

ISBN : 978-979-17763-3-2

**APLIKASI VEKTOR UNTUK ANALISIS PERGERAKAN GRUP
SUNSPOT MATAHARI DARI DATA SUNSPOT SIKLUS KE-23**

Nanang Widodo

Stasiun Pengamat Dirgantara, LAPAN Watukosek

P.O.Box 04 Gempol Pasuruan

Telp(0343) 852311, 081333307090,

Email: nang_widodo@yahoo.co.id

ABSTRAK

Grup sunspot (bintik matahari) di matahari mengalami evolusi yaitu pertama muncul dari sisi timur bergerak ke sisi barat. Perpindahan grup sunspot dapat diproyeksikan dalam koordinat bujur dan lintang matahari. Dalam suatu evolusi, perpindahan grup sunspot hari pertama sampai dengan hari ke n dapat diimplementasikan sebagai akumulasi dari n vektor \mathbf{r}_i . Dimana, vektor \mathbf{r}_i adalah menggambarkan jarak tempuh perjalanan grup sunspot pada hari ke i . Sehingga total vektor \mathbf{r}_i merupakan vektor resultan \mathbf{R} . Apabila vektor resultan \mathbf{R} dibagi lama evolusi ($= n$ hari) maka diperoleh vektor $\bar{\mathbf{R}} = (\pm b^\circ \mathbf{B}, \pm l^\circ \mathbf{L})$ Dimana, besaran b adalah rata-rata selisih derajat bujur/hari, dan l adalah dari rata-rata selisih derajat lintang/hari. Besaran l bernilai positif jika arah gerak grup sunspot menuju ke arah ekuator, dan sebaliknya l bernilai negatif jika grup sunspot menuju kutub matahari. Pergerakan sunspot (bintik matahari) di permukaan fotosfer merupakan implementasi adanya pergerakan materi plasma dari dalam matahari merambat keluar menuju fotosfer yang dipengaruhi oleh medan magnet di lapisan konvektif matahari. Data yang digunakan untuk menganalisis gerak grup sunspot adalah sampel grup sunspot kelas H dan J di belahan selatan cakram matahari hasil pengamatan matahari SPD Watukosek dari tahun 1997 - 2008 (siklus ke 23).

Kata kunci : sunspot, lapisan konvektif, belahan selatan matahari.

ISBN : 978-979-17763-3-2

ABSTRACT

The sunspot groupson solar photospherehave evolvedwhichemergedfromthe east sidemoves towardthewest side. Displacement of the sunspotgroupcan be projectedinlongitude andlatitudecoordinates of the sun. In its evolution, displacement from first dayuntil n^{th} day canbe implementedas a accumulationofnvectorsr_i. Where, r_iis a vector that describingthe trip distance of sunspotgrouponday i^{th} . So thatthe totalr_iis the resultantvector, **R**. If theresultantvector**R**divided by along of evolution(= n days) is a vector $\bar{R} = (\pm b^{\circ}\mathbf{B}, \pm l^{\circ}\mathbf{L})$. Where, thescalebis the averagedifference in degreesof longitudeper day ($^{\circ}\text{B}/\text{day}$), andlis theaveragedifference indegrees oflatitude per day ($^{\circ}\text{L}/\text{day}$). Magnitude oflis positiveif direction of its motion toward theequator, andvice versa/negativevaluefor its motion toward thepolesof the sun.The movement ofsunspots is show ofthe materialmovementof plasmafromthesuncreepingoutto thephotospherewhichis influencedbymagnetic fieldsinthe convectivelayer ofthe sun. The equation its motionwillbe appliedtothe sampledatasunspotgroup of classesHandJinthe southernhemispherethe sundisc. The observations result of SPDWatukosekfromthe year1997 - 2008(cycle 23) will be used for analysis of the sunspotgroups motion.

Keywords: sunspot, the convectivelayer, southern hemisphere the sun

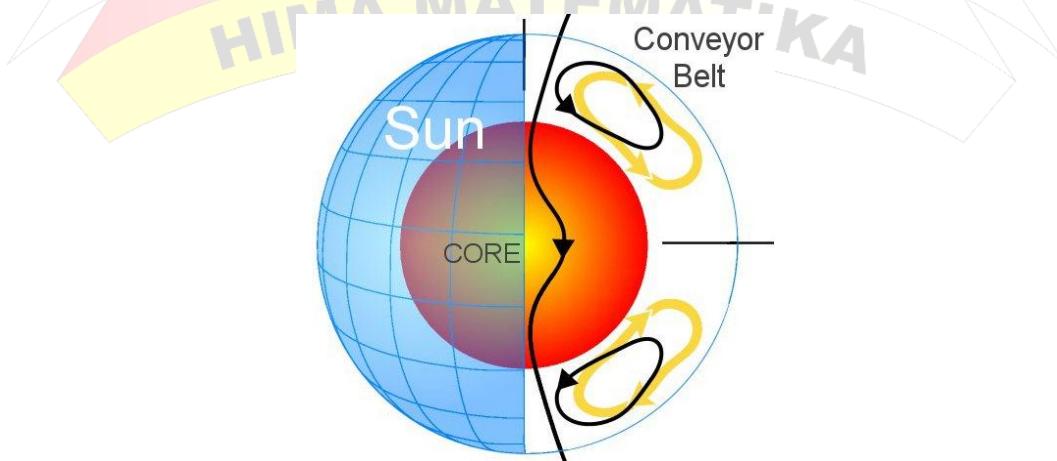


1. PENDAHULUAN

Beberapa proses fisis dari peristiwa alam dapat dijadikan sebagai contoh untuk menjelaskan besaran vektor, antara lain perambatan angin, gaya dan pergeseran suatu benda. Penulis ingin menambahkan satu terapan vektor yaitu proses fisis evolusi grup sunspot (bintik matahari). Dalam suatu evolusi, grup sunspot berpindah posisi mengikuti rotasi matahari yaitu muncul pertama di sisi timur dan bergerak ke sisi barat. Karena pengaruh aliran plasma yang termuat dalam medan magnet pada lapisan konvektif yang menyebabkan sunspot dapat bergerak pada arah lintang matahari, seperti tampak pada gambar 1. Sehingga pergerakan grup sunspot tersebut jika diproyeksi pada arah bujur dan lintang merupakan aplikasi vektor di ruang-2.

Sirkulasi meridional matahari merupakan pola aliran masif di dalam matahari yang mengangkut plasma panas dekat permukaan dari ekuator matahari ke kutub dan kembali ke ekuator di lapisan yang lebih dalam pada lapisan konvektif, menyerupai sabuk konveyor (conveyor belt), NASA, 2010 seperti pada gambar 1. Kekuatan medan magnet kutub matahari diyakini mempengaruhi struktur dan kekuatan aliran meridional, yang mana perputarannya ditentukan dari kekuatan siklus sunspot (Hathaway & Rightmire, 2010).

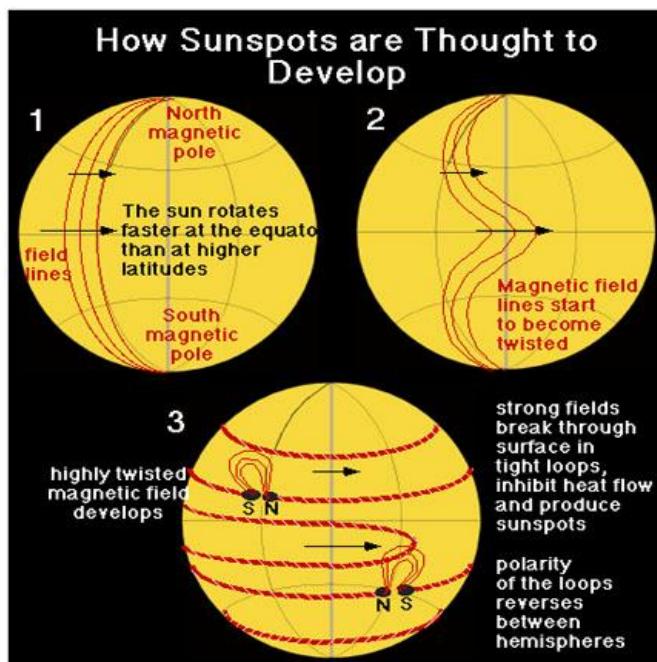
Kemunculan sunspot di permukaan matahari dikendalikan oleh medan magnet matahari. Akibat dari rotasi matahari, medan magnet mengalami puntiran sehingga terjadi ketidakstabilan struktur garis medan magnet.



Gambar 1. Konsep sirkulasi meridional Matahari (Sumber Science@NASA)

ISBN : 978-979-17763-3-2

Akibatnya ada sebagian garis medan magnet muncul di permukaan dan mengakibatkan terjadinya polaritas positif dan negatif (preceding dan following), gambar 2.



Gambar 2. Proses pembangunan sunspot sebagai akibat medan magnet yang menembus fotosfer dan menghasilkan sunspot.

Berdasarkan pertimbangan formasi spot stabil seperti kelas H atau J yang dapat bertahan dalam satu evolusi, maka ditetapkan kelas tersebut sebagai obyek yang akan dianalisis pergerakannya. Alasan lain, pengukuran posisi titik pusat grup sunspot lebih mudah dilakukan secara presisi.

Dengan program IDL, Bambang (2007) posisi grup sunspot dapat diukur secara presisi dan mengacu pada besaran position angle of axis ($^{\circ}P$), Latitude ($^{\circ}B$) dan Longitude ($^{\circ}L$) dari almanak matahari. Widodo (2008) telah memformulasikan perjalanan evolusi grup sunspot dalam suatu model rotasi diferensial. Selain itu, perjalanan grup sunspot dapat diimplementasikan secara geometris sebagai akumulasi segmen-segmen garis terarah (vektor) di ruang -2, Howard (1987).

ISBN : 978-979-17763-3-2

2. PENGAMATAN DAN METODOLOGI PENELITIAN

Dalam kegiatan pengamatan matahari secara rutin dengan teleskop sunspot, Stasiun Pengamat Dirgantara (SPD) Watukosek LAPAN telah menghasilkan data sunspot sejak tahun 1987 hingga sekarang. Selama masa pengamatan 24 tahun tersebut matahari telah mengalami dua kali siklus aktivitas matahari yaitu siklus 22 dan 23. Mulai awal tahun 2008 aktivitas matahari masuk pada siklus 24. Grup sunspot kelas H dan J dipilih sebagai objek amatan karena citra umbra dan penumbra dalam grup sunspot menunjukkan bentuk yang relatif stabil.

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil pengamatan sunspot dari SPD Watukosek dari tahun 1996 - 2008 (siklus ke 23) sebanyak 167 data grup sunspot.

Beberapa tahapan metodologi dalam penelitian ini antara lain:

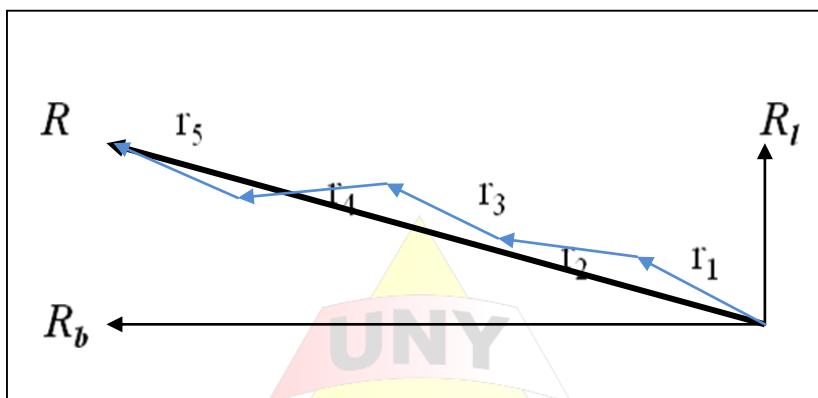
1. Observasi rekaman database posisi sunspot secara digital dan citra grup sunspot (dalam lembar sket sunspot).
2. Pilih grup sunspot yang muncul antara $0-45^{\circ}$ LS (Lintang Selatan) dan berdurasi 3-13 hari amatan.
3. Mengukur posisi sunspot dalam arah bujur dan lintang.
4. Mengukur rata-rata selisih derajat bujur/hari selama evolusi sunspot.
5. Mengukur rata-rata selisih derajat lintang /hari selama evolusi sunspot.
6. Menggambarkan arah vektor rata-rata pergerakan grup sunspot/hari.
7. Memodelkan pergerakan grup sunspot dalam vektor ruang-2 arah bujur (${}^{\circ}B$) dan lintang (${}^{\circ}L$) dalam selang $5^{\circ}L$.
8. Analisis pergerakan sunspot yang condong ke arah kutub atau ekuator.

Dengan mengamati perubahan posisi grup sunspot secara harian, maka setiap perpindahan titik satu (${}^{\circ}B$, ${}^{\circ}L$) ke titik berikutnya (${}^{\circ}B_i$, ${}^{\circ}L_i$) dapat diartikan sebagai pergerakan vektor \mathbf{r}_i dimana $i = 1, 2, \dots, n$. n = lama evolusi grup sunspot (hari), k = skalar. Akumulasi linier dari vektor \mathbf{r}_i sampai akhir evolusi vektor \mathbf{r}_n dinyatakan sebagai vektor resultan \mathbf{R} , (Howard, 1987)

$$\mathbf{R} = k_1 \mathbf{r}_1 + k_2 \mathbf{r}_2 + \dots + k_n \mathbf{r}_n \quad (1)$$

ISBN : 978-979-17763-3-2

Apabila setiap vektor \mathbf{r}_i diproyeksikan dalam koordinat bujur (${}^o\text{B}$) dan koordinat Lintang (${}^o\text{L}$), maka total vektor \mathbf{r}_i disebut vektor resultan $\mathbf{R}(b{}^o\text{B}, l{}^o\text{L})$, seperti gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi akumulasi vektor r_i yang mewakili evolusi pergerakan sunspot selama 5 hari amatan.

Selisih derajat bujur, ($\square b$) diperoleh dari vektor \mathbf{r}_i dalam koordinat bujur (dituliskan, b_i) dikurangi proyeksi vektor \mathbf{r}_{i+1} dalam koordinat bujur (dituliskan, b_{i+1}), persamaan (2) berikut

$$\Delta b = b_i - b_{i+1} \quad (2)$$

Sedangkan rata-rata selisih derajat bujur ($\overline{\Delta b}$) dari spot dapat dinyatakan dalam persamaan (3) berikut

$$\overline{\Delta b} = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{n-1} \quad (3)$$

Selisih derajat lintang, ($\square l$) diperoleh dari proyeksi vektor \mathbf{r}_i dalam koordinat lintang (dituliskan, l_i) dikurangi proyeksi vektor \mathbf{r}_{i+1} dalam koordinat lintang (dituliskan, l_{i+1}) persamaan (4)

$$\Delta l = l_i - l_{i+1} \quad (4)$$

Rata-rata selisih derajat lintang ($\overline{\Delta l}$) dapat dinyatakan dalam persamaan (5)

$$\overline{\Delta l} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{n-1} \quad (5)$$

ISBN : 978-979-17763-3-2

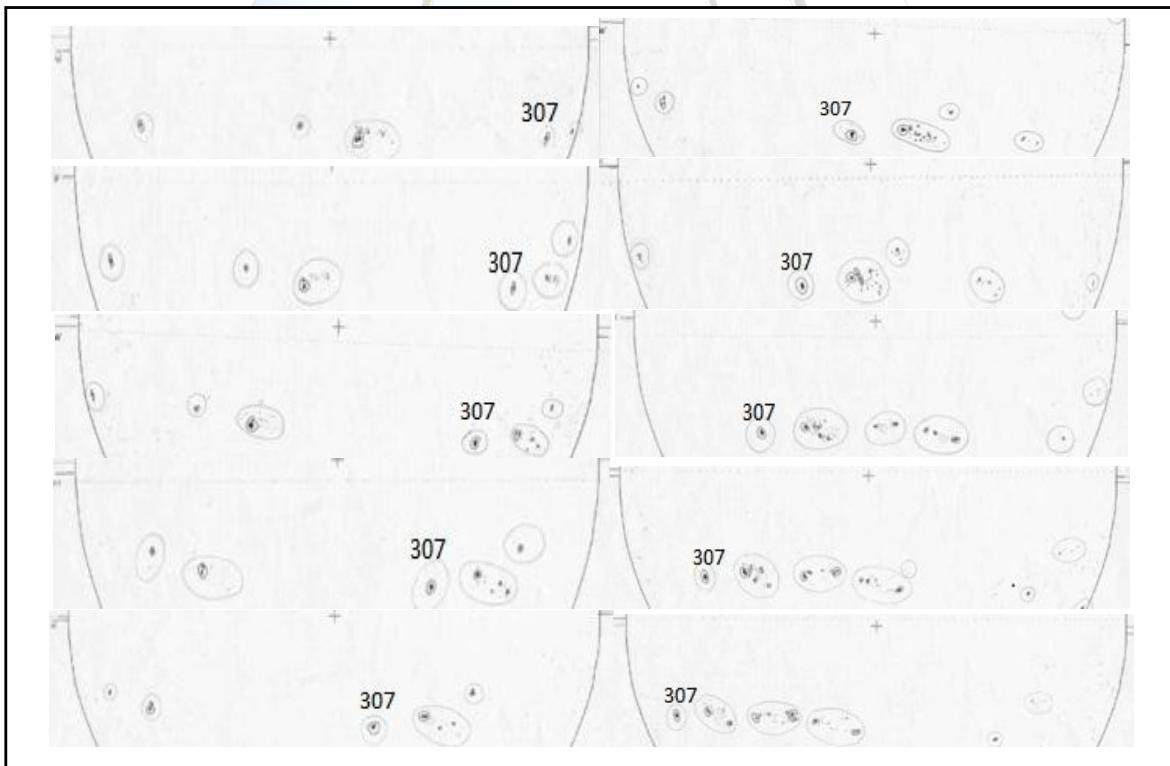
Agar diperoleh satu besaran yang mewakili arah gerak grup sunspot dalam suatu evolusi, akan dihitung rata-rata selisih derajat bujur/hari ($\bar{\Delta b}$) persamaan (3) dan rata-rata selisih derajat lintang/hari ($\bar{\Delta l}$) persamaan (5). Tanda (+) berarti vektor r_i condong ke arah ekuator, sedangkan tanda (-) berarti vektor r_i condong ke arah kutub

3. ANALISIS DATA

Hasil pengamatan matahari selama siklus aktivitasnya ke 23 khususnya di belahan selatan hemisfer didapatkan sebaran sunspot sampai 40° LS.

Berikut ini contoh ilustrasi evolusi no grup sunspot 307 image sket sunspot hasil amatan fotosfer matahari Stasiun Pengamat Dirgantara LAPAN Watukosek dari tanggal 1-10 Juli 2000, pada gambar 4.

Setiap hari perkembangan citra semua grup sunspot diukur dan dianalisis tanpa kecuali grup sunspot 307 yang bergerak dari tepi timur menuju tepi barat. Dengan mengacu pada besaran sudut ${}^{\circ}P$, ${}^{\circ}B$ dan ${}^{\circ}L$ dari almanak matahari, hasil pengukuran posisi grup sunspot dituliskan pada tabel 1.

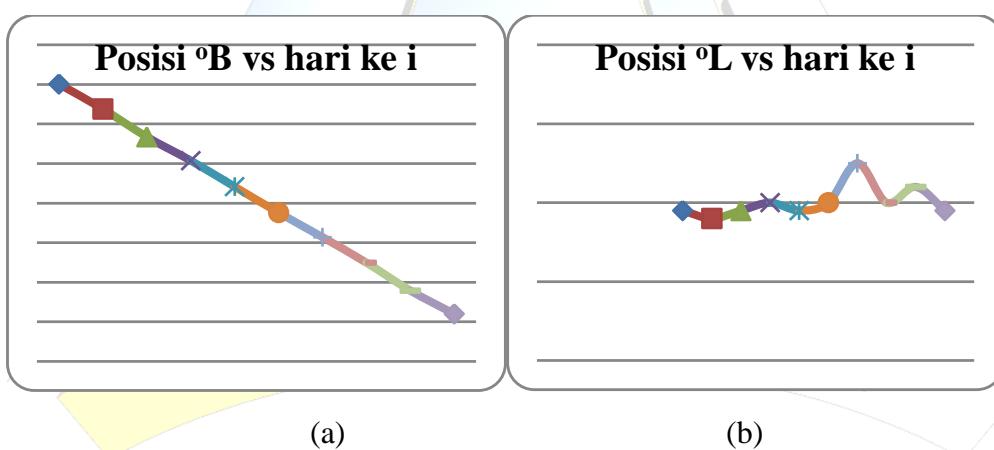


ISBN : 978-979-17763-3-2

Dari perubahan posisi sunspot per hari bila dihitung kecepatan rata-rata diperoleh $12,91^{\circ}\text{B}/\text{hari}$ (gambar 5.a) dan grup sunspot bergerak pada lintang rata-rata $19,99^{\circ}\text{LS}$ (gambar 5.b).

Tabel 1. Hasil pengukuran evolusi grup sunspot 307

Amatan ke	Jml spot	Bujur	$\square^{\circ}\text{B}$	Lintang
1	2	60.2		-20.1
2	2	47.6	12.60	-20.2
3	2	33.5	14.10	-20.1
4	2	21.5	12.00	-20
5	2	8.3	13.20	-20.1
6	5	-4.8	13.10	-20
7	2	-17.2	12.40	-19.5
8	2	-30.1	12.90	-20
9	2	-44.2	14.10	-19.8
10	2	-56	11.80	-20.1
Rata-rata			12.91	-19.99



Gambar 5 (a). Posisi sunspot $^{\circ}\text{B}$ vs amatan hari ke i

(b). Posisi sunspot $^{\circ}\text{L}$ vs amatan hari ke i

Setelah dilakukan analisis pada seluruh data amatan evolusi grup sunspot diperoleh kesamaan karakteristik bahwa pergeseran sunspot arah lintang tidak lebih dari 5°L . Dengan demikian pembagian rentang arah lintang adalah kelipatan 5°L , seperti dituliskan pada kolom 1 tabel 2. Dari tabel 2 didapatkan informasi bahwa kecepatan rata-rata gerak sunspot di sekitar ekuator relatif lebih

ISBN : 978-979-17763-3-2

cepat dibandingkan posisi sunspot yang berada pada lintang lebih tinggi seperti pada kolom 2 tabel 2. Kolom 3, diperoleh dari 360°B dibagi kolom 2. Misalnya pada rentang $0 - 5^{\circ}\text{L} = 360/13.22 = 27.23$ hari, waktu tempuh 1 kali rotasi.

Tabel 2. Hasil pengukuran pergerakan sunspot pada setiap selang 5°L .

Selang $^{\circ}\text{L}$	rata-rata $\square^{\circ}\text{B}/\text{day}$	waktu 1 rotasi	rata-rata $\square^{\circ}\text{L}/\text{day}$	Arah $R (^{\circ}\text{B}, ^{\circ}\text{L})$
0.00 – 5.00	13.22	27.23	0.05	←
5.01–10.00	13.17	27.33	0.03	←
10.01–15.00	13.08	27.52	-0.06	←→
15.01–20.00	12.98	27.73	0.01	←
20.01–25.00	12.79	28.15	-0.03	←
25.01–30.00	12.72	28.30	-0.01	←
30.01–35.00	12.57	28.64	-0.05	←
35.01–40.00	12.46	28.89	-0.08	←

4. KESIMPULAN

Hasil perhitungan pada tabel 2 menyatakan bahwa sunspot di sekitar ekuator akan berotasi lebih cepat dibandingkan sunspot di lintang yang lebih tinggi, hal ini mendukung penelitian William (1978). Pernyataan di atas dapat diartikan bahwa waktu yang dibutuhkan oleh sunspot yang berada di lintang rendah lebih pendek bila dibandingkan sunspot di lintang tinggi.

Secara fisis, fenomena pergeseran sunspot arah lintang disebabkan oleh dorongan plasma yang dipengaruhi oleh garis-garis medan magnet di lapisan konvektif matahari.

Besaran rata-rata vektor resultan, $\bar{R} = (\pm b^{\circ}\mathbf{B}, \pm l^{\circ}\mathbf{L})$ didapatkan dari proyeksi vektor \bar{R} pada arah bujur dan lintang. Dengan diketahui besaran \bar{R} , maka posisi sunspot pada hari berikutnya dapat diperkirakan, Widodo (2010).

ISBN : 978-979-17763-3-2

DAFTAR PUSTAKA

Bambang S, (2007), "Solar Observation Procedures to obtain the Watukosek White Light Solar ASCII Data for Statistical Space Warnings", ITB Research Centre on ICT (Information & Communication Technology), p 101.

Hathaway & Rightmire: 2010, *Science* 327, 1350

Howard A (1987), "Elementary Linear Algebra" Anton Textbooks Inc, Fifth Edition, diterjemahkan oleh Pantur Silaban, ITB, Penerbit Erlangga

Widodo, N (2008),"Pemodelan kurva rotasi diferensial surya dari sunspot di belahan utara matahari pada siklus ke 22, data pengamatan SPD LAPAN Watukosek" Prosiding Seminar Nasional Matematika IV, Jur. Matematika FMIPA ITS Surabaya 13 Desember 2008, hal 131 - 139, ISBN: 978-979-96152

Widodo, N (2010)."Analisis pergerakan grup sunspot pada arah bujur dan lintang matahari menggunakan data sunspot siklus ke 22 dari LAPAN Watukosek". dipresentasikan pada Seminar Sains Antariksa V, DRN-Puspitek Serpong 15-16 Nopember 2010, dalam proses penerbitan

William J.K, (1978),"Exploration of the solar system", Macmillan Publishing Co.Inc, Newyork

Conveyor belt,

<http://science.nasa.gov/headlines/y2010/image/conveyorbelt/conveyorbelt.jpg>, diakses tgl 4 Oktober 2010

Tracking the Movement of sunspots,

http://www.sciencenetlinks.com/pdfs/sunspots3_actsheet2.pdf, diakses tgl 11 Okt. 2010