karena kehadiran debu, es, dan aerosol di atmosfer mulai ketinggian 5.000 km dari permukaan laut. Debu, es dan aerosol akan menghalangi hampir diseluruh daerah optik sehingga menumpulkan hasil observasi dan menghasilkan data yang relatif lebih rendah dari yang seharusnya.

Yang akan ditampilkan disini dengan lebih rinci adalah absorpsi spesifik disebabkan oleh partikel air atau uap air di atmosfer. Ketika atmosfer bersih dari debu, es atau aerosol garis absorpsi air diharapkan akan terdeteksi secara akurat. Kehadiran debu dapat ditangkap dengan mudah dengan menganalisis kurva Planck. Dengan sajian di layar komputer dapat dengan mudah apakah ada debu ataupun bentuk-bentuk aerosol lain sepanjang garis optik teleskop.

Bila cuaca agak berawan, cahaya Matahari tentu tidak optimal untuk mengeksitasi molekul air di atmosfer karena penurunan intensitas cahaya Matahari.

1.2 Perangkat

Teleskop dirancang sangat ringan dengan misi utama mengumpulkan data atmosfer, yang dalam kesempatan ini dititik beratkan hanya pada observasi molekul air. Ini penting untuk melihat apakah kecenderungan yang sudah kita ketahui dari beberapa referensi dapat diketahui bahwa teleskop spektrograf atmosfer ini sudah bekerja dengan baik.

Teleskop memfokuskan cahaya Matahari dengan lensa akromatik sebagai komponen utama pemfokus cahaya atau energi Matahari [6]. Tepat dibelakang teleskop ditempatkan slit berbentuk bulat dengan garis tengah sebesar 0.01 mm. Lebih kecil dari 0.01 mm diketahui dari percobaan akan terjadi difraksi kuantum. Karena itu ukuran slit sangat penting agar data pengamatan dapat menghasilkan kurva Planck yang diinginkan.

Difraksi cahaya Matahari terjadi ketika bertemu dengan slit sirkular. Cahaya akan dibelokkan oleh slit oleh sudut runcing dari slit dan membuat sejenis bayangan disekitar geometri slit. Dalam fisika optik klasik fenomena difraksi digambarkan sebagai interferensi gelombang menurut hukum difraksi Fresnel [7]. Perilaku dari karakteristik ini sebagai akibat dari gelombang bila melewati celah sangat sempit yang ukuran garis tengahnya hampir sama dengan ukuran panjang gelombang cahaya [8].

Slit atau celah berbentuk sirkular ditempatkan dalam jarak 17.7 mm dan dibelakang slit ditempatkan lensa kolimator sebagai alat fokus utama untuk ujung kepala serat optik. Selanjutnya serat optik

sepanjang 10.0 m berfungsi mengalirkan cahaya Matahari yang telah berisi informasi kuantum molekul-molekul atmosfer. Di belakang sisi akhir dari serat optik ditempatkan spektrograf yang terdiri dari kristal prisma yang menguraikan cahaya menjadi intensitas dan panjang gelombangnya. Lampu atom Caesium digunakan untuk membentuk skala cahaya untuk panjang gelombang yang bersesuaian. Cahaya selanjutnya dibaca bersama skala cahaya Caesium kedalam sebuah mikro prosesor dan output sudah kompatibel dengan USB2.0. Data output atau luaran sudah dapat disajikan dalam monitor layar datar sebagai grafik fungsi intensitas molekul terhadap panjang gelombangnya di daerah optik. Penyajian sudah menyajikan kurva Planck dan intensitas dinyatakan dalam $\text{particle-count/mm}^2/\text{sec}$. Soektrograf cahaya Matahari ini mampu mendeteksi daerah optik yang cukup lebar dari 200nm (atau 2.000\AA) sampai dengan 1.000nm (atau $10,000\text{\AA}$). Dalam kesempatan ini disajikan hasil pengamatan dan perhitungan molekul air (H_2O). Walaupun demikian alat ini dapat juga mendeteksi molekl-molekul yang lain seperti H_2O , CO_2 , dan juga beberapa gas telusur yang ada di atmosfer. Disini akan disajikan hasil pengamatan molekul H_2O selama hasil uji akuisisi dalam bulan Januari 2016. hasilnya adalah diperoleh jumlah uap air yang besar antara 10^6 sampai dengan 10^8 $\text{particle-count/mm}^2/\text{sec}$. Alat ini juga dapat mendeteksi keberadaan karbon-monoksida, ozone, demikian juga berbagai polutan dan aerosol. Karena alat ini juga dapat mendeteksi absorpsi hingga panjang gelombang infra-merah dekat yaitu dari 10.000\AA sampai dengan 15.000\AA . atmosfer yang terkontaminasi dengan berbagai pulutan akan terdeteksi oleh alat ini. Sehingga alat ini dapat berfungsi sebagai pemantau kesegaran dan kebersihan lingkungan.

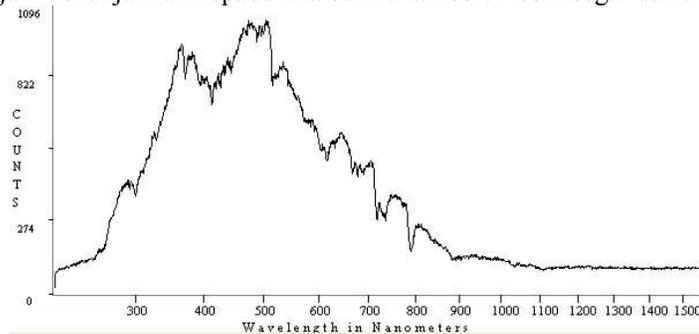
2 Pembahasan

2.1 Hasil pengamatan

Disini ditampilkan hasil observasi atau pengamatan kurva Planck yang diambil dari tempat Pengamatan Matahari di LAPAN Watukosek, Gempol, Jawa Timur. Data menunjukkan dengan jelas absorpsi-umum dan absorpsi spesifik. Data diasumsikan menerima cahay Matahari yang bersesuaian dengan model radiasi benda hitam pada temperatur. Cahaya Matahari diasumsikan juga tidak banyak berubah selama perjalanannya sejauh 150×10^6 km dari Matahari hingga sebelum masuk kedalam atmosfer Bumi.

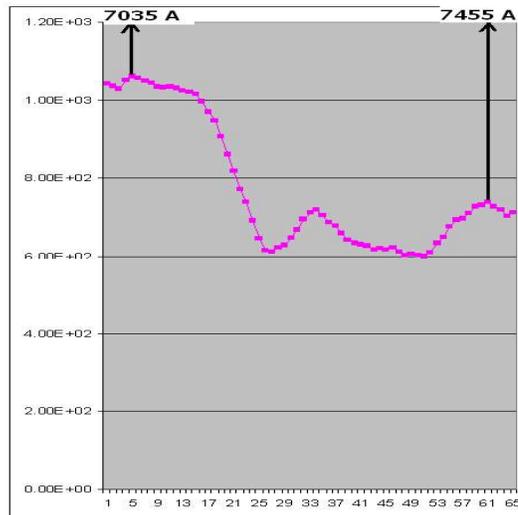
Sesudah cahaya Matahari melakukan penitari, Cahaya akan berinteraksi dengan setiap jenis molekul yang ada di atmosfer sehingga akan merubah intensitas dan distribusi energi kontinu dari Matahari menjadi berbagai intensitas dan berbagai serapan umum ataupun spesifik. Mulai ketinggian sekitar 5.000 m diatas permukaan Bumi molekul atmosfer mulai secara cukup signifikan mengabsorpsi cahaya Matahari dan 10^6 sampai dengan 10^8 $\text{particles/mm}^2/\text{sec}$ telah diamati. Molekul air atau dari 703.5 nm s/d 745.5 nm, atau 7035\AA s/d 7455\AA . Ini untuk menunjukkan bahwa jumlah air sangat signifikan selama musim hujan berkepanjangan tahun 2016.

Sebagai demonstration unjuk kerja alat ini disajikan juga hasil pengamatan atmosfer yang banyak debunya dan hasilnya dibandingkan dengan atmosfer yang bersih dari debu. Debu di atmosfer akan memotong seluruh panjang gelombang optik, sehingga sturktur air kurang terlihat dan juga menyebabkan perhitungan jumkah uap air berkurang secara signifikan. Atmosfer yang bersih dengan transparansi yang baik sangat diperlukan untuk memperoleh perhitungan jumlah uap air yang benar. Tetapi musim hujan menunjukkan kepada kita bahwa atmosfer lebih segar dan transparan dari debu.



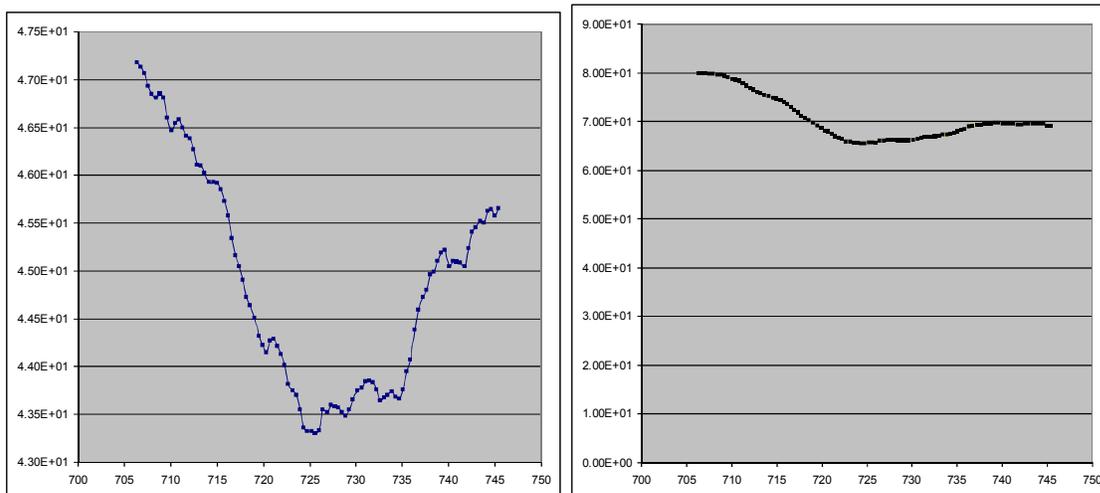
Gambar 1: Kurva Planck observasional yang diperoleh di Observatorium Matahari Watukosek LAPAN.

Dapat dilihat dengan jelas bahwa atmosfer memiliki dua komponen penting. Yaitu absorpsi-umum dan absorpsi spesifik. Energi Matahari sesuai dengan model radiasi benda hitam yang bersesuaian dengan temperatur permukaan pada $5800^{\circ}\text{K} \sim 6000^{\circ}\text{K}$.



Gambar 2: kelimpahan molekul air (H_2O) yang diturunkan dari rentang panjang gelombang dari $703.5\text{nm} \sim 745.5\text{ nm}$, atau $7035\text{\AA} \sim 7455\text{\AA}$.

Hal ini untuk membuktikan adanya jumlah uap air yang banyak selama musim hujan berkepanjangan di tahun 2016.



Gambar 3: Demonstrasi kemampuan teleskop spektrograf untuk mendeteksi debu di atmosfer dengan membandingkan data air dari atmosfer saat cerah dan transparan dengan atmosfer pada saat berdebu.

2.2 Diskusi

Mengembalikan atmosfer menjadi atmosfer yang berkualitas adalah isu utama masa kini. Sepuluh tahun terakhir ini para ilmuwan bersama dengan masyarakat umum telah lebih peduli dengan perlunya lingkungan hidup yang lebih bersih dan 'green'. Karena hal itu sangat erat berkaitan dengan kualitas hidup masyarakat seluruh dunia. Musim hujan berkepanjangan masih diperlukan untuk menambah jumlah molekul air dan oksigen yang sangat diperlukan untuk kehidupan yang sehat.

Rancangan teleskop untuk terus menerus memantau kebersihan dan kejernihan atmosfer akan sangat berarti dalam menjaga dan memelihara kejernihan atmosfer disuatu titik ataupun di banyak titik di permukaan Bumi.

Semakin banyak titik-titik posisi yang mempunyai kemampuan untuk terus mengawasi atmosfer, berarti semakin banyak data yang akan diperoleh. Berarti juga semakin leluasa untuk melakukan

‘cross-check’ data maupun analisa. Data atmosfer permukaan mempunyai peranan penting untuk periksa-silang dengan data yang diambil dari satelit atau pesawat terbang.

Daftar Pustaka

- [1]. Hardy, J.T. (2003), *Climate Change (Causes, Effects, and Solutions)*, ISBN: 0-470-85018-3, John Wiley and Sons Ltd., West Sussex, England.
- [2]. Setiahari, B. (2016), *Light-Weight Telescope Utilized Fiber-Optic for Wide-Band Spectrographic Observation Using the Sun Light*, Prosiding Seminar Nasional, Fisika dan Pendidikan Fisika, Univ Negeri Yogyakarta, FMIPA UNY, ISBN: 978-602-74529-1-6, pp. 181-183.
- [3]. Kitchin, C.R. (1997), *Stars Nebulae and the Interstellar Medium*, Adam Hilger, Bristol and Boston, pp. 38-49.
- [4]. Serway, R.A. (1992), *Principles of Physics*, Orlando, Florida, Saunders College Publ.
- [5]. Potter, T.D., Colman, B.R. (2003), *Handbook of Weather, Climate, and Water (Dynamics, Climate, Physical Meteorology, Weather Systems, and Measurements)*, ISBN: 0-471-21490-6, John Wiley and Sons Ltd., New Jersey, USA.
- [6]. Pedrotti, F. , Pedrotti, L. (1993), *Introduction to Optics*, 2nd Edition, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, Inc.
- [7]. Hecht, E. , Zajac, A. (1987), *Optics*, 2nd Edition Reading, Massachusetts, Addison Wesley Publ. Co.
- [8]. Pedrotti, F. , Pedrotti, L. (1993), *Optics and Vision*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, Inc.