

## ANALISIS ASIMETRI VEKTOR DARI GERAK SUNSPOT DI BELAHAN UTARA DAN SELATAN MATAHARI PADA SIKLUS AKTIVITAS KE 23

**Nanang Widodo**

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Email: [nangwidodo@gmail.com](mailto:nangwidodo@gmail.com)

### *Abstrak*

*Matahari adalah bintang terdekat dengan Bumi yang berwujud plasma. Dengan kondisi tersebut, maka permukaan matahari menjadi labil. Pada setiap awal siklus, kemunculan sunspot umumnya pada lintang tinggi +/- 40 °LU/ LS dan di akhir siklus sunspot berada di sekitar ekuator. Pada interval 0 – 40 derajat di belahan utara maupun selatan akan dibagi dalam 8 zona. Pada saat sunspot berevolusi di cakram Matahari, posisi sunspot (°bujur, °lintang) harian digunakan untuk mengetahui pergeseran sunspot. Pergeseran posisi sunspot disebabkan oleh pengaruh rotasi diferensial di Matahari. Dimana kecepatan rotasi (angular) setiap ketinggian lintang (zona) akan berbeda. Sunspot bergerak dari timur ke arah barat (°bujur) dan utara/selatan (°lintang) per hari merupakan implementasi vektor. Dengan distribusi sunspot di belahan utara dan selatan Matahari juga tidak simetris akan menyebabkan rotasi diferensial sunspot tidak simetris juga.*

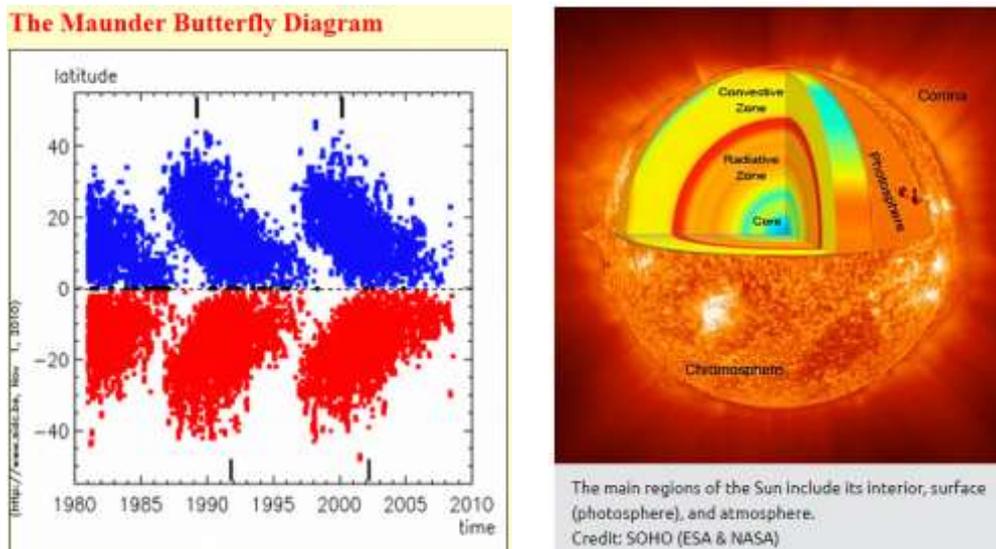
*Kata Kunci: Evolusi; Plasma; Rotasi diferensial; Sunspot.*

### **1. PENDAHULUAN**

Pengamatan matahari secara optik telah dimulai pada akhir tahun 1987. Pada tahun tersebut aktivitas matahari 11 tahunan telah memasuki awal (tahun kedua) dari siklus ke 22. Kegiatan pengamatan matahari di LAPAN, Balai Pengamatan Antariksa dan Atmosfer Pasuruan didukung oleh dua teleskop statis untuk dua lapisan yang berbeda yaitu fotosfer dan kromosfer. Dengan Teleskop Sunspot monokromatik diperoleh objek amatan berupa bintik matahari (sunspot). Bintik matahari disebabkan oleh gangguan pada medan magnet. Matahari yang mengalir ke fotosfer, "permukaan" Matahari yang terlihat sebagai daerah aktif di Matahari, Derek A.Lamb, (2017).

Distribusi data posisi sunspot dari tahun 1980 - 2010 tampak seperti kupu-kupu atau dikenal dengan Maunder Butterfly Diagram, gambar 1. Pada setiap awal siklus, kemunculan sunspot umumnya pada lintang tinggi +/- 45 °Lintang Utara/ Lintang Selatan. Sedangkan pada akhir siklus sunspot muncul di sekitar ekuator. J.K. William, (1978). Pada tengah siklus, tampak sebaran sunspot sangat padat. ini menyatakan bahwa banyak grup sunspot baru yang menyebabkan bilangan sunspot naik pada puncak siklus. David H, Hathaway, (2015). Selama berevolusi grup sunspot, mengalami rotasi diferensial yaitu

pergerakan posisi lintang menuju ekuator untuk sunspot di lintang rendah, dan bergerak menjauh ekuator untuk sunspot di lintang tinggi, Lucio Paterno (2010).



Gambar 1. Diagram kupu-kupu dan interior, permukaan dan atmosfer Matahari

Sumber: [www.solarsystemcentral.com/sunspot\\_cycles\\_page.html](http://www.solarsystemcentral.com/sunspot_cycles_page.html), <http://scied.ucar.edu/sun-features-regions>

Berdasarkan teori rotasi diferensial, dalam penelitian ini akan dilakukan analisis asimetri vektor pergerakan grup-grup sunspot di belahan utara dan selatan Matahari.

## 2. METODA PENELITIAN

Vektor adalah besaran fisika yang memiliki nilai dan arah, Secara geometris vektor digambarkan sebagai ruas garis berarah, dengan panjang ruas garis dinyatakan nilai vektor dan ruas garis yang mengapit sudut  $\theta$  dengan sumbu X dinyatakan arah vektor. Pergerakan posisi sunspot dinyatakan sebagai nilai vektor, sedangkan sudut kemiringan atau selisih posisi sunspot (derajat lintang,  $^{\circ}L$ ) dinyatakan sebagai arah vektor. Perpidahan posisi grup sunspot diwakili oleh satu titik yang ditulis dalam ( $^{\circ}B$ ,  $^{\circ}L$ ), lihat Tabel 1. Titik ini ditentukan berdasarkan posisi titik berat dari luasan grup sunspot tersebut.

Hasil sampling grup sunspot yang mampu berevolusi lebih dari 4 hari amatan pada siklus ke 23 diperoleh 216 data grup sunspot di belahan utara dan 163 data grup sunspot di belahan selatan. Pada interval  $0 - 40^{\circ}L$  di belahan utara maupun selatan Matahari dibagi menjadi 8 zona, N Widodo, (2008). Selanjutnya agar diperoleh informasi kecepatan rotasi diferensial yang lengkap, maka setiap zona akan dilakukan sampling data grup sunspot

Tahapan pembangunan vektor kecepatan rata-rata sunspot sebagai berikut

1. Identifikasi nomer grup, kelas, posisi sunspot selama evolusi
2. Hitung rata-rata kecepatan sunspot (bujur/hari)
3. Hitung arah gerak vektor sunspot (lintang/hari)
4. Hitung semua vektor dari grup sunspot setiap zona di belahan utara.
5. Hitung semua vektor dari grup sunspot setiap zona di belahan selatan.
6. Hitung rata-rata vektor dari grup sunspot di setiap zona Matahari.

Jika vektor  $\vec{R}_1$  adalah pergerakan posisi sunspot hari pertama ( $\Delta B_1, \Delta L_1$ ), dan  $\Delta B_1 = B_0 - B_1$ ,  $\Delta L_1 = L_0 - L_1$  dan seterusnya, maka vektor resultan  $\vec{R}_{total}$  dituliskan

$$\vec{R}_{total} = (\vec{R}_1 + \vec{R}_2 + \dots + \vec{R}_n) \tag{1}$$

dan vektor rata-rata  $\vec{R}_{rerata}$  dituliskan

$$\vec{R}_{rerata} = \vec{R}_{total}/n \tag{2}$$

Dimana, n = jumlah hari amatan dikurangi 1.

$B_0$  = Posisi sunspot ( $^{\circ}B$ ) hari pertama evolusi

$B_1$  = Posisi sunspot ( $^{\circ}B$ ) hari kedua evolusi

$L_0$  = Posisi sunspot ( $^{\circ}L$ ) hari pertama evolusi

$L_1$  = Posisi sunspot ( $^{\circ}L$ ) hari kedua evolusi

$\vec{R}_i$  = Vektor ke  $i$ .

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

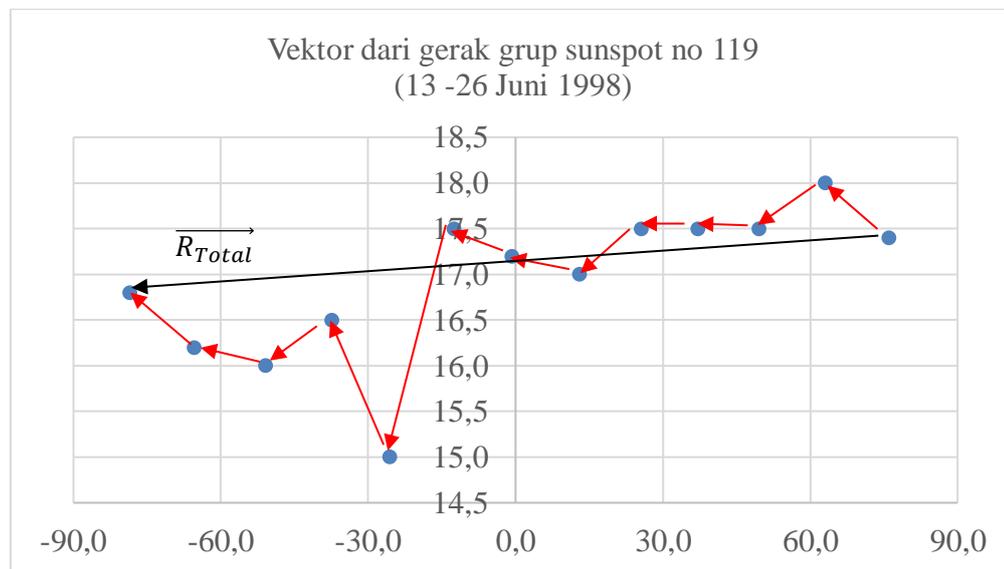
Contoh evolusi grup sunspot no 119 (13 – 26 Juni 1998), Tabel 1. Selama berevolusi formasi grup sunspot ini relatif stabil yaitu kelas dari J, H, C dan kembali ke H, N Widodo, (2011). *Kolom 2*, adalah nomer grup sunspot dari nomer urut pengamatan selama setahun. *Kolom 3*, kelas sunspot standar klasifikasi Zurich, *Kolom 4*, posisi titik berat grup sunspot (derajat bujur,  $^{\circ}B$ ). *Kolom 5*, selisih posisi sunspot ( $^{\circ}B$ ). Kolom 6, Posisi titik berat grup sunspot (derajat lintang,  $^{\circ}L$ ) dan kolom 7, selisih posisi sunspot ( $^{\circ}L$ ). Pada baris terakhir, dinyatakan nilai kecepatan rata-rata sunspot, posisi rata-rata sunspot ( $^{\circ}L$ ), dan rata-rata selisih arah pergerakan sunspot ( $^{\circ}L$ ).

Tabel 1. Contoh Grup sunspot no 119 berevolusi dari 13-26 juni 1998

Tanggal	No grup	Kelas	$^{\circ}B$	selisih	$^{\circ}L$	Selisih
13/6/98	119	2J	76,0		17,4	
14/6/98		2J	63,0	13,00	18,0	-0,60
15/6/98		3J	49,5	13,50	17,5	0,50
16/6/98		2J	37,0	12,50	17,5	0,00
17/6/98		10H	25,5	11,50	17,5	0,00
18/6/98		8H	13,0	12,50	17,0	0,50

Tanggal	No grup	Kelas	°B	selisih	°L	Selisih
19/6/98		5H	-0,8	13,80	17,2	-0,20
20/6/98		13H	-12,6	11,80	17,5	-0,30
21/6/98		36H	-25,7	13,10	15,0	2,50
22/6/98		23H	-37,4	11,70	16,5	-1,50
23/6/98		12B	-51,0	13,60	16,0	0,50
24/6/98		6C	-65,5	14,50	16,2	-0,20
25/6/98		4H	-78,6	13,10	16,8	-0,60
			Rata-2	<b>12,88</b>	<b>18,5</b>	<b>0,05</b>

Kolom 4 dan 6 merupakan pasangan posisi sunspot (°B, °L). Selanjutnya trayektori posisi grup sunspot saat berevolusi dari sisi Timur (kanan) ke Barat (kiri) dinyatakan sebagai vektor ke  $i$  seperti Gambar 1.



Gambar 1. Trayektori evolusi grup sunspot no 119 dari tanggal 13 – 26 Juni 1998

Hasil perhitungan kecepatan rata-rata sunspot berotasi dari semua data sampling ditampilkan pada Tabel 2. Kolom1, zona 1 – 8 masing-masing mempunyai interval 5 °L. Kolom 2 dan 4, kecepatan rata-rata sunspot berotasi di semua zona di belahan utara dan selatan. Sedangkan kolom 3 dan 5. Arah pergerakan sunspot relatif mendekati atau menjauhi ekuator.

Kolom 7 (baris terakhir) bernilai *negatif* artinya sunspot bergerak relatif menjauhi ekuator, sebaliknya bernilai *positif* jika pergerakan sunspot relatif mendekati ekuator, untuk sunspot di belahan utara Matahari. Sebaliknya untuk sunspot di belahan selatan Matahari, jika rata-rata selisih bernilai *negatif*, maka

sunspot relatif bergerak mendekati ekuator. Sedangkan jika rata-rata selisih bernilai *positif*, maka sunspot bergerak menjauhi ekuator.

Tabel 2. Besar dan arah vektor grup sunspot di setiap zona saat berotasi

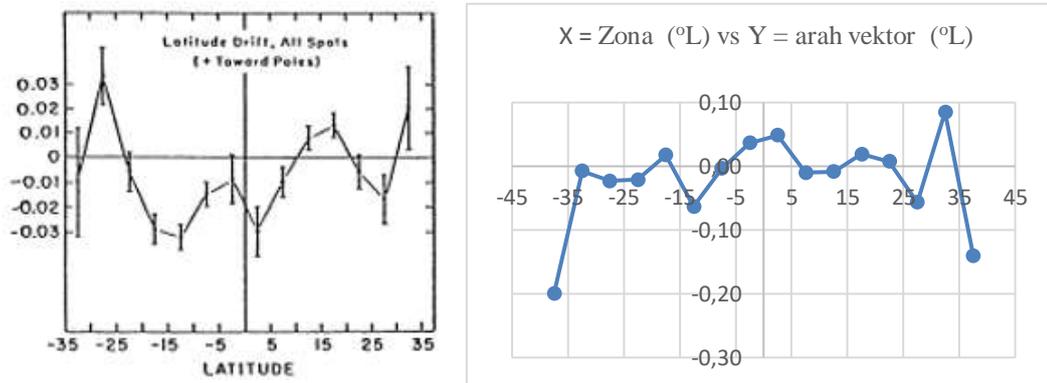
Zona	Utara		Selatan	
	Kecepatan °B/hari	arah °L	Kecepatan °B/hari	arah °L
0 - 5.0	13,53	0,05	13,3	0,04
5.0 - 10,0	13,22	-0,01	13,22	0,00
10.0 - 15.0	13,05	-0,01	13,21	-0,06
15.0 - 20.0	12,86	0,02	13,01	0,02
20.0 - 25.0	12,69	0,01	12,78	-0,02
25.0 - 30.0	12,49	-0,06	12,63	-0,02
30.0 - 35.0	12,21	0,09	12,5	-0,01
35.0 - 40.0	11,39	-0,14	12,5	-0,20

Belahan utara Matahari, pada Tabel 2 kolom 2, terdapat penurunan kecepatan rotasi sesuai dengan penambahan zona (ketinggian lintang), misalnya zona 1 (0,0 – 5,0 °L) kecepatan 13,53 °B/hari atau diperlukan 26,60 hari untuk 1 kali rotasi (belahan utara). Zona 8, kecepatan sunspot berotasi sebesar 11,39 °B/hari atau 31,61 hari untuk 1 kali rotasi. Pada Tabel 2 kolom 3 merupakan sudut kemiringan vektor. Jika bernilai negatif menyatakan bahwa sunspot bergerak relatif menjauhi ekuator. Sebaliknya jika bernilai positif menyatakan bahwa sunspot bergerak relatif mendekati ekuator.

Belahan selatan Matahari, Tabel 2, kolom 4 (sunspot di zona 1) mempunyai kecepatan rata-rata sunspot berotasi sebesar 13,30 °B/hari atau diperlukan 27,07 hari untuk 1 kali rotasi. Sedangkan pada zona 8, kecepatan rata-rata sunspot berotasi 12,5 °B/hari atau diperlukan 28,8 hari untuk 1 kali rotasi.

Poljancic Beljan dkk (2014) dari stasiun pengamatan matahari di Kanzelhohe Kroatia melakukan analisis rotasi diferensial matahari dari evolusi sunspot pada siklus ke 22. Dari hasil penelitiannya diperoleh kecepatan rotasi di semua zona antara 8 – 18 °Bujur/ hari. Sedangkan pergerakan sunspot pada arah lintang dinyatakan dalam Gambar 2 kiri. Di ekuator, sunspot dengan kecepatan rotasi rata-rata sebesar 24.47 hari untuk 1 kali rotasi.

Gambar 2 kanan, proyeksi Tabel 2 kolom 3 dan 5, hasil amatan rotasi diferensial dari grup-grup sunspot siklus 23 di LAPAN BPAA Pasuruan. Sumbu x positif untuk 8 zona utara dan sumbu x negatif untuk 8 zona selatan, sedangkan sumbu Y menyatakan arah gerak relatif sunspot menjauhi atau mendekati ekuator.



Sumber : The Sun’s Diferential Rotation, Stix, M (1989)

Gambar 2. Rata-rata gerak sunspot pada semua zona. *Kiri*, diamati di Stasiun Mt, Wilson 1917-1983. *Kanan*, diamati di LAPAN BPAA Pasuruan 1997 – 2008.

Belahan selatan Matahari, Tabel 2, kolom 4 (sunspot di zona 1) mempunyai kecepatan rata-rata sunspot berotasi sebesar 13,30 °B/hari atau diperlukan 27,07 hari untuk 1 kali rotasi. Sedangkan pada zona 8, kecepatan rata-rata sunspot berotasi 12,5 °B/hari atau diperlukan 28,8 hari untuk 1 kali rotasi.

Poljancic Beljan dkk (2014) dari stasiun pengamatan matahari di Kanzelhohe Kroatia melakukan analisis rotasi diferensial matahari dari evolusi sunspot pada siklus ke 22. Dari hasil penelitiannya diperoleh kecepatan rotasi di semua zona antara 8 – 18 °Bujur/ hari. Sedangkan pergerakan sunspot pada arah lintang dinyatakan dalam Gambar 2 kiri. Di ekuator, sunspot dengan kecepatan rotasi rata-rata sebesar 24.47 hari untuk 1 kali rotasi.

Gambar 2. Kanan, contoh zona 8 (35 – 40 °LS) di belahan Selatan arah vektor menunjukkan -0,20 atau 0,20 derajat sudut yang diapit oleh garis vektor terhadap sumbu X bernilai *negatif*, artinya sunspot relatif bergerak *mendekati* ekuator. Sedangkan pada zona 8 ((35 – 40 °LU) di belahan Selatan arah vektor menunjukkan -0,14 atau 0,14 derajat sudut yang diapit oleh arah vektor terhadap sumbu X bernilai *negatif*, artinya sunspot relatif bergerak *menjauhi* ekuator.

Hasil contoh pertama bertentangan dengan Lucio Paterno (2010), sedangkan pernyataan kedua ini mendukung pernyataannya bahwa sunspot di lintang tinggi akan bergerak menjauhi ekuator.

Belahan utara, pada zona 1, 2, 3, 4 dan 6 ini, grup-grup sunspot cenderung bergerak mendekati ekuator, sedangkan yang lain bergerak relatif menjauhi ekuator. Belahan Selatan, pada 2, 3, 5, 6, 7 dan 8 terdapat grup-grup sunspot cenderung bergerak mendekati ekuator, lihat Gambar 2, kanan. Tampak pergerakan grup sunspot dalam arah vektor pada semua zona di belahan utara dan selatan tidak simetris.

#### 4. SIMPULAN

Kecepatan gerak grup-grup sunspot di lintang tinggi relatif lebih lambat dibanding di lintang rendah. Pernyataan tersebut didukung dalam teori bahwa kerapatan medan magnet di lintang rendah relatif lebih renggang dibandingkan di lintang tinggi. Dengan kerapatan medan magnet besar memberi peluang gerak sunspot menjadi lebih lambat.

Distribusi jumlah dan posisi sunspot di utara dan selatan matahari yang tidak simetris memberi peluang bahwa kecepatan gerak sunspot yang ditunjukkan oleh nilai dan arah vektor di setiap zona juga tidak simetris.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- David H, Hathaway (2015): The Solar Cycle, *Living. Rev. Solar. Phys.* **12**, 2015, 4, DOI.10.1007/lrsp-2015-4
- Derek A. Lamb: Measurements of Solar Differential Rotation and Meridional Circulation from Tracking of Photospheric Magnetic Features, *The Astrophysical Journal*, 836: 10 (11pp), 2017 February 10.
- J.K. William, (1978): *Exploration of the solar system*. Mac Millan Publishing Co. Inc, NewYork
- Lucio Paterno, 2010: the solar differential rotation: a historical view, *Astrophys Space Sci* (2010) 328: 269–277, DOI 10.1007/s10509-009-0218-0
- N. Widodo: (2008), Pemodelan kurva rotasi diferensial surya dari sunspot di belahan utara matahari siklus ke 22, LAPAN SPD Watukosek, *Prosiding Seminar Nasional Matematika IV*, Jurusan Matematika FMIPA ITS Surabaya, 13 Desember 2008, hal 131 – 139. ISBN 978-979-96152.
- N. Widodo: (2011), Assimetri pergerakan grup-grup sunspot di lintang utara dan selatan matahari pada siklus ke 22., *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng & DIY*, hal 107-110, ISSN 0853-0823, di UNSOED Purwokerto 9 April 2011.
- Poljancic Beljan et. Al.(2014), An Analysis of The Solar Differential Rotation from The KanzelHoeh Sunspot Drawings, *Cent. Eur. Astrophys. Bull.* **38** (2014) 2, 87 – 93. ISSN 1845 - 8319
- Stix, M.(1989): The Sun's Differential Rotation, *Reviews in Modern Astronomy*, v. 2, (1989), p 248 – 266. SAO/ NASA Astrophysics Data System (ADS)
- Solar Rotation*, diakses dari <http://scied.ucar.edu/sun-features-regions>
- Sunspot cycles*, diakses dari [www.solarsystemcentral.com/sunspot\\_cycles\\_page.html](http://www.solarsystemcentral.com/sunspot_cycles_page.html)