

# PEREDAM KEJUT DAN GETARAN BAGI MUATAN RX-250

**Robertus Heru Triharjanto**

Peneliti Bidang Struktur PUSTEKWAGAN, LAPAN

## ABSTRACT

The paper discusses the design and test of shock damping system for RX-250 payload. The propulsion system of the rocket provides 12 g acceleration for about 12 seconds, which is applied (and diminished) in milliseconds. Such shock load, in addition to the vibration from the rocket's structure response to aerodynamic and combustion stability load, could damage the sensitive part of payload electronics. In order to prevent the damage, shock damper made of wire steel spring is applied between the rocket and the payload. The paper discusses the technical implementation of the damper design, which includes the ground test and flight test. The first flight test for the damper is done in December 2006.

Keywords: *Shock damper, Rocket payload*

## ABSTRAK

Makalah ini membahas perancangan dan pengujian sistem peredam kejut bagi payload RX-250. Sistem propulsi dari roket ini memberikan percepatan 12 g selama 12 detik, yang timbul (dan hilang) dalam tempo per-seribu detik. Beban tersebut, bersama dengan getaran yang timbul dari reaksi struktur roket terhadap beban aerodinamis dan stabilitas pembakaran, dapat mengakibatkan terjadinya kejut (*shock*) dan getaran yang merusak bagian sensitif dari *payload* elektronik. Untuk mencegah kerusakan pada *payload* elektronik, maka peredam kejut dan getaran yang terbuat dari pegas baja (*wire type*) dipasang antara roket dengan *payload*. Makalah ini membahas implementasi teknis perancangan yang meliputi uji darat dan uji terbang dari peredam tersebut yang pertama kali diadakan pada bulan Desember 2006.

Kata kunci : *Peredam kejut, Muatan roket*

## 1 PENDAHULUAN

Perancangan peredam kejut dan getaran bagi muatan RX-250 dimotivasi oleh hasil uji terbang RX-250, dimana muatannya beberapa kali mengalami kegagalan. Kegagalan yang terjadi adalah berhentinya data (dengan berhentinya pengiriman signal atau signal datang tanpa data) beberapa detik setelah roket meluncur. Sulit untuk mendapatkan kesimpulan yang definitif mengenai penyebab kegagalan tersebut, namun salah satu kemungkinan penyebabnya adalah terjadinya kejut (*shock*) dan getaran yang merusak bagian sensitif dari *payload*. Untuk mengatasi hal tersebut, dirancang sistem peredam kejut dan getaran bagi muatan RX-250.

RX-250 adalah roket standar LAPAN yang mempunyai diameter 250 mm dan panjang motor 3 m. Saat pembakaran propelan selama 12 detik roket mengalami percepatan sebesar 12 g.

## 2 PERANCANGAN

Metode yang dipilih untuk meredam kejut adalah menggunakan pegas baja. Metode ini dipilih karena perhitungannya dan pemasangannya lebih sederhana dibandingkan dengan menggunakan peredam dari karet sintesis/ busa. Pegas akan mengkonversi pergerakan yang didapat dari gaya kejut menjadi osilasi. Osilasi ini akan mempunyai percepatan yang jauh lebih rendah dari percepatan kejut karena waktu

implementasinya lebih lama dari kejut kendati hampir tidak ada energi yang diserap. Pada kasus ini dipilih *Enidine wire-roped damper*, yang banyak digunakan untuk aplikasi peredam kejut bagi perangkat elektronik.

Parameter yang menjadi acuan dalam desain peredam kejut adalah:

- *Payload* RX-250 mempunyai berat sekitar 7 kg,
- Beban kejut arah axial dari motor RX-250 adalah naiknya percepatan dari 0 ke 20 g selama 200 ms,
- Jumlah *damper* yang dipakai harus kelipatan 4 agar '*center of gravity*' berada di tengah sistem *damper*.

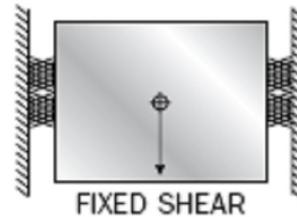
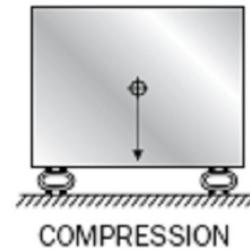
Manual *Enidine* menyebutkan pemilihan jumlah dan tipe *damper* didasari pada perhitungan defleksi dan gaya yang diterima. Persamaannya adalah :

$$D_{\min} = \frac{V^2}{g (G_T - 1) 1000}$$

$$F_{\text{avg}} = \frac{WV^2}{2g (D_{\min}) 1000} \quad (2-1)$$

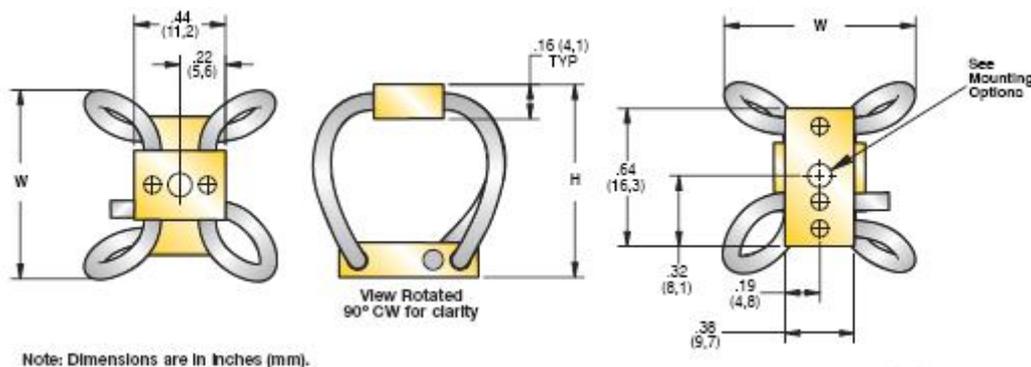
Keterangan:

- V : percepatan input (m/s<sup>2</sup>),
- G<sub>T</sub>: percepatan output (g),
- W : beban static per *damper*.

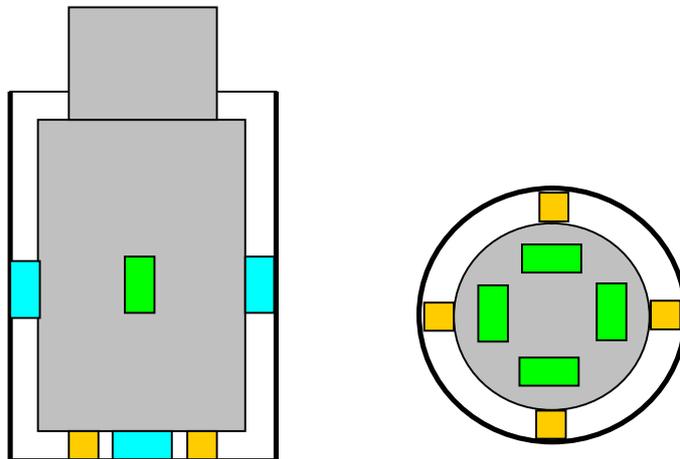


Gambar 2-1: Tipe pemasangan *damper* yang digunakan

Dari perhitungan didapat bahwa  $D_{\min} = 2$  mm dan  $F_{\text{avg}} = 17,4$  N. Selanjutnya, mengacu pada kurva seri CR2, yang merupakan *damper* untuk beban 0-20 N (Apendix 1), maka didapat bahwa yang paling tepat digunakan adalah 4 buah CR2-200 (Gambar 2-2). *Damper* ini akan dibuat pada dasar tabung *payload* (moda kompresi, Gambar 2-1). Untuk mencegah gerakan lateral pada *payload*, maka 4 buah CR2-100 *damper* dipasang pada bagian sisi (Gambar 2-3). Warna hijau menunjukkan sisi atas/bawah *damper*, biru menunjukkan bagian samping *damper* dan warna coklat menunjukkan bagian depan/belakang *damper*.



Gambar 2-2: *Damper* jenis CR2



Gambar 2-3: Konfigurasi pemasangan *damper* pada *payload* (tampak bawah & samping)

### 3 PENGUJIAN DARAT

Tujuan dari pengujian adalah untuk melihat performansi dari *damper* yang didesain untuk muatan RX-250. Pada pengujian ini digunakan *payload* roket yang sebenarnya (*flight model*). Kendati demikian, belum semua beban terwakili karena sebagian dari *payload* belum terpasang. Pengujian dilakukan di fasilitas uji beban dinamik di Sentra Teknologi Polimer, PUSPITEK, Serpong pada tanggal 13 Desember 2006.

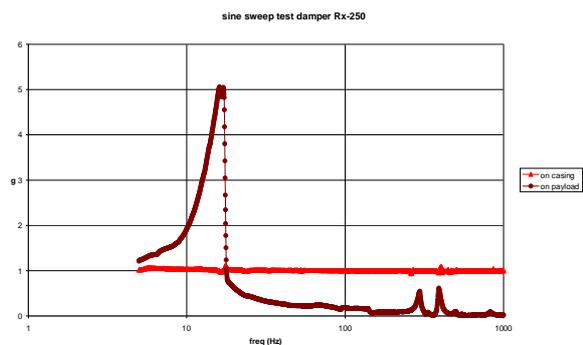


Gambar 3-1: Pemasangan mounting pada *actuator* vertical dan akselerometer pada *payload*

Pengujian dilakukan dengan beban dinamik diberikan secara vertical pada axis panjang *payload*. Dua (2) buah akselerometer dipasang pada meja getar pemegang benda uji dan pada bagian atas *payload* untuk melihat beban dinamik yang dialami sebelum dan setelah aplikasi *damper*.

#### ■ Natural frequency sweep :

- Frequency range 5-1000 Hz
- Load = 1 g

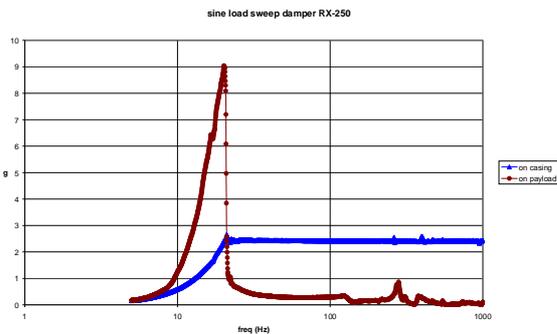


Gambar 3-2: Hasil frequency sweep at 1 g

Tujuan dari test ini adalah untuk melihat natural frekuensi dari *system payload-damper*. Hasilnya menunjukkan bahwa natural frekuensi dari sistem adalah 18 Hz, dan amplifikasi maksimum adalah 5 g untuk beban 1 g. Hal ini menunjukkan bahwa kekakuan *damper* masih dapat ditambah (dengan konsekuensi peredaman *shock* berkurang). Divergen tidak terjadi pada sistem ini karena pegas tipe *wire rope* mempunyai kemampuan *slide* dan sistem *damper* dilengkapi *foam stopper*.

■ Sine load sweep :

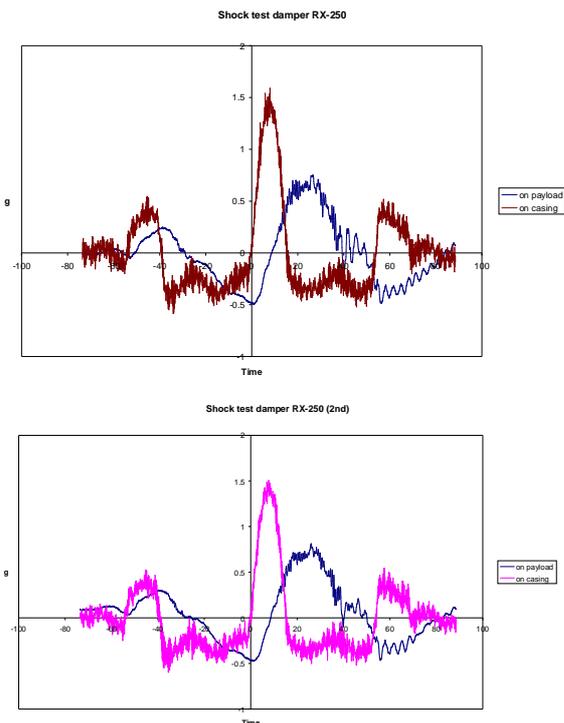
- At 1-20 Hz with max displacement 4 mm,
- At 20-1000 Hz with g load 2,54 g.



Gambar 3-3: Hasil *frequency sweep* at 2,5 g

Tujuan dari test ini adalah untuk melihat kemampuan *payload* dan performa *damper* saat mengalami resonansi (frekuensi beban sama dengan frekuensi pribadi). Hasil menunjukkan bahwa amplifikasi hingga 9 g terjadi untuk beban 2,5 g.

- Half-sine shock load : maximum 1,5 g loading time 15 ms



Gambar 3-4: Hasil *shock load*

Hasil test menunjukkan bahwa *damper* dapat dengan efektif meredam *shock*. Beban *shock* maximum 1,5 g

dengan *loading time* 15 ms dikonversi menjadi *shock* maksimum 0,7 g dengan *loading time* 30 ms.

- Payload functional frequency sweep :



Gambar 3-5: Pemasangan *nose cone* yang berisi radio dan antenna agar data *payload* bisa dikirim

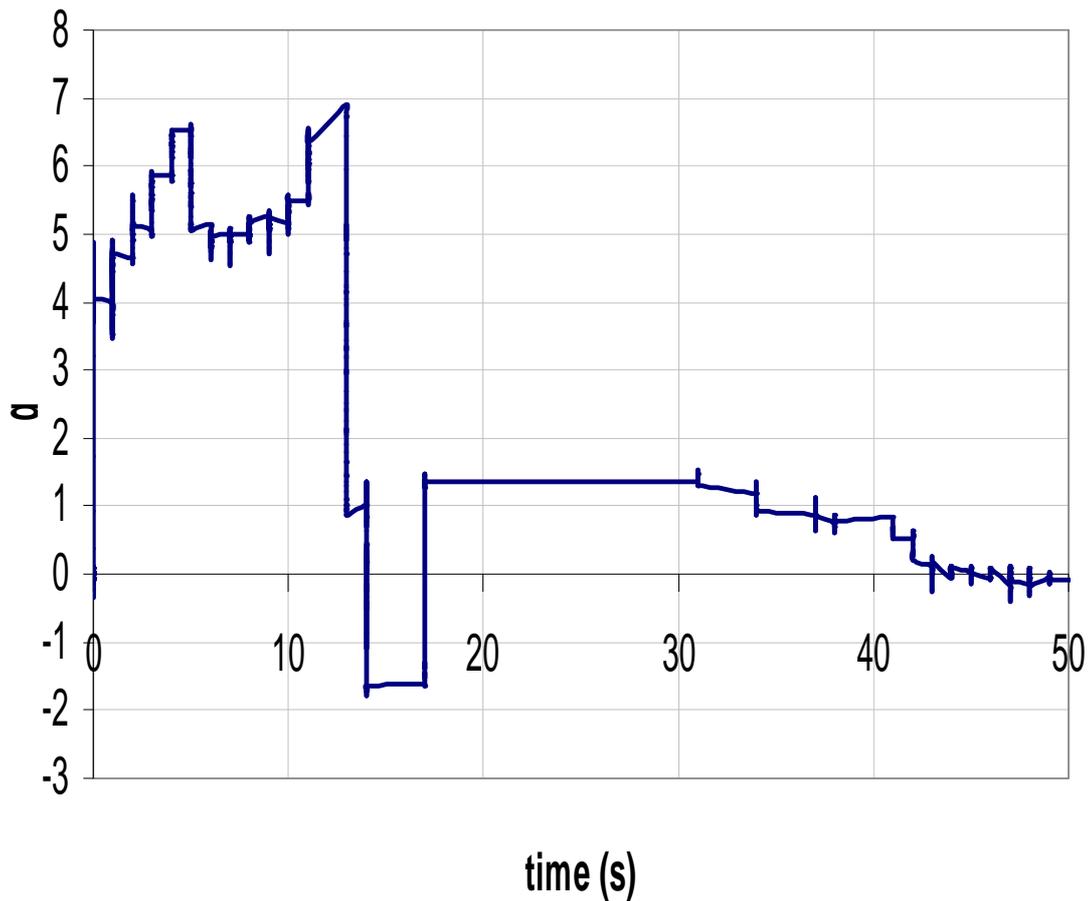
Beban yang diberikan sama dengan test pertama. Pada test ini *payload* akan dinyalakan untuk dilihat performasinya setelah mengalami beban getar dan *shock* dan bacaan yang diterima sensor saat mengalami beban getar. Hasil test menunjukkan bahwa *payload* masih bekerja dengan baik setelah mengalami beban getar dan *shock*, serta dapat bekerja dengan baik saat menerima getaran.

4 UJI TERBANG

Uji terbang terhadap RX-250 yang *payload*-nya dilengkapi *shock damper* dilakukan di Fasilitas Uji Terbang LAPAN, di Pameungpeuk, pada bulan Desember 2006.

RX-250 mempunyai berat 242 kg. Panjang motor roketnya 300 cm, dengan konfigurasi ganda propelannya, motor ini dapat memberikan daya dorong rata-rata 3000 kgf selama 12 detik (berdasarkan hasil uji statik). Daya doyong tersebut akan memberikan percepatan sebesar 11 g.

## RX-250 December 2006 longitudinal acceleration load



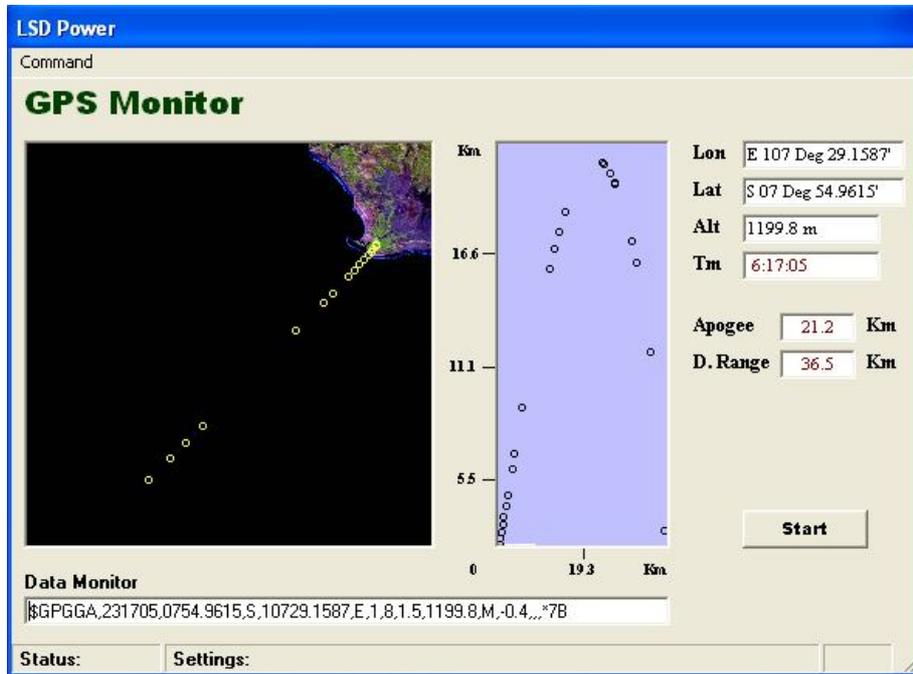
Gambar 4-1: Beban percepatan aksial pada 60 detik pertama uji terbang RX-250 Desember 2006

Roket ini memiliki sensor pengukur percepatan pada arah longitudinal dengan kapasitas maksimum 40 g, selain dari GPS untuk mendeteksi posisinya dan gyro untuk mendeteksi *roll* selama penerbangan.

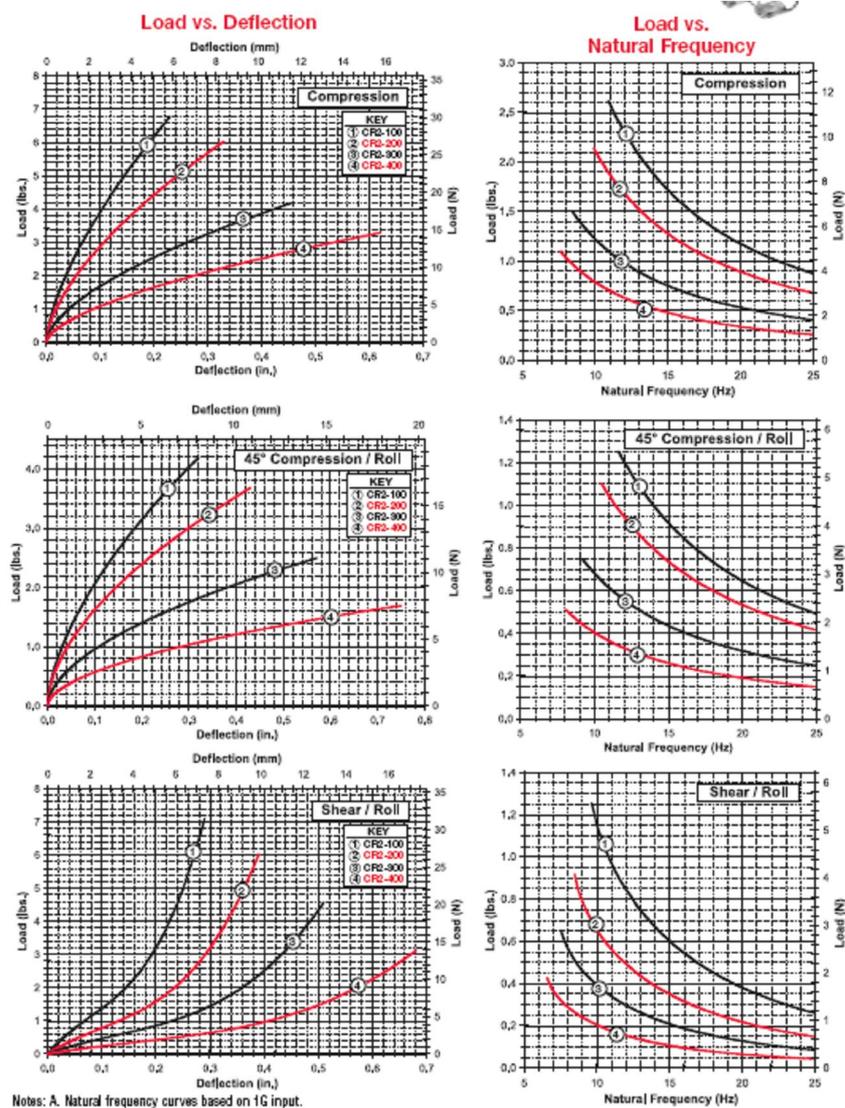
Hasil pengujian menunjukkan bahwa saat terjadi beban percepatan dari gaya dorong motor roket dirasakan oleh *payload* secara gradual dengan masa transien hingga 4 detik, dan beban maksimum yang dirasakan tidak lebih dari 7 g. Demikian juga kejutan yang dialami

saat propelan habis (*burn-out*) dialami dalam masa transien sekitar 4 detik dengan selisih beban maksimum-minimum tidak lebih dari 8,5 g.

Uji terbang RX-250 Desember 2006 adalah kali pertama dimana *payload* tidak mengalami kerusakan selama terbang dan data bisa didapatkan hingga *ground station* tidak lagi bisa *line-of-sight* dengan roket (Gambar 4-2 dan 4-3). Diperkirakan *dampers* yang dipasang mempunyai kontribusi atas keberhasilan kinerja *payload* tersebut.



Gambar 4-2: Hasil uji terbang RX-250 Desember 2006



Gambar 4-3: Kurva kinerja CR2

## 5 KESIMPULAN

- Sistem *payload-damper* mengalami resonansi pada frekuensi 18 Hz. Sistem tidak mengalami divergen, amplifikasi beban maksimum 5 kali,
- Hasil uji darat menunjukkan bahwa *damper* dapat meredam kejut pada arah longitudinal secara efektif. Sehingga sistem damper RX-250 siap untuk mengalami uji terbang,
- Hasil uji terbang menunjukkan bahwa *damper* dapat membantu mengurangi beban kejut yang dialami selama penerbangan,
- Diharapkan test yang lebih lengkap (beban kejut yang lebih bervariasi; beban pada axis lateral *payload*) dapat dilakukan untuk lebih jauh melihat karakteristik dari *damper*.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih pada para peneliti di Bidang Struktur (Ibu Lilis, Pak Dayat, Pak Sumadi, Pak Ronal) dan Bidang Kendali (Pak Herma, Pak Idris, Pak Didi), Pustekwagan, LAPAN, serta dari Sentra Teknologi Polimer, BPPT (Pak Dodi), yang telah banyak membantu penelitian ini.

## DAFTAR RUJUKAN

- ENIDINE; Wire Rope Isolator Catalog; [www.enidine.com](http://www.enidine.com).
- Thimosenko, S.; John Wiley, 1990. *Mechanics of Materials*.
- Jones, N., 1989. *Structural Impact*. Cambridge Univ. Press.
- Laporan Uji Terbang RX-250 Desember 2006 (dokumen internal LAPAN).