

SUATU MODEL TEORITIS DARI KROMOSFIR MATAHARI *)

Oleh: Ir. Wilson Sinambela. **)

RINGKASAN

Suatu model teoritis dari kromosfir matahari telah dibuat oleh Marik (1966). Model tersebut ditentukan dengan asumsi persamaan dari koefisien emisi unsur-unsur matahari dan koefisien absorpsi dari gelombang kejut magnetodinamik lemah diturunkan dalam zone konveksi. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa temperatur bertambah terhadap ketinggian.

1. PENDAHULUAN

Matahari yang merupakan "bola gas" sama seperti bumi mempunyai atmosfer. Atmosfir matahari ini dibagi tiga bagian yaitu bagian yang pertama adalah lapisan fotosfir, yang merupakan permukaan matahari yang dapat kita lihat sehari-hari dengan mata telanjang.

Di atas lapisan fotosfir ini adalah lapisan kromosfir dengan ketebalan kira-kira 10.000 – 16.000 km, dan di atasnya adalah lapisan corona dengan ketebalan berjuta-juta km. Di antara lapisan fotosfir dan kromosfir ini ada suatu lapisan tipis yang disebut "Hydrigen Convection Zone".

Energi yang berasal dari proses nuklir pada intinya (perubahan dari 4 atom H menjadi 1 atom He), ditransformasikan ke arah permukaan dengan cara radiasi dan konveksi.

Temperatur dan tekanan di kromosfir ini bertambah terhadap ketinggian. Dengan pertambahan ini Marik (1966) mencoba membuat model teoritis dari kromosfir dengan asumsi bahwa per-

samaan dari koefisien emisi dari unsur-unsur matahari dan koefisien absorpsi dari gelombang shock-magnetodinamik lemah diturunkan dalam zone konveksi.

Kemudian untuk mempermudah pembuatan model teoritis dari kromosfir ini, diasumsikan bahwa kromosfir berada dalam kesetimbangan hidrostatis dan kesetimbangan radiasi.

Selanjutnya data diolah dengan menggunakan komputer jenis ODRA 1304 sehingga diperoleh suatu hubungan antara ketinggian (h) terhadap temperatur (T) atau tekanan (P).

2. KOEFISIEN EMISI DALAM KROMOSFIR

Koefisien emisi dari unsur-unsur matahari dalam kromosfir, telah dihitung oleh Cox dan Daltabuit (1971) dengan menggunakan persamaan.

$$\epsilon_e = 10^{-23} f(T) n_e n_H \text{ erg cm}^{-3} \text{ det}^{-1}, \quad (2-1)$$

dimana $f(T)$ adalah suatu fungsi perhitungan secara numerik, n_e dan n_H adalah kerapatan elektron dan kerapatan hidrogen per cm^3 .

Kita perkenalkan persamaan:

$$E(P,T) = \frac{n_e}{n} \text{ dan } F(P,T) = f(T) E(P,T), \quad (2-2)$$

dimana n adalah kerapatan total dari atom. Fungsi $E(P,T)$ telah dihitung secara numerik dengan bantuan persamaan SAHA.

Kita perhatikan persamaan Unsold (1968),

* Majalah LAPAN No. 16 Tahun ke IV

** Staf Proyek RIGAN-LAPAN

$$n_H = 0,84 n \text{ dan } n = 3,97 \times 10^{23} \quad (2-3)$$

dimana g adalah kerapatan dari unsur-unsur matahari, dan persamaan (2-1) dapat ditulis menjadi:

$$\epsilon_e = 1,33 \times 10^{24} F(P,T) g^2. \quad (2-4)$$

3. KOEFISIEN ABSORBSI

Koefisien emisi dari gelombang akustik-magneto yang dihasilkan dalam zone konveksi dari matahari telah dihitung oleh Kulsrud (1955). Osterbrock (1961) telah menaksir bahwa gelombang akustik-magneto ditransformasikan kepada gelombang kejut lemah dalam lapisan dengan $V_a = V_s$ (V_a adalah kecepatan alfvén dan V_s adalah kecepatan suara). Menurut Osterbrock (1961), Pikelner dan Lifshits (1964), Marik (1966), Kromosfir dipanasi oleh gelombang shock lemah tadi, sedangkan daerah Corona dipanaskan dengan suatu proses yang lain. Koefisien absorpsi untuk gelombang kejut akustik-magneto dapat dituliskan menurut Marik (1966), dengan persamaan:

$$\epsilon_a = \frac{\sqrt{2}}{4^{3/2} V_s^{5/2} t_0} \times F_0^{3/2} \times \left[1 + \frac{1}{8} \sqrt{2} F_0^{1/2} t_0^{-1} \int_0^h V_s^{-5/2} g^{-1/2} dh \right]^3 \quad (3-1)$$

dimana F_0 adalah fluks energi dari gelombang kejut pada level $h = 0$, dan t_0 adalah transit time dari gelombang shock.

Dengan penggunaan hubungan persamaan:

$$V_s = \left[\frac{\gamma P}{g} \right]^{1/2}$$

dimana γ adalah rasio panas spesipik, dan P adalah tekanan gas maka persamaan (3-1) dapat dituliskan kembali dalam bentuk:

$$\epsilon_a = 1/8 \sqrt{2} t_0^{-1} \gamma^{-5/4} p^{-5/4} g^{3/4} F_0^{3/2} \times \left[1 + \frac{1}{8} \sqrt{2} F_0^{1/2} t_0^{-1} \int_0^h \gamma^{-5/4} p^{-5/4} g^{3/4} dh \right]^3 \quad (3-2)$$

4. KESETIMBANGAN HIDROSTATIKA

Diasumsikan bahwa kromosfir berada dalam kesetimbangan hidrostatis. Harga ini berlaku untuk kromosfir yang lebih rendah dan untuk perhitungan yang tepat hanya untuk lapisan ini

sedangkan untuk kromosfir yang lebih tinggi perhitungan-perhitungan menghasilkan suatu model pendekatan. Jika kromosfir berada dalam keadaan kesetimbangan hidrostatis maka kerapatan unsur-unsur dapat dituliskan seperti:

$$p = -\frac{1}{g} \frac{dp}{dh} \quad (4-1)$$

dimana g adalah percepatan gravitasi dalam kromosfir dimana ($g = 2,74 \times 10^4 \text{ cm det}^{-2}$).

Eliminasi ζ dari persamaan (3-2) dengan persamaan (4-1), maka diperoleh:

$$\epsilon_a = 1/4 \sqrt{2} t_0^{-1} \gamma^{-5/4} F_0^{3/2} (-g)^{-3/4} p^{-5/4} (p')^{3/4} \times \left[1 + \frac{1}{8} \sqrt{2} F_0^{1/2} t_0^{-1} \gamma^{-5/4} (-g)^{-3/4} \int_0^h p^{-5/4} (p')^{3/4} dh \right]^3 \quad (4-2)$$

untuk ζ tidak tergantung pada ketinggian sebagaimana yang telah diasumsikan.

5. KESETIMBANGAN RADIASI

Dengan menggunakan persamaan (4-1) maka kita dapat menulis kembali persamaan (2-4) dalam bentuk:

$$\epsilon_e = 1,33 \times 10^{24} g^{-2} F(P,T) (P')^2 \quad (5-1)$$

Dengan menggunakan persamaan (7) dan persamaan gas ideal:

$$P = \frac{\mu}{RT} \quad (5-2)$$

dimana μ adalah berat molekul rata-rata dan R adalah konstanta gas maka dapat ditulis kembali fungsi numerik $F(P,T)$ dalam bentuk $F(P,P')$.

Dalam hal ini persamaan (5-1) dapat ditulis dalam bentuk:

$$\epsilon_e = 1,33 \times 10^{24} g^{-2} F(P,P') (P')^2 \dots \quad (5-3)$$

Diasumsikan bahwa kromosfir dipanasi oleh absorpsi gelombang akustik-magneto lemah dengan demikian:

$$\epsilon_a = \epsilon_e$$

atau penggabungan persamaan (11) dan persamaan (8) menghasilkan:

$$1 + \frac{1}{8} \sqrt{2} F_0^{1/2} t_0^{-1} \gamma^{-5/4} (-g)^{-3/4} \int_0^h p^{-5/4} (p')^{3/4} dh \times \quad (5-4)$$

$$x dh = 6.43 \times 10^{-9} t_0^{-1/3} \gamma^{-5/12} F_0^{1/2} (-g)^{5/12} \times$$

$$\times F(P, P')^{-1/3} (-PP')^{-5/12}$$

Dengan mendiferensiasikan persamaan ini terhadap ketinggian h, dan setelah dihitung diperoleh persamaan (12) dalam bentuk:

$$P'' = \frac{(P')^2}{P} \times \frac{5 + 4F(P, P')^{-1/3} \frac{\partial F}{\partial P} P - 12a(-PP')^{1/6} F(P, P')^{1/3}}{5 + 4 \frac{\partial F}{\partial P} F(P, P')^{-1} P'} \quad (5-5)$$

dimana

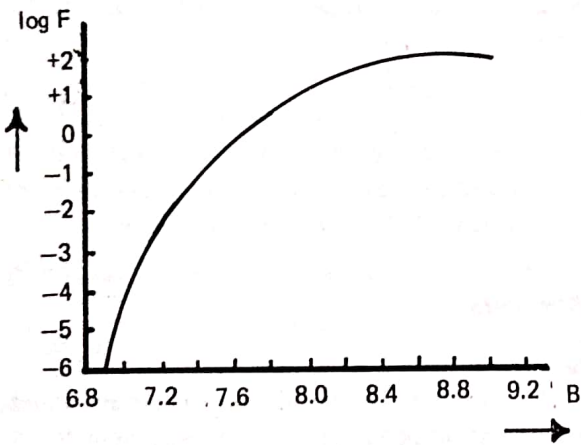
$$a = 1,20 \times 10^2 t_0^{-2/3}, \dots\dots\dots(5-6)$$

untuk $\gamma = 5/3$ seperti yang telah diasumsikan semula.

Fungsi F(P, P') telah dihitung secara numerik. Kurva persamaan F, diplot dalam bidang (log P, log P'), yang dapat didekati oleh garis lurus. Persamaan garis "equi-F" ini adalah:

$$\log(-P') = \log(P) - B(F),$$

dimana B adalah fungsi dari F. B didapat sebagai fungsi dari log F seperti dalam gambar 5.1.



Gambar. 5.1

Jika harga-harga P dan P' telah diberikan, maka B dapat dihitung dari persamaan:

$$B = \log \left(\frac{P}{P'} \right) \quad (5-7)$$

dan F(P, P') dapat dihitung dengan bantuan gambar 5.1.

Itu mudah diperoleh dengan memperhatikan persamaan:

$$\frac{\partial F}{\partial P} = F \frac{\partial \log F}{\partial B} \frac{1}{P} \quad \text{dan} \quad \frac{\partial F}{\partial P'} = -F \frac{\partial \log F}{\partial B'} \frac{1}{P'} \quad (5-8)$$

Dengan menggunakan persamaan (5-8) maka persamaan (5-5) dapat ditulis kembali dalam bentuk:

$$P'' = \frac{(P')^2}{P} \frac{4 \frac{\partial \log F}{\partial B} + 5 - 12a(-PP')^{1/6} F(B)^{1/3}}{4 \frac{\partial \log F}{\partial B} - 5}$$

6. PERHITUNGAN

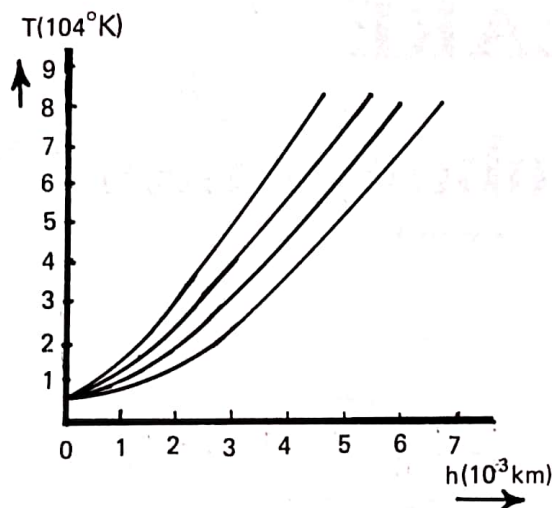
Model teoritis dari γ kromosfir matahari ini telah dihitung dengan menggunakan suatu komputer, Odra 1304. Untuk "transit-time," t_0 , dari gelombang kejut adalah tergantung kepada kuat medan magnet, dan untuk transit-time $t_0 = 10, 30, 50, \dots, 290$ telah dihitung secara tepat seperti yang ditunjukkan dalam gambar 6.1. Dengan memberikan harga-harga mula dari P_0 dan P'_0 untuk P dan P' pada ketinggian $h = 0$, maka B dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5-7), F(B) dan $\partial \log F / \partial B$ dapat ditentukan dengan bantuan kurva plot dalam gambar 5.1, dan P'' dihitung dari persamaan (5-9) P_1 dan P'_2 dihitung dari persamaan:

$$P_1 = P'' \Delta h + P'_0 \quad \text{dan} \quad P_1 = P'_0 \Delta h + P_0 \quad (5-10)$$

Telah dilakukan perhitungan untuk seluruh ketinggian sampai 5×10^5 cm untuk setiap Δh diperoleh oleh harga-harga P_0 dan P' (untuk P dan P' pada ketinggian $h = 0$) sebesar $P_0 = 1,31^\circ \text{ dyn cm}^{-2}$ dan $P'_0 = 1,34 \times 10^{-4} \text{ g cm}^{-2}$.

$P'_n = P(n\Delta h)$ dan $P'_n = P'(n\Delta h)$ didapat dengan menggunakan berulang-ulang metoda yang disinggung di atas untuk harga-harga P_1 dan P'_1 .

Fungsi P(h) diperoleh dengan cara dan menghasilkan temperatur T(h) sebagai dari fungsi ketinggian dengan menggunakan persamaan (4-1) dan (5-2) untuk berbagai harga t_0 . Gambar 6.1 menunjukkan T(h) sebagai fungsi ketinggian dalam kromosfir untuk harga-harga transit-time $t_0 = 10, 70, 150, \text{ dan } 290$ detik.



Gambar 6.1

7. KESIMPULAN

Dalam plot kurva seperti dalam gambar 6.1 menunjukkan suatu pertambahan temperatur dalam kromosfir matahari dengan bertambahnya

ketinggian. Sebagai contoh temperatur bertambah sampai 1000000°K pada ketinggian 6000 km di atas fotosfir matahari dalam keadaan transit-time $t_0 = 10$ detik. Transit-time t_0 membesar maka temperatur bertambah lebih cepat. Karena harga-harga t_0 adalah tergantung pada kuat medan magnet (Marik, 1967), maka struktur kromosfir matahari adalah tergantung pula pada kuat medan magnet. Dari hasil-hasil perhitungan mereka menunjukkan bahwa rasio pertambahan temperatur adalah lebih besar pada kuat medan magnet yang besar dari pada medan magnet yang lebih kecil.

8. DAFTAR PUSTAKA

1. Cox, D. Duitabuit, Astrophysics Journal E. 1971
2. Ostedt Brock D, Astrophysics Journal 1961.
3. Marik M, 1966, Astron. Zh
4. S. Flugge, Astrophysics: The solar system



MISI DUA COMET

Kerjasama ESA (European Space Agency) dengan NASA kini tengah meminta kepada ahli di seluruh dunia untuk memberikan saran bagi misi internasional untuk penerbangan menuju dua comet, Halley dan Tempel 2. Perjalanan untuk misi ini diperkirakan memakan waktu 4 tahun, meliputi jarak sejauh 2,500 juta km.

Untuk pertama kalinya dalam misi ini akan digunakan propulsi elektronik tenaga matahari. Pesawat antariksa tersebut direncanakan meluncur melewati Comet Halley. Peluncurannya direncanakan dilakukan dalam tahun 1985. Pesawat akan melepaskan sebuah probe ke arah comet kemudian meneruskan perjalanannya untuk bergabung/melakukan rendezvous, seterusnya menemui comet Tempel 2. Ini diperkirakan akan terjadi dalam tahun 1988. Pesawat akan terbang berdampingan dengan Tempel 2 selama setahun atau lebih, sementara itu Comet 2 akan beredar mengitari matahari.

NASA menekankan pemeriksaan secara amat teliti dan penyeleksian secara sungguh-sungguh yang dilakukan jauh sebelum mulai pelaksanaan misi ini. NASA akan bertanggungjawab sepenuhnya untuk peluncuran, rendezvous pesawat antariksa dan misi operasi dua comet ini. Sedang ESA akan diserahi pelaksanaan pembuatan dan tanggung jawab terhadap Halley Probe System.

PENEMUAN BULAN BARU DARI YUPITER

Voyager 2 dari NASA, pada tanggal 8 Juli 1980 telah berhasil mengirimkan gambar-gambar ke bumi yang membuktikan penemuan "Bulan Baru" dari planit Jupiter.

Pembuktian penemuan baru ini mula-mula diketahui oleh dua orang ahli riset di California Institute of Technology, David Jewitt dan G. Edward Danielson.