

PRINSIP PENGENDALIAN *ATTITUDE* SATELIT LAPAN-TUBSAT

Widodo Slamet
 Peneliti Bidang Bus Satelit, LAPAN
 e-mail: wid_slamet@yahoo.com

RINGKASAN

Attitude satelit terhadap bumi harus bisa dikendalikan agar dapat beroperasi sesuai dengan misinya. Pengendalian dilakukan dengan menggunakan berbagai sensor yang dapat “merasakan” kondisi lingkungan satelit. Selain sensor, digunakan pula aktuator yang berfungsi untuk menggerakkan satelit. Prinsip pengendalian dilakukan dengan cara apa yang “dirasakan sensor” menjadi masukan, dan keluarannya berupa gerak satelit akibat dari kerja aktuator. Masukan akan diolah untuk menentukan seberapa besar tenaga yang diperlukan untuk menggerakkan aktuator. Antara masukan dan keluaran dihubungkan oleh sebuah rangkaian *loop* yang bisa dilakukan oleh operator satelit di bumi atau dibuat otomatis dengan komputer yang dibawa oleh satelit. Keluaran akan diumpanbalikan ke masukan untuk memperoleh *attitude* yang akurat sesuai dengan yang dikehendaki oleh operator. Satelit LAPAN-TUBSAT memiliki sistem kendali *attitude* sederhana yang terdiri dari tiga buah sensor dan dua buah aktuator. Pengendalian LAPAN-TUBSAT dikendalikan oleh operator di stasiun bumi.

1 PENDAHULUAN

Pengendalian terhadap satelit dilakukan karena adanya berbagai gangguan yang menyebabkan ketidaksesuaian *attitude* satelit dengan *attitude* yang diinginkan operatornya. Gangguan akan dilawan melalui aktuator (penggerak) yang dibawa oleh satelit. Cara dan dengan apa pengendalian dilakukan tergantung pada misi satelitnya (Graham Swinerd, 2008). Sebagai contoh, pengendalian satelit untuk misi *surveillance* berbeda dengan satelit *remote sensing* (penginderaan jauh) meskipun sama-sama untuk mengamati bumi, berbeda lagi dengan satelit komunikasi.

Satelit *surveillance* digunakan pada saat-saat tertentu untuk mengamati wilayah tertentu. Pengendalian dilakukan saat berada di atas wilayah yang diamati, di luar itu satelit dibiarkan bergerak bebas. Hal ini untuk menghemat daya dan memperoleh sinar matahari sebanyak-banyaknya. Sinar matahari digunakan untuk mengisi baterai melalui solar panel.

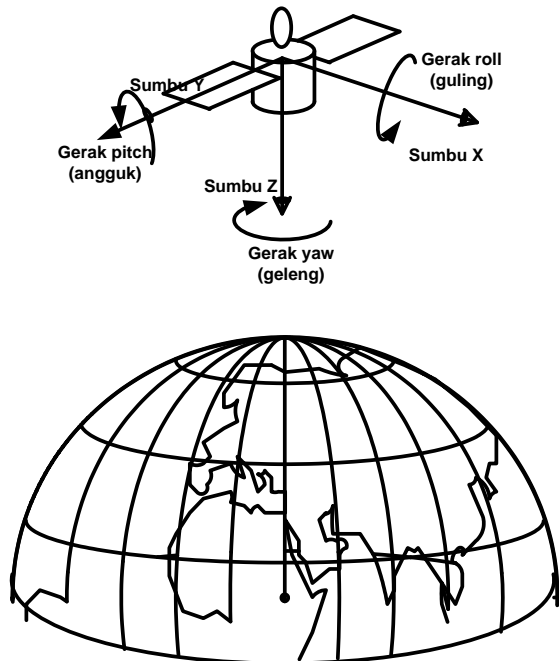
Dalam operasinya, satelit dilengkapi dengan sensor-sensor untuk merasakan

attitude satelit. Ketidaktepatan *attitude* akan “dirasakan” oleh operator satelit. Ketidaktepatan akan dijadikan dasar pengendalian satelit.

Sebuah satelit yang berada di orbit mempunyai gerak yang mengacu pada tiga sumbu (Hans Mark, 2003). Sumbu-sumbu tersebut adalah sumbu X, yaitu sumbu yang searah dengan arah gerak satelit dalam orbitnya, sumbu Z, yaitu sumbu ke arah bumi (nadir), dan sumbu Y, sumbu yang tegak lurus bidang XZ. Gambar 1-1 menjelaskan posisi sumbu-sumbu XYZ tersebut. Gerak satelit yang berkaitan dengan sumbu-sumbu tersebut adalah *roll*, *pitch*, dan *yaw*. *Roll* adalah gerak putar satelit dengan sumbu putarnya adalah sumbu X, *pitch* adalah gerak putar dengan sumbu putarnya adalah sumbu Y, sedangkan *yaw* adalah gerak memutar dengan sumbu putarnya adalah sumbu Z.

Pada prinsipnya, gerakan satelit akan diminimalkan agar semua sinyal dapat mengarah ke bumi dengan akurasi yang tinggi. Oleh karena itu semua jenis gerak yang telah disebutkan di atas akan diminimalisasi melalui pengendalian.

Tulisan ini akan membahas secara ringkas mengenai prinsip pengendalian pada LAPAN_TUBSAT. Pengendalian dilakukan dengan tiga sensor dan dua aktuator. Sistem pengendalian dilakukan dengan prinsip umpan balik atau *loop* sederhana.



Gambar 1-1: Posisi sumbu-sumbu satelit terhadap bumi

2 SENSOR DAN AKTUATOR

Dalam pengendalian satelit diperlukan banyak sensor dan aktuator. Banyaknya sensor ini, satu sama lain akan berfungsi saling melengkapi, bisa juga digunakan pada kondisi tertentu. Sebelum masuk ke jenis sensor perlu diketahui lebih dulu perbedaan antara sensor dan detektor. Detektor adalah alat yang menangkap keberadaan radiasi beserta besarnya dan mengubahnya menjadi tegangan atau arus listrik. Sensor adalah sekumpulan detektor dalam suatu wadah dan dilengkapi dengan pemroses data, jika diperlukan dilengkapi dengan pengkonversi sinyal (Giovani E. Corraza, 2007). Sedangkan aktuator berfungsi sebagai penggerak

yang dapat menggeser atau memutar "tubuh" satelit.

2.1 Sensor

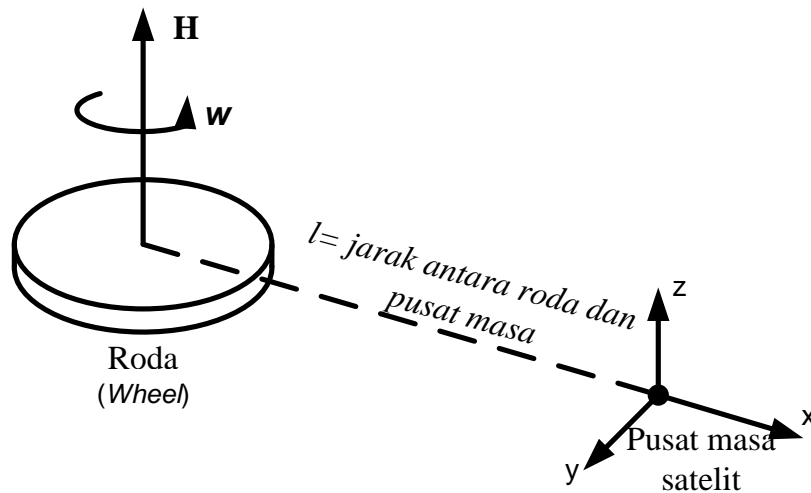
Jenis sensor yang paling banyak digunakan pada sistem satelit adalah sensor matahari (*sun sensor*), sensor bumi (*earth sensor*), sensor bintang (*star tracker*), giroskop (*gyro*), dan penerima GPS. Tidak semua satelit menggunakan semua sensor yang disebutkan di atas, tergantung pada satelitnya. Sensor mana yang paling layak, tergantung pada keakuratan yang diinginkan dan biaya yang tersedia serta misi satelitnya. Sensor yang digunakan pada satelit LAPAN-TUBSAT adalah *sun sensor*, *star tracker*, dan *fiber optic gyro*.

2.2 Aktuator

Untuk menggerakkan satelit dalam merespon gangguan diperlukan instrumen yang disebut aktuator. Aktuator yang banyak digunakan adalah *reaction wheel*, *gyroscope*, dan *magnetoquer rod*. Untuk satelit besar yang memerlukan akurasi tinggi, aktuator yang digunakan adalah *thruster*. Aktuator yang digunakan pada satelit LAPAN-TUBSAT adalah *reaction wheel*, dan *air coil* sebagai pengganti *magnetoquer rod*.

2.2.1 Reaction Wheel (RW)

Sesuai namanya, instrumen ini menggunakan putaran roda untuk menghasilkan vektor momentum sudut. Pada gilirannya, vektor ini digunakan untuk memutar satelit melalui torsi yang ditimbulkannya (Robert Satngel, 2007). Torsi adalah vektor gaya kali jarak. Jarak yang dimaksud adalah jarak antara pusat masa satelit dengan titik tengah roda RW. Gambar 2-1 menunjukkan prinsip kerja RW.



Gambar 2-1: Prinsip kerja sebuah roda (*wheel*) pada satelit

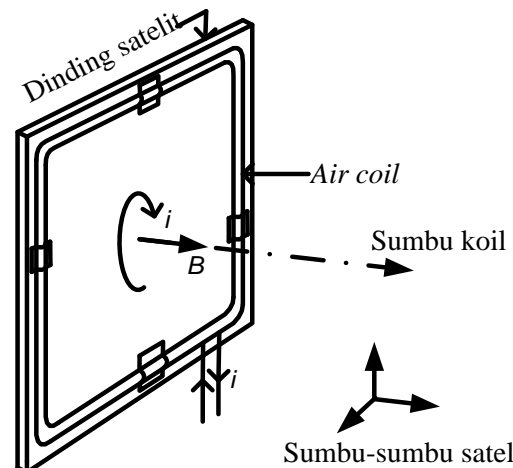
Roda yang berputar dengan kecepatan sudut ω akan menimbulkan vektor momentum sudut \mathbf{H} . Jarak antara vektor \mathbf{H} dan pusat masa satelit l . Vektor \mathbf{H} akan memutar "badan" dengan kekuatan yang tergantung pada besarnya jarak dan besarnya \mathbf{H} . Besarnya \mathbf{H} dapat diatur melalui bentuk dan kecepatan roda. Setiap sumbu satelit dipasang satu *reaction wheel*, sehingga pada satelit terdapat tiga buah *reaction wheel*.

2.2.2 Air coil

Air coil menyerupai magnetoquer namun tanpa inti besi. *Air coil* berupa lilitan kawat konduktor yang diletakkan pada dinding satelit, dengan sumbu koil sejajar dengan salah satu sumbu satelit. Ada tiga *air coil* untuk tiga sumbu satelit. Gambar 2-2 memberikan ilustrasi mengenai *air coil*. *Air coil* biasanya digunakan untuk satelit ukuran mikro dan nano. Prinsip kerja *air coil* adalah bahwa dalam sebuah kumparan konduktor akan timbul medan magnet jika dialiri arus listrik. Medan magnet yang timbul akan mengorientasikan diri terhadap medan magnet bumi sehingga "badan" satelit akan berputar. Arah maupun besar putaran tergantung pada jumlah lilitan, luas penampang inti lilitan, dan arus yang melewatinya.

Pada satelit LAPAN-TUBSAT dipasang sebanyak tiga buah *air coil*, di mana pada masing-masing sumbunya

terdapat satu *air coil*. *Air coil* ini ditempelkan pada dinding-dinding satelit.

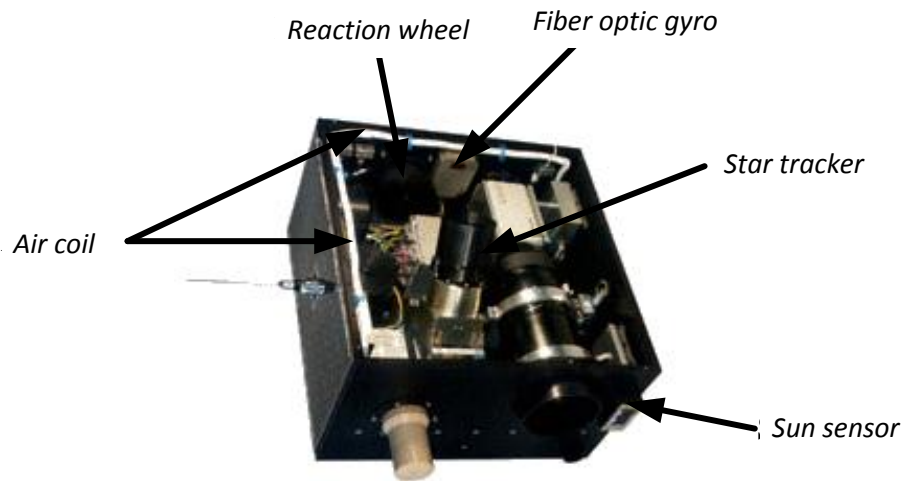


Gambar 2-2: *Air coil* yang dipasang pada sebuah satelit

Keterangan:

i = arus yang dialirkan pada kumparan, B = besarnya kuat medan magnet yang ditimbulkan.

Gambar 2-3 menunjukkan sensor-sensor dan aktuator yang dibawa oleh satelit LAPAN-TUBSAT. *Air coil* berupa lilitan kabel tembaga yang dibungkus bahan tahan panas, yang ditempelkan pada dinding. Pada gambar 2-3 tersebut satu dinding tidak terlihat, berada di dinding bawah. Star sensor berada di tengah, *gyro* diletakkan pada salah satu dindingnya. Sun sensor berupa satu elemen solar sel yang dipasang di luar, menempel pada dinding.



Gambar 2-3: Sensor-sensor dan aktuator yang dibawa oleh satelit LAPAN-TUBSAT

3 PRINSIP PENGENDALIAN LAPAN-TUBSAT

Telah dijelaskan sebelumnya, bahwa satelit akan mengalami gangguan oleh lingkungannya. Gangguan bisa berupa ketidakbulatan bumi, *atmospheric drag*, gangguan benda ketiga (selain bumi dan satelit), dan radiasi matahari. Gangguan-gangguan tersebut dapat mempengaruhi *attitude* satelit (Thomas R. Kane, 2005). Begitu juga dengan kondisi satelit LAPAN-TUBSAT. Gangguan ini akan dideteksi oleh sensor-sensor yang dibawanya. Posisi satelit LAPAN-TUBSAT terhadap matahari akan menunjukkan *attitude* satelit, demikian pula sensor bintang, sementara sensor *gyro* optik akan mendeteksi sudut atau kemiringan satelit terhadap nadir bumi. Kondisi yang terekam oleh sensor akan dilaporkan kepada operator satelit yang berada di stasiun pengendalian di bumi. Gambar 3-1 menunjukkan stasiun bumi yang berada di Rumpin, Bogor.

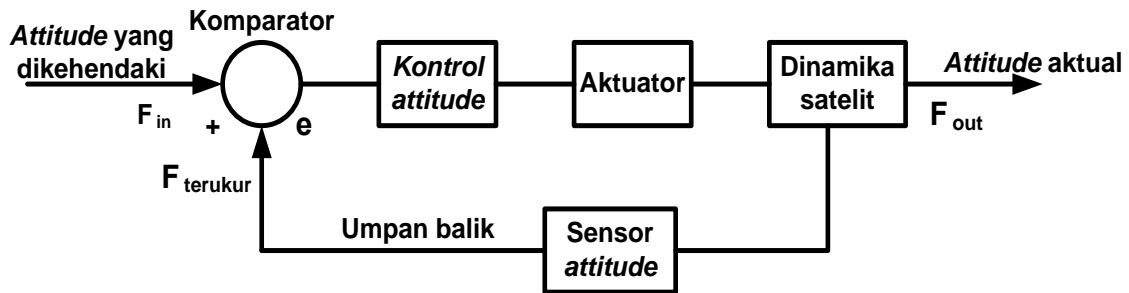
Oleh operator, kondisi satelit (*attitude*) akan dikembalikan ke posisi semula melalui aktuator, sehingga satelit dapat beroperasi secara normal

sesuai misinya. *Reaction wheel* akan diputar dengan kecepatan yang bisa diatur sedemikian sehingga satelit dapat bergerak untuk mencapai posisi tertentu sesuai dengan yang dikehendaki.



Gambar 3-1: Stasiun Bumi Pengendali satelit LAPAN-TUBSAT

Hubungan antara masukan dari sensor-sensor akan diumpanbalikkan untuk menggerakkan aktuator sehingga *attitude* satelit sesuai dengan yang dikehendaki oleh operatornya (Peter Berlin, 2005). Jadi ada *loop* untuk menjaga agar satelit tetap beroperasi sesuai misinya. *Loop* untuk mengendalikan LAPAN-TUBSAT dapat diilustrasikan melalui Gambar 3-2.



Gambar 3-2: Diagram loop kendali satelit sederhana

Pada diagram atau Gambar 3-1 di atas, ϕ_{in} di-*upload* melalui telekoman menuju kendali *attitude*. Pulsa yang terkirim direspon dengan mengubah kecepatan *reaction wheel*, mengalirkan arus pada *air coil*, atau mengubah arus pada *air coil* hingga mengubah *attitude* satelit sesuai dengan yang dikehendaki. Perubahan *attitude* akan “dirasakan” oleh sensor yang selanjutnya akan diumpanbalikkan menuju komparator. Perbedaan antara *attitude* yang diinginkan dengan *attitude* aktual adalah ϵ . Perubahan ini diperkecil terus menerus hingga *attitude* aktual sama dengan *attitude* yang diinginkan.

4 PENUTUP

Sebuah satelit yang telah diluncurkan ke antariksa memerlukan pengendalian agar berfungsi sesuai dengan misinya. Pengendalian dilakukan menggunakan berbagai jenis sensor untuk mendeteksi gangguan *attitude* satelit. Sedangkan untuk menggerakkan atau mengubah posisi satelit menuju *attitude* yang dikehendaki digunakan aktuator. Sensor akan selalu memberikan *input* mengenai *attitude* satelit, sedangkan aktuator akan menggerakkan satelit berdasarkan masukan dari sensor.

Sensor dan aktuator terhubung melalui rangkaian *loop*. Untuk LAPAN-TUBSAT, hubungan input dan output rangkaian *loop* kendali ini dilakukan oleh operator di stasiun bumi. Stasiun bumi LAPAN-TUBSAT berada di Rumpin dan Rancabungur, keduanya terletak di kabupaten Bogor, serta stasiun cadangan di pulau Biak.

DAFTAR RUJUKAN

- Berlin, Peter, 2005. *Satellite Platform Design*, 4th ed., Departement of Space Science University of Lulea and Umea, Kiruna, Sweden.
- Corraza, Giovanni E., 2007. *Digital Satellite Communications*, Springer Science Business Media, LCC, New York, USA.
- Kane, Thomas R., 2005. *Spacecraft Dynamics*, The Internet – First University Press.
- Mark, Hans, 2003. *Space Science and Technology*, volume 1, John Wiley & Sons, Inc., Hobken, New Jersey.
- Satngel, Robert, 2007. *Space System Design*, Princeton University.
- Swinerd, Graham, 2008. *How Spacecraft Fly*, Praxis Publishing, Ltd., New York.