

TELESKOP 2-3 METER DI INDONESIA: LATAR BELAKANG ILMIAH

A. G. Admiranto

*Bidang Penelitian Matahari dan Lingkungan Antariksa
Puslitbang Pengetahuan Ionosfer LAPAN*

Ringkasan

Dalam rangka mengembangkan kegiatan penelitian astronomi dan fisika matahari dalam skala nasional, diperlukan fasilitas pengamatan astronomi dan fisika matahari dalam bentuk teleskop berdiameter 2-3 meter. Upaya ini adalah untuk mengembangkan kegiatan penelitian astronomi dan fisika matahari di Indonesia, terutama yang berkaitan dengan kegiatan penelitian matahari dalam konteks telaah iklim global. Dalam hubungan ini, kegiatan penelitian matahari yang sangat relevan untuk dilakukan menggunakan teleskop 2-3 meter ini adalah penelitian konveksi di matahari, penelitian tentang daerah-daerah aktif di matahari, dan penelitian tentang helioseismologi.

Abstract

We propose a national research facility on solar physics and astronomy consists of a 2-3 meter telescope. The purpose of this facility is foster research on solar physics and astronomy in Indonesia, especially in the context of global climate research. In this respect, research in solar physics which can be conducted using this facility are research in solar convection, active regions on the sun, and helioseismology.

1. Pendahuluan

Penelitian astronomi yang berlangsung di Indonesia dilakukan oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) dan Institut Teknologi Bandung (Jurusan Astronomi dan Observatorium Bosscha). Yang dilakukan pada kedua lembaga di atas sudah berhasil memberikan sumbangan yang cukup berarti pada kemajuan dalam fisika matahari, fisika tata surya, fisika bintang, fisika galaksi, dan kosmologi.

Walaupun begitu, penelitian di LAPAN dan ITB sekarang masih berjalan sendiri-sendiri, kerja sama antar kedua lembaga ini masih bisa dan perlu ditingkatkan. Kurangnya kerja sama antar kedua lembaga ini banyak diakibatkan oleh perbedaan orientasi peneliti pada masing-masing lembaga tersebut. Di LAPAN sudah digariskan bahwa agar semua peneliti, termasuk penelitian astronomi, bisa memberikan sumbangan langsung kepada masyarakat. Oleh sebab itu, penelitian astronomi di LAPAN dititikberatkan pada penelitian matahari yang terintegrasi dengan Program Iklim. Di sisi lain, penelitian di ITB tidak dibebani oleh tuntutan-tuntutan tersebut, sehingga bebas untuk menentukan arah penelitian sendiri. Akan tetapi, sejalan dengan kemajuan ilmu astronomi di dunia internasional semakin disadari bahwa penelitian astronomi sekarang ini perlu diperluas, bukan hanya berlangsung pada kedua lembaga tersebut di atas secara independen, tetapi juga perlu dikordinasikan secara nasional. Kini semakin dirasakan perlunya kerja sama antar instansi serta peningkatan mutu peralatan dan sumber daya manusia demi peningkatan mutu penelitian astronomi di Indonesia. Selain itu, pada gilirannya kemajuan penelitian astronomi ini bisa memberikan sumbangan lebih banyak kepada kemajuan dunia astronomi internasional.

Maka dari itu, kami mengusulkan diadakannya sebuah lembaga nasional yang mengelola penelitian astronomi di Indonesia, dengan tugas pokok melakukan koordinasi penelitian tentang topik-topik astronomi yang penting, dan di samping itu mengelola

fasilitas pengamatan berupa teleskop berdiameter 2-3 meter yang akan dipakai sebagai sarana penelitian di lembaga tersebut.

Topik-topik penting astronomi yang bisa diteliti di lembaga tersebut bisa berupa fisika matahari, fisika tata surya, fisika bintang, fisika galaksi dan kosmologi. Setiap pihak yang berminat untuk terlibat dalam pengembangan teleskop ini diharapkan bisa memberikan "scientific justification" demi terwujudnya proyek ini.

Dari sudut fisika matahari, bagian dari penelitian fisika matahari yang bisa mendapatkan pemahaman lebih mendalam melalui penelitian menggunakan teleskop 2-3 meter ini adalah: (1) telaah tentang konveksi di matahari; (2) telaah tentang daerah-daerah aktif yang ada di matahari termasuk bintik matahari, flare, dan prominens; dan (3) helioseismologi (ilmu tentang osilasi dan getaran matahari). Telaah tentang konveksi di matahari akan memberikan informasi lebih mendalam tentang proses-proses yang berlangsung di dalam matahari, dan pada gilirannya akan memungkinkan kita untuk menelaah matahari dalam konteks fisika bintang. Dari sini kita akan mendapatkan pengetahuan lebih mendalam tentang evolusi matahari kita. Telaah daerah-daerah aktif di matahari akan memberikan informasi dan memungkinkan kita membuat prediksi tentang kemungkinan berlangsungnya suatu peristiwa yang bisa memberikan pengaruh kepada lingkungan bumi seperti ledakan flare. Berkaitan dengan butir (1) di atas, telaah helioseismologi juga akan bisa memberikan pemahaman lebih mendalam tentang proses-proses yang berlangsung di dalam matahari, sehingga pengetahuan yang didapat melalui pendekatan ini akan saling melengkapi dengan pengamatan konveksi di matahari.

2 Penelitian yang Relevan untuk Dilakukan

2.1 Konveksi di Matahari

Pengamatan konveksi di matahari pertama-tama dengan mengamati granulasi matahari. Pengamatan dilakukan dengan berbagai cara, seperti menggunakan teleskop balon, teleskop di permukaan bumi, dan teleskop yang dibawa misi pesawat ulang alik. Salah satu peralatan yang dibawa oleh pesawat ulang alik ini adalah SOUP (Solar Optical Universal Polarimeter) (Spruit et al. 1990). SOUP ini, yang dikembangkan oleh Kelompok Fisika Matahari Lockheed, menghasilkan sederetan citra dan beberapa gejala yang mirip dengan yang diamati di permukaan bumi. Segera terlihat bahwa mereka ditimbulkan oleh osilasi 5 menit matahari.

Di samping yang sudah disebutkan di atas, ada beberapa metoda pengamatan granulasi matahari, dan salah satunya adalah melakukan perekaman pola-pola granulasi dalam waktu-waktu tertentu, sehingga diperoleh rekaman gambar bergerak. Granulasi yang direkam dengan cara ini biasanya memiliki ukuran sekitar 1000 km. Rekaman gambar bergerak pada granulasi ini menunjukkan bahwa di samping granulasi, terdapat osilasi global, gejala gelombang, dan aliran selular dengan skala yang berbeda-beda di permukaan matahari. Data yang diperoleh melalui SOUP, menggunakan Teleskop Matahari Ruang Hampa milik Swedia di La Palma, dan yang ada di Pic du Midi menunjukkan bahwa granulasi matahari berubah sesuai dengan kekuatan medan magnet yang ada di permukaan matahari, dan bahkan pada matahari tenang evolusi pola pada skala kecil berubah dalam skala yang lebih besar. Pengamatan menggunakan teleskop berdiameter 2-3 meter akan semakin memudahkan kita untuk mendapatkan pola-pola granulasi yang cukup tajam, terutama kalau kita juga ingin melakukan perekaman gambar bergerak.

Sekarang ini sebagian besar peneliti berpendapat bahwa granulasi matahari itu berasal dari proses *overshoot* konvektif, bukannya turbulensi. Ciri-ciri granulasi yang terukur ditelaah oleh Wittmann (1979). Di dalam telaahnya kala hidup, skala, dan ukuran kabut

termal ini dianggap diukur dengan baik, meskipun sifat proses konvektifnya dan bagaimana sel ini menembus masuk ke dalam fotosfer kurang dipahami. Di sini mungkin osilasi 5 menit berperan dalam merumitkan pengukuran masuknya aliran granular ke dalam fotosfer, akan tetapi teknik yang bagus untuk memisahkan aliran dan osilasi belum begitu berkembang. Teleskop dengan resolusi tinggi seperti yang berdiameter 2-3 meter bisa dipakai dalam upaya memecahkan masalah tersebut di atas.

Dari sudut pandang teoretis, kemajuan praktis terbesar diperoleh dengan diusulkannya model *mixing-length*. Meskipun model ini juga diilhami oleh teori konveksi dalam laboratorium dan geofisika, ia membahas situasi astrofisis secara langsung, dengan stratifikasi selubung bintang yang ketat sebagai bahasan pokoknya. Parameter bebas utamanya, yaitu perbandingan *mixing-length* dengan skala tinggi, ditentukan dengan mensyaratkan bahwa model global matahari memiliki jari-jari sebesar 6.96×10^{10} meter. Pemahaman mutakhir tentang daerah konvektif yang ada di bintang hampir seluruhnya didasarkan atas model ini.

Di sini sebagian besar upaya yang dilakukan berpusat pada pendekatan "turbulensi", yang di dalamnya dengan berbagai cara konsep *mixing-length* diperluas untuk bisa memasukkan fisika turbulensi. Berlawanan dengan model *mixing-length*, kesemuanya ini merupakan teori non lokal, sehingga bisa menangani gejala-gejala seperti overshooting ke arah lapisan yang stabil. Semuanya mengandung paling sedikit satu parameter bebas utama, dan karena sampai sekarang hanya satu parameter saja yang bisa ditentukan dari pengamatan, kekuatan prediktif semua teori ini tidak jauh lebih baik daripada yang datang dari formalisme *mixing-length*. Penerapan teori ini tidak terlalu banyak. Beberapa teori juga meninjau konveksi yang bergantung waktu, yang sangat penting bagi teori eksitasi dan peredaman osilasi moda-*p*. Dalam teori-teori yang juga membahas lapisan permukaan bintang, jumlah fluks konvektif yang menembus masuk ke dalam atmosfer sangat berbeda satu sama lain. Hal ini membantu untuk memusatkan perhatian kita pada peranan hantaran energi radiatif pada lapisan-lapisan permukaan (Nordlund, 1974).

Bagian paling penting dari daerah konveksi adalah sebuah lapisan perbatasan yang letaknya hanya beberapa ratus kilometer di bawah permukaan matahari. Hal-hal yang diperlukan untuk suatu simulasi numerik langsung pada lapisan ini - yaitu, teori hantaran radiasi, termodinamika gas yang terionisasi sebagian, opasitas, dan metode numerik pada persamaan hidrodinamika - sudah ada sejak tahun 1950-an. Nordlund (1974) merupakan orang pertama yang menyadari bahwa pembuatan model numerik kuantitatif daerah permukaan bisa dilakukan. Meskipun dari sudut pandangan hidrodinamika cukup sederhana, model ini cukup baik dalam mengetahui bahwa stratifikasi vertikal, termodinamika, dan hantaran radiasi adalah aspek-aspek yang pokok. Tidak lama kemudian, simulasi tiga dimensi penuh yang bergantung waktu dimulai oleh Nordlund. Tujuan mereka adalah sebuah simulasi tanpa menggunakan parameter yang ditentukan dari luar, yang hanya menggunakan persamaan hidrodinamika dan sifat-sifat termodinamika plasma matahari yang sudah diketahui. Sebegitu jauh metoda ini tidak terlalu banyak menyimpang dari pengamatan.

2.2 Pengamatan Daerah-daerah Aktif di Permukaan Matahari

Di permukaan matahari banyak terdapat daerah aktif, yang ditunjukkan dengan adanya bintik matahari, flare, prominens, dan plage. Semua peristiwa ini mencerminkan gejala-gejala permukaan yang baik langsung maupun tidak langsung bisa memberikan pengaruh pada atmosfer bumi. Pengamatan bintik matahari dalam kurun waktu yang cukup panjang bisa memberikan gambaran bahwa aktivitas matahari itu berubah dengan waktu, seperti yang ditunjukkan dengan siklus bintik matahari yang berperiode 11 tahun. Akan tetapi,

sampai sekarang masih belum bisa dipastikan apa sebenarnya yang membangkitkan siklus bintik matahari 11 tahun itu, mengapa setiap siklus berlangsung selama 11 tahun, dan bagaimana mekanisme global yang ada di dalam matahari yang akhirnya membangkitkan gejala bintik matahari seperti yang teramati? Pertanyaan senada juga pernah diajukan oleh Moore dan Rabin (1985), dan merangkap belum mendapatkan jawaban yang pasti. Diharapkan pengamatan bintik matahari individual dengan teleskop 2-3 meter bisa memberikan gambaran yang lebih jelas untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan seperti tersebut di atas.

Selain bintik matahari, peristiwa di permukaan matahari yang cukup menarik adalah flare yang berupa pelepasan energi mendadak secara dahsyat (10^{29-32} erg dalam 10^{2-3} detik) dalam daerah yang aktif secara magnetik. Flare ini sudah diketahui memberikan pengaruh yang cukup besar pada bumi dengan adanya peristiwa badai magnetik. Meskipun sudah cukup banyak ditelaah, masih banyak pertanyaan tentang flare ini yang belum terjawab, misalnya apakah ada berbagai jenis flare atau apakah flare itu hanya satu jenis saja dengan berbagai intensitas, serta bagaimana kaitan flare dengan pelontaran massa di korona matahari. Diharapkan dengan adanya fasilitas teleskop 2-3 meter ini gambaran ke arah jawaban dari kedua pertanyaan di atas bisa diperoleh.

2.3 Penelitian Helioseismologi

Sudah lama diketahui bahwa matahari melakukan getaran dan osilasi. Pengamatan tentang adanya gerakan gelombang di matahari pertama kali dilaporkan oleh R. Leighton pada tahun 1962 (Foukal 1990) yang menggunakan pencitraan Doppler pada fotosfer. Sejak saat itu telaah tentang gelombang dan osilasi yang berlangsung di matahari semakin mendalam, terutama setelah ditemukannya osilasi dengan amplitudo 5 menit. Sekarang ini pengamatan osilasi dan gelombang di matahari sangat penting untuk dilakukan karena bisa memberikan informasi yang lebih mendalam tentang struktur bagian dalam matahari yang tidak bisa dicapai hanya dengan melakukan pengamatan struktur-struktur permukaan saja. Ini persis dengan yang dilakukan para ahli geologi yang berusaha mempelajari struktur bagian dalam bumi dengan mempelajari gelombang seismik yang ditimbulkan oleh gempa bumi alam atau buatan.

Gelombang di matahari muncul dalam dua bentuk, yaitu gelombang akustik dan gelombang magnetohidrodinamik. Gelombang akustik muncul akibat interaksi tekanan, gravitasi, dan temperatur yang dialami partikel, sedangkan gelombang magnetohidrodinamik muncul karena tekanan, gravitasi, temperatur dan medan magnet pada partikel-partikel tersebut. Selain itu gelombang akustik tersebut dapat dibagi menjadi dua, yaitu gelombang akustik yang menjalar dan gelombang akustik stasioner.

Gelombang akustik yang menjalar mengakibatkan perpindahan energi dan massa, dan efek dari peristiwa ini terlihat pada pergeseran dan pelebaran garis spektrum. Pelebaran spektrum yang diamati hanya bisa memberikan informasi tentang segala peristiwa yang berlangsung di permukaan matahari saja. Sebaliknya, gelombang akustik yang berlangsung di dalam matahari merupakan gelombang yang terperangkap oleh seluruh bagian matahari dan kemudian menjadi gelombang stasioner (osilasi matahari). Menurut Brown et al. (1986) pada umumnya terdapat empat kemungkinan proses fisis yang berlangsung akibat osilasi matahari ini, yaitu (1) pergeseran Doppler, (2) pelebaran garis spektrum, (3) perubahan kuat garis spektrum, dan (4) asimetri bentuk garis spektrum. Selanjutnya Brown et al. (1986) mengatakan bahwa metoda yang dipakai dalam mengamati osilasi di matahari adalah (1) pengukuran pergeseran Doppler, (2) pengukuran intensitas dengan presisi yang amat tinggi, dan (3) pengukuran diameter

semu matahari. Di sini informasi tentang osilasi 5 menit yang berlangsung di matahari bisa diperoleh dengan mengamati pergeseran Doppler seperti tersebut di atas.

Dalam upaya untuk mendapatkan gambaran lebih mendalam tentang osilasi di matahari maka semakin terasa dibutuhkannya teleskop berdiameter 2-3 meter ini. Spektroskopi akan semakin terbantu karena teleskop ini bisa mengamati bagian permukaan matahari dengan sangat rinci sehingga informasi spektrum bisa semakin banyak, dan pada gilirannya interpretasi para peneliti tentang hal ini bisa semakin tajam. Di samping itu teleskop 2-3 meter ini bisa juga bergabung dengan proyek GONG (Global Oscillation Network Group) dalam upaya memahami lebih jauh osilasi dan gelombang yang berlangsung di matahari.

3. Kesimpulan

Pembangunan fasilitas nasional dalam bentuk teleskop 2-3 meter bisa dikatakan sebagai suatu proyek strategis dalam upaya mengembangkan penelitian dalam bidang fisika matahari dan astronomi. Di samping sebagai suatu lembaga penelitian, lembaga yang menaungi teleskop 2-3 meter ini bisa dipakai sebagai sarana pendidikan astronomi, terutama bagi mahasiswa jurusan astronomi, baik dari Institut Teknologi Bandung maupun dari perguruan tinggi lainnya.

Dalam kaitannya dengan penelitian fisika matahari, pembangunan teleskop 2-3 meter ini akan sangat membantu para peneliti matahari di Indonesia dalam upaya mereka memahami segala peristiwa yang berlangsung di matahari dengan lebih mendalam, terutama tentang konveksi di matahari, daerah-daerah aktif di permukaan matahari, dan helioseismologi. Di samping itu teleskop ini bisa digunakan sebagai sarana pertukaran informasi dan kerja sama para ahli astronomi dan fisika matahari antar bangsa. Dengan demikian, kerja sama ini akan semakin meningkatkan kemampuan para peneliti Indonesia, khususnya yang berkecimpung di bidang fisika matahari dan astronomi.

Daftar Pustaka

- Brown, T. M., Mihalas, B. W., Rhodes Jr., E. J., 1986 'Solar Waves and Oscillation' dalam P. A. Sturrock, T. E. Holzer, D. M. Mihalas, dan R. K. Ulrich (editor), *Physics of the Sun*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Belanda, hal. 177
- Foukal, P. V., 1990, *Solar Astrophysics*, John Wiley and Sons, New York
- Moore, D. dan Rabin, D., 1985, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* **23**, 239
- Nordlund, Å., 1974, *Astronomy and Astrophysics*, **32**, 407
- Spruit, H.C., Nordlund, Å., Tittle, A., 1990, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* **28**, 263
- Wittmann, A. 1979, dalam *Small-Scale Motions on the Sun*, Mitt. Kiepenheuer Inst. **179**, 29, Freiburg: Kiepenheuer Institute