

STRUKTUR DAN PERILAKU DAERAH AKTIF DI MATAHARI

Clara Y. Yatini

*Bidang Matahari dan Lingkuagn Antariksa
Puslitbang Pengetahuan Ionosfer - LAPAN*

Ringkasan

Daerah aktif adalah suatu daerah di matahari yang terdiri dari semua fenomena yang terkait dengan munculnya medan magnet di fotosfer yang berasal dari lapisan-lapisan di bawahnya. Daerah aktif ini meliputi lapisan fotosfer, kromosfer, dan korona. Kenaikan emisi di daerah aktif meliputi rentang spektrum yang sangat lebar, sehingga dapat diamati dalam berbagai panjang gelombang. Fenomena-fenomena yang terjadi di daerah aktif antara lain adalah bintik matahari, plage, filamen, flare, dan lain-lain. Kesamaan antara fenomena-fenomena ini adalah keterkaitannya yang erat dengan timbulnya gangguan medan magnet.

Daerah aktif dianggap terbentuk dari tabung-tabung fluks dekat daerah konveksi yang paling bawah. Selama masa hidupnya, daerah aktif mengalami berbagai perubahan, misalnya terbentuk dan hilangnya bintik matahari, munculnya flare, perubahan konfigurasi medan magnet, dan sebagainya. Meskipun perubahan-perubahan yang terjadi ini tidak sama untuk setiap daerah aktif, tetapi setiap daerah aktif mempunyai karakteristik yang sama, yaitu peluruhannya yang jauh lebih lambat dari pada pertumbuhannya, yang ditandai dengan menghilangnya fluks magnetik secara perlahan-lahan.

Plasma yang berada dalam daerah aktif juga merupakan plasma yang dinamis dengan aktivitas yang kontinyu, yang ditunjukkan dengan adanya gerak Evershed, downflow, surge, spikula, dan hujan korona.

Abstract

An active region is an area on the sun which comprises all phenomena associated with the emergence of magnetic field at the photosphere from deeper layers. Active regions encompass the photosphere, chromosphere, and corona. Observations of active regions can be carried out in various wavelength, since the enhanced emission on active region comprise a broad spectral range. Active regions contain diverse but related phenomena including sunspots, plages, filaments, flares, and other features. A magnetic disturbance is the one element common to all of these active region phenomena.

Active regions are generally thought to arise from toroidal flux tubes near the base of the convection zone. During its lifetime, they have some changes, such as the growing and the decay of sunspots, the emergence of flare(s), the change of magnetic field configuration, etc. These changes are not same for each active region, but they have a usual characteristic, that is the decay of an active region is much slower than its rise and is marked by the slow dispersal of magnetic flux.

Active region plasma is dynamic. It is observed to be in continual motion in form of flows, such as Evershed flow, downflow, surges, spicules, and coronal rain.

1. Pendahuluan

Matahari merupakan sebuah mesin termodinamik yang sangat besar. Matahari mengatur ruang antar planet, membangkitkan dan mengendalikan magnetosfer planet, membentuk ionosfer, mengendalikan atmosfer planet, memelihara kehidupan di bumi, dan mengendalikan iklim bumi. Di pusat matahari terjadi reaksi-reaksi nuklir yang membangkitkan energi dalam jumlah yang sangat besar. Energi ini dihantarkan dari pusat

matahari ke permukaan, dan kemudian diradiasikan ke ruang angkasa. Medan magnet matahari juga menimbulkan fenomena-fenomena yang kompleks. Lebih dari itu, medan magnet ini merupakan penyebab terjadinya aktivitas matahari. Aktivitas matahari ini tampak dalam beberapa bentuk fenomena yang tampak di permukaannya, antara lain munculnya daerah aktif, bintik matahari (*sunspot*), *flare*, lontaran massa korona yang dikenal sebagai CME (*Coronal Mass Ejection*), dan lain sebagainya.

Dari fenomena-fenomena aktivitas matahari ini, tulisan ini secara khusus akan membahas daerah aktif di permukaan matahari, terutama struktur dan perilakunya. Penelitian daerah aktif merupakan bidang yang sangat menarik dalam penelitian matahari. Dimulai dengan pengamatan bintik matahari yang secara serius dilakukan pada awal abad ke 17, pengamatan terhadap daerah aktif telah banyak memberikan petunjuk mengenai sifat-sifat fisis matahari. Akhir-akhir ini telaah mengenai daerah aktif lebih memperhatikan fenomena-fenomena aktif yang berhubungan dengan daerah ini yang terlihat di fotosfer dan di atasnya. Banyak hasil penelitian mengenai fisika plasma yang menarik yang telah diperoleh berkaitan dengan tipe-tipe struktur daerah aktif dan proses-proses yang teramati di dalam dan di sekitar daerah aktif (Moore & Rabin, 1985).

2. Pengamatan Daerah Aktif

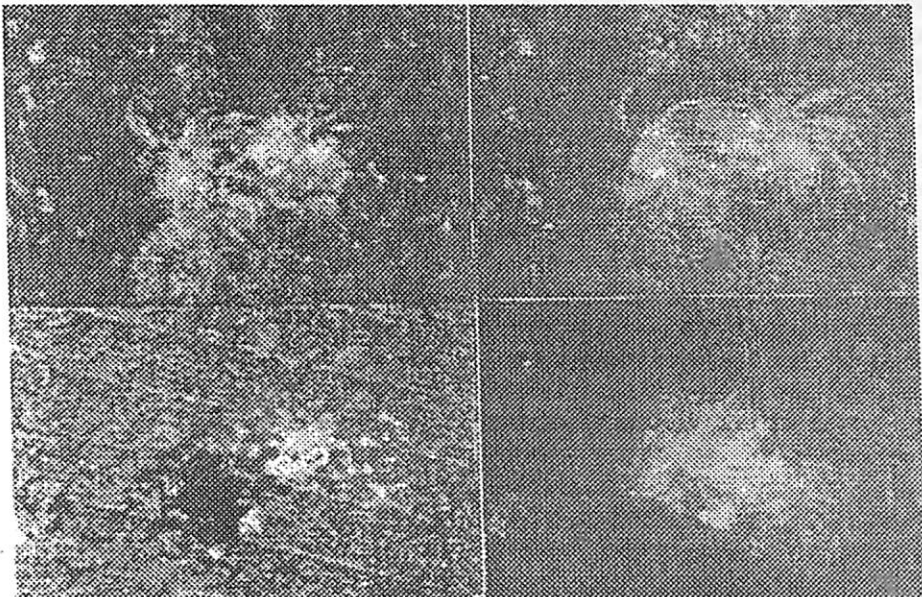
Pada mulanya seorang astronom Perancis L. d'Azumbuja mendefinisikan daerah aktif sebagai suatu daerah yang memperlihatkan semua fenomena yang terlihat di matahari yang berlangsung pada saat munculnya bintik matahari. Akan tetapi, pada kenyataannya bintik matahari bukanlah bagian yang terpenting dari suatu daerah aktif. Banyak daerah aktif yang kecil dan yang kala hidupnya singkat yang terbentuk tanpa adanya bintik matahari di dalamnya. Ada juga daerah aktif yang pada awalnya mempunyai bintik, tetapi kemudian bintiknya menghilang, meskipun daerah aktif tersebut tetap ada. Titik-titik terang di korona yang tampak dalam sinar X juga merupakan daerah aktif yang kecil. Titik-titik terang seperti ini dan juga daerah aktif yang lebih besar, baik yang mempunyai bintik maupun tidak, pada dasarnya mempunyai struktur magnetik bipolar. Struktur yang sederhana terdapat pada titik-titik sinar X yang terang, dan kompleksitas struktur medan magnetik akan bervariasi pada daerah-daerah aktif yang lebih besar. Berdasarkan hal ini, maka definisi daerah aktif berubah menjadi sebuah daerah yang terdiri atas semua fenomena yang berhubungan dengan munculnya medan magnetik di fotosfer yang berasal dari lapisan-lapisan yang lebih dalam (Phillips, 1992). Besarnya medan magnet yang muncul ini akan menentukan besarnya daerah aktif yang terbentuk. Dengan definisi ini maka titik-titik sinar X yang terang dan juga daerah-daerah aktif yang telah kehilangan bintiknya juga termasuk dalam daerah aktif. Meskipun demikian, sistem penomoran daerah aktif yang telah diterima secara internasional, yang digunakan oleh NOAA, hanya memberikan nomor pada daerah-daerah aktif yang mempunyai bintik atau yang menghasilkan flare.

Daerah aktif mencakup ketinggian sampai beberapa puluh ribu kilometer di dalam atmosfer matahari, dan mempunyai penampakan yang berbeda-beda di daerah kromosfer, daerah transisi, maupun di korona. Dibandingkan dengan daerah lain yang tenang di matahari, daerah aktif menunjukkan kenaikan emisi untuk rentang spektrum yang sangat lebar, dari sinar X lunak (*soft X-ray*, $\sim 10^{-10}$ cm) sampai gelombang radio ($\sim 10^5$ cm). Karena rentang spektrum yang sangat lebar ini daerah aktif dapat diamati dalam berbagai panjang gelombang.

Pada awalnya pengamatan terhadap daerah aktif dilakukan hanya dengan spektroheliogram yang menggunakan panjang gelombang H α dan garis-garis kalsium terionisasi H dan K. Akan tetapi, sekarang pengamatan dapat dilakukan dalam berbagai

panjang gelombang. Pengamatan terhadap daerah kromosfer di atas daerah aktif misalnya, dilakukan dengan panjang gelombang dengan rentang dari panjang gelombang tampak sampai infra merah (misalnya garis helium 1083,0 nm), dan juga pada panjang gelombang ultraviolet (misalnya Lyman α 121.5 nm). Sedangkan daerah korona diamati dengan panjang gelombang ultraviolet, sinar X lunak, dan gelombang radio.

Bila diamati dengan spektroheliogram pada garis kalsium terionisasi K, pada saat awal pembentukannya daerah aktif tampak sebagai daerah yang kecerlangannya naik dibandingkan daerah fotosfer di sekitarnya. Makin lama intensitas kecerlangannya makin besar, dan kemudian terbentuklah plage. Dengan spektroheliogram H α , fluks medan magnetik yang baru muncul akan tampak sebagai filamen-filamen gelap yang menghubungkan daerah dengan polaritas yang berlawanan. Dalam magnetogram, daerah aktif yang baru muncul ditandai dengan munculnya daerah bipolar. Daerah ini pada awalnya kecil, dengan bagian yang muncul dahulu lebih dekat ke ekuator matahari. Di bagian inilah pertama kali bintik matahari akan muncul. Gambar 2.1 memperlihatkan gambar sebuah daerah aktif yang diamati dalam beberapa panjang gelombang dan dengan magnetogram.



Gambar 2.1 Gambar sebuah daerah aktif dalam garis-garis emisi Ne VII 46.5 nm (kiri atas), Mg IX 36.8 nm (kanan atas), dan Fe XV 28.4 nm (kanan bawah). Gambar kiri bawah adalah gambar daerah aktif yang sama yang diamati dengan magnetogram (Phillips, 1992).

3. Struktur Daerah Aktif

Daerah aktif di matahari, yang merupakan pusat dari aktivitas matahari, meliputi lapisan fotosfer, kromosfer, dan korona. Daerah aktif ini terdiri dari fenomena-fenomena yang tersebar, namun saling berkaitan, yaitu antara lain bintik matahari, plage, filamen, flare, dan bentuk-bentuk lainnya. Kesamaan fenomena-fenomena ini adalah bahwa mereka mempunyai hubungan yang erat dengan timbulnya gangguan medan magnetik. Timbulnya gangguan medan magnetik merupakan peristiwa utama dalam pembentukan

daerah aktif. Secara singkat, sebagian dari fenomena-fenomena yang penting di dalam daerah aktif adalah :

a. Bintik matahari

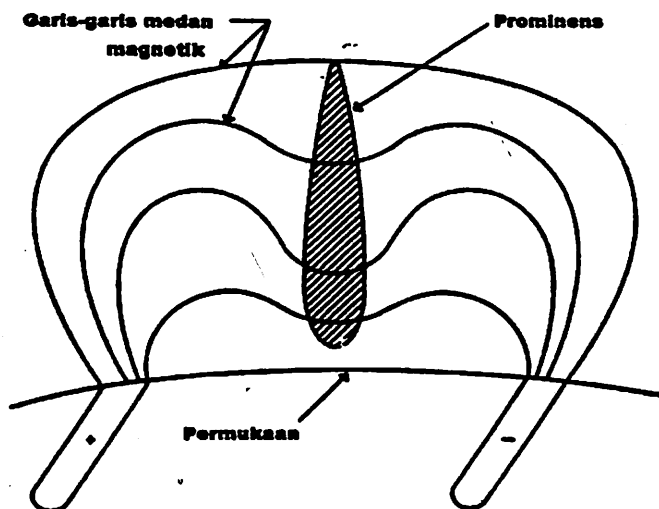
Medan magnet yang paling kuat terdapat di dalam umbra. Temperatur bintik matahari lebih rendah dari sekelilingnya (kira-kira 4000 K), sehingga tampak gelap karena adanya tekanan konveksi dari daerah konvektif bagian atas oleh medan magnet yang kuat.

b. Plage

Dalam panjang gelombang $H\alpha$, plage tampak sebagai daerah dengan kecerlangan yang kuat. Plage digunakan untuk menentukan luas daerah aktif. Pada dasarnya plage adalah gas yang berpijar, dan mempunyai kerapatan yang lebih besar dari pada atmosfer di sekitarnya. Plage juga berhubungan erat dengan struktur medan magnetik.

c. Filamen

Tidak semua materi yang melewati korona pada akhirnya akan meninggalkan matahari dalam bentuk angin matahari. Terutama selama fasa aktif, dimana banyak materi dilontarkan dari permukaan, materi ini kadang-kadang menjadi mampat dan jatuh kembali ke kromosfer. Karena materi sangat terionisasi dan mempunyai rapat energi kinetik yang relatif rendah, gaya magnet akan menyebabkan materi ini mengalir sepanjang garis-garis medan. Bila garis-garis medannya horisontal, materi ini akan terkumpul dan akan terbentuk kerapatan yang lebih besar, yang seolah-olah menyangga garis medan tersebut terhadap gaya gravitasi matahari. Berat materi ini akan menyebabkan garis-garis medan menjadi melengkung, dan kemudian seolah-olah menjadi penyangga yang stabil (Gambar 3.1). Di piringan matahari yang terang, materi ini tampak gelap, dan disebut sebagai filamen. Tetapi di tepi matahari, dia akan tampak terang, dan disebut sebagai prominens.



Gambar 3.1 Prominens sebagai penyangga medan magnetik (AWSR 105-31, 1975)

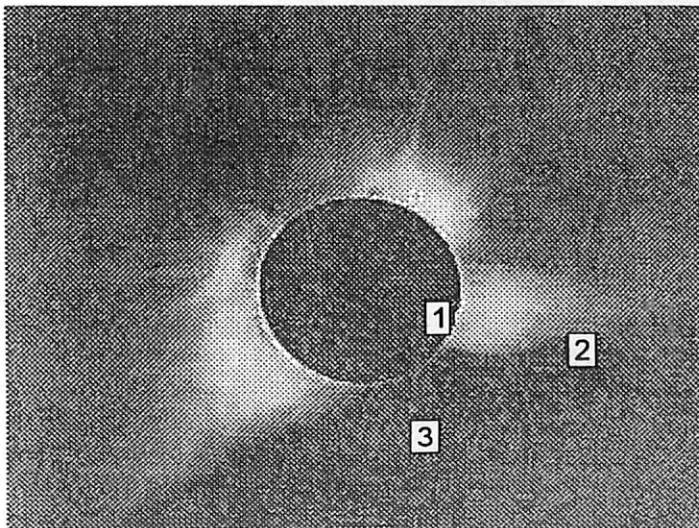
d. Flare

Flare merupakan bentuk aktivitas matahari yang paling dahsyat. Fenomena ini merupakan pelepasan energi di atmosfer matahari yang sangat eksplosif. Pada

umumnya flare terjadi di daerah aktif dimana medan magnetnya kuat, kompleks, dan mempunyai konfigurasi yang tidak stabil. Munculnya flare kadang-kadang didahului oleh pengembangan filamen atau oleh terpecahnya filamen. Ini menunjukkan adanya perubahan konfigurasi medan magnetik. Hal ini juga merupakan bukti bahwa energi yang tersimpan di medan magnet yang kuat merupakan sumber energi yang sangat besar yang dilepaskan dalam peristiwa flare.

Sebagian besar daerah aktif merupakan daerah bipolar. Fluks-fluks daerah aktif ini terbagi menjadi 2 kelompok dengan polaritas berbeda. Kadang-kadang daerah aktif yang medan magnetiknya kompleks terbentuk sebagai fluks baru yang muncul dengan orientasi yang berbeda atau sebagai daerah baru yang muncul di dalam daerah aktif yang sudah ada sebelumnya. Fluks total di daerah aktif yang sedang besarnya adalah 10^{14} Wb (10^{22} Mx). Di fotosfer, konsentrasi fluks magnetik yang paling kuat muncul sebagai bintik matahari. Bintik-bintik ini terbentuk selama kemunculan fluks dan meluruh bersamaan dengan meluruhnya daerah aktif. Akan tetapi, daerah aktif dapat tetap aktif dengan bertambahnya fluks medan magnetik selama berminggu-minggu bahkan berbulan-bulan setelah bintik tersebut lenyap.

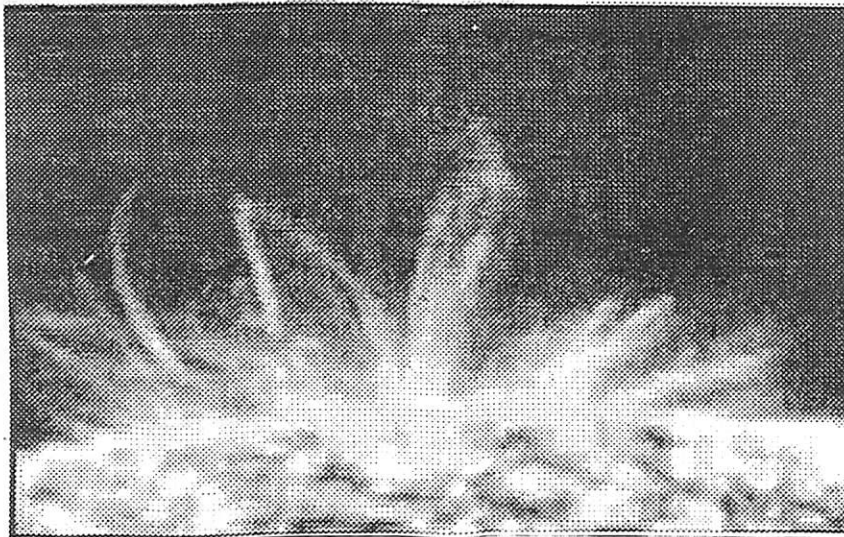
Korona yang terletak di atas daerah aktif mempunyai kerapatan dan temperatur yang naik kira-kira 10 kali lipat dibandingkan daerah lainnya. Pada saat terjadi gerhana matahari, korona daerah aktif yang terletak di bagian tepi matahari dapat terlihat (Gambar 3.2). Korona yang terletak di atas daerah aktif ini disebut sebagai kondensasi koronal. Intinya yang panas mempunyai kerapatan sampai 10^{16} m^{-3} dan temperatur lebih dari 3×10^6 K. Inti ini dikelilingi oleh kondensasi yang permanen yang kala hidupnya lebih lama dengan kerapatan dalam orde 10^{15} m^{-3} dengan temperaturnya sebesar $1.5 - 2.5 \times 10^6$ K. Di daerah korona di atas suatu daerah aktif ditemukan juga adanya semburan yang disebut sebagai *active-region streamer* yang terdapat sampai 3-4 radius matahari.



Gambar 3.2 Korona matahari yang terlihat pada saat gerhana matahari total pada tanggal 12 November 1966, yang menunjukkan (1) prominens, (2) streamer, (3) lubang korona (Priest, 1982).

Pada temperatur tinggi daerah aktif tampak terdiri dari lengkungan-lengkungan (*loop*) seperti diperlihatkan pada Gambar 3.3. Lengkungan-lengkungan ini mempunyai

temperatur 2.5×10^6 K dengan variasi yang sangat kecil. Untuk rentang kerapatan $5 \times 10^{14} \text{ m}^{-3}$ sampai $5 \times 10^{15} \text{ m}^{-3}$ variasi temperaturnya hanya 0.3×10^6 K. Panjangnya bervariasi antara 10^4 sampai 10^5 km. Tekanan dan temperatur di inti lengkungan selalu lebih rendah dari pada bagian lainnya, tetapi bisa lebih kecil atau lebih besar dari pada tekanan atau temperatur korona. Lengkungan yang dingin dengan temperatur sepersepuluh temperatur korona dapat berada sampai ketinggian 50.000 km di atas fotosfer. Sedangkan lengkungan-lengkungan yang besar tingginya bisa mencapai 150.000 km pada ketinggian 30.000 km di atas permukaan matahari, sedangkan tekanan intinya 2 kali dan tekanan bagian lainnya 4 kali tekanan korona di luar lengkungan.



Gambar 3.3. Sistem lengkungan daerah aktif yang tampak pada EUV (3×10^5 K). (Priest, 1982)

Lengkungan daerah aktif yang paling menonjol tampak menghubungkan bintik-bintik matahari, sehingga disebut sebagai lengkungan bintik (*sunspot loops*). Sebagian besar lengkungan ini mempunyai panjang kira-kira 100.000 km dan lebar kira-kira 10.000 km dan mempunyai inti yang dingin dengan temperatur lebih rendah dari 2×10^5 K (bandingkan dengan temperatur korona yang besarnya kira-kira 2×10^6 K). Kerapatan intinya tidak diketahui dengan pasti, tetapi diperkirakan sama dengan kerapatan bagian lengkungan yang lain, sehingga tekanan intinya kira-kira sepersepuluh kali tekanan korona. Temperatur inti yang rendah menyebabkan penampakkannya pada garis EUV, sedangkan kenaikan kerapatan selubung intinya terlihat pada kenaikan emisi sinar X. Keseimbangan tekanan dan energi berlangsung tetap selama beberapa jam, dan intensitasnya tidak berhubungan langsung dengan daerah umbra. Lengkungan yang besar dapat berada di bintik yang kecil dan beberapa bintik yang besar mungkin saja tidak mempunyai lengkungan terang sama sekali.

4. Pembentukan Dan Peluruhan Daerah Aktif

Daerah aktif, yang sekarang diartikan sebagai daerah yang berhubungan langsung dengan medan magnet permukaan dan munculnya berbagai emisi radio dan optik yang menonjol, pada umumnya dianggap muncul dari tabung-tabung fluks toroidal dekat daerah konveksi yang paling bawah, terutama pada lapisan tepat di bawah daerah konveksi tersebut (Schmitt & Rosner, 1983; Choudhuri, 1990). Tabung fluks daerah aktif

ini naik ke permukaan karena adanya gaya yang mengambang naik (gaya apung). Tabung-tabung tersebut berbentuk lengkungan (Ω) dan ujung-ujungnya merupakan mata rantai dari tabung-tabung toroidal bawah permukaan. Selama perjalanannya menuju permukaan matahari, gerakannya dipengaruhi oleh beberapa efek fisis seperti misalnya gaya Coriolis, tekanan magnetik, dan gerak-gerak konvektif (D'Silva & Howard, 1993).

Setiap daerah aktif di matahari mempunyai karakteristik atau siklus yang berbeda-beda. Banyak diantaranya yang mempunyai kala hidup hanya beberapa hari sampai beberapa minggu, tetapi ada juga yang bertahan sampai lebih dari 200 hari. Secara umum pembentukan daerah aktif diawali dengan munculnya fluks magnetik dari bawah fotosfer. Daerah ini dinamakan sebagai EFR (*Emerging Flux Region*). Pada saat fluks magnetik ini muncul, atmosfer akan menjadi panas dan bila diamati dalam sinar X akan tampak sebagai suatu titik yang terang. Sebagian besar titik yang terang ini akan menghilang dalam waktu kurang dari satu hari. Tetapi kadang-kadang fluks magnetik di daerah ekuator ($\pm 30^\circ$) terus berkembang dan titik yang terang ini akan tumbuh menjadi daerah aktif. EFR bisa muncul di dalam atau di dekat daerah aktif yang sudah ada sebelumnya, bisa juga muncul dan membentuk daerah aktif yang baru (Howard, 1996; Priest, 1982). EFR ini mempunyai medan magnet bipolar dan mula-mula menimbulkan plage $H\alpha$ yang kecil yang berkoneksi dengan filamen-filamen yang gelap. Setelah satu hari atau lebih daerah bipolar ini pada umumnya terdiri dari sepasang bintik matahari yang dihubungkan oleh sistem yang berupa tabung-tabung (loop) yang disebut dengan sistem filamen melengkung (*arch-filament system*). Letak loop ini tidak terlalu tinggi, yaitu kurang dari 5000 km, dan panjangnya dapat mencapai 30.000 km. Puncaknya bergerak ke atas dengan kecepatan mencapai 10 km per detik, sedangkan di dekat kaki-kakinya plasma bergerak ke bawah dengan kecepatan mencapai 50 km per detik. Loop fluks magnetik ini terus naik sampai ke korona. Kemudian filamen $H\alpha$ akan hilang setelah kurang lebih 20 menit dan digantikan oleh serangkaian loop yang datang dari bawah. Daerah aktif yang baru mempunyai kecenderungan untuk terbentuk dekat sisa-sisa daerah aktif yang sudah ada sehingga membentuk suatu kompleks aktivitas yang terletak di bujur tertentu, yang mungkin bertahan sampai beberapa tahun dan berotasi dengan periode sekitar 27 hari (Howard, 1996).

Bila dilihat dari bumi, matahari berotasi dari timur (kiri) ke barat (kanan). Oleh karena itu bagian barat (sebelah kanan) dari daerah aktif disebut sebagai preceding, dan bagian timur (sebelah kiri) disebut following. Bagian preceding biasanya mempunyai bintik yang besar, yang biasanya disebut bintik *p*, *leader spot*, atau bintik barat (W), sedangkan bintik besar yang di bagian timur disebut bintik *f*, *follower spot*, atau bintik timur (E). Setelah kira-kira 3 atau 4 hari daerah aktif telah terbentuk sempurna. Pada ketinggian yang rendah, daerah aktif tampak sebagai suatu kelompok bintik yang dikelilingi oleh fakula, sedangkan di atasnya tampak sebagai kenaikan kecerlangan sinar X. Daerah ini terus tumbuh dan pada umumnya mencapai aktivitas maksimum dalam 10 atau 15 hari. Sebagian besar bintik matahari, kecuali bagian preceding, akan hilang setelah satu kali rotasi matahari. Perkembangan maksimum suatu daerah aktif yang besar tercapai pada saat plage menjadi sangat terang. Di daerah aktif tersebut juga akan sering terjadi flare. Bintik matahari yang terdapat di dalamnya mempunyai jumlah dan besar yang maksimum, dan medan magnetnya pun akan sangat kompleks.

Peluruhan daerah aktif jauh lebih lambat dari pada pertumbuhannya dan ditandai dengan hilangnya fluks magnetik secara perlahan-lahan. Plage terus bertambah besar dan pemunculan flare sangat berkurang, kecuali bila ada aktivitas yang berulang yang disebabkan oleh fluks baru yang muncul di dalam daerah aktif yang sedang meluruh ini. Filamen daerah aktif yang terbentuk saat daerah aktif masih muda akan menjadi makin

kuat dan makin meluas, mencakup garis inversi magnetik antara polaritas yang berlawanan. Selain itu bintik matahari akan mengecil perlahan-lahan dan distribusi medan magnetik akan menjadi lebih sederhana. Berkaitan dengan hal ini perlu diperhatikan bahwa perbedaan yang mendasar antara bintik matahari dengan plage adalah pada cara meluruhnya. Peluruhan bintik matahari ditandai dengan penyempitan luas dalam waktu yang relatif pendek, bahkan kadang-kadang hanya dalam beberapa hari. Di lain pihak, plage meluruh dengan cara mengembang dan memudar dalam waktu yang relatif lama. Peluruhan ini dapat berlangsung selama beberapa minggu atau bahkan dalam beberapa bulan. Pada kenyataannya, proses pemudaran ini adalah proses yang berlangsung secara bertahap dan berangsur-angsur, sehingga tidak dapat diketahui dengan pasti kapan plage ini betul-betul lenyap.

Dalam panjang gelombang sinar X, inti daerah aktif yang kompak akan meluruh dan menjadi struktur loop yang tersebar yang dengan polaritas yang berlawanan. Sisa-sisa daerah aktif ditandai dengan filamen yang dingin yang terletak dalam pipa loop yang panas. Filamen ini akan memanjang karena adanya rotasi diferensial dan berpindah menuju salah satu kutub. Filamen yang diam ini kadang-kadang dapat meletup dan akan tampak sebagai pertambahan kecerlangan di korona.

Meskipun siklus masing-masing daerah aktif berbeda-beda, secara singkat Tabel 4.1 menggambarkan siklus suatu daerah aktif yang khas, mulai dari pertama kali tampak sampai daerah aktif tersebut menghilang.

Tabel 4.1
Siklus sebuah daerah aktif yang tipikal (*)

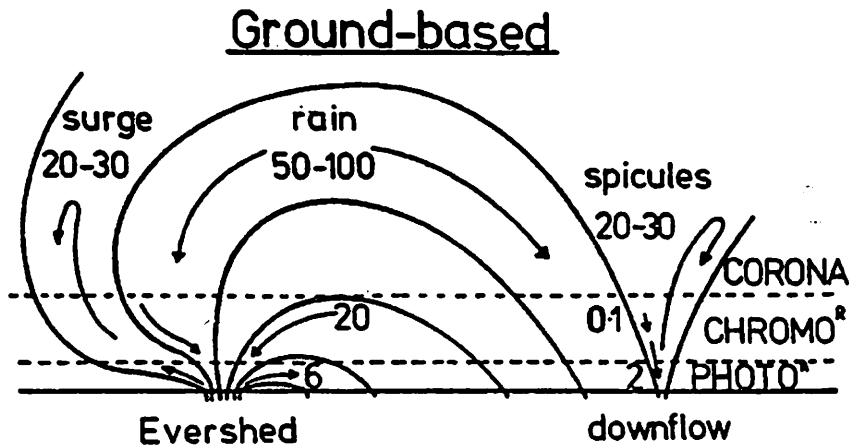
Har i ke	Bintik Matahari	Fakula / Plage di Fotosfer dan Kromosfer	Flare	Medan Magnetik	Filamen
1	2	3	4	5	6
1		Munculnya bintik terang yg tampak dalam H α dan dalam white light (bila dekat tepi)		Kuat medan Longitudinal naik menjadi 50 gauss	
2	Bintik pertama muncul di ujung fakula (W)	Fakula dan plage makin terang dan luas			
3	Bintik lain dg polaritas berlawanan muncul di ujung fakula (E)	Kecerlangan dan luas fakula dan plage terus bertambah		Luas daerah yg dicakup medan magnetik ini makin luas	
4	Bintik utama dalam kelompok ini (bintik W) membentuk penumbra	Fakula dan plage meliputi daerah di sekitar kelompok bintik	Flare diamati untuk pertama kali	Medan magnetik menjadi bipolar dan luas nya terus bertambah	Filamen kecil yg tidak stabil muncul di dekat bintik utama

1	2	3	4	5	6
5	Bintik E membentuk penumbra. Di antara bintik E dan W terdapat banyak bintik kecil yang dapat mencapai 200 buah		Aktivitas flare meningkat		
6 – 13	Kelompok bintik mencapai luas maksimum	Kecerlangan fakula dan Plage terus bertambah	Aktivitas flare mencapai maksimum	Luasnya terus bertambah	
14 – 30	Seluruh bintik, kecuali bintik W, menghilang	Plage mulai memudar	Aktivitas flare menurun	Daerah medan magnetik memperlihatkan fluks yg terbesar	Filamen yang stabil dengan panjang 50.000 km mengarah ke bintik yg tersisa
30 - 60	Bintik yg tersisa menghilang perlahan-lahan	Kecerlangan plage H α berkurang		Medan magnetik masih terdeteksi tetapi distribusinya tidak teratur	Filamen terus bertambah panjang (10^5 km per rotasi) dan membagi pusat aktivitas menjadi dua
60 – 100		Plage H α menghilang		Medan magnetik masih bisa dideteksi	Filamen men capai bentuk terpanjang dan hampir paralel dg ekuator
100-250				Medan magnetik mungkin masih ada sampai 100 – 250 hari	Filamen dapat bertahan sampai 100-250 hari. Peluruhan-nya berlangsung bersamaan dengan peluruhan medan magnetik

(*) Sumber : AWS Regulation 105-31

5. Gerak-Gerak Internal

Plasma yang berada di dalam daerah aktif bukan berada dalam keadaan statis, melainkan merupakan plasma yang dinamis, dengan aktivitas yang kontinyu (Priest, 1982). Gambar 5.1 memperlihatkan beberapa gerakan yang dapat diamati dari pengamatan di bumi (*ground-based observation*). Garis yang utuh menggambarkan garis-garis medan magnetik daerah aktif, sedangkan garis putus-putus menggambarkan batas-batas lapisan atmosfer secara kasar. Gerakan-gerakan tersebut antara lain:



Gambar 5.1 Sketsa gerakan-gerakan yang terdapat dalam daerah aktif berdasarkan pengamatan di bumi. Di sebelah kiri adalah fluks magnetik bagian 'preceding' yang terkonsentrasi sebagai bintik matahari dan sebelah kanan adalah fluks 'following' yang lebih tersebar. Tanda panah menunjukkan arah gerakan dan angka-angka menunjukkan besarnya kecepatan dalam km per detik (Priest, 1982).

a. Gerak Evershed

Pada tahun 1909 Evershed menemukan adanya gerak radial di fotosfer yang berasal dari bintik matahari di dalam daerah aktif. Gerakan ini merupakan akibat dari interaksi antara putaran konveksi dengan medan magnetik di bagian penumbra bintik matahari. Di sepanjang filamen-filamen penumbra yang gelap gerakan ini berlangsung secara kontinyu dengan kecepatan sebesar 6 - 7 km per detik menuju ke arah luar. Selain gerakan yang mengarah ke luar, di sepanjang filamen-filamen yang terang terdapat juga gerakan yang mengarah ke bagian dalam yang kecepatannya 0.5 - 1 km per detik.

b. Downflow

Yang disebut dengan *downflow* ini adalah plasma yang kembali ke bawah yang berasal dari spikula atau surge. Downflow ini terjadi bila ada kondensasi atau prominens di puncak loop. Gerak ini terlihat dengan jelas di sepanjang tepi daerah aktif. Di fotosfer kecepatannya sebesar 1-2 km per detik, sedangkan di kromosfer sebesar 3-4 km per detik.

c. Surge

Surge merupakan gerakan plasma yang terlontar ke atas yang disebabkan oleh adanya rekoneksi antara fluks magnetik yang baru muncul dengan medan magnetik bintik matahari. Pada umumnya plasma ini terlontar dengan kecepatan sebesar 20 sampai 30 km per detik. Kadang-kadang kecepatannya bisa mencapai 100 sampai 200 km per detik. Ketinggian yang dicapai oleh lontaran plasma ini mencapai 200.000 km dan

berlangsung selama 10 sampai 20 menit. *Surge* berasal dari kenaikan kecerlangan yang seperti flare dalam daerah yang kecil yang dekat dengan bintik matahari dan cenderung berada pada bagian *leading* dari daerah aktif.

d. Spikula

Spikula dilontarkan dari kromosfer bagian bawah atau mungkin juga di bawahnya lagi, tetapi hanya terlihat di kromosfer bagian atas. Kecepatan yang dicapai sebesar 20 sampai 30 km per detik dengan ketinggian rata-rata 11.000 km. Spikula ini kadang-kadang menghilang dan kadang-kadang jatuh kembali ke kromosfer. Spikula ini terjadi karena plasma yang berada dalam loop kurang stabil.

e. Hujan korona (*coronal rain*)

Yang disebut sebagai hujan korona ini sebenarnya adalah turunnya kembali plasma dingin ke permukaan matahari. Plasma yang turun ini bergerak dengan kecepatan antara 50 - 60 km per detik.

6. Kesimpulan

Daerah aktif merupakan pusat dari aktivitas matahari, yang terdiri dari fenomena-fenomena yang berkaitan dengan medan magnetik di matahari. Fenomena-fenomena yang terjadi di daerah aktif, misalnya bintik matahari, plage, filamen, flare, dan lain-lainnya memperlihatkan berperannya medan-medan magnetik yang berada di dalam daerah aktif tersebut. Fenomena ini juga menunjukkan respons plasma yang berbeda-beda terhadap perkembangan medan magnetik, dan berevolusi dengan skala waktu yang berbeda-beda pula.

Karena fenomena-fenomena daerah aktif tersebut berhubungan erat dengan kehadiran medan magnetik, maka teori magnetohidrodinamika diharapkan dapat menjelaskan secara rinci mengenai struktur daerah aktif ini.

Daftar Pustaka

- Air Weather Service (AWS) Regulation 105-31, 1975, 'Space Environmental Support System (SESS); Solar Optical Observing Procedure', Department of the Air Force, Illinois
- Choudhuri, A.R., 1990, *Astrophys. J.* **355**, 733-744
- D'Silva, S., Howard, R.F., 1993, *Solar Phys.* **148**, 1-9
- Howard, R.F., 1996, *Ann. Rev. Astron Astrophys.* **34**, 75-109
- Moore, R., Rabin, D., 1985, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* **23**, 239-266
- Phillips, K.J.H., 1992, *Guide to the Sun*, Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain
- Priest, E.R., 1982, *Solar Magnetohydrodynamics*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland
- Schmitt, JHMM., Rosner, R., 1983, *Astrophys. J.* **265**, 901-924