

MEMPREDIKSI FREKUENSI FUNDAMENTAL PADA MODEL SATELIT INASAT 1 PADA SUMBU X DENGAN MENGGUNAKAN METODA SPEKTRUM DAYA

Daryono Restu Wahono
Peneliti Puslit KIM-LIPI

ABSTRACT

The fundamental frequency of UUT can be predicted using power spectral density method with random signal input source. The test execution of INASAT 1 satellite shall meet the following standard of Indian Space Research Organisation (ISRO) in Polar Satellite Launch Vehicle (PSLV) auxiliary satellite user's manual a fundamental frequency in Lateral axis $X > 45$ Hz

These values are with fixed boundary conditions at the spacecraft mounting interface and include the contribution of separation system.

The test result of LAPAN satelit model INASAT.1 for X axis is predicted for fundamental frequency. It was detected that resonance frequency started at 80 Hz and peak occurred at 120 Hz.

ABSTRAK

Frekuensi fundamental sebuah benda uji dapat diketahui dengan menggunakan metoda spektrum daya (pother *spectral density/PSfy* frekuensi dengan masukan sumber sinyal acak. Pada satelit INASAT. I di mana prosedur ujinya mengacu kepada standar *Indian Space Research Organisation (ISRO)* yang dijelaskan dalam *Polar Satellite Launch Vehicle (PSLV) auxiliary satellite user's manual*.

Mempersyaratkan tidak terjadi kopling dinamik antara roket pembawa dan kapal pembawa satelit pada frekuensi rendah, maka satelit diharuskan memiliki frekuensi fundamental pada sumbu lateral sumbu X lebih besar dari 45 Hz. Nilai ini termasuk dengan keadaan standar pada tempat duduk kapal pembawa satelit dan sistem pelontar satelit di dalamnya.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa nilai PSD dari model satelit INASAT.1 milik LAPAN diprediksi terjadi frekuensi fundamental. Pada frekuensi 80 Hz mulai terlihat ada kenaikan PSD dan puncaknya terdapat pada frekuensi 120 Hz..

1 PBNDAHULUAN

Pengujian frekuensi fundamental adalah salah satu dari pengujian vibrasi. Pendeteksian frekuensi fundametal dapat dilakukan dengan memakai spektrum daya dengan memakai sumber dari sinyal acak (random). Sumber sinyal acak dengan rentang frekuensi 0 Hz sampai 3200 Hz yang dibangkitkan oleh DSA HP 35665A diumpankan pada *exiter* yang terlebih dahulu dilewatkan pada tegangan pembangkit. Data rekaman dapat dideteksi dengan menggunakan alat yang sama yaitu DSA HP 35665A dalam bentuk logaritmis. Besarnya *Power Spectral Density (PSD)* dilakukan

dengan mengatur level dari sumber sampai dicapai nilai yang dipersyaratkan oleh PSVL ISRO yaitu 6,7 gRMS, sedangkan besaran yang diamati adalah *acceleration spectral density (ASD)* dengan satuan gVHz dan diamati pada frekuensi-frekuensi tertentu diantara lembah dan puncaknya.

Angka-angka spesifikasi ditetapkan berdasarkan persyaxatan dari PSLV ISRO yaitu suatu lembaga antariksa milik pemerintah India yang mempunyai fasilitas peluncuran satelit menggunakan roket. Satelit mikro milik LAPAN direncanakan akan diluncurkan menggunakan fasilitas PSLV ISRO India

sehingga satelit yang bersangkutan diwajibkan memenuhi kriteria standar yang telah ditetapkan.

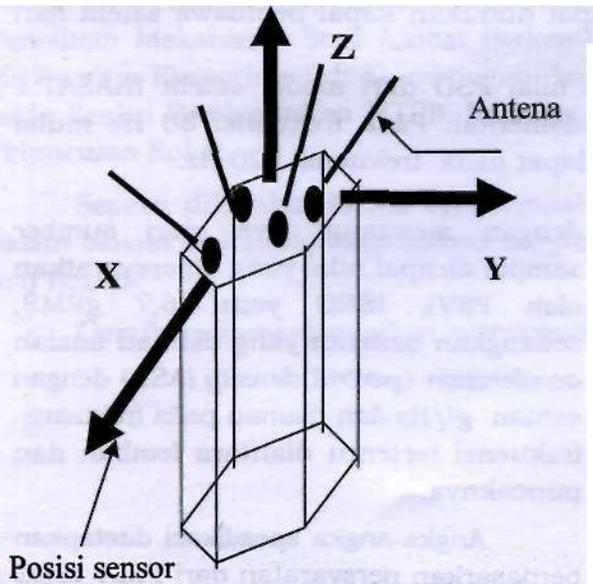
Pada makalah ini hanya akan dibahas pengujian pada arah sumbu X. Dengan penekanan pada:

- *Frequency range*
- Kesesuaian dengan standar
- Karakteristik respon mekanik dari benda uji
- Daya vibrasi
- Ukuran, rigiditas dan berat dari benda uji
- Rigiditas dan berat dari alat bantu

Pendeteksian dilakukan terhadap prediksi terjadinya frekuensi fundamental yang pertama, dimana pada grafik spektrum terlihat bahwa frekuensi fundamental terjadi pada frekuensi 80 Hz sampai 104 Hz dan naik kembali sampai pada frekuensi 120 Hz dengan melihat rasio amplitudo puncak dan lembah A_p/A_n dan rasio frekuensi puncak dan lembah f_p/f_n .

2 PENGUJIAN RANDOM VIBRASI

Ilustrasi pengujian arah sumbu X seperti yang terlihat pada Gambar 2-1.



Gambar 2-1: Sumbu pengujian vibrasi

Pengujian dilakukan untuk sumbu X dengan urutan pengujian, sebagai berikut.

- *Pre Test* : membuat program sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan dan dicobakan.
- *Dummy Test* : melakukan pengetesan benda pengganti benda uji dengan bobot dan karakter yang sama.
- *Test Execution* : melakukan pengujian terhadap benda uji.

Pengujian random vibrasi dapat digunakan untuk memprediksi terjadinya frekuensi fundamental dengan menggunakan spektxum daya. Besarnya spektrum daya atau Power Spectral Density (PSD) dilakukan dengan nilai yang dipersyaratkan oleh PSVL ISRO yaitu 6,7 gRMS, sedangkan besaran yang diamati adalah *acceleration spectral density* (ASD) dengan satuan g^2/Hz .

Teknik memprediksi terjadinya frekuensi fundamental menggunakan spektrum daya adalah dengan mengamati lembah dan puncaknya pada frekuensi-frekuensi tertentu.

Pengamatan perbandingan amplitudo puncak-lembah adalah

$$A_{pn} = A_p/A_n \dots\dots\dots (2-1)$$

Keterangan:

- A_p = amplitudo puncak
- A_n = amplitudo lembah

Selain pengamatan amplitudo puncak-lembah diamati pula perbandingan frekuensi puncak-lembah, seperti :

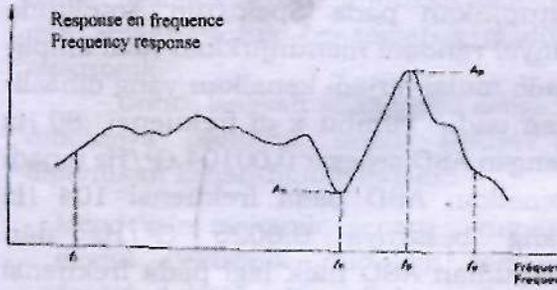
$$B_{pn} = \frac{|f_p - f_n|}{\sqrt{f_p f_n}} \dots\dots\dots (2-2)$$

Keterangan:

- f_p = frekuensi pada amplitudo puncak
- f_n = frekuensi pada amplitudo lembah

Perbandingan nilai A_{pn} dan B_{pn} akan menggambarkan kecuraman grafik antara puncak dan lembah, semakin besar A_{pn} dan semakin kecilnya B_{pn} akan menghasilkan grafik yang curam artinya spektrum daya naik dengan cepat pada selang frekuensi yang pendek. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada

Gambar 2-2. Determinasi dari perbandingan amplitudo puncak dan lembah.



Gambar 2-2: Determinasi dari perbandingan amplitudo puncak-lembah

3 FREKUENSI FUNDAMENTAL

Frekuensi fundamental adalah peristiwa ikut bergetarnya suatu benda akibat dari bergetarnya benda lain yang mempunyai frekuensi diri sama. Frekuensi fundamental dapat dideteksi dengan terjadinya resonansi, pada pengujian vibrasi terjadinya resonansi dapat dideteksi dengan meningkatnya akselerasi yang terjadi pada benda uji. Peningkatan akselerasi yang dapat dikategorikan sebagai resonansi nilainya lebih dari dua kali dari nilai akselerasi yang diberikan.

Terjadinya resonansi dapat dijelaskan dengan rumus sederhana :

$$Y = Y_0 \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right) \dots \dots \dots (3-1)$$

Apabila $x = \lambda$ dan $t = T$, maka tidak akan terjadi resonansi.

Frekuensi pribadi suatu sistem getaran tergantung pada kekakuan dan massanya. Hubungan tersebut diterangkan dalam rumus :

$$W_n = \sqrt{k/m} \dots \dots \dots (3-2)$$

$$F_n = 1/2\pi \sqrt{k/m} \dots \dots \dots (3-3)$$

Keterangan:

k = kekakuan sistem getar

m = massa sistem getar

4 IMPEDANSI MEKANIK

Respon frekuensi tergantung pada karakteristik dinamik struktur mekaniknya yakni impedansi mekanik. Hal ini dapat terjadi, bila :

- Respon getarannya kecil maka sulit dianalisis, dan biasanya respon semacam ini diabaikan.
- Respon berubah secara drastis terhadap frekuensi, sehingga perubahan frekuensi akan mengganggu pembacaan tingkat amplitudo getaran. Untuk dapat mengetahui tingkat amplitudo getaran dengan baik, diperlukan perubahan frekuensi secara perlahan (pergerakan frekuensi dengan oktaf rendah) dilakukan pada pengujian menggunakan metoda sapuan. Bila pengujian dilakukan dengan menggunakan random vibrasi, maka diperlukan filter redaman pada struktur mekanik yang bersangkutan.

5 SET-UP PENGUJIAN

Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin vibrasi LDS yang terdiri dari DSC 8 sebagai alat pengontrol, DPA *K Series switching amplifier* dan *Bxiter V730 Combo*. Untuk memberikan sumber sinyal random, melakukan pengamatan dan rekaman data digunakan DSA (*dynamic signal analyzer*) HP 35665A yang dilengkapi dengan 2 *charge amplifier*, sedangkan untuk mengkonversi data digunakan PC (*personal computer*) seperti terlihat pada Gambar 5-1: Set-up Pengujian Random Vibrasi.

7 ANALISA DAN EVALUASI

Data dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada Spektrum Amplitudo sinyal random menunjukkan nilai amplitudo mulai terjadi kenaikan yang dihasilkan pada sumbu x di frekuensi 80 Hz dengan ASD sebesar 0,00104 GVHz terjadi kenaikan ASD pada frekuensi 104 Hz yang besarnya 0,0025 G²/Hz dan kemudian ASD naik lagi pada frekuensi 120 Hz sebesar 0,01159 G²/Hz. Maka perbandingan amplitudo puncak-lembah pertama adalah :

$$A_{pn} = \frac{A_p}{A_n} = \frac{0,0025 G^2 / Hz}{0,00104 G^2 / Hz} = 2,4 \dots\dots\dots (7-1)$$

dan Perbandingan frekuensi puncak-lembah pertama adalah :

$$B_{pn} = \frac{|f_p - f_n|}{\sqrt{f_p f_n}} = 0.2631 \dots\dots\dots (7-2)$$

perbandingan amplitudo puncak-lembah kedua adalah :

$$A_{pn} = A_p / A_n = 0,01159 G^2 / Hz / 0,0025 G^2 / Hz = 4.636 \dots\dots\dots (7-3)$$

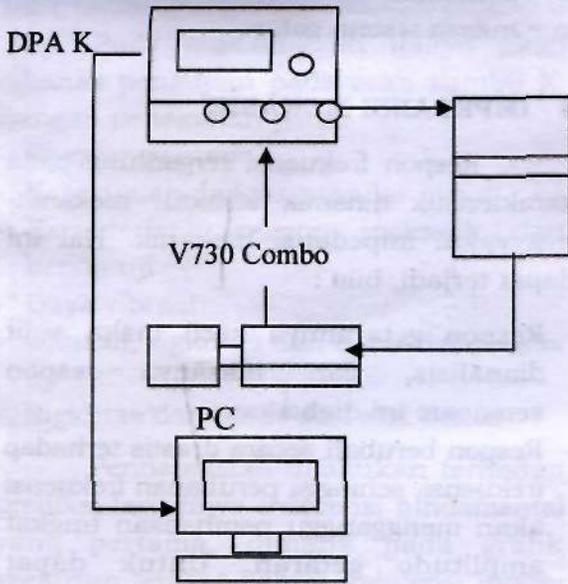
dan Perbandingan frekuensi puncak-lembah kedua adalah :

$$B_{pn} = 0.1432 \dots\dots\dots (7-4)$$

Karena yang dideteksi adalah mulai terjadinya resonansi, maka fundamental frekuensi mulai terjadi pada frekuensi 80 Hz sampai dengan frekuensi 104 Hz untuk yang pertama dan kemudian meningkat lagi sampai frekuensi 120 Hz untuk kejadian yang kedua dan nilainya dimungkinkan lebih tinggi karena A_{pn} lebih besar dari yang pertama dan B_{pn} lebih kecil.

Dari hasil pengujian random vibrasi dapat diduga ternyata didapat fundamental frekuensi untuk sumbu X terdapat di atas frekuensi 80 Hz, artinya bahwa model satelit telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh PSLV ISRO India dan dapat dinyatakan lulus uji vibrasi. Untuk pengujian tahap awal

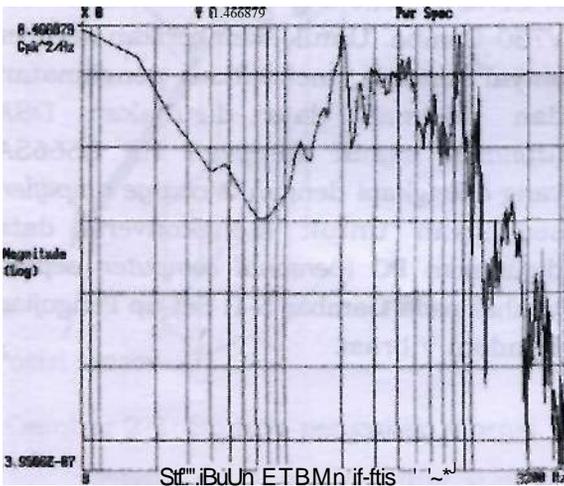
DSA HP 35665A



Gambar 5-1: Set-up pengujian random vibrasi

6 DATA HASIL PENGUJIAN

Dari hasil pengujian random vibrasi untuk sumbu X, mulai dari frekuensi 80 Hz dengan ASD sebesar 0,00104 G²/Hz terjadi kenaikan ASD pada frekuensi 104 Hz. yang besarnya 0,0025 G²/Hz dan kemudian ASD naik lagi pada frekuensi 120 Hz sebesar 0,01159 G²/Hz. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada hasil pengamatan di Gambar 6-1. Determinasi dari Spektrum Amplitudo sinyal random.



Gambar 6-1: Determinasi dari Spektrum Amplitudo sinyal random.

terhadap mode! satelit INASAT.1 yang pada saat dilakukan uji vibrasi terdiri atas bahan mekanik seperti:udukan kamera dan rumah untuk penempatan modul elektronik.

Untuk langkah selanjutnya dengan dibuatnya prototipe satelit INASAT.1 diperlukan kehati-hatian dalam :

- Mendesain mekanik, seperti : rumah modul elektronik,udukan kamera danudukan *solar cell* harus betul-betul *rigid* dengan bahan yang lebih baik, karena fundamental frekuensi dapat terjadi bila tidak dipenuhinya tiga faktor utama, yaitu *rigiditas* perangkat, *elastisitas* bahan dan kesetabilan perangkat.
- Memperhatikan sistem koneksi antara bagian-bagian yang disambung dilakukan sesuai dengan standar pemasangan dan harus sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan.
- Melakukan integrasi dengan memperhatikan rigiditas, kestabilan dan menggunakan bahan integrasi dengan spesifikasi dan peruntukan yang sesuai.

Dengan dipenuhinya ketiga kriteria di atas, diharapkan pada saat diluncurkannya satelit INASAT.1 LAPAN dapat meluncur dengan baik, dan tidak ditemuinya:

- Kerusakan pada saat peluncuran, karena satelit tidak tahan terhadap getaran yang disebabkan oleh roket pembawa.
- Terjadi fundamental frekuensi pada satelit, sehingga dapat mengganggu kinerja dari roket pendorang.

8 KESTMPULAN

- Spektrum Amplitudo sinyal random menunjukkan nilai amplitudo mulai terjadi kenaikan yang dihasilkan pada sumbu X di frekuensi 80 Hz dengan ASD sebesar 0,00104 G²/Hz kemudian

terjadi kenaikan ASD pada frekuensi 104 Hz yang besarnya 0,0025 G²/Hz dan kemudian ASD naik lagi pada frekuensi 120 Hz sebesar 0,01159 G²/Hz.

- Fundamental frekuensi mulai terjadi pada frekuensi 80 Hz, besarnya amplitudo terus bertambah dengan semakin bertambah besarnya frekuensi yang diberikan.

Dari gejala dapat disimpulkan bahwa mikro satelit INASAT.1 dapat dinyatakan lulus uji, sebab fundamental frekuensi tidak ditemukan pada frekuensi di bawah 80 Hz tetapi satelit INASAT.1 tidak tahan bila diberi frekuensi di atas 80 Hz. Sehingga model satelit INASAT.1 dapat dinyatakan lulus uji, karena telah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.

DAFTAR RUJUKAN

- Daryono R W, 2003. *Mendeteksi Frekuensi Fundamental Pada Model Satelit Mikro Inasat.1 untuk Sumbu X, Sumbu Y dan Sumbu Z*, SIPTTEKGAN VII-2003.
- Daryono R W, 2002. *Uji Vibrasi dengan Teknik Penyapuan untuk Kemasan Ukuran Besar*, PPI- KIM, Serpong.
- E.P. Popov, 1984. *Mechanics of Materials*, 2th Edition, Berkeley, California USA.
- IEC 68-2-35, 1982. *Basic Environmental Testing Procedure Part 2, Test Fda: Random vibration wide band*, Geneve, Suisse, CEI.
- Nigel Wells, *Countdown to launch of the first microsattellites qualified for flight on Ariane-5 ASAP*, Space Department, Defence Evaluation & Research Agency, Farnborough, Hampshire GU14 OLX, UK.
- S. Ramakrishnan, 1999. *Polar Satellite Launch Vehicle*, Project director PSLV project, India Space Research Organisation.