

pengukuran perturbasi tersebut kemudian dapat dibuat peta sistem arus, misalkan perturbasi yang berarah selatan diketahui diproduksi oleh arus ionosfer yang berarah barat. Meskipun tetap perlu kehati-hatian untuk menginterpretasikan arus ekuivalen sebagai turunan dari konduktansi dan kontribusi dari arus yang cukup jauh karena akan mempengaruhi hasilnya. Hal tersebut karena pola karakteristik perturbasi magnetik landas Bumi telah diidentifikasi dan dianggap berasal dari aspek lain dari arus-arus yang ada. Pada lintang tinggi pola perturbasinya diidentifikasi sebagai DP1, DP2 dan DPY. DP2 dihasilkan oleh elektrojet arus *Hall* yang mendominasi sisi fajar dan senja di daerah aurora, sedangkan DP1 sebagian besarnya merupakan pola pada sisi malam di daerah aurora dengan perturbasi berarah selatan terkait dengan peristiwa *substorm*. Dengan kata lain, DP2 dihubungkan dengan kuat arus

FACR1/R2 dan konveksi magnetosfer secara umum, sedangkan DP1 dihasilkan oleh elektrojet dan arus baji (*current wedge*) *substorm*. DPY terjadi pada sisi siang daerah aurora dan *polar cap*, dihasilkan oleh arus ionosfer yang terhubung dengan dengan daerah FAC R0. Polaritas arus ini bergantung pada orientasi komponen B_y medan magnet antarplanet. Di daerah lintang rendah, pengukuran magnetometer landas Bumi sangat sensitif terhadap perturbasi magnetik arus cincin dan *magnetopause* sisi siang.

Indeks geomagnet yang sensitif terhadap sistem arus DP1 dan DP2 adalah AU dan AL (*auroral upper* dan *auroral lower electrojet*) yang merupakan nilai *envelope* positif dan negatif perturbasi magnetik utara-selatan di daerah aurora. Jika elektrojet arah timur dan barat memiliki intensitas yang sama maka begitu pula AU dan AL, dan berlaku sebaliknya.

Hal ini dapat dianggap sebagai intensitas pola DP2 yang berarti juga sebagai konveksi *Dungey* skala luas. Pada saat pola DP1 aktif/muncul akan terlihat sebagai peningkatan nilai negatif pada AL dan dianggap sebagai tanda aktifitas *substorm*. Pada saat fasa pertumbuhan dan ekspansi *substorm*, rekoneksi di sisi siang dan malam mendorong terjadinya konveksi yang meningkatkan sistem arus DP2 dan selama fase ekspansi itu pula arus baji *substorm* menghasilkan gangguan DP1. Lalu apakah pada saat terjadi gangguan di medium antarplanet yang disebabkan oleh lontaran massa korona (CME), DP1 dan DP2 pun menjadi aktif? Hal tersebut bisa saja karena rekoneksi baik yang terjadi di sisi siang maupun malam akan meningkatkan konveksi magnetosferik dan ionosferik yang kemudian mengaktifkan DP1 dan DP2. ■

MATAHARI

Pengamatan Kromosfer Matahari

Oleh

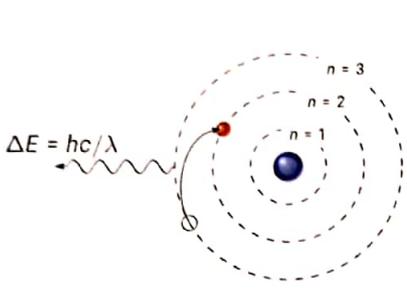
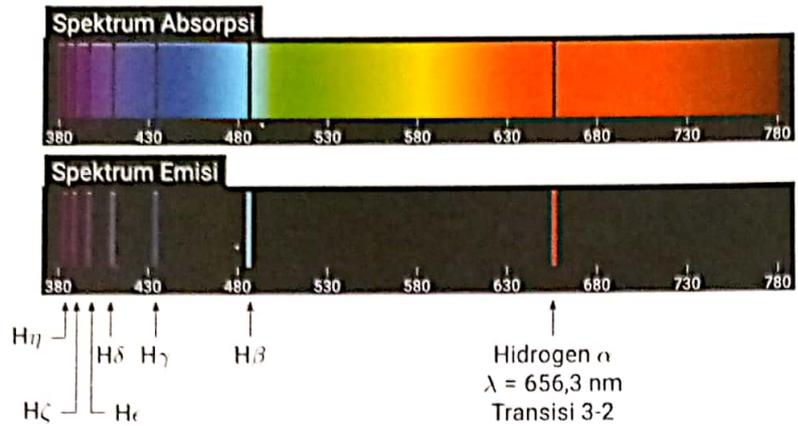
R. Kesumaningrum
Pussainsa LAPAN

Hydrogen-alpha atau H-alfa (H_α) adalah garis emisi atom hidrogen yang tampak berwarna merah, terjadi ketika atom hidrogen turun dari tingkat energi terendah ketiga ke kedua. Transisi ini terjadi pada deret Balmer dengan panjang gelombang 656,28 nanometer. Spektrum H-alfa penting bagi para astronom karena dipancarkan oleh banyak nebula emisi dan seperti yang dikutip dari Wikipedia, karena garis Balmer yang biasa terlihat di spektrum berbagai objek, mereka

sering digunakan untuk menentukan kecepatan radial berkat pergeseran Doppler dari garis Balmer. Hal ini memiliki kegunaan antara lain dari mendeteksi bintang biner, ekso-planet, objek kompak seperti bintang neutron dan lubang hitam (dengan gerak hidrogen pada piringan akresi di sekitarnya), mengidentifikasi kelompok objek dengan gerakan yang sama dan mungkin asal mulanya (kelompok gerak, gugus bintang, dan gugus galaksi), menentukan jarak (pergeseran merah sebenarnya) galaksi atau kuasar, dan mengidentifikasi objek asing oleh analisis spektrumnya. Pada pengamatan

Matahari, garis Balmer dapat digunakan untuk mengamati fitur-fitur di kromosfer Matahari.

Kromosfer adalah lapisan atmosfer Matahari, berada di atas lapisan fotosfer dengan ketebalan sekitar 500 hingga 2000 km, merupakan lapisan atmosfer yang lebih tipis daripada lapisan Matahari lainnya. Bila fotosfer secara umum dinyatakan sebagai permukaan Matahari dan lokasi terlihatnya bintik Matahari, lapisan kromosfer, seperti halnya juga korona, sulit diamati langsung dikarenakan kerapatan materi kromosfer 10.000 kali lebih renggang dari fotosfer dan kalah terang dengan lapisan



Model atom hidrogen Rutherford-Bohr (kiri), menunjukkan emisi foton H α pada panjang gelombang 656,3 nm dari transisi elektron 3 \rightarrow 2 (de-eksitasi). Spektrum absorpsi (paling atas) dihasilkan oleh transisi 2 \rightarrow 3 (eksitasi).

fotosfer. Lapisan fotosfer mempunyai temperatur sekitar 4000 °C dan menariknya temperatur pada lapisan di atasnya (kromosfer) meningkat hingga mencapai 20.000 °C. Peningkatan temperatur ini terus terjadi hingga pada lapisan atmosfer terluar Matahari yaitu korona yang mencapai 2 juta derajat celcius.

Lapisan kromosfer mempunyai beberapa fitur yang dapat diamati yaitu filamen atau prominensa, spikula, dan *plage*. Pada pengamatan H-alfa, filamen yang tampak seperti tali-tali gelap merupakan materi plasma yang terperangkap dalam struktur magnet Matahari. Filamen disebut prominensa bila diamati pada tepi piringan Matahari. Prominensa terlihat terang, berkebalikan dengan penampakan filamen pada piringan. Filamen atau prominensa dapat terbentuk di permukaan Matahari cukup lama dalam hitungan hari hingga beberapa minggu. Pada akhirnya, struktur magnet pada filamen

atau prominensa akan mengalami perubahan, naik semakin tinggi ke korona dan dapat mengalami erupsi. Erupsi filamen kemudian dapat memicu terjadinya lontaran massa korona atau CME (*coronal mass ejection*). Bila berada dekat dengan daerah aktif, fitur kromosfer ini cenderung lebih cepat mengalami erupsi. Spikula adalah erupsi-erupsi kecil seperti jet yang terlihat sebagai garis-garis gelap pendek pada pengamatan H-alfa. Spikula hanya bertahan beberapa menit dan menyemburkan materi ke arah korona dengan kecepatan 20 hingga 30 km/det. Sedangkan *plage* adalah bercak-bercak putih yang merupakan daerah aktif atau tampak sekitar bintik Matahari. *Plage* merupakan medan magnet yang terkonsentrasi dan membentuk jaringan emisi yang terang yang menjadi ciri kromosfer. Selain itu terdapat fitur kromosfer lainnya yang lebih sulit diamati yaitu *flare* H-alfa (kejadiannya lebih cepat) atau *Ellerman bombs* (dapat

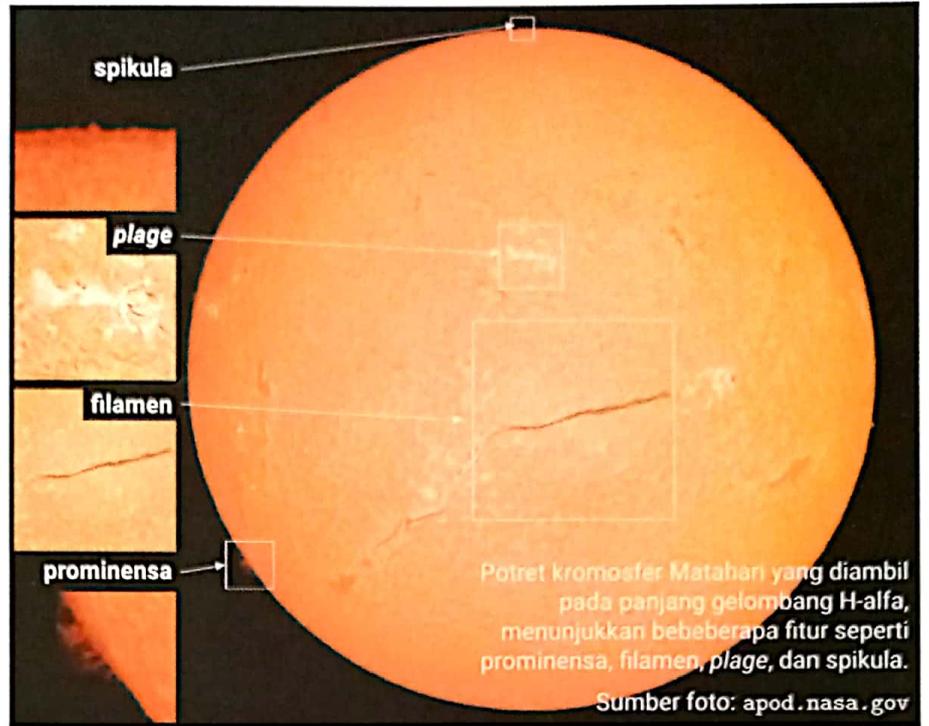
diamati pada tepi pita H-alfa dengan lebar sekitar 0,5 nanometer). Pengamatan pada panjang gelombang H-alfa yang sempit ini memberikan daya tarik tersendiri dibandingkan dengan pengamatan fotosfer Matahari pada panjang gelombang tampak (*white light*) yang lebih sederhana dan tidak mahal. Kita dapat memanfaatkan kejadian gerhana Matahari total untuk mengamati kromosfer (dan juga korona) ketika fotosfer tertutupi oleh Bulan, namun kejadian ini tidak sering terjadi. Pengamatan kromosfer Matahari pada panjang gelombang H-alfa juga dapat dilakukan dengan menggunakan filter H-alfa.

Untuk pengamatan Matahari, filter H-alfa yang digunakan berbeda dengan filter pada pengamatan astronomi lainnya misalnya untuk pengamatan dan fotografi objek langit malam. Hal ini terutama karena filter untuk Matahari didesain agar dapat memberikan perlindungan yang memadai dan menapis kecerlangan Matahari yang tinggi.

Filter H-alfa bekerja dengan hanya melewatkan secercah cahaya H-alfa melalui beberapa tahapan. Komponen pertama dari filter H-alfa adalah prafilter dengan lensa merah yang dipasang di depan objektif teleskop. Prafilter ini menyaring cahaya dengan panjang gelombang yang lebih pendek, dan melewatkan cahaya pada panjang gelombang merah. Komponen utama filter adalah berupa sepasang pelat kaca reflektif yang disebut etalon (*Fabry-Perot etalon*). Dua reflektor dalam etalon menyebabkan cahaya memantul bolak-balik dalam ruang kecil antara keduanya. Cahaya yang

memantul tersebut kemudian akan mengalami *destructive interference*, yaitu panjang gelombang spesifik akan dihilangkan melalui proses beberapa pantulan, atau *constructive interference*, panjang gelombang yang diinginkan akan diperkuat. Etalon memisahkan cahaya dengan cara tersebut, melewati cahaya pada pita sekitar 656,3 nanometer dan selanjutnya meneruskan cahaya ke komponen berikutnya yaitu diagonal yang dilengkapi dengan *optical blocking filter*. Selanjutnya filter diagonal ini akan meneruskan panjang gelombang pada pita sempit di tengah emisi 656,3 nanometer. Pengamatan H-alfa terutama harus menggunakan filter etalon bersama filter diagonal. Selain itu, untuk mengatasi adanya pengaruh efek Doppler dari pergerakan filamen atau prominensa, perubahan temperatur atmosfer atau temperatur ambien filter, etalon juga ada yang dilengkapi dengan mekanisme *pressure tuning* untuk menyesuaikan panjang gelombang filter sehingga fitur yang diamati dapat lebih baik.

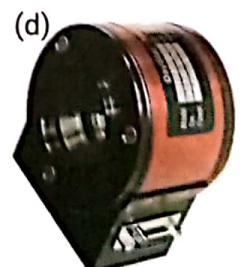
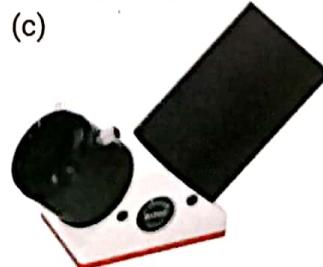
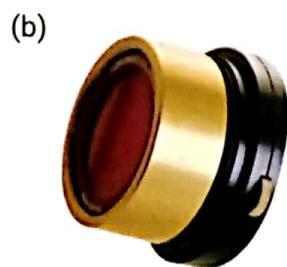
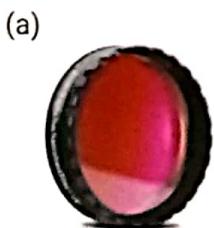
Pada tahun 1980-an, untuk mengamati kromosfer hanya tersedia filter yang dipasangkan ke teleskop. Pengamat harus memasang pra-filter yang lebih kecil untuk mengatenuasi cahaya Matahari dan



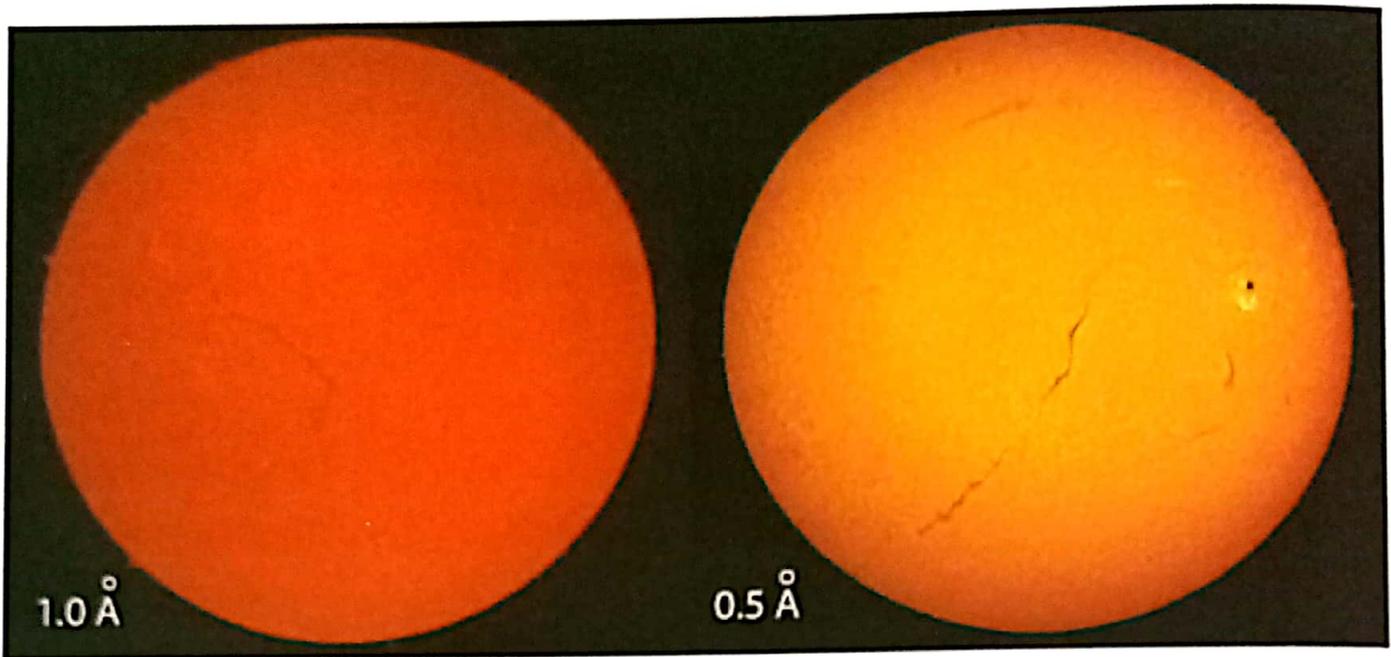
meningkatkan *focal ratio* teleskop hingga f/30 agar cahaya Matahari dapat sejajar dengan filter sehingga filter bekerja dengan tepat. Selain itu, filter H-alfa berharga mahal. Kemudian pengamatan berkembang dengan adanya teleskop khusus untuk panjang gelombang H-alfa, diawali oleh *Coronado Personal Solar Telescope* (Coronado PST).

Coronado, salah satu dari perusahaan perintis yang membuat filter H-alfa untuk komersial, adalah yang pertama membangun teleskop khusus dedikasi Matahari H-alfa. Teleskop ini merupakan tipe refraktor yang dilengkapi dengan tiga elemen filter H-alfa yaitu filter

etalon, *diagonal blocking* Matahari, dan *pre-filter* di depan lensa objektif. Sistem teleskop ini juga telah menyertakan *eyepiece*. Versi teleskop untuk pengamatan H-alfa kini telah tersedia dengan filter *double-stack* dengan *passband* hingga < 0,05 nanometer, memberikan hasil pengamatan fitur kromosfer yang lebih tajam dan menarik. Pengamatan dengan menggunakan teleskop dedikasi Matahari H-alfa ini cenderung berbiaya lebih rendah, mudah, dan lebih portabel dibandingkan dengan pengamatan menggunakan filter H-alfa. Kini, pengamatan H-alfa telah dikembangkan dengan mengkombinasikan penggunaan



Contoh komponen filter H alfa: (a) pra-filter, (b) Etalon H-alfa yang telah dilengkapi dengan *pressure tuning* dapat diletakkan di depan teleskop, (c) *blocking filter* diagonal Lunt, dan (d) filter Daystar Quantum H-alfa yang diletakkan di okuler teleskop. Sumber: company7.com, meade.com, luntsolarsystems.com, daystarfilters.com



Perbedaan kontras dan detail yang tampak dari hasil pengamatan menggunakan filter H-alfa dengan *passband* 1,0 Å dan 0,5 Å. Keduanya menampilkan fitur gelap filamen.
Credit: A. I. Perez (kiri) dan G. Piepol/sungazer.net (kanan).

teleskop dedikasi H-alfa dengan filter, atau dengan metode *double stacking filter*.

Hasil pengamatan kromosfer Matahari akan dipengaruhi oleh besarnya lebar pita filter H-alfa yang digunakan. Fitur utama dari filter Matahari H-alfa adalah *passband* panjang gelombang, yang dinyatakan dengan satuan Angstrom ($1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ nm}$). *Passband* adalah tingkat efektifitas filter dalam memblokir

panjang gelombang lain di kedua sisi panjang gelombang H-alfa 656,3 nm. Semakin sempit *passband*, semakin banyak cahaya di luar pita yang dieliminasi dan kontras semakin tinggi, semakin detail citra kromosfer yang diperoleh. Filter dengan lebar pita antara 0,07 Å hingga 0,5 Å akan menampilkan detail permukaan dan prominensa yang sangat baik sementara filter yang mentransmisikan dalam rentang

antara 0,9 Å hingga 2 Å akan menampilkan prominensa yang kurang detail karena kontras yang lebih rendah akibat masih banyak cahaya. Dari segi harga, filter H-alfa yang paling murah memiliki *passband* $< 1 \text{ \AA}$. Filter yang lebih mahal melewatkan cahaya dengan *passband* $< 0,7 \text{ \AA}$, dan filter terbaik terdiri atas *double stack filter* yang melewatkan cahaya dengan lebar pita $< 0,5 \text{ \AA}$. ■

ASTRONOMI

Dampak Polusi Cahaya Pada Pengamatan Astronomis

Oleh
Elyyani | Pussainsa LAPAN

Saat ini polusi cahaya menjadi masalah yang dihadapi para astronom di seluruh dunia karena pengamatan astronomis memerlukan kondisi langit yang bersih dan tidak terganggu oleh polusi cahaya. Polusi cahaya diakibatkan dari cahaya buatan manusia yang intensitasnya

terlalu besar. Hal tersebut biasanya merupakan dampak dari adanya industrialisasi seperti pencahayaan eksterior dan interior bangunan, papan iklan, properti komersial, kantor, pabrik, lampu jalan dan stadion.

Kondisi polusi cahaya perkotaan yang sudah sangat tinggi mengakibatkan langit malam menjadi sangat terang dan

mengalahkan cahaya objek pengamatan astronomis. Saat ini pun Observatorium Boscha di Lembang mengalami kesulitan dalam melakukan pengamatan bintang dikarenakan polusi cahaya dari lampu kota dan daerah di sekitarnya. *International Dark Skies Association* (IDA) merilis daftar dan peringkat negara berdasarkan tingkat polusi cahaya yang dialaminya.