

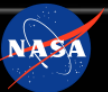


# MENGENAL MATAHARI DAN CUACA ANTARIKSA

Dhani Herdiwijaya

KK Astronomi &  
Observatorium Bosscha,  
FMIPA-ITB

[dhani@itb.ac.id](mailto:dhani@itb.ac.id)



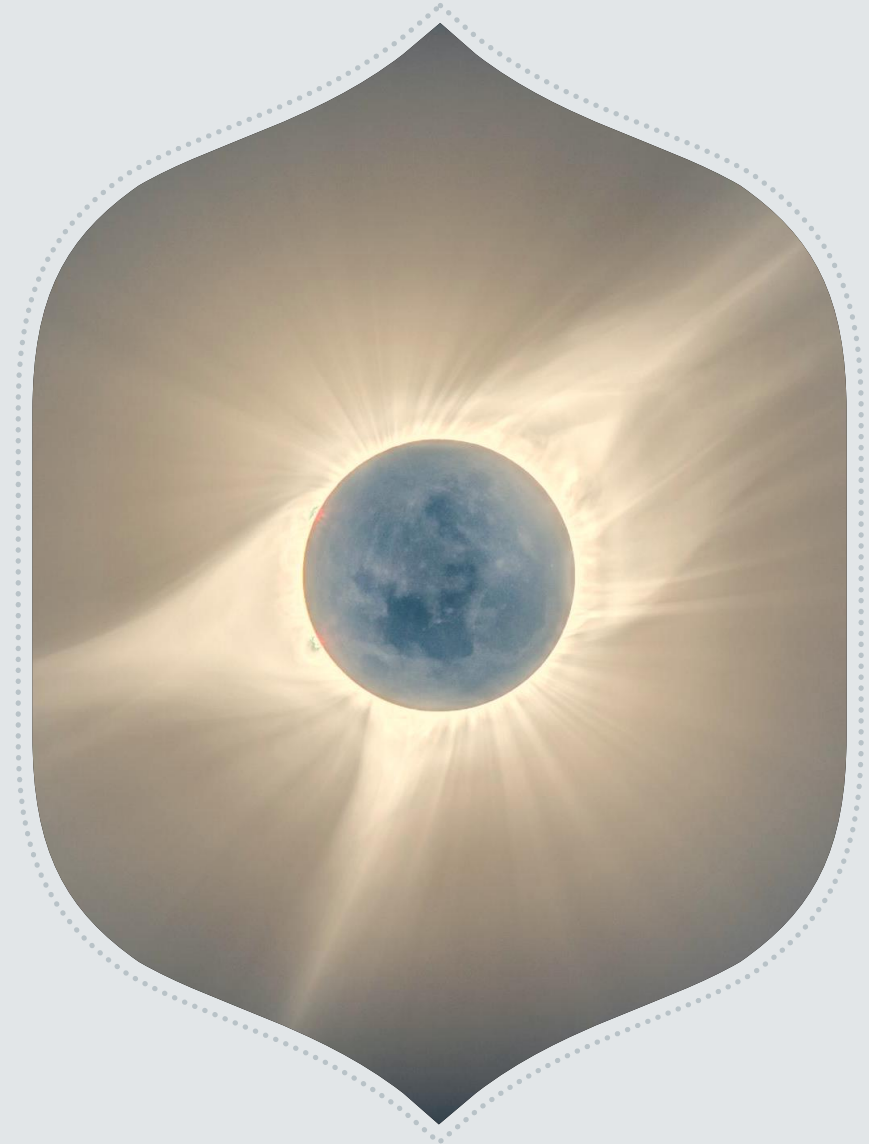


### Interior dan Atmosfer Matahari

- Fotosfer
- Kromosfer
- Korona

### Cuaca Antariksa

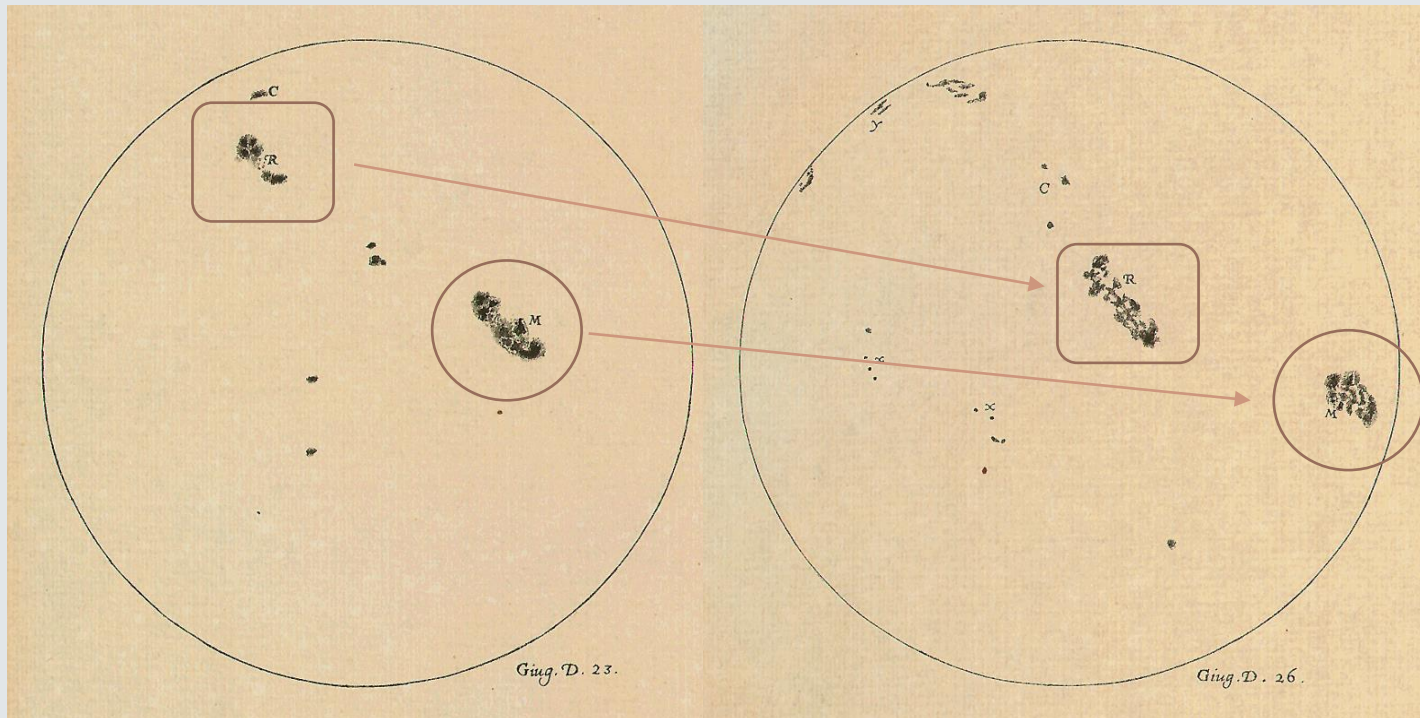
# Bahan Diskusi





# Pengamatan Matahari: Rotasi dan Bintik Matahari

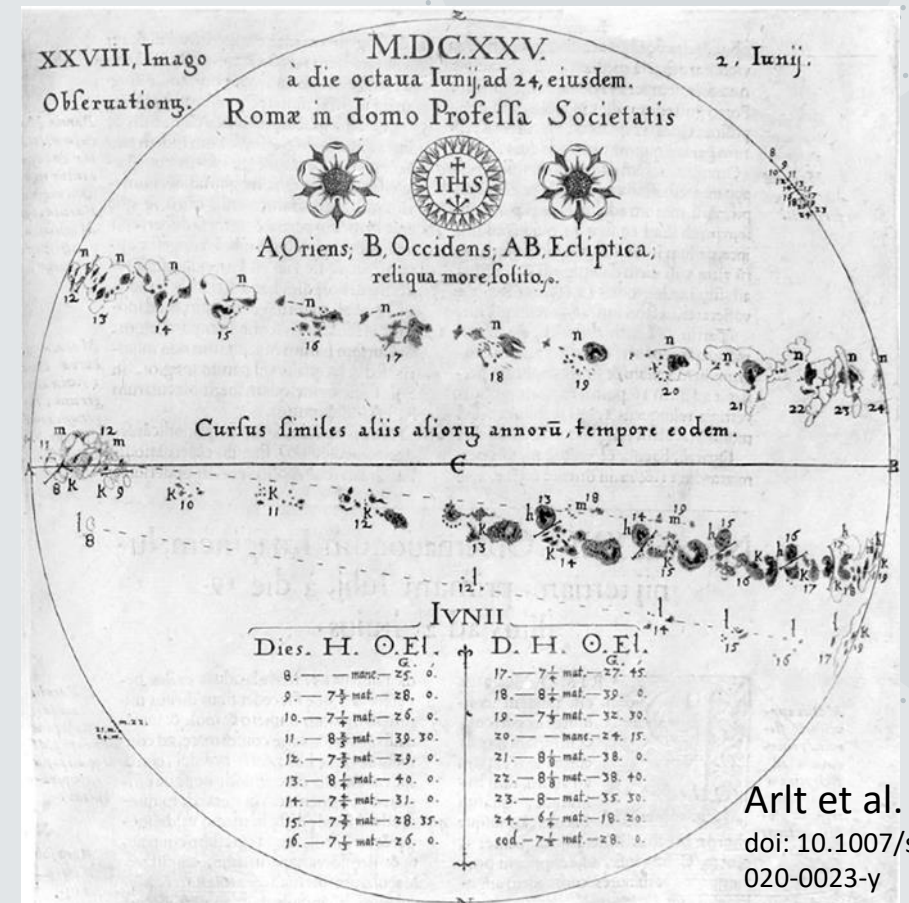
Galileo Galilei



23 Juni 1613

26 Juni 1613

8-24 Juni 1625 oleh Scheiner

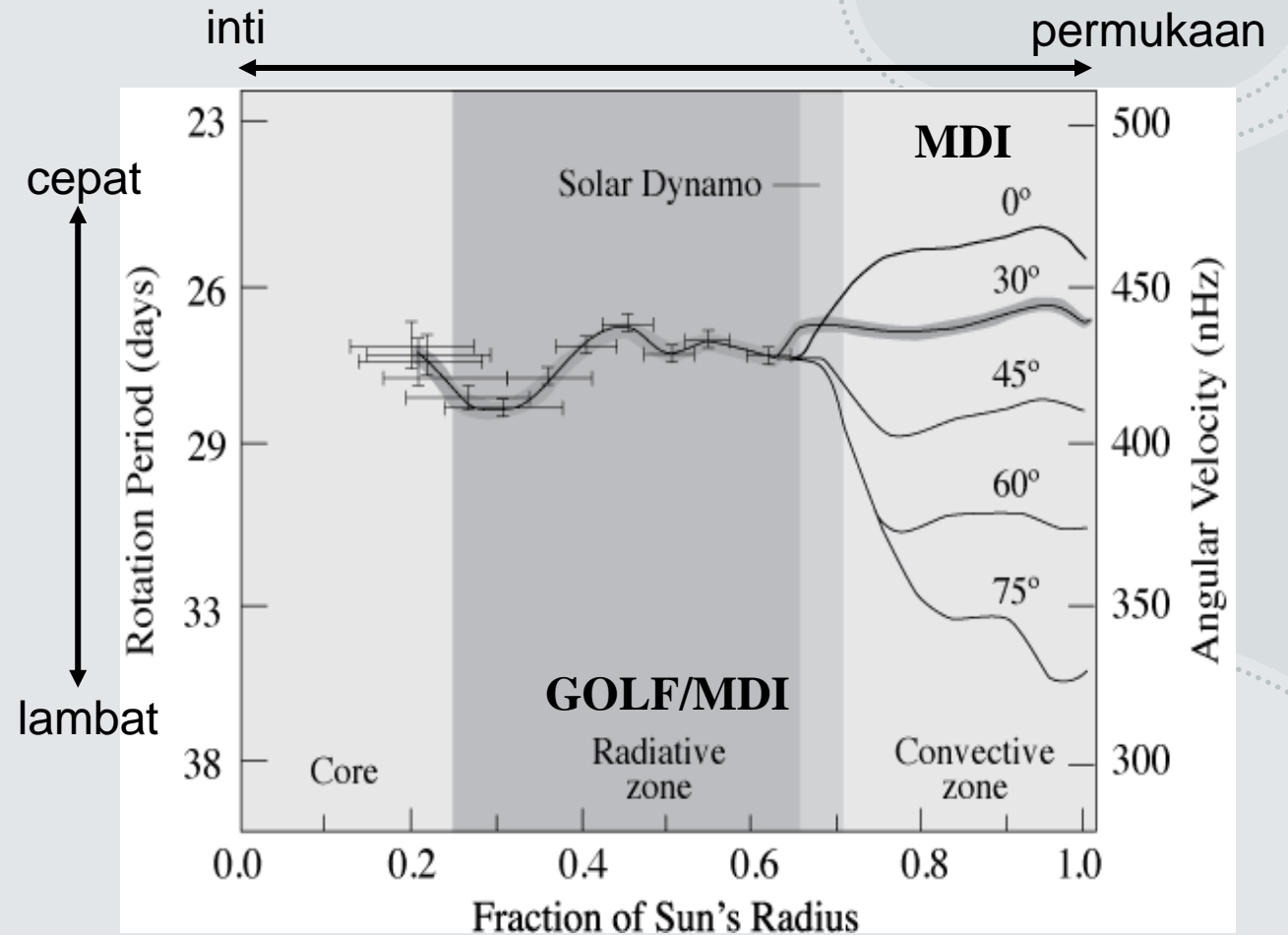
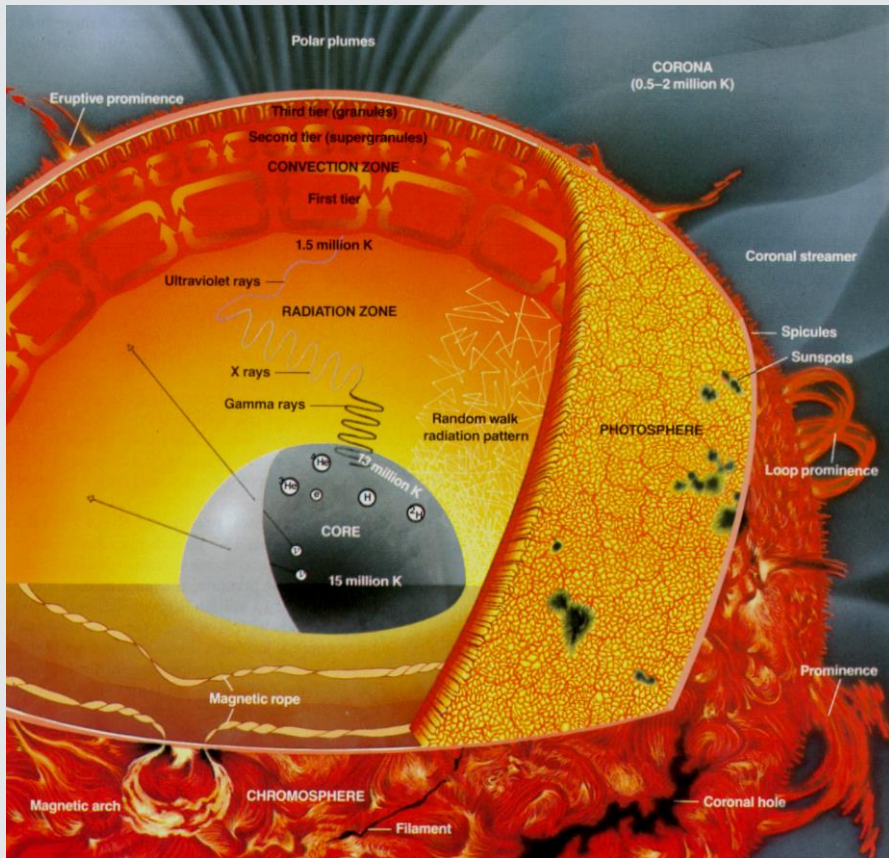


Arlt et al. 2020  
doi: 10.1007/s41116-020-0023-y

Evolusi kelompok bintik Matahari 8-24 Juni 1625 oleh Scheiner (1630). Fakula digambarkan sekitar bintik.

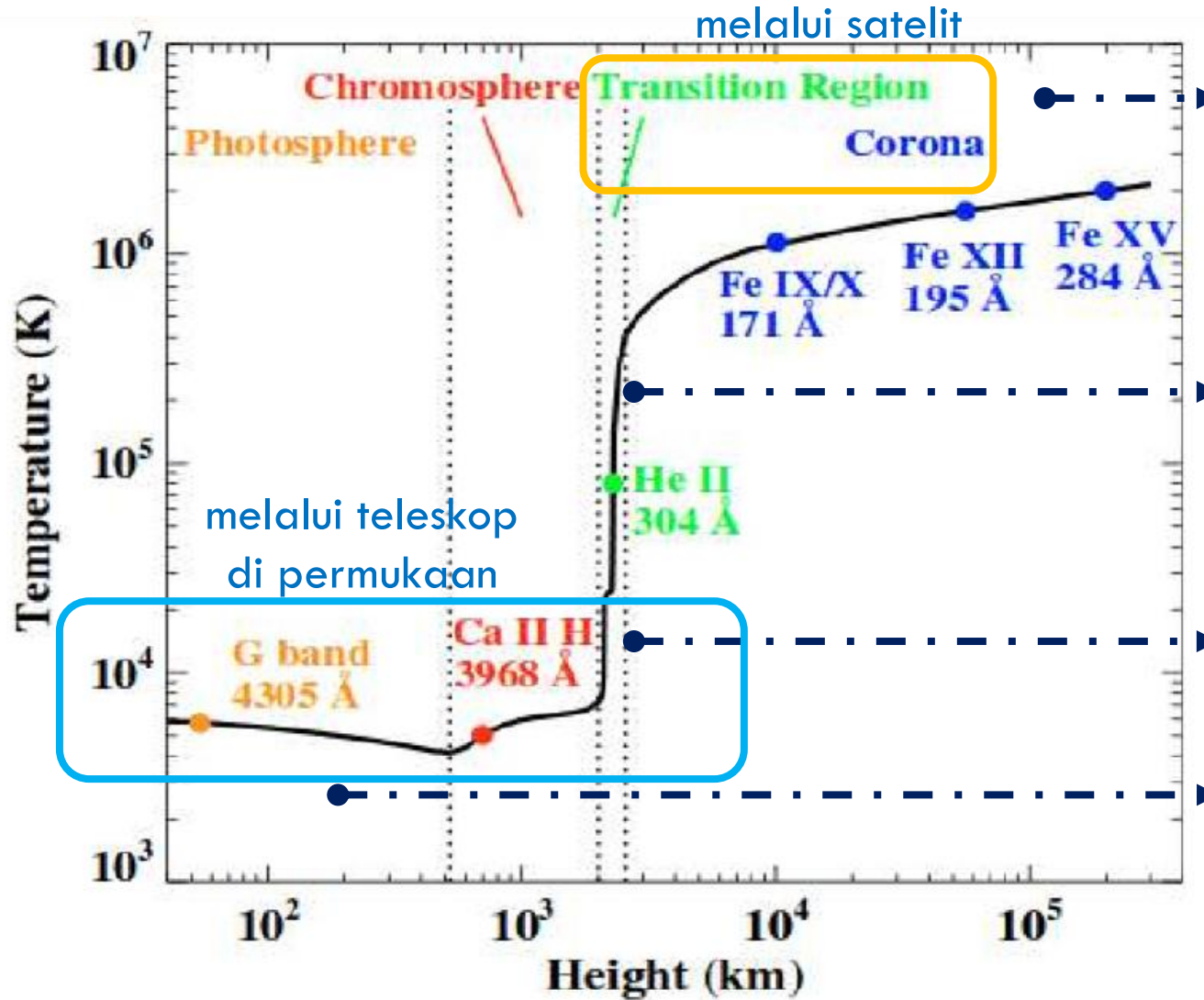
# STRUKTUR MATAHARI DAN INTERIOR

Interior: Terbagi dalam inti, lapisan radiatif dan lapisan konveksi



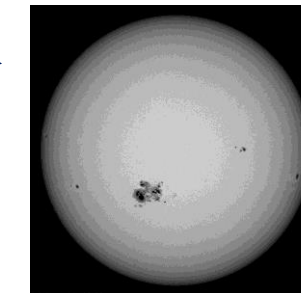
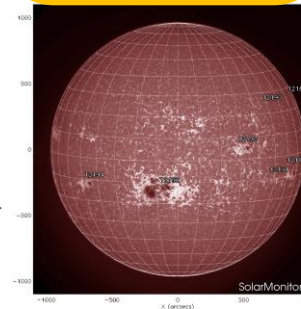
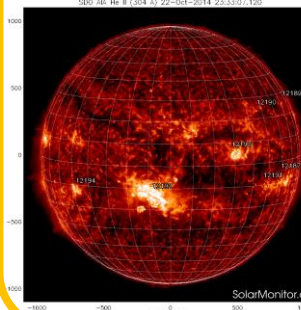
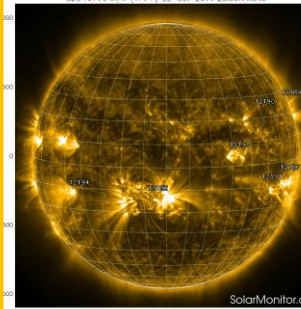


# ATMOSFER MATAHARI



Yang et al. (2009)

22 Oktober 2014



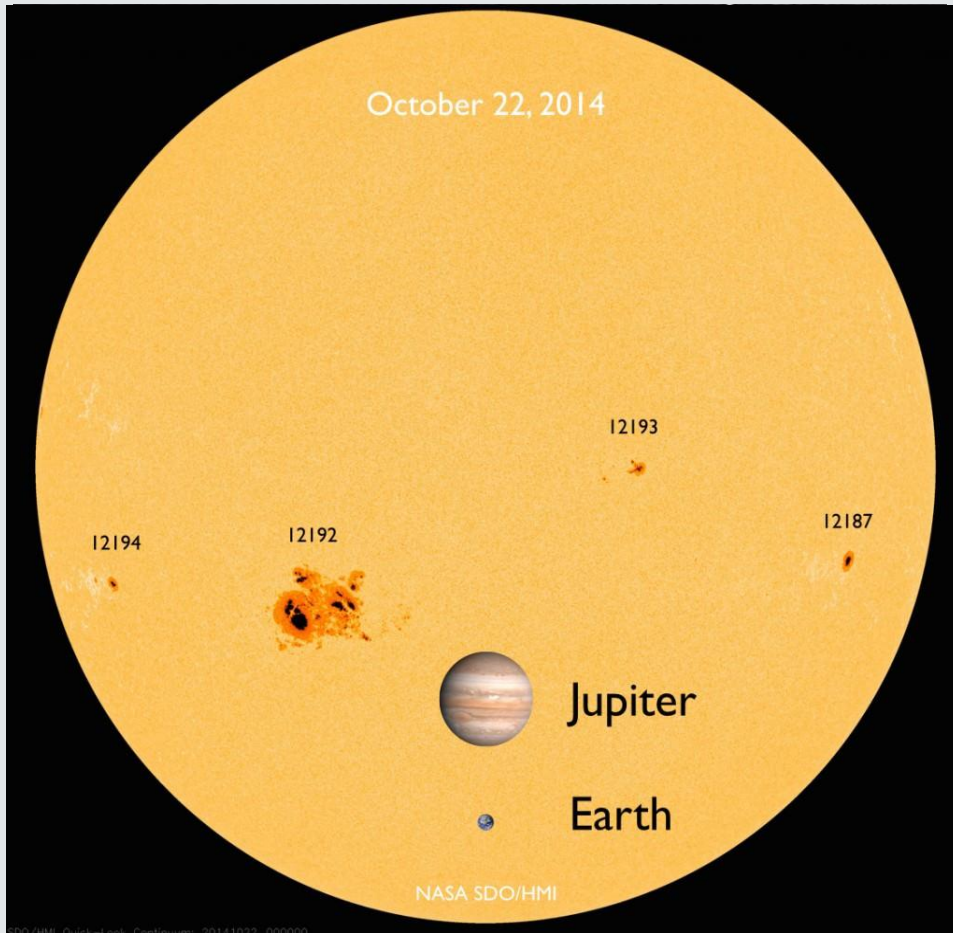
<https://solarmonitor.org/>

Terbagi dalam

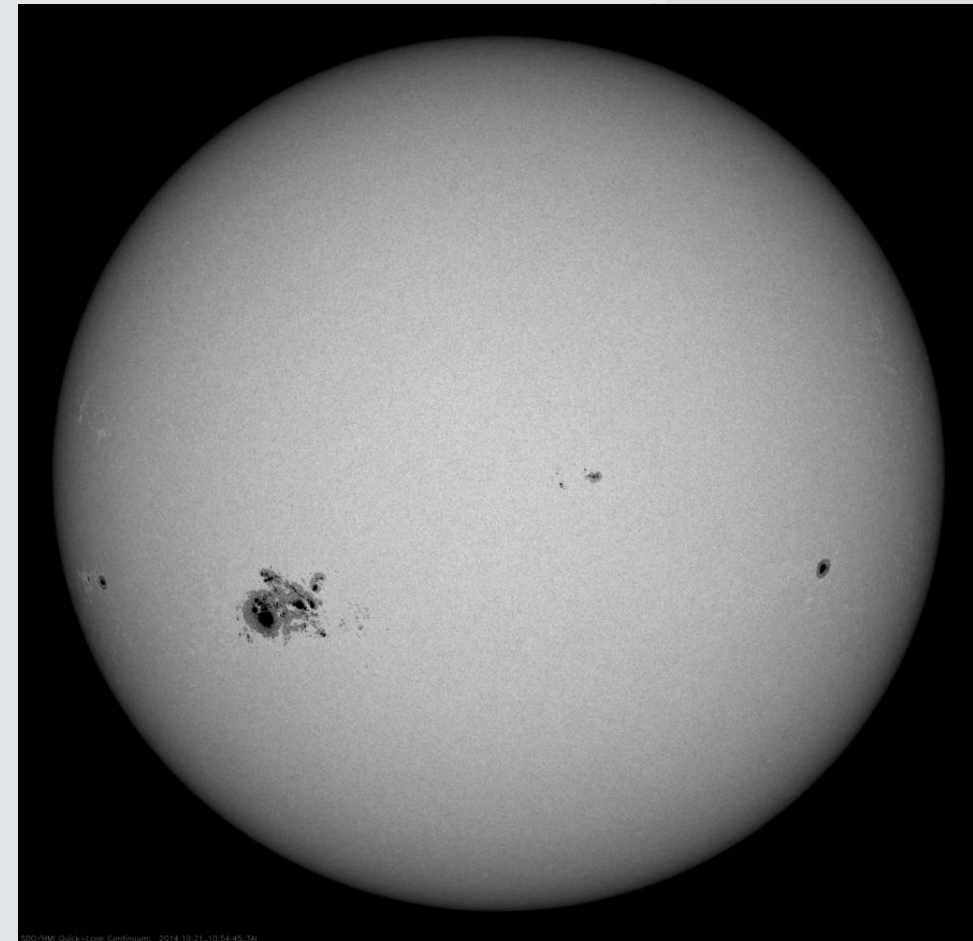
- Fotosfer,
- Kromosfer,
- Daerah transisi,
- Korona.

# Fotosfer

## CITRA BINTIK MATAHARI: AWAL DAN MODERN



**Hippolyte Fizeau dan Léon Foucault,  
2 April 1845. Fotografi pertama kali**

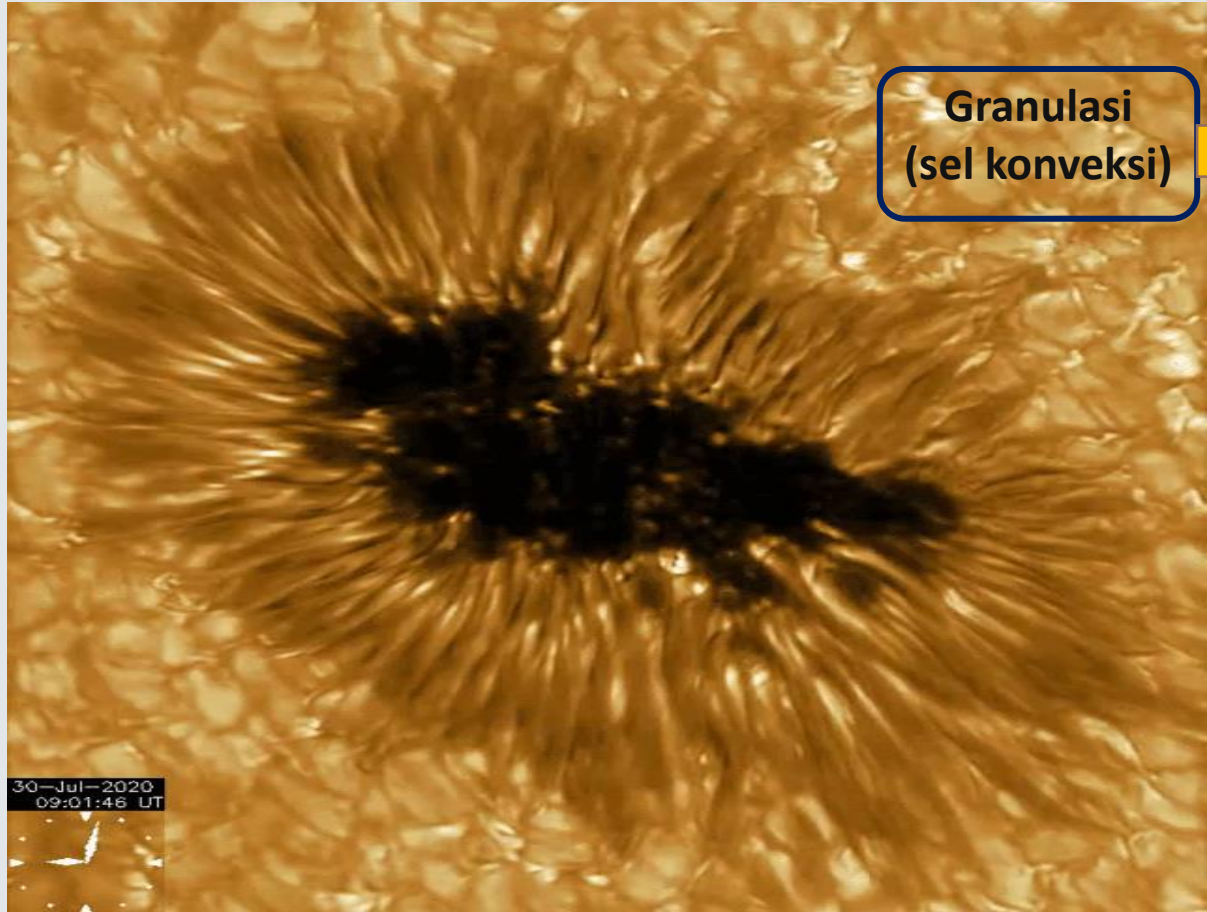


**SDO/HMI/Alex Young  
22 Oktober 2014  
AR12192 berukuran terbesar dalam Siklus ke-24**

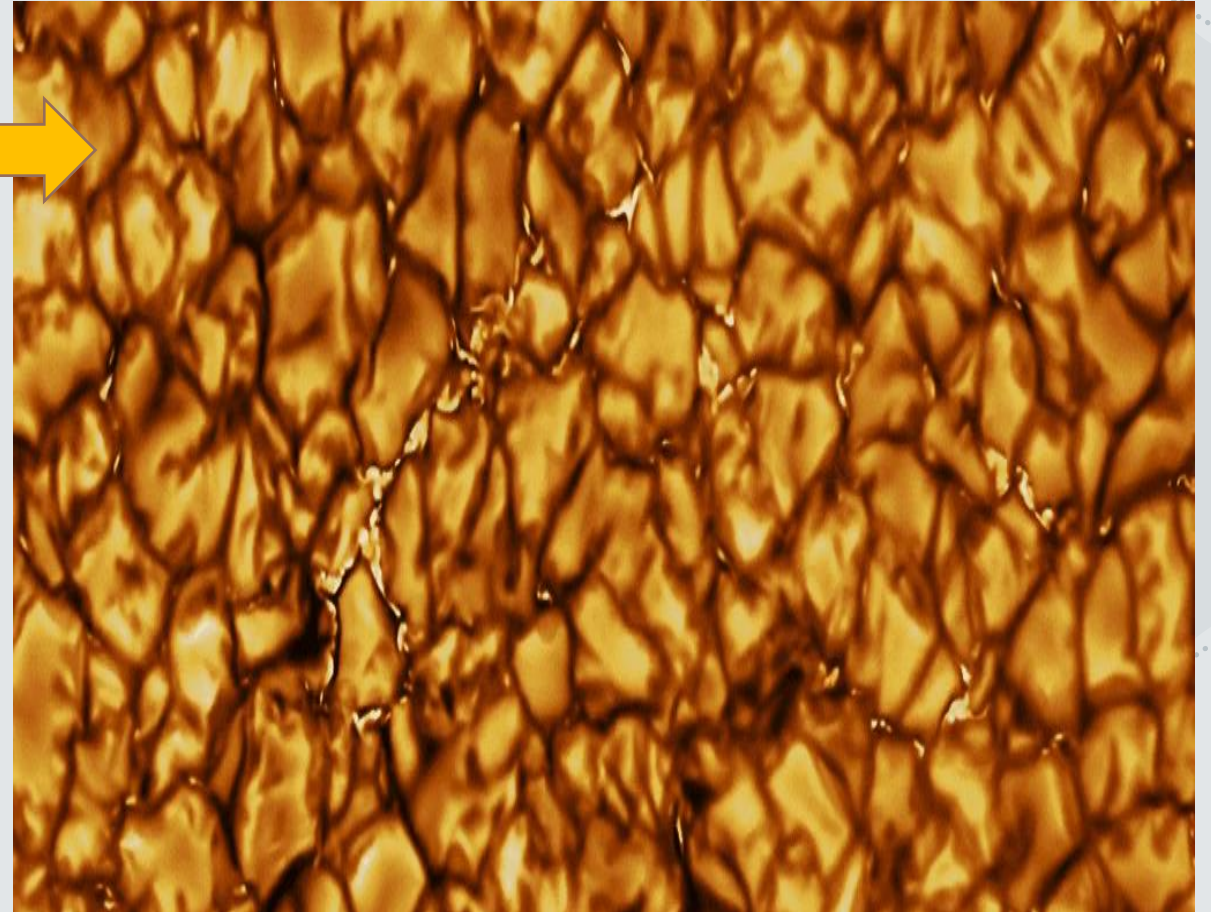


# Fotosfer

## Citra Bintang Matahari dan Granulasi



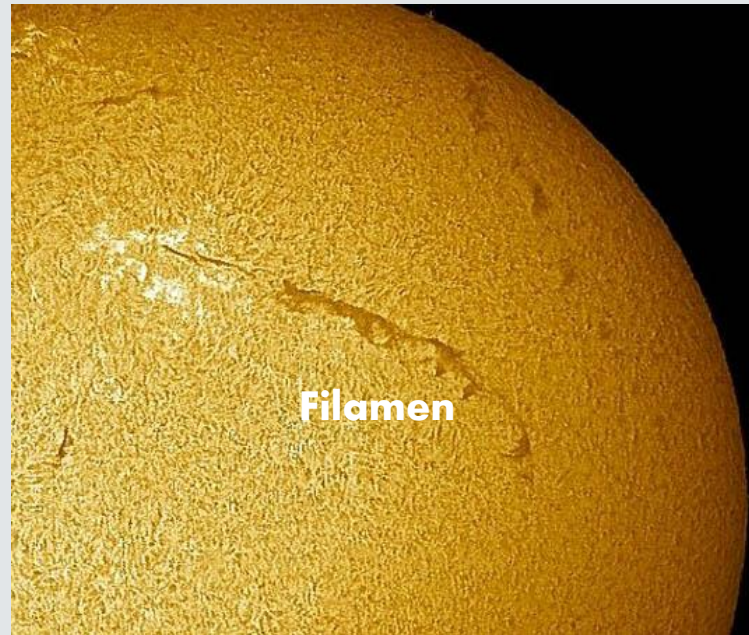
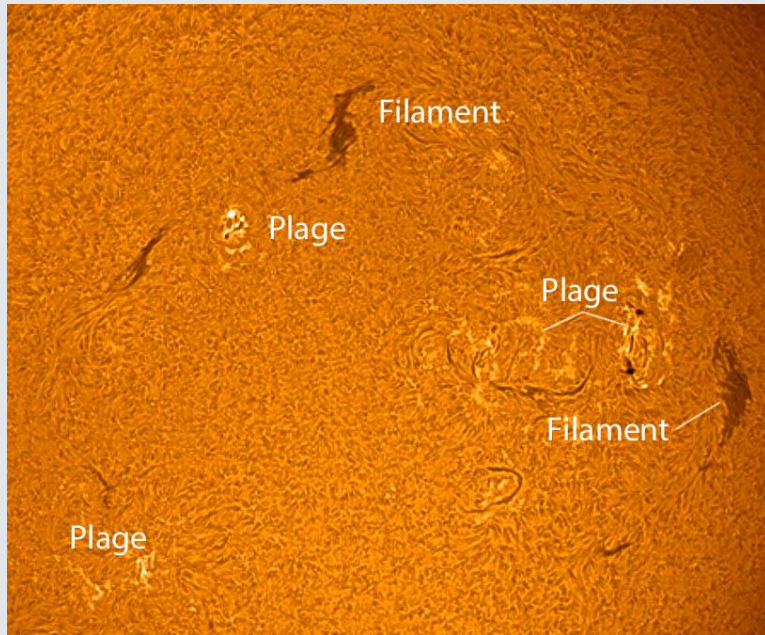
Teleskop 1.5m GREGOR, Teide Observatory,  
Spanyol. **Resolusi 50 km** pada 430nm.



Teleskop 4.2m Daniel K. Inouye Solar Telescope, Haleakala  
Observatory, Hawaii. **Resolusi 20-30 km** pada 380nm



# Kromosfer



<https://skyandtelescope.org/observing/guide-to-observing-the-sun-in-h-alpha092321050923/>

## Apa yang bisa dilihat dari Teleskop H-alpha?

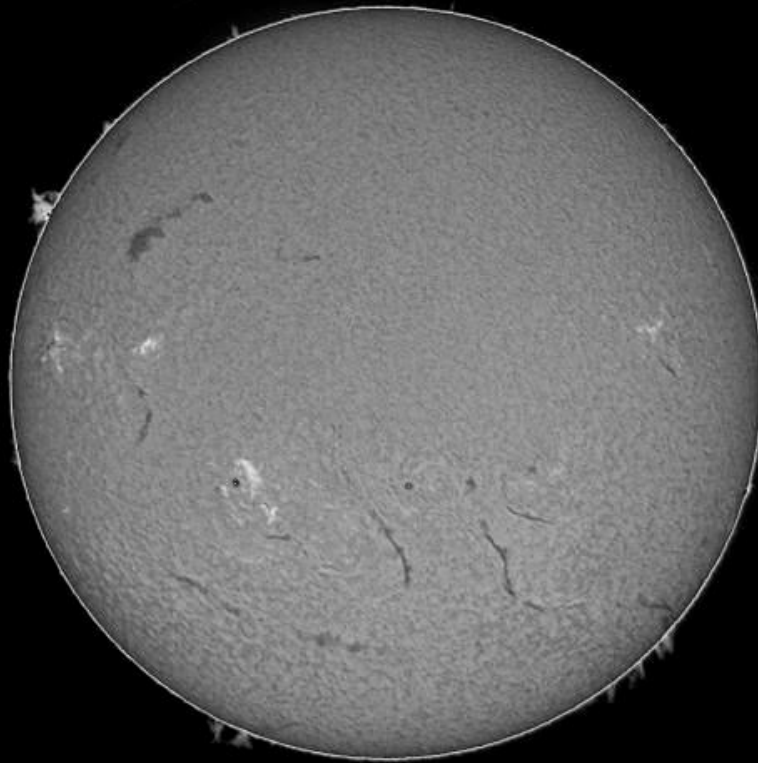
**Teleskop H-alpha mempunyai desain filter khusus di panjang gelombang H-alpha (656,3 nm). Fenomena aktivitas magnetik dan ledakan Matahari lebih mudah dilihat dalam H-alpha cerminan lapisan kromosfer.**



# Perbandingan Citra H-alpha / Kromosfer

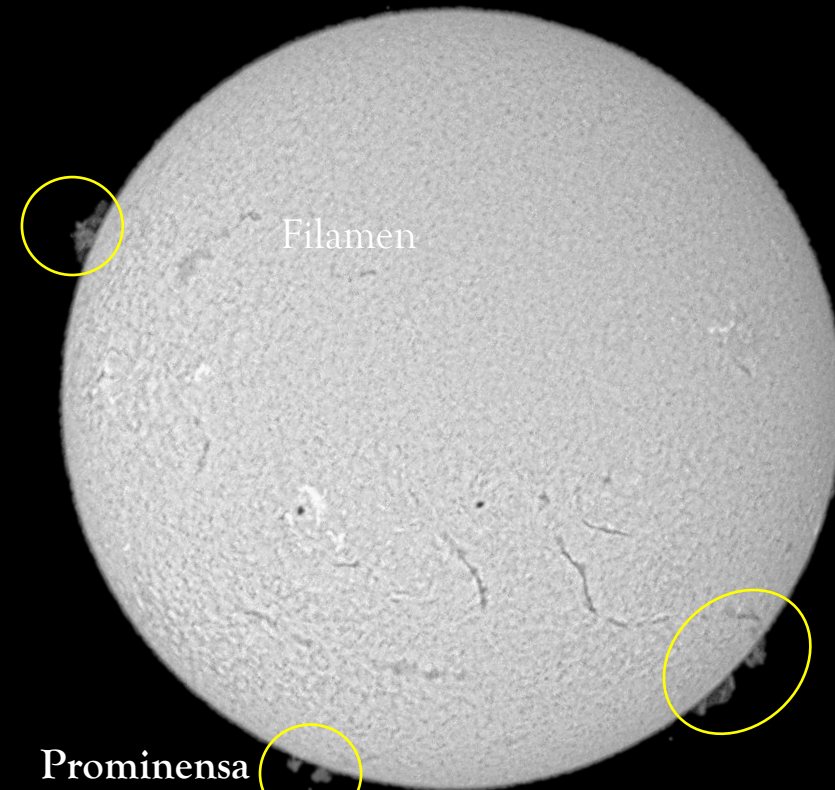
29 Oktober 2012 00:28 UT

Observatorium Learmonth (Australia)



H-alpha 0.5 A

Observatorium Bosscha

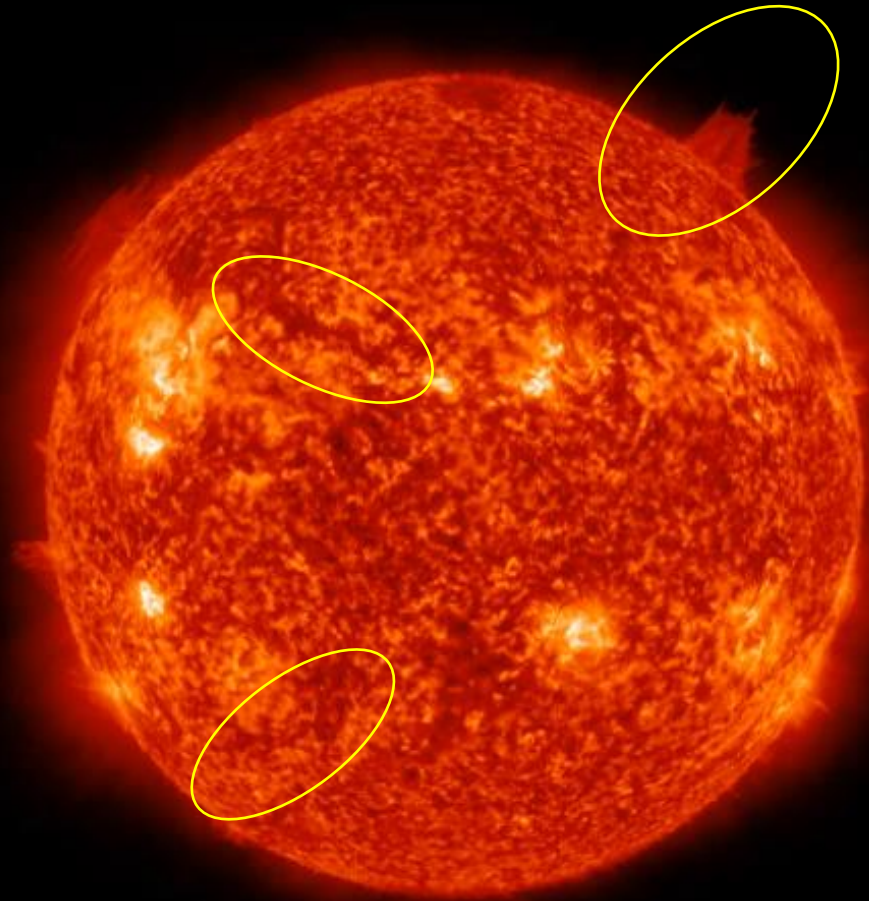


H-alpha 0.7 A

Teknik overlay  
untuk melihat  
prominensa  
(normal+over  
exposure).  
Lebar pita  
lebih sempit  
(0.5A), kontras  
sebanding  
dengan 0.7A.

# Erupsi Prominensa

13 Oktober 2011 01:07 UT



Satelit Solar Dynamic Observatory  
AIA He II (30.4 nm, Log T=4.7)  
Kromosfer atas, Daerah Transisi

2011-10-13 01:07:45 UT

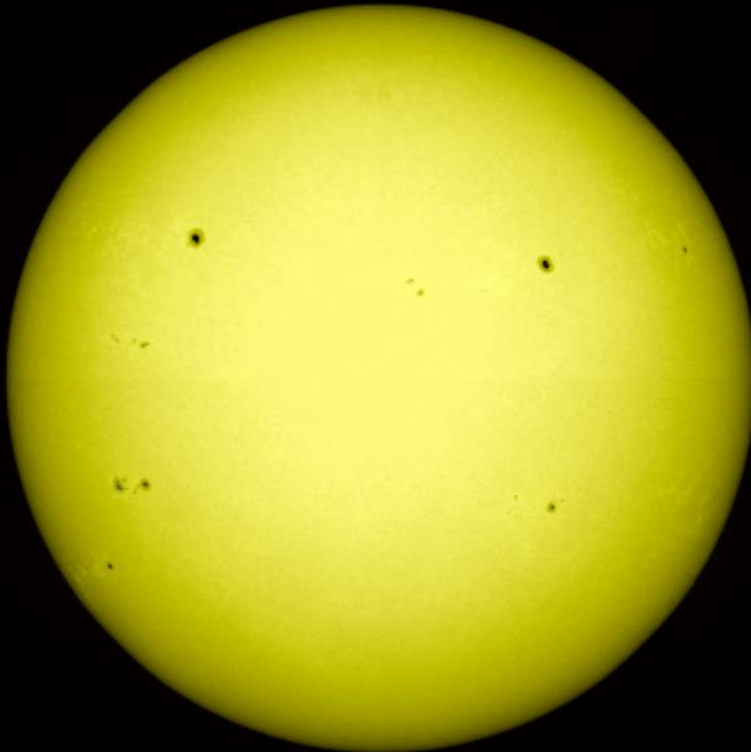


Observatorium Bosscha  
H-alpha (656,3nm)  
Kromosfer



# Citra Kromosfer

Citra fotosfer tidak melihat prominensa dan filamen.

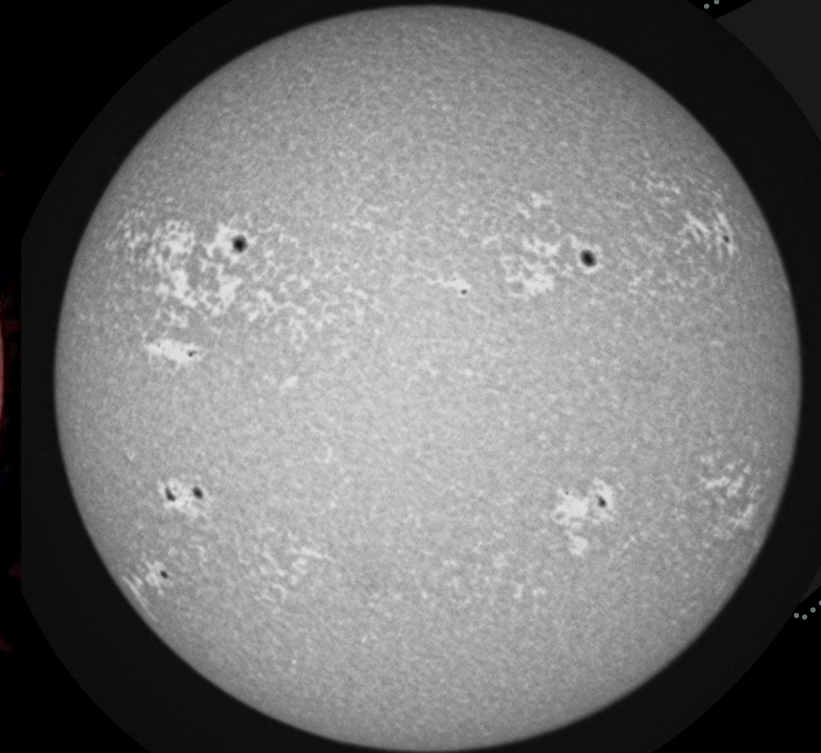


Satelit SDO AIA 450 nm  
2011-10-13 01:06:26 UT  
Fotosfer

Citra filter Ca II tidak melihat prominensa dan filamen.

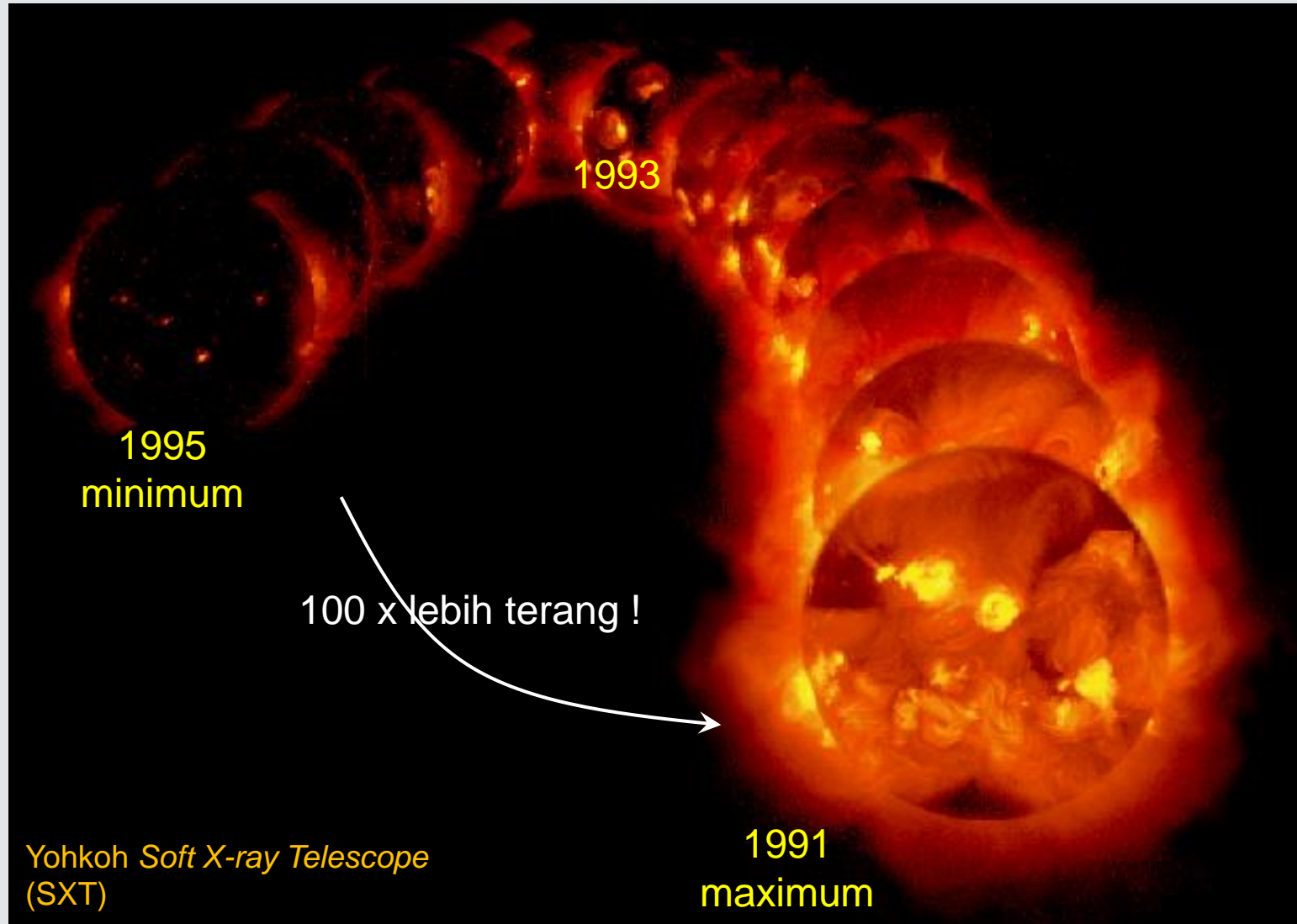


Satelit SDO AIA 170 nm  
2011-10-13 01:06:55 UT  
Kromosfer



Observatorium Bosscha, Ca II-K 394 nm  
2011-10-13 01:06:59 UT  
Kromosfer

# Korona: AKTIVITAS KORONA FUNGSI SIKLUS MATAHARI



Monitoring aktivitas di korona dilakukan oleh satelit.

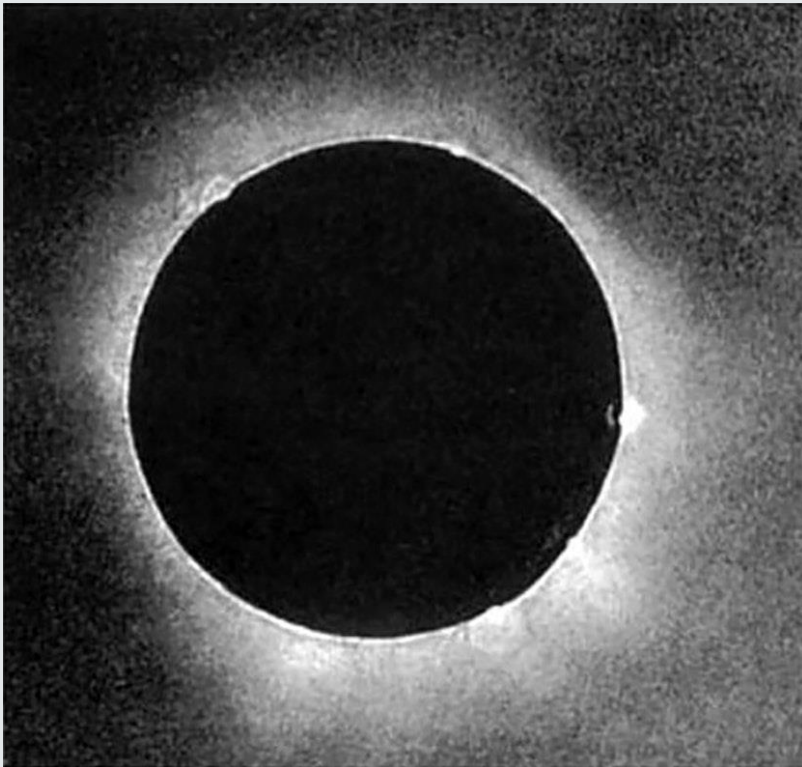
Emisi sinar-X  $\approx 1$  nm  
 $T \approx 2 \cdot 10^6$  K



# Korona

## GERHANA MATAHARI TOTAL

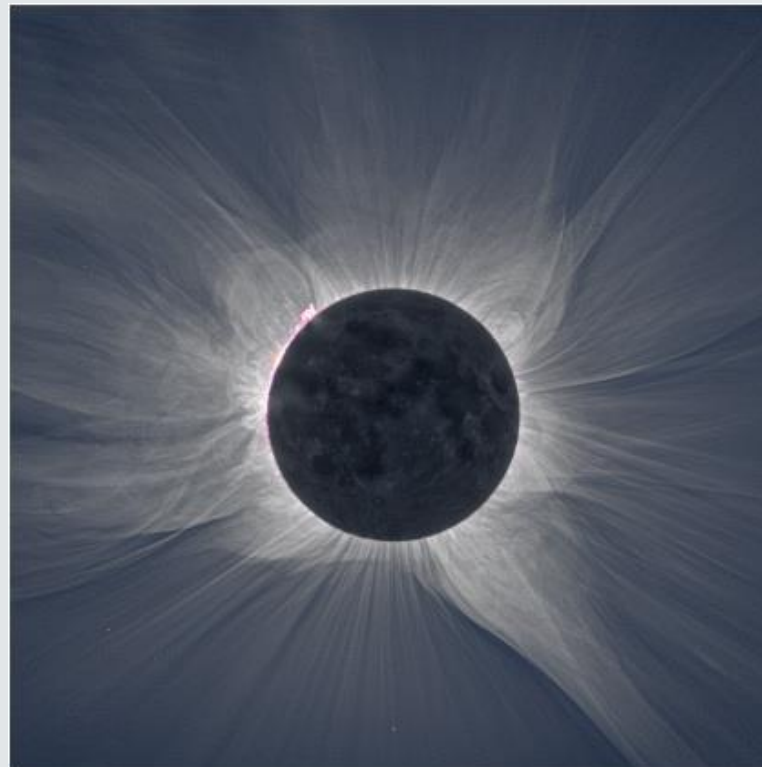
Gerhana Matahari Total  
28 Juli 1851



Johann Julius Friedrich Berkowski  
Fotografi GMT pertama kali

[https://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_eclipse\\_of\\_July\\_28,\\_1851](https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_eclipse_of_July_28,_1851)

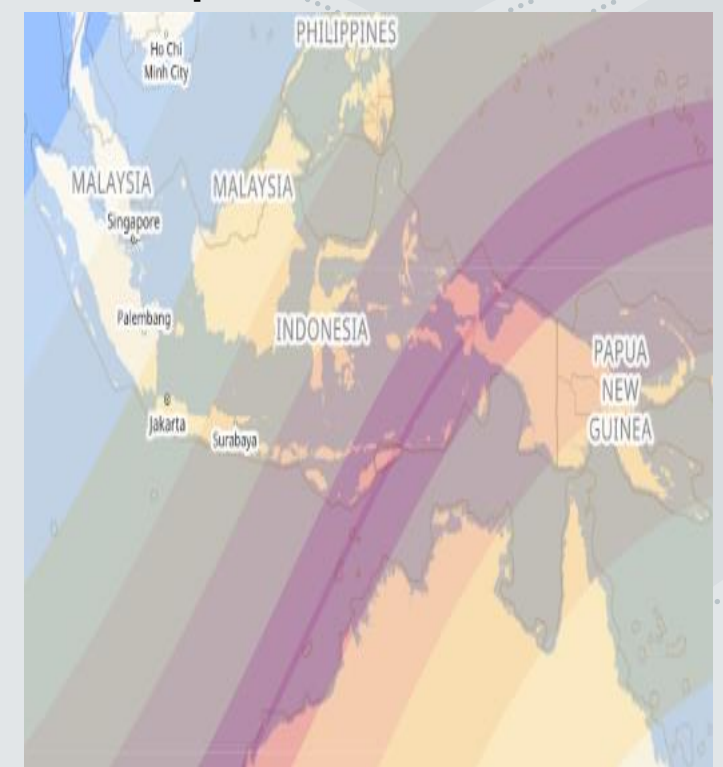
Gerhana Matahari Total  
9 Maret 2016, Indonesia



M. Druckmüller

<http://www.zam.fme.vutbr.cz/~druck/eclipse/Ecl2016i/0-info.htm>

Gerhana Matahari Total  
20 April 2023, Indonesia



GMT melewati Indonesia  
bagian Timur



# Cuaca Antariksa



# Cuaca Bumi dan Cuaca Antariksa

## Cuaca Bumi

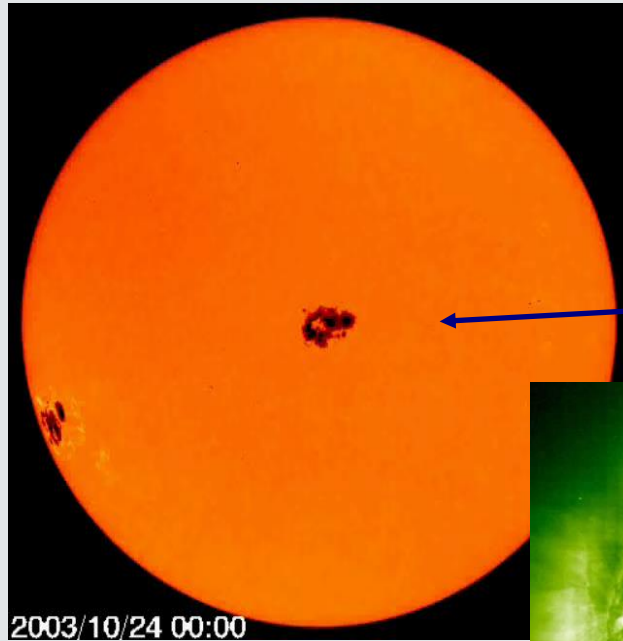
- a. Dinamika hidrometeorologi (banjir, longsor, angin ribut, dll.)
- b. Problema hidrodinamika
- c. Ketinggian:  $< 40$  km
- d. Skala waktu: detik-hari
- e. Dampak: manusia, infrastruktur darat, laut, udara
- f. Efek: lokal, regional

## Cuaca antariksa

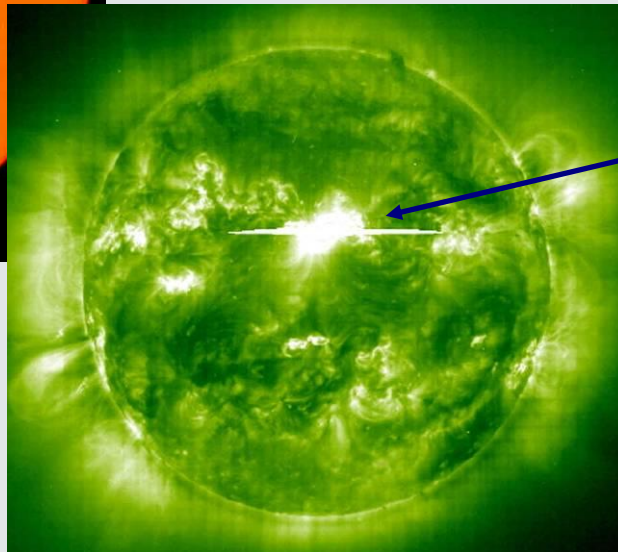
- a. Dinamika **plasma**, **magnetik** dan radiasi dari **aktivitas Matahari**.
- b. Problema magnetohidrodinamika
- c. Ketinggian:  $> 50$  km
- d. Skala waktu: detik-hari
- e. Dampak: manusia, infrastruktur darat, laut, udara, **antariksa**
- f. Efek: lokal, regional, **global**

**Cuaca di Bulan, Mars, Jupiter, Saturnus ... berbeda dengan cuaca Bumi dan dampak cuaca antariksanya**

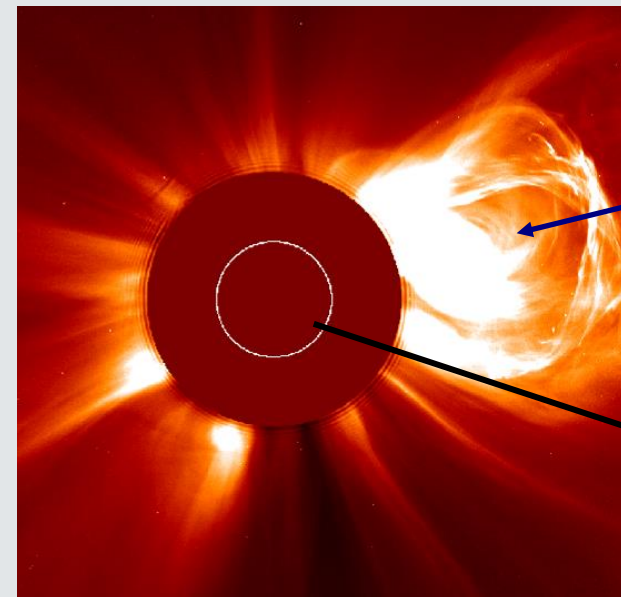
# Aktivitas Matahari: Sumber Variabilitas Cuaca Antariksa



1. Bintik Matahari – *Sunspot* (dalam visual)



2. Ledakan Matahari - *Solar flare*  
(dalam sinar-X)



3. Lontaran Massa Korona (LMK)–  
*Coronal mass ejection - CME*  
(dalam ultraviolet)

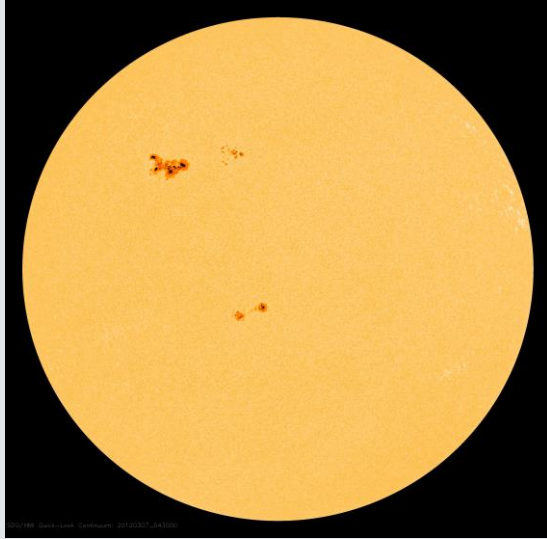
Piringan  
Matahari

Cuaca: fluktuasi jangka pendek dari partikel plasma (elektron, proton, ion) dan medan magnetik/arus listrik



# Ledakan Matahari 7 Maret 2012 (X5.4: 00:24 UT)

Observatorium Bosscha



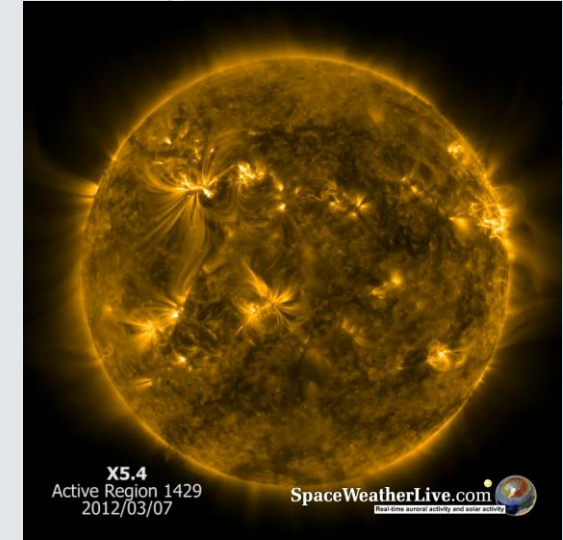
SDO/HMI



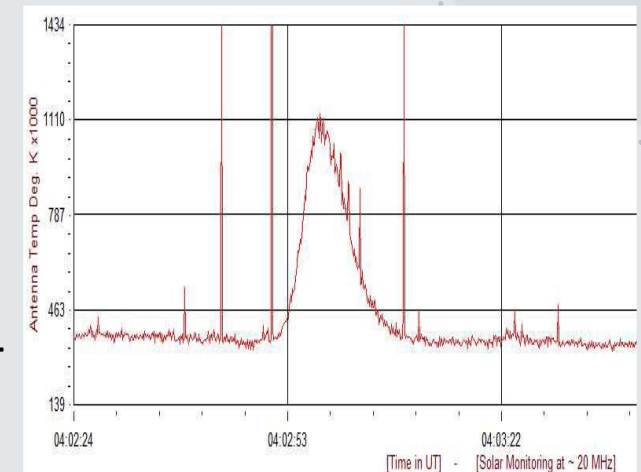
Ca II K (01:27:35 UT)

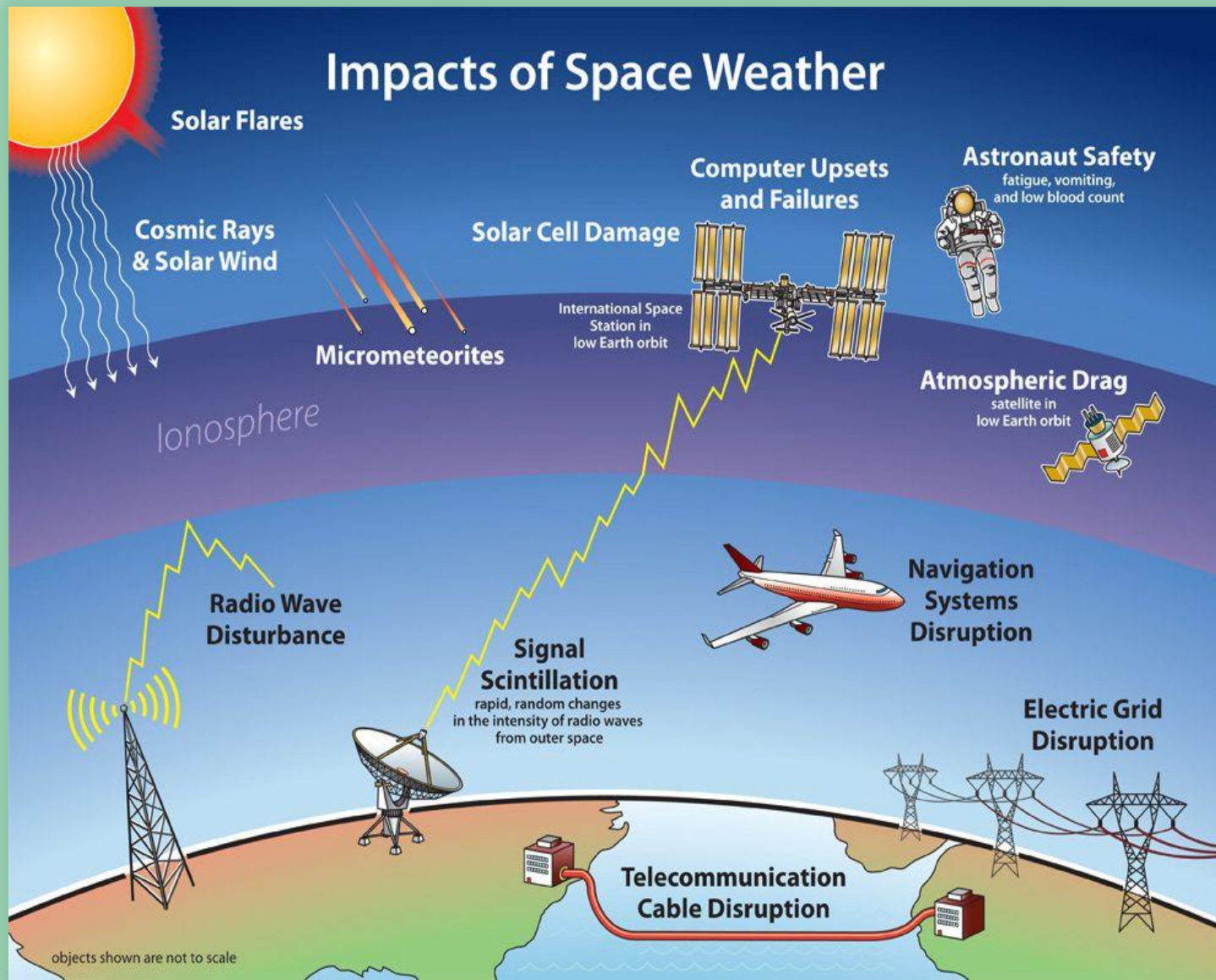


H-alpha (01:26:50 UT)



Radio Jove (Obs.  
Bosscha), freq. 20.1  
MHz. Radio burst:  
04:02:49 - 04:03:11 UT





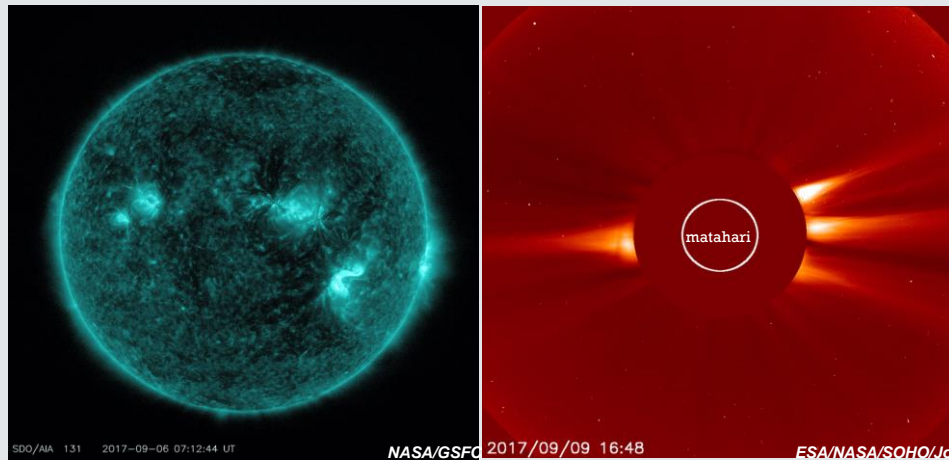
# Spektrum Dampak Teknologi Cuaca Antariksa

Cuaca antariksa mempengaruhi antariksawan, teknologi antariksa, dan aplikasinya, baik di permukaan atau antariksa.

Dampak cuaca antariksa ekstrim atau badai Matahari sangat luas dengan kerugian ekonomi besar (>49bn US\$/day; Oughton et al. 2017)



# Dampak Cuaca Antariksa: Operasi Satelit



Ledakan Matahari  
(*solar flare*)

Lontaran Massa Korona  
(*coronal mass ejection*)

Gelombang EM  
energi tinggi

Partikel plasma  
energetic &  
Medan magnet

## Gaya Hambat (*Spacecraft Drag*)

Peningkatan kerapatan partikel bermuatan di lapisan ionosfer atas, berakibat gaya gesek satelit lebih besar. → **Satelit dapat jatuh**

## Pemuatan (*Charging / Discharging*)

Kerusakan komponen elektronik akibat elektron energi tinggi (arus listrik) dari badai Matahari

## Bahaya Radiasi

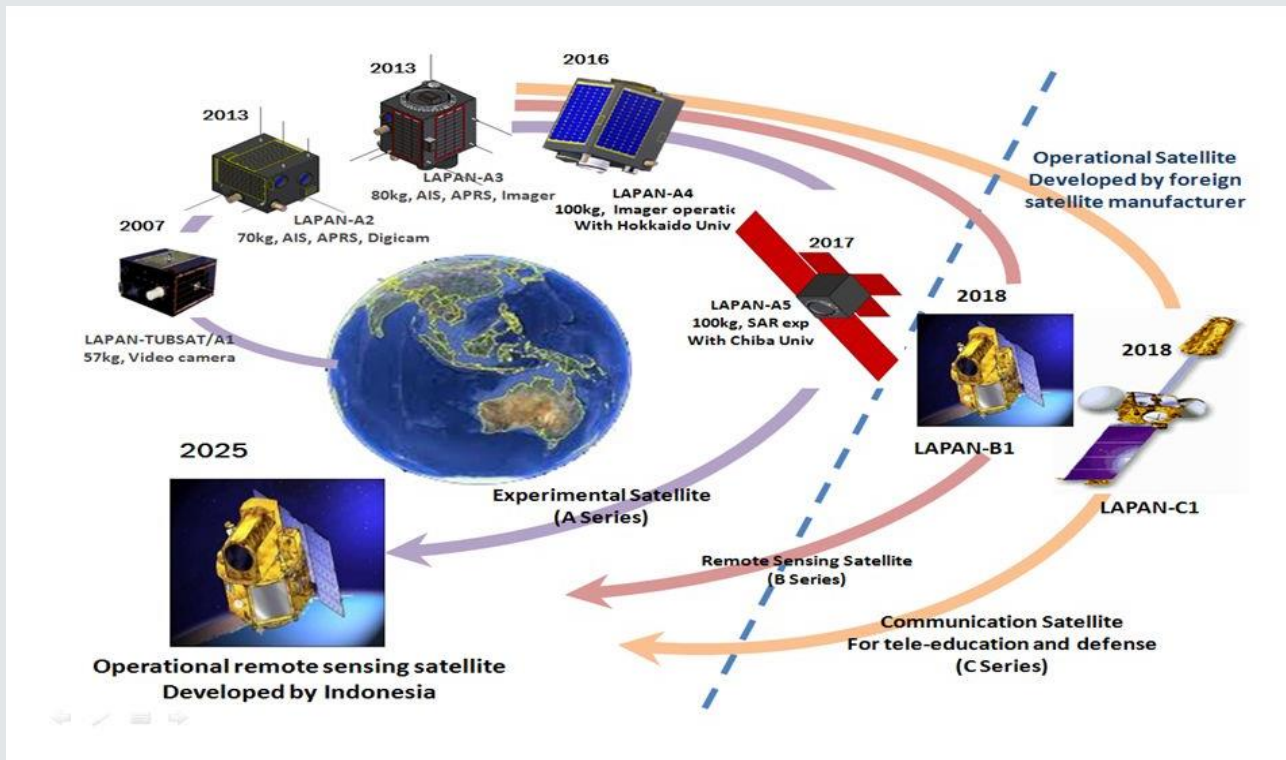
Kerusakan komponen elektronik, panel surya, detector CCD akibat proton energi tinggi

## Dampak Lain

Kerusakan komponen magnet (Kompas), putus komunikasi, alat bantu optik (*star trackers*)

# Satelit Indonesia

Semua komponen luar dan permukaan satelit rawan kerusakan akibat gangguan cuaca antariksa → umur pakai satelit lebih singkat → nilai sains dan ekonomi turun



Program mikrosatelit LEO - LAPAN



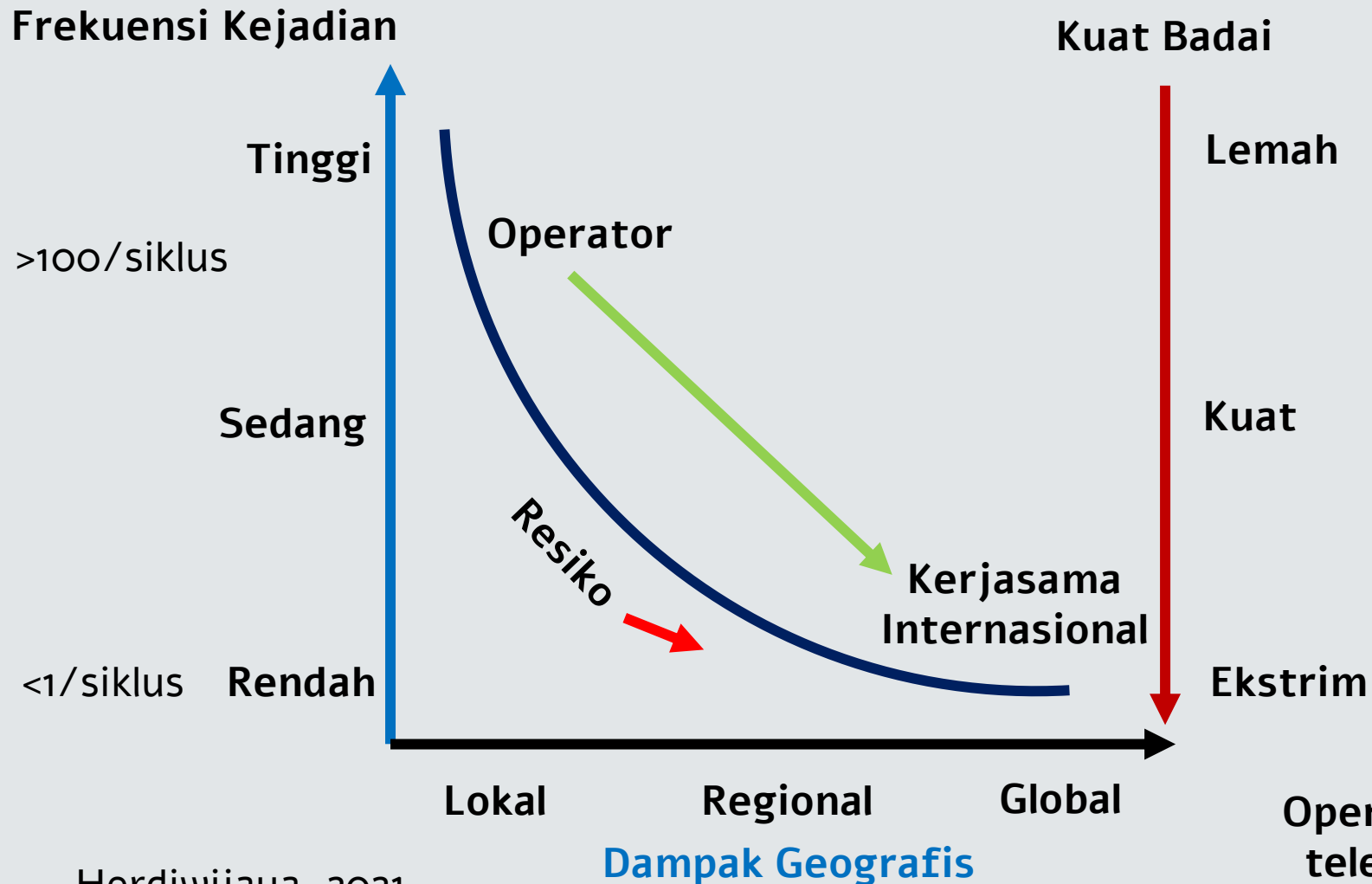
Data anomali perilaku satelit untuk studi fisis dan prediksi cuaca antariksa

## Satelit geostasioner sebagai sensor cuaca antariksa

- Indostar/Cakrawarta II (107,7°E)
- Telkom-4 (108.25° E)
- Palapa D (113°E)
- Telkom-3S (118° E)
- Lippostar-1 (124° E)
- SATRIA (146°E)
- Telkom-2 (157°E)
- BRIsat (150.5° E)



# Skala Badai, Resiko dan Dampak



Skala Badai (NOAA)				Durasi Indikator
Radio (R)	Radiasi (S)	Geomagnet (G)		
menit Sinar-X	jam Proton >10MeV	hari Indeks Kp		
			1	
			2	
			3	
			4	
			5	

<https://www.swpc.noaa.gov/noaa-scales-explanation>

Operator: satelit, penerbangan, bandara, telekomunikasi, pembangkit listrik, dll.

# DAMPAK BADAI HALLOWEEN, OKT–NOV. 2003

Ledakan Matahari X28 (4 Nov. 2003). Laporan NOAA Service assessment 2004

## 1. *International Space Station (ISS):*

- Semua awak masuk ke *Zvezda Service Module* (modul khusus perlindungan radiasi tinggi). Lengan robot dan komputer dimatikan. ISS mengalami penurunan ketinggian.

## 2. Misi Mars

- **Mars Odyssey** – kerusakan permanen *Martian Radiation Environment Experiment* (MARIE).
- **Mars Express** – gangguan navigasi selama 15 jam.

## 3. Satelit: sebanyak 59% satelit terpengaruh badai Matahari.

- **ADEOS-2 (LEO)** – *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA): **hilang kontak**
- **Kodama, Data Relay Test Satellite (DRTS)** – “*safe mode*”
- **CHIPS** – gangguan komputer kontrol dan navigasi selama 27 jam.
- **GOES-9, 10 and 12 (GEO)** – gangguan komputer dan navigasi
- **Inmarsat (GEO)** – gangguan komputer, kelistrikan, dan kontrol.

## 4. Penerbangan dan Pengguna GPS

- Jalur penerbangan diubah dan ketinggian diturunkan. Gangguan sistem *Wide-Area Augmentations Systems (WAAS)*, pengukuran GPS untuk pemetaan, pengeboran lepas pantai, penambangan, dll.



# AKTIVITAS MATAHARI SEBAGAI SUMBER CUACA DAN IKLIM ANTARIKSA MERUPAKAN TANTANGAN BAGI SAINS DAN TEKNOLOGI DI ERA EKSPLORASI ANTARIKSA!

Human in Space 2045



100 tahun  
Indonesia

## Terima Kasih

Pertanyaan dan Saran?

[dhani@itb.ac.id](mailto:dhani@itb.ac.id)