



Buletin  
**Cuaca Antariksa**

ISSN 2303-2707

## OPTIK AKTIF

*Teknologi untuk teleskop raksasa*

### **Raksasa 3m**

*Teleskop berdiameter 3+  
meter di dunia*

### **Tudung Otomatis**

*Aksesoris untuk pengukur  
kecerlangan langit*

### **Malam di Kototabang**

*Kampanye langit gelap 2018*



sumber: cdn.eso.org

## ASTRONOMI

# Optik Aktif Untuk Cermin Teleskop

Membuat cermin besar dan tipis berkinerja baik

Oleh

**M.T. Bumbungan**

Pussainsa LAPAN

Salah satu tantangan dalam pengamatan astronomis adalah mendeteksi objek-objek yang jauh dan tampak redup. Pada teleskop reflektor, bentuk dan ukuran cermin primer merupakan dua faktor yang sangat penting. Semakin besar ukuran cermin teleskop dan semakin sesuai bentuknya dengan parameter desain, semakin banyak cahaya yang bisa dikumpulkan dan semakin kecil distorsi citra yang dihasilkan.

Sebelum tahun 1980-an, cermin primer teleskop dibuat kaku dengan ketebalan sekitar 1/6 diameter cermin untuk meminimalisasi perubahan bentuk atau deformasi akibat

pengaruh gravitasi. Deformasi termal dapat dikurangi dengan menggunakan material dengan karakteristik pemuaian rendah untuk cermin primer. Namun, semakin tebal cermin, semakin lama juga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan termal. Hal ini mempengaruhi resolusi yang dapat dicapai dan memperburuk efek dari turbulensi atmosfer (*seeing*).

Pelepasan panas dari motor dan komponen elektronika lainnya juga perlu diminimalisasi. Demikian juga rancangan kubah teleskop yang dioptimalkan agar cermin teleskop tetap berada pada suhu optimal. Pada kondisi seperti ini, faktor utama yang paling membatasi kualitas citra hanyalah distorsi atmosfer.

Namun untuk cermin dengan ukuran besar (lebih dari 2,5 m),

upaya tersebut tidaklah cukup. Ketika teleskop digerakkan (*pointing*), kelengkungan cermin dapat berubah akibat bobotnya dan mengurangi kualitas citra yang dihasilkan. Struktur yang diperlukan untuk menopang teleskop menjadi lebih masif dan rumit. Maka dari itu, diperlukan solusi lain yang lebih praktis. Disinilah sistem optik aktif berperan.

Optik aktif pertama kali dikembangkan oleh ESO (*European Southern Observatory*) dan diimplementasikan pada NTT (*New Technology Telescope*) pada tahun 1989. NTT merupakan teleskop berdiameter 3,6 meter dan pertama di dunia yang menggunakan optik aktif. Kini, berbagai teleskop besar di dunia, seperti Keck (10 meter), *Very Large Telescope* (VLT, 8,2



sumber: eso.org  
New Technology Telescope (NTT) di European Southern Observatory (ESO) La Silla, Chile.

meter), dan lain-lain, menerapkan sistem ini. Kelak, teleskop optik 3,8 meter di Observatorium Nasional Timau akan turut tergabung dalam daftar itu.

Cermin dapat terdeformasi akibat berbagai faktor, seperti kesalahan manufaktur, gravitasi, angin, perubahan suhu, dan lain-lain. Penerapan sistem optik aktif

bertujuan untuk meminimalisasi aberasi atau degradasi kinerja sistem optik teleskop akibat gangguan-gangguan ini. Namun, optik aktif hanya dapat diterapkan untuk cacat optik atau aberasi dengan frekuensi rendah, sekitar 1 Hz atau lebih kecil. Untuk frekuensi yang lebih tinggi, seperti *seeing*, diperlukan sistem optik adaptif (tidak dibahas dalam artikel ini).

Penerapan optik aktif dapat dilakukan dengan dua metode. Yang pertama adalah menempatkan rangkaian aktuator (penggerak) di bawah cermin untuk menopang dan mempertahankan bentuknya. Yang kedua adalah mensegmentasi cermin besar menjadi cermin-cermin kecil, sehingga tiap segmen dapat dikendalikan secara independen.

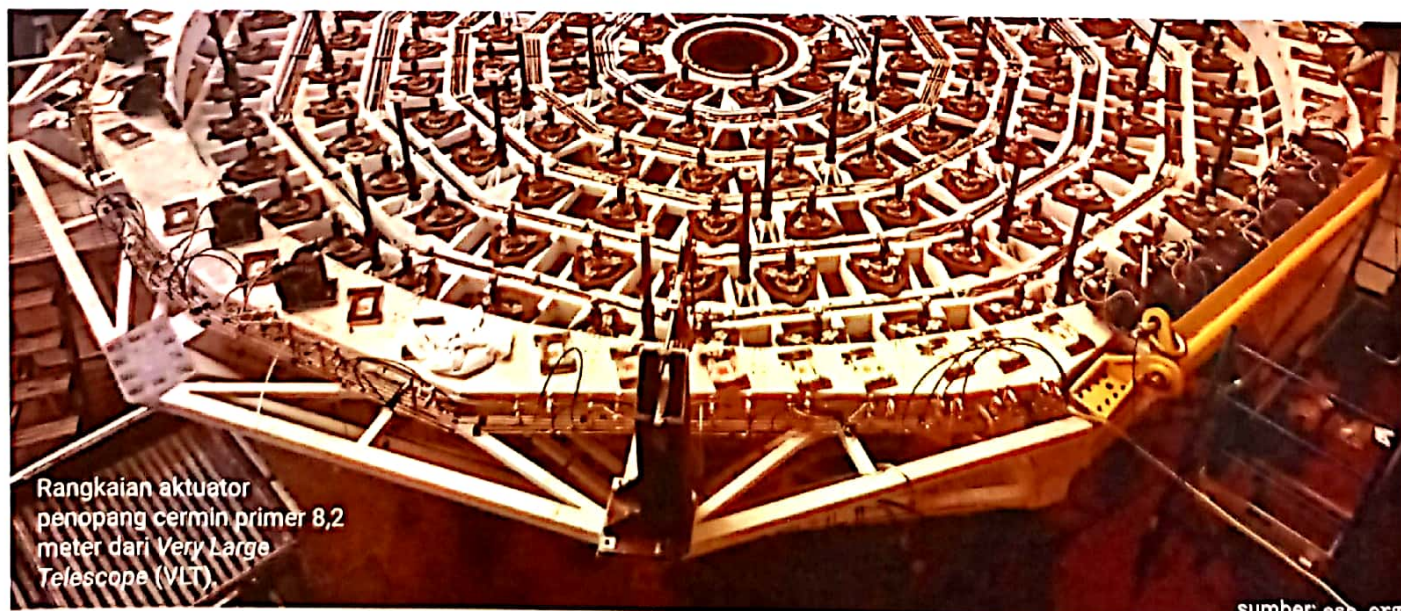
Salah satu manfaat praktis optik aktif adalah cermin tidak perlu dibuat terlalu tebal. Sebagai contoh, VLT memiliki diameter cermin primer 8,2 meter, namun ketebalannya hanya 17 cm dengan bobot sekitar 23 ton. Cermin tersebut ditopang dengan 150 aktuator aksial elektromekanik. Cermin sekundernya yang berukuran 1,1

meter juga dikontrol dengan sistem serupa.

Secara konsep, resolusi spasial suatu teleskop ditentukan oleh panjang gelombang dan diameter cermin primer (*aperture*), di mana resolusi berbanding terbalik terhadap diameter. Namun, pada praktiknya, untuk teleskop landas Bumi dengan diameter besar, resolusi spasial juga dipengaruhi oleh turbulensi atmosfer. Konsep resolusi spasial akan menentukan batas bawah apertur. Resolusi spasial menjadi konstan di atas batas bawah apertur dan ditentukan oleh karakteristik intrinsik atmosfer.

Nilai yang menggambarkan karakteristik intrinsik atmosfer ini disebut parameter Fried. Secara garis besar, parameter ini menyatakan ukuran panjang koherensi atau skala geometris variasi turbulensi atmosfer. Parameter ini digunakan dalam perancangan sistem optik aktif, terutama untuk menentukan jumlah dan jarak antar aktuator cermin primer. Sistem optik aktif secara umum memiliki mode lintasan tertutup (*closed loop*).

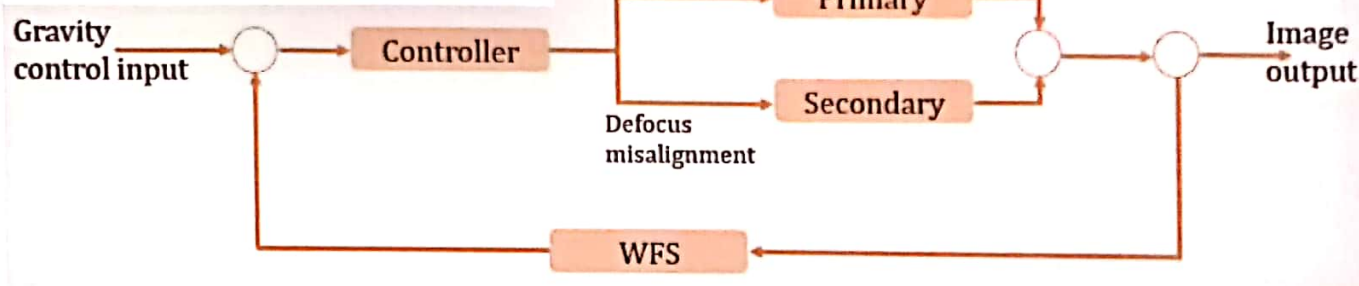
Pada praktiknya, selain dengan mode tertutup, teleskop modern



Rangkaian aktuator penopang cermin primer 8,2 meter dari Very Large Telescope (VLT)

sumber: eso.org

Mode lintasan tertutup (*closed loop*) sistem optik aktif, dengan tipe koreksi yang berbeda untuk cermin primer dan sekunder.



dapat juga menggunakan mode lintasan terbuka (*open loop*). Dalam kondisi di mana prediktabilitas gangguan dan kestabilan sistem optomekanikal (optik dan mekanik) teleskop bersifat tinggi, mode lintasan terbuka dapat dimanfaatkan. Mode ini lebih praktis untuk operasional pengamatan karena objek referensi tidak diperlukan. Koreksi yang diperlukan dapat mengacu pada *look-up table* yang dibuat sebagai fungsi arah teleskop (*sky position*).

Apabila persyaratan untuk mode lintasan terbuka tidak terpenuhi, maka lintasan tertutup perlu digunakan. Pada mode ini, sinyal *feedback* yang diperoleh merupakan distorsi citra yang diukur untuk bintang referensi oleh *off-axis wavefront sensor* (WFS). Untuk meminimalisasi

efek turbulensi atmosfer, diperlukan waktu paparan yang cukup lama untuk bintang referensi.

Aberasi yang terjadi diproses oleh *wavefront analyzer* (komputer), di mana *analyzer* menguraikan distorsi yang terjadi pada citra berdasarkan jenis-jenisnya (astigmatisme, koma, dll.). Gaya koreksi untuk tiap aktuator kemudian dihitung dan dikirimkan ke sistem pengontrol cermin primer dan sekunder. Aberasi seperti koma, sebagai contoh, dapat dikoreksi dengan mengatur posisi cermin sekunder.

Koreksi yang diterapkan pada cermin primer adalah koreksi bentuk permukaan cermin, sedangkan koreksi pada cermin sekunder adalah koreksi untuk deformasi struktur teleskop, seperti defokus dan

ketidaksejajaran optik (*optical misalignment*). Kedua tipe koreksi ini berorde milimeter atau lebih besar. Cermin primer dikontrol dengan aktuator aksial dan lateral, sedangkan cermin sekunder dikontrol dengan sistem pengontrol dengan lima derajat kebebasan, yakni tiga sumbu translasi dan dua sumbu rotasi.

Secara eksplisit, dapat dikatakan bahwa tujuan penerapan sistem optik aktif adalah memastikan bentuk, orientasi, dan posisi relatif tiap komponen optik teleskop tetap sesuai dengan parameter desainnya saat teleskop dioperasikan. Dengan demikian, resolusi yang dihasilkan sesuai dengan batas yang ditentukan oleh atmosfer, tanpa pengaruh variasi gravitasi atau temperatur. ■



Aplikasi optik aktif membuat citra bintang yang awalnya tampak kabur (kiri) menjadi tajam (kanan).



sumber: eso.org