

PEMANFAATAN ENERGI NUKLIR

Sebagai Sumber Daya Wahana Angkasa Luar

Oleh: Andang Widi Harto

Peluncuran wahana antariksa *Cassini* yang dirancang menuju planet Saturnus telah menimbulkan pro dan kontra, karena wahana tersebut menggunakan plutonium sebagai sumber dayanya. Wahana sebelumnya, yaitu *Voyager I* dan *II*, juga menggunakan bahan bakar nuklir sebagai sumber dayanya. Akan tetapi, peluncuran *Cassini* menjadi lebih menarik perhatian, sebab *Cassini* dirancang untuk memanfaatkan gravitasi planet Venus dan Bumi sebagai tenaga pendorong (pelempar) untuk menuju planet Saturnus.

Dengan demikian, wahana tersebut harus melintas sangat dekat dengan Bumi, setelah perjalanannya dari Venus menuju Saturnus, dengan maksud untuk mendapatkan percepatan oleh gravitasi Bumi, yang selanjutnya dipakai untuk melemparkan wahana tersebut ke Saturnus.

Kelompok-kelompok yang kontra terhadap misi ini mengkhawatirkan bahwa wahana yang melintas sangat dekat dengan Bumi, dengan kecepatan yang sangat tinggi, beresiko untuk

bertumbukan (bergesekan) dengan atmosfer bumi.

Gesekan dengan atmosfer bumi, pada kecepatan sedemikian tinggi, akan menimbulkan panas yang dapat meledakkan wahana tersebut. Akibat dari ledakan itu adalah tersebarnya plutonium yang dibawanya, sehingga mencemari atmosfer bumi.

Tulisan ini hendak mencoba menjelaskan fungsi sumber energi bagi wahana antariksa, serta setidaknya memberikan alasan yang logis, kenapa wahana seperti *Cassini* memilih bahan bakar nuklir sebagai sumber energi, serta bagaimana cara penggunaan sumber energi tersebut sehingga dapat menghasilkan energi sesuai yang diharapkan.

Wahana penjelajah, seperti *Cassini*, memerlukan energi untuk tiga hal, *pertama*, untuk penjelajahan. *Kedua*, untuk melakukan manufaktur di angkasa luar guna mengoreksi lintasannya jika melenceng. Dan, yang *ketiga*, untuk penyediaan energi listrik guna menjalankan peralatan elektronis yang dibawanya.

Energi wahana antariksa untuk penjelajahan, diperoleh dari dorongan roket yang membawanya ke antariksa saat peluncuran. Setelah roket pendorong menyelesaikan tugasnya, wahana antariksa tersebut tidak lagi mendapatkan tambahan energi kinetik, selain energi kinetik terakhir yang diberikan oleh roket pendorongnya. Untuk melakukan perjalanan yang panjang, wahana dirancang untuk memanfaatkan gaya gravitasi planet-planet untuk menambah energi kinetik. Hal ini dilakukan dengan perhitungan yang sangat cermat dengan mengarahkan wahana tersebut mendekati planet-planet tertentu dalam perjalanannya. Dengan demikian, dalam kondisi *normal*, wahana antariksa tidak perlu membawa sumber energi untuk melakukan penjelajahan. Tentu saja, wahana, kemungkinan, akan mengalami hal-hal yang *tak terduga*, misalnya, wahana tersebut ternyata melintasi *kabut debu* yang sebelumnya tidak terdeteksi dari bumi. Gesekan wahana dengan *kabut debu* akan mengurangi energi kinetik sehingga kecepatannya

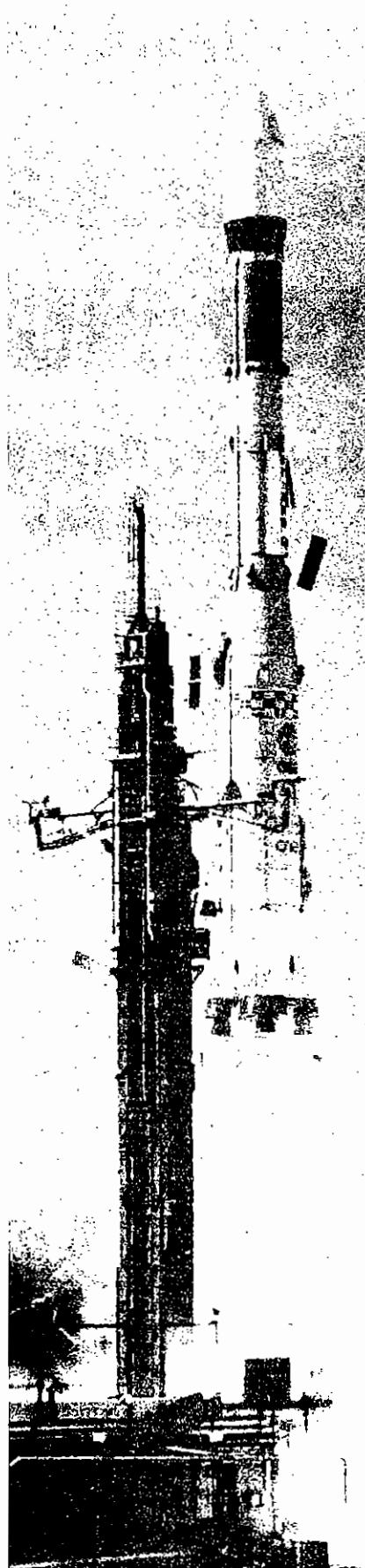
berkurang ataupun lintasannya sedikit melenceng dari arah semula.

Wahana dapat juga melintas dekat dengan *benda-benda asing*, yaitu komet, asteroid atau pecahan wahana antariksa lainnya yang sebelumnya belum diketahui oleh *manusia bumi*. Gravitasi dari *benda-benda asing* tersebut melencengkan wahana dari arah semula. Bahkan, mungkin saja wahana harus bermanuver untuk menghindari tabrakan dengan suatu *benda asing*. Dengan demikian, wahana harus diarahkan menuju arah dan dengan kecepatan yang *seharusnya*, yaitu arah dan kecepatan yang sesuai dengan rancangan semula. Untuk mengembalikan ke arah dan kecepatan semula, diperlukan suatu *percepatan* yang, tentu saja, membutuhkan energi. Energi untuk manuver ini diperoleh dari roket-roket manuver kecil. Bahan bakar roket manuver tersebut jelas *bukan bahan bakar nuklir*, melainkan bahan bakar roket konvensional belaka.

Kebutuhan energi ketiga adalah energi untuk menggerakkan peralatan elektronis yang dibawa wahana. Dengan teknologi *manusia bumi* sekarang ini, *hanya ada dua pilihan* saja dalam hal sumber energi listrik untuk peralatan elektronis wahana antariksa. Dua sumber energi tersebut, yaitu *energi-surya* dan *energi nuklir*.

Sebagaimana kita ketahui, bagi wahana antariksa, penggunaan energi surya *jauh lebih aman dan murah* daripada energi nuklir. Akan tetapi, penggunaan energi surya hanya dapat dilakukan pada daerah dimana radiasi surya masih dapat dikonversi secara ekonomis oleh sel *fotolistrik* yang dibawa oleh wahana antariksa tersebut.

Untuk penjelajahan sampai planet Mars, penggunaan energi surya masih memungkinkan, walaupun pesawat harus dibuat sedemikian rupa untuk menghemat energi yang sangat sedikit itu. Robot penjelajah Mars, *Sojourner Rover* yang menggunakan energi surya, terpaksa harus diran-



cang untuk bergerak sangat lambat, dengan kecepatan 1 cm per detik.

Untuk wahana yang melakukan penjelajahan ke daerah yang lebih jauh dari Matahari, misalnya ke Jupiter dan planet-planet yang lebih jauh lagi, penggunaan energi surya tidak memungkinkan lagi. Oleh karena itu, hanya ada *satu pilihan sumber energi*, yaitu energi nuklir.

Sumber energi nuklir untuk wahana antariksa ada dua macam. Yang *pertama*, berupa reaktor nuklir kecil yang membangkitkan energi dengan reaksi pembelahan (*fisi*) dari isotop-isotop fisis, seperti U-235, U-233, Pu-239 atau Pu-241. Yang *kedua* adalah menggunakan isotop-isotop radioaktif yang menghasilkan energi dari proses peluruhan.

Penggunaan reaktor nuklir, di satu sisi, memberikan keuntungan, yaitu mampu membangkitkan energi secara kons-tan dalam jumlah yang relatif besar per satuan berat bahan bakar nuklir. Tetapi, di sisi lain, mempunyai kelemahan yaitu berupa kerumitan desain reaktornya.

Sementara, penggunaan isotop-isotop radioaktif memberikan keuntungan berupa kesederhanaan peralatan pendukungnya. Akan tetapi, juga mempunyai kelemahan, berupa pembangkitan energi yang relatif kecil per satuan berat isotop dan pembangkitan daya yang selalu menurun.

Untuk mengkonversi energi dari reaksi nuklir (baik berupa energi hasil reaksi fisi maupun energi peluruhan), pada umumnya, digunakan sistem konversi langsung, yaitu sistem konversi tanpa melalui energi mekanik. Sistem ini memang mempunyai efisiensi yang relatif lebih rendah daripada sistem konversi tidak langsung (melalui energi mekanik), tetapi jauh lebih praktis, karena ruang pada wahana antariksa biasanya sangat terbatas, sehingga tidak memungkinkan untuk menempatkan turbin, generator serta pompa.

Ada dua macam cara untuk mengkonversi energi hasil reaksi nuklir, baik fisi maupun peluruhan, menjadi energi listrik tanpa melalui energi mekanik. *Pertama*, meng-ekstrak energi hasil reaksi nuklir dalam bentuk energi panas dan mengkonversi energi panas ini menjadi energi listrik. Dan, *kedua*, mengkonversi energi partikel-partikel hasil reaksi nuklir langsung menjadi energi listrik.

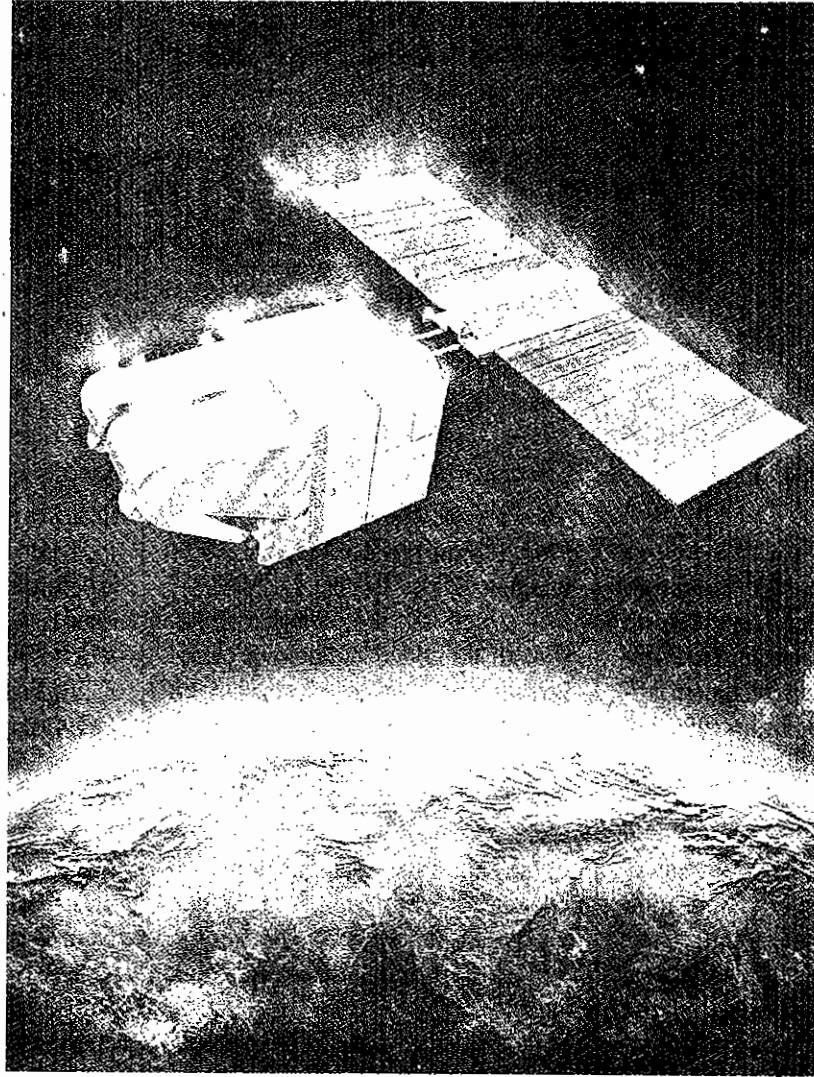
Cara pertama dilakukan dengan metode konversi *termionik*, *termoelektrik* atau *magnetohidrodinamik*. Metode konversi *termionik* dan *termoelektrik* lebih umum dipakai daripada metode konversi *magnetohidrodinamik*.

Pada sistem konversi termionik, digunakan dua plat logam berdekatan yang masing-masing disebut sebagai *katoda* dan *anoda*. Panas dari suatu sumber panas, misalnya reaksi nuklir, dipergunakan untuk memanasi *katoda* sehingga meng-eksitasi elektron-elektron untuk lepas dari permukaan *katoda*. Sementara itu, *anoda* dipertahankan pada suhu yang jauh lebih rendah daripada suhu *katoda* sehingga dapat menangkap elektron yang dilepaskan *katoda*.

Akibatnya, *katoda* akan mengalami kekurangan elektron dan *anoda* akan mengalami kelebihan elektron sehingga terjadi beda tegangan listrik antara *anoda* dan *katoda*. Dengan demikian, jika sistem *termionik* ini dihubungkan ke suatu beban atau alat pemakai energi listrik,

sistem ini dapat bertindak sebagai *baterai* yang mensuplai arus listrik DC secara langsung.

Sistem konversi *termoelektrik* menggunakan sambungan dua logam, atau semi konduktor *P* dan *N*. Jika sambungan tersebut dipanasi, akan terjadi beda tegangan listrik pada sambungan tersebut, berdasarkan efek *Seebeck*. Jika sistem ini



dihubungkan dengan beban, maka sistem ini akan mensuplai listrik DC. Tidak semua energi panas dari sumber panas dapat dikonversi menjadi energi listrik. Jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh tiap satuan energi panas dibatasi oleh efek *Peltier* maupun efek *Tompson*.

Cara yang kedua, yaitu mengkonversi energi partikel hasil reaksi nuklir langsung menjadi energi listrik sel *beta photovoltaic* dan sel fisi listrik.

Sel *beta photovoltaic* dipergunakan dengan sumber energi berupa isotop radioaktif pemancar radiasi beta (elektron berenergi tinggi). Di sekeliling pemancar radiasi beta

tersebut dipasang suatu *diode P-N*. Partikel beta yang memasuki sambungan *diode* tersebut akan menimbulkan pasangan muatan listrik, sebagaimana prinsip kerja sel surya, yang selanjutnya menimbulkan beda tegangan listrik pada sambungan *P-N* tersebut sehingga dapat dipakai sebagai sumber listrik arus searah.

Pada sel fisi listrik, partikel hasil reaksi fisi yang bermuatan positif ditangkap oleh *katoda* sehingga timbul beda potensial antara *katoda* dengan

bahan bakar fisi, yang selanjutnya dapat dipakai sebagai sumber listrik arus searah.

**) Ir. Andang Widiharto, M.T. adalah Staf Pengajar pada Jurusan Teknik Nuklir, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.*