

# TELAAH ORBIT SATELIT LAPAN-TUBSAT

Nizam Ahmad dan Thomas Djamaluddin  
Pusat Pemanfaatan Sains Aniariksa LAPAN  
Email: [nizam@bdg.lapan.go.id](mailto:nizam@bdg.lapan.go.id)

## ABSTRACT

The study of orbit characteristics of LAPAN-TUBSAT can be done by using some microsattellites which identical in the case of mission and its orbit. This knowledge is useful to reduce the failure of mission. This characteristic can be seen from the change of orbital elements caused by perturbation forces. LAPAN-TUBSAT is placed in Low Earth Orbit (LEO) at altitude about 630 km which has orbit near polar ( $i^* 98^\circ$ ). At this altitude, the perturbations come from non-gravitational force such as atmospheric drag and gravitation force from earth oblatness. From the simulation can be predicted that in the early years of its operation, the variation in altitude and semi major axis is relatively small. It means that this satellite could have the life time more than 50 years. The effect of earth oblatness will cause the regression of the nodes of about  $1^\circ/\text{day}$  and the rotation of the line of apsides of about  $-3^\circ/\text{day}$ . These changes are not too critical for near polar orbit which means that satellite keeps conducted the mission goal such as satellite imaging.

## ABSTRAK

Kajian karakteristik orbit satelit LAPAN-TUBSAT dapat dilakukan melalui beberapa satelit mikro yang identik dalam hal misi dan orbitnya. Pengetahuan akan karakteristik ini sangat perlu untuk memperkecil kegagalan misi satelit. Karakteristik ini terlihat dari seberapa besar perubahan elemen orbit akibat gangguan terhadap misi satelit. Satelit LAPAN-TUBSAT yang ditempatkan pada ketinggian orbit rendah bumi (LEO), dengan ketinggian sekitar 630 km, memiliki orbit hampir polar ( $s^* 98^\circ$ ). Pada ketinggian ini, gaya gangguan non-gravitasi pada orbit berasal dari hambatan atmosfer dan gaya gravitasi akibat efek Bumi pepat. Dari simulasi, dapat diperkirakan bahwa pada tahun pertama satelit ini beroperasi, variasi ketinggian dan sumbu semi mayor relatif kecil. Satelit diperkirakan dapat bertahan dengan kala hidup orbit di atas 50 tahun. Efek Bumi pepat menyebabkan satelit mengalami presesi nodal sekitar  $1^\circ/\text{hari}$  dan rotasi apsidal sekitar  $-3^\circ/\text{hari}$ . Perubahan ini tidak terlalu beresiko terhadap satelit dengan orbit hampir polar, malah akan memberikan keuntungan bagi misi pencitraan satelit.

Kata kunci: *LAPAN-TUBSAT, Orbit, Lingkungan antariksa*

# 1 PENDAHULUAN

Satelit mikro pertama Indonesia dibuat atas dasar kerjasama antara LAPAN dan *Technical University of Berlin (TV Berlin)*, karenanya dinamakan LAPAN-TUBSAT. Satelit dengan berat sekitar 57 kg dan ukuran kurang dari 1 m ini bermisi pengawasan (*Surveillance*). Satelit ini memiliki muatan dua kamera penginderaan jauh dengan  $f^B$  1000 mm dan  $f \cdot 50$  mm, komunikasi data simpan dan antar [*store and forward*], serta kontrol sikap tiga sumbu [*3-axis attitude control*]. Satelit ini telah diluncurkan secara *piggy back* (menumpang) dengan roket PSLV (*Polar Satellite Launch Vehicle*) milik India pada tanggal 10 Januari 2007.

Dalam perencanaan awal ada tiga alternatif orbit yang digunakan oleh satelit ini (Hardienata, 2005) yaitu orbit sinkron-matahari (*Sun-Synchronous Orbit, SSO*) dengan inklinasi,  $i \cdot 97,9^\circ$  dan ketinggian  $H = 630$  Jga, orbit ekuatorial dengan inklinasi  $: = 2,5^\circ$  dan ketinggian  $H = 550$  km, serta orbit semi-ekuatorial dengan inklinasi  $i - 37^\circ$  dan ketinggian  $H = 600$  km. Pemilihan orbit ini sangat vital bagi optimasi aplikasi dan operasional satelit. Hasil simulasi awal memperlihatkan bahwa penempatan satelit di ketiga orbit tersebut memiliki karakteristik tersendiri yaitu orbit *SSO* dengan inklinasi  $97,9^\circ$  dan  $37^\circ$  akan memberikan hasil yang lebih baik untuk aplikasi satelit karena memungkinkannya meliputi seluruh wilayah Indonesia dan orbit ekuator dengan inklinasi  $2,5^\circ$  akan memberikan hasil yang lebih baik bagi operasional satelit karena waktu lintas ulang (*revisit*) yang lebih sering (Hardienata, 2005).

Untuk pemantauan dan pengambilan data, LAPAN mengoperasikan dua stasiun Bumi (SB) di Rumpin (Bogor) dan Biak. Lokasi ini dipilih berdasarkan kemampuan melakukan liputan terhadap wilayah kepulauan Indonesia. SB utama berlokasi di Rumpin, Bogor yang memiliki koordinat dengan lintang  $06^\circ 22' 27''$  S dan bujur  $106^\circ 37' 87''$  T. SB ini akan memantau satelit di bagian barat wilayah Indonesia. SB yang kedua yakni Biak memiliki koordinat dengan lintang  $01^\circ 10' 36''$  S dan bujur  $136^\circ 06' 04''$  T. SB ini akan memantau satelit di bagian timur wilayah Indonesia.

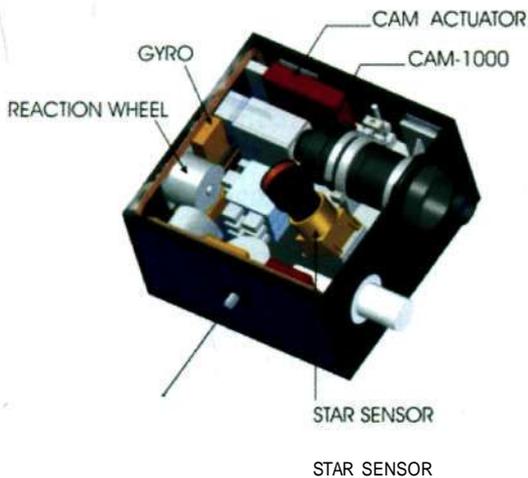
Satelit LAPAN-TUBSAT ditempatkan pada ketinggian orbit rendah Bumi sekitar 630 km. Mengingat kondisi lingkungan antariksa diketinggian orbit satelit tidak lepas dari pengaruh gaya gangguan, maka perlu adanya kajian terhadap karakteristik orbit akibat pengaruh gaya gangguan ini (Hasting, 1996). Hal ini selain mengurangi resiko kerugian anggaran juga agar kebutuhan misi satelit ini nantinya dapat terpenuhi. Gambaran umum karakteristik orbit LAPAN-TUBSAT ini diperoleh melalui kajian terhadap beberapa satelit mikro yang identik dalam hal misi maupun orbitnya (Ahmad, 2006).

Permasalahan yang kerap terjadi pada gangguan orbit adalah berubahnya ketinggian satelit akibat gaya hambatan atmosfer (*Atmospheric drag*) dan terjadinya presesi nodal serta rotasi apsida akibat efek bumi pepat

{*Earth oblateness*}), Makalah ini akan membahas hasil analisis karakteristik orbit satelit mikro sejenis LAPAN-TUBSAT dan prakiraan gangguan dan kala hidup LAPAN-TUBSAT.

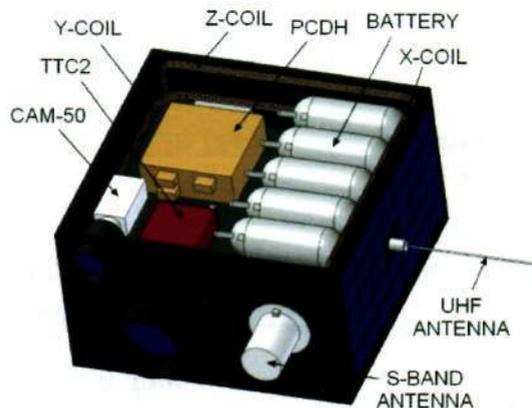
## 2 DATA DAN PENGOLAHAN

Secara struktur, LAPAN-TUBSAT dapat dibagi menjadi dua bagian (rak), rak bawah dan rak atas (Hardienata, 2005). Rak bawah berisi sistem kontrol sikap, sistem *telemetry and telecommand* (TTC), muatan kamera dengan fokus lensa 1000 mm dan sistem *S-band*.



Gambar 2-1: Rak bawah LAPAN-TUBSAT

Rak atas terdiri dari baterai, kontrol tenaga, sistem *data handling* (PCDH), muatan kamera dengan fokus lensa 50 mm dan *air coil*.



Gambar 2-2 : Rak atas LAPAN-TUBSAT

Secara keseluruhan, satelit ini memiliki ukuran sekitar 45 x 45 x 27 cm, berbentuk kotak dengan massa sekitar 57 kg. Lebih detailnya, data-data satelit ini dapat dilihat pada Tabel 2-1.

Tabel2-1 : DATA SATELIT LAPAN-TUBSAT

Nation	Indonesia, Germany
Type/App	Earth Observing
Operator	LAPAN/TU Berlin
Contractors	TU-Berlin
Equipment	1 x 3CCD Color-Camera with 6 m GSD, 1 CCD Color-Camera
Configuration	45 x 45 x 27 cm bus
Propulsion	None
Lifetime	1 year (design)
Mass	57 kg
Orbit	635 km x 635 km, 98°

Telaah awal orbit satelit LAPAN-TUBSAT ini dilakukan melalui satelit mikro lain yang telah diluncurkan dan memiliki kesamaan dalam hal misi maupun orbitnya. Melalui kajian karakteristik orbit satelit mikro (Nizam, 2006a), ada beberapa satelit yang dapat digunakan untuk memperkirakan orbit LAPAN-TUBSAT ini, diantaranya adalah Alsat 1 (Aljazira), Sunsat (Afrika Selatan), Bilsat 1 (Turki), Fedsat (Australia) dan Rocsat 1 (China). Berdasarkan inklinasi orbit, satelit Alsat 1, Sunsat, Bilsat 1 dan Fedsat merupakan satelit *Near Polar* dan satelit Rocsat 1 adalah satelit *Ekuatorial*.

Data-data orbit kelima satelit ini dapat dilihat pada tabel 2-2 (*Space-track, com*)

Tabel 2-2 : DATA - DATA ELEMEN ORBIT MIKROSAT

Name	Period	Incl, (deg)	Apogee {km}	Perigee {km}
Alsat-1	98.44	98.1	691	677
Sunsat	99.77	96.48	854	641
Bilsat-1	98.44	98.1	692	676
Fedsat	100.85	98.53	806	792
Rocsat 1	96.1	34.98	594	549

Metodologi yang digunakan dalam telaah awal orbit satelit LAPAN-TUBSAT ini adalah, pertama memanfaatkan data tiga alternatif orbit tersebut. Jadi berdasarkan inklinasinya, LAPAN-TUBSAT telah memiliki alternatif orbit *near polar* dan *equatorial*. Berikutnya adalah mencari satelit mikro yang memiliki misi dan orbit yang identik dengan satelit LAPAN-TUBSAT dan ini

dilakukan terhadap kelima mikrosat pada Tabel 2-2 di atas. Terakhir meaganalysis beberapa elemen orbit yang secara langsung dipengaruhi oleh gangguan (evolusi ketinggian, presesi nodal dan rotasi apside) untuk memperoleh karakteristik orbitnya. Hal ini secara tidak langsung memberikan kesamaan gambaran pada karakteristik LAPAN-TUBSAT nantinya.

Untuk simulasi lintasaii digunakan perangkat lunak STSplus dengan menggunakan data-data orbit (TLE) mikrosat pada Tabel 2-2 di atas dengan sedikit penyesuaian *epoch* dan propagasi orbit melalui SGP4.

### 3 HASIL

Prediksi evolusi ketinggian satelit LAPAN-TUBSAT dilakukan dengan menggunakan model propagasi SGP4. Karena satelit ini beberapa kali mengalami penundaan peluncuran, maka rancangan orbitnya juga mengalami perubahan. Namun, berdasarkan alternatif orbit tersebut, diambil jadwal peluncuran [*Launch Opportunity*) pada tanggal 10 Januari 2007. Bila mengacu pada data TLE awal orbit mikrosat, maka dengan menggunakan data TLE awal mikrosat ini dilakukan analogi sebagai berikut,

#### A. Diluncurkan dengan orbit *near polar* (= 10 Januari 2007)

##### 1. LAPAN-TUBSAT mengacu pada satelit Alsat 1

1	27559U	02054A	07010.00000000-	.00000046	00000-0	00000+0	0	10
2	27559	098.0000	217.0176	0043370	072.5437	288.0513	14.54233099	03

##### 2. LAPAN-TUBSAT mengacu pada satelit Sunsat

1	25636U	99008C	07010.00000000-	.00000032	00000-0	00000+0	0	11
2	25636	098.0000	009.5999	0150608	252.6338	105.8740	14.40957591	24

##### 3. LAPAN-TUBSAT mengacu pada satelit Bilsat 1

1	27943U	03042E	07010.00000000-	.00000048	00000-0	00000+0	0	14
2	27943	098.0000	157.4488	0011745	216.7135	143.3214	14.62490622	111

##### 4. LAPAN-TUBSAT mengacu pada satelit Fedsat

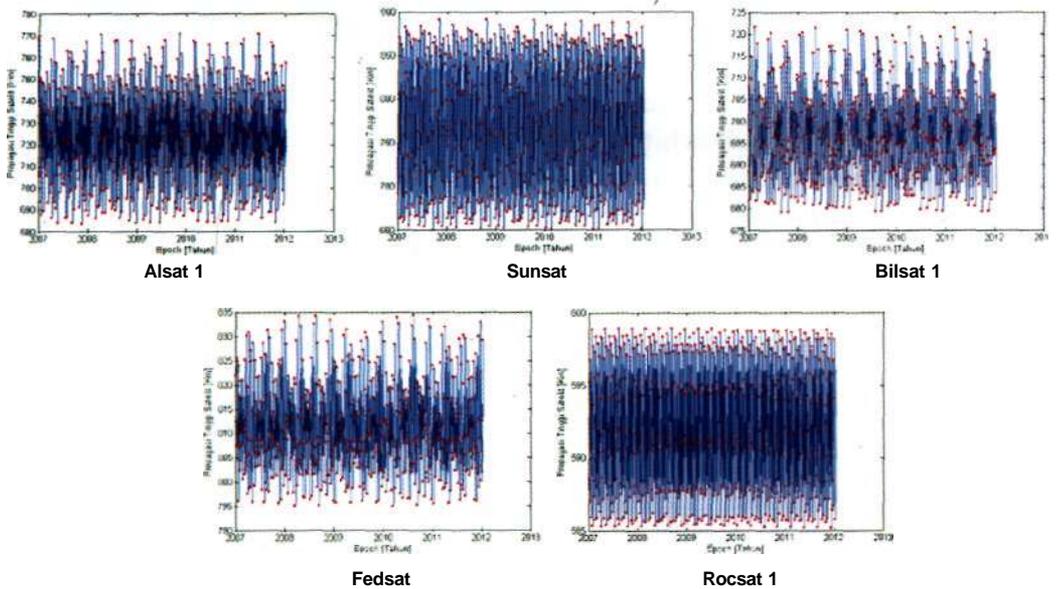
1	27598U	02056B	07010.00000000-	.00000044	00000-0	00000+0	0	11
2	27598	098.0000	057.7273	0009377	032.3043	327.8701	14.27685195	57

#### B. Diluncurkan dengan orbit *equatorial* (\* 10 Januari 2007)

##### LAPAN-TUBSAT mengacu pada satelit Rocsat 1

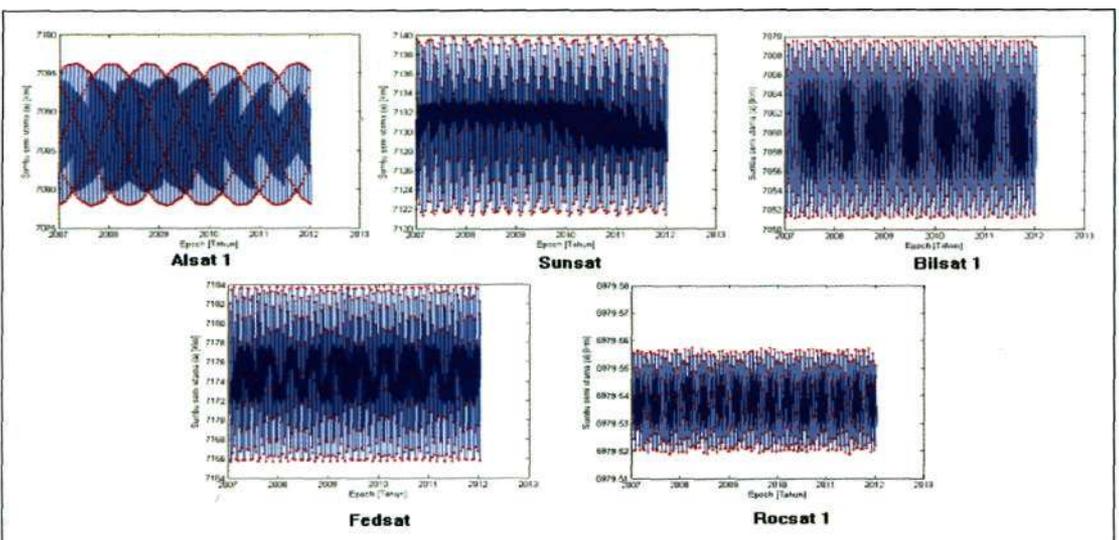
1	25616U	99002A	07010.00000000-	.00000027	00000-0	00000+0	0	11
2	25616	02.50000	284.7377	0009437	177.6235	182.4516	14.90907854	00

Dengan menggunakan data-data *TLB* di atas sebagai input, maka diperoleh perkiraan evolusi ketinggiannya selama 5 tahun sejak mengorbit yang dapat dilihat pada Gambar 3-1.



Gambar 3-1: Prediksi evolusi  $h$  LAPAN-TUBSAT

Gambar 3-1 merupakan profil ketinggian orbit satelit LAPAN-TUBSAT hasil propagasi dengan menggunakan *SGP4*, yaitu propagasi orbit yang memperhitungkan pengaruh gaya gangguan yang berasal dari hambatan atmosfer dan efek Bumi pepat dalam kalkulasi perubahan elemen orbitnya. Prakiraan evolusi ketinggian orbit LAPAN-TUBSAT ini dilakukan dengan mengadopsi data *TLE* awal satelit mikro pada Tabel 2-2 yang disesuaikan pada epoch peluncuran satelit, yaitu tanggal 10 Januari 2007. Dari sini terlihat bahwa evolusi ketinggian orbit satelit selama 5 tahun memperlihatkan ketinggian satelit masih di atas 500 km.



Gambar 3-2 : Prediksi evolusi  $a$  LAPAN-TUBSAT

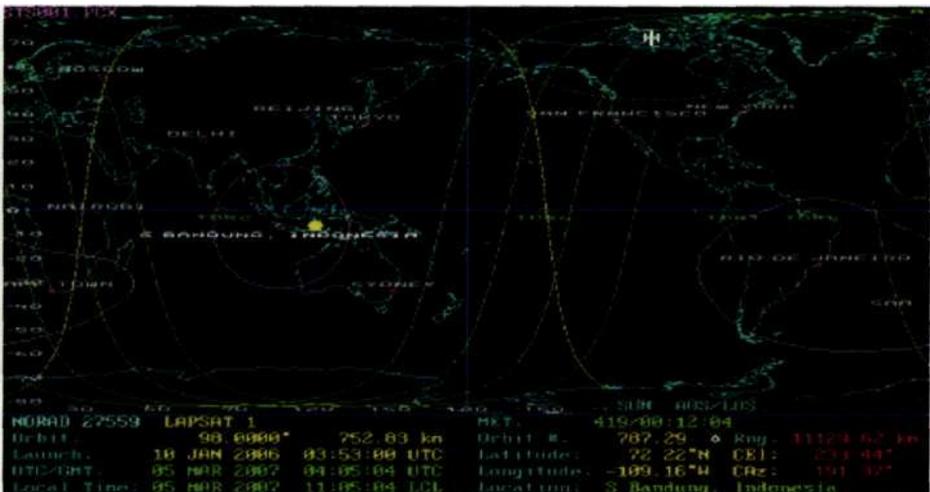
Evolusi pada elemen sumbu semi mayor dapat dilihat pada Gambar 3-2. Dari profil sumbu semi-mayor (a) pada Gambar 3-2 tersebut dapat dilihat bahwa rata-rata  $a$  selama evolusi orbit 5 taKun masih berkisar sekitar 7000-an km. Berdasarkan kajian karakteristik orbit beberapa mikrosat, LAPAN-TUBSAT diperkirakan akan mengalami perubahan pada empat elemen orbit, yakni ketinggian ( $h$ ) atau sumbu semi mayor ( $a$ ), Asensio rekta titik tanjak ( $\omega$ ) dan Argumen perigei ( $co$ ) (Nizam, 2006a).

LAPAN-TUBSAT diperkirakan akan memiliki pola evolusi ketinggian yang sama dengan mikrosat pada Tabel 2-2. Bila orbitnya *ekuatorial*, penurunan sumbu semi-mayor akan lebih cepat dibandingkan orbit *near polar*. Pada ketinggian di atas 600 km, kala hidup *{Life Time}* orbit diperkirakan bisa bertahan di atas 10 tahun. (Wertz, 2001). Selain itu, satelit ini akan mengalami regresi nodal rata-rata sebesar 1 putaran/tahun, bila orbitnya *near polar* dan bila orbitnya *equatorial*, presesi rata-ratanya berkisar antara 5-6 putaran/tahun.

Dampak berikutnya terhadap orbit satelit ini adalah rotasi apsida yang menyebabkan elemen  $co$  berlawanan arah dengan gerak satelit untuk orbit *near polar*. Akibatnya satelit akan mencapai *perigee* lebih lambat untuk setiap revolusinya. Untuk orbit *equatorial*, elemen  $co$  akan bergerak searah dengan gerak satelit. Akibatnya satelit akan mencapai *perigee* lebih cepat untuk setiap revolusinya (Vallado, 2001).

Simulasi lintasan satelit LAPAN-TUBSAT dengan menggunakan data TLE di atas dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak STSplus yang didalamnya telah menggunakan model propagasi SGP4. Simulasinya dapat dilihat pada Gambar 3-1 hingga Gambar 3-7.

1. LAPAN-TUBSAT mengacu pada satelit Alsat 1



Gambar 3-3 : Prediksi lintasan LAPAN-TUBSAT 1

Satelit akan berada pada lintang  $72,22^{\circ}$  U dan bujur  $109,16^{\circ}$  B melintasi kawasan sekitar San Francisco dan New York dengan ketinggian orbit sekitar 753 km.

## 2. LAPAN-TUBSAT mengacu pada satelit Sunsat



Gambar 3-4 : Prediksi lintasan LAPAN-TUBSAT 2

Satelit akan berada pada lintang  $39,24^{\circ}$  U dan bujur  $170,18^{\circ}$  B serta berada di sekitar daerah San Francisco dan Tokyo pada ketinggian orbit sekitar 689 km.

## 3. LAPAN-TUBSAT mengacu pada satelit Bilsat 1



Gambar 3-5 : Prediksi lintasan LAPAN-TUBSAT 3

Satelit akan berada pada lintang  $79,32^{\circ}$  S dan bujur  $33,64^{\circ}$  T setelah wilayah timur Indonesia menuju daerah *South Atlantic Anomaly* (SAA) dengan ketinggian orbit sekitar 718 km.

#### 4. LAPAN-TUBSAT mengacu pada satelit Fedsat



Gambar 3-6 : Prediksi lintasan LAPAN-TUBSAT 4

Satelit akan berada pada lintang  $19,19^{\circ}$  S dan bujur  $114,03^{\circ}$  B sekitar wilayah Rio De Janeiro menuju kota San Francisco dengan ketinggian orbit sekitar 809 km.

#### 5. LAPAN-TUBSAT mengacu pada satelit Rocsat 1

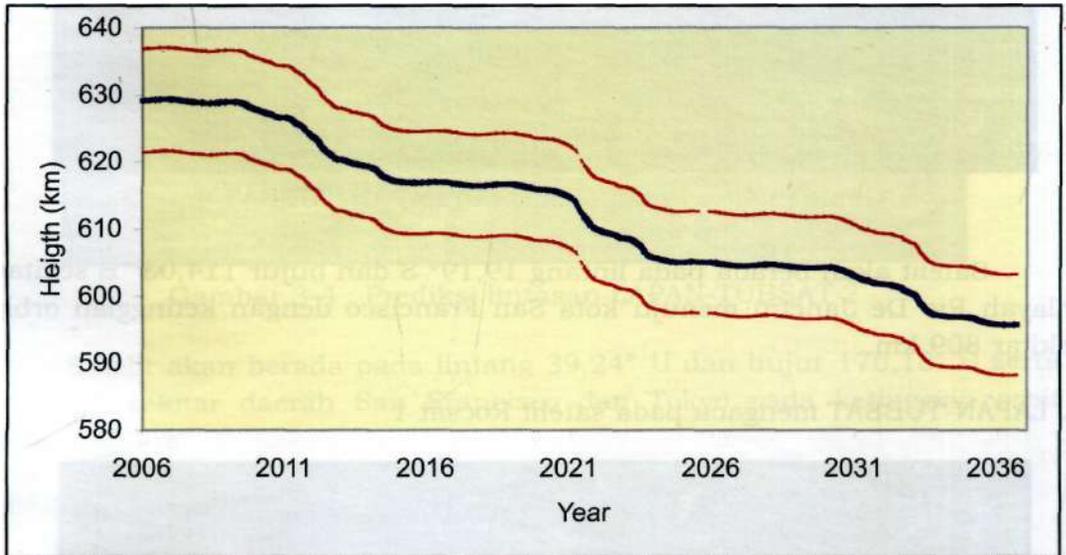


Gambar 3-7 : Prediksi lintasan LAPAN-TUBSAT 5

Satelit akan berada pada lintang  $2,01^{\circ}$  S dan bujur  $28,76^{\circ}$  B di sekitar daerah ekuator Bumi dengan ketinggian orbit sekitar 589 km. Lintasan pada Gambar 3-7 di atas memperlihatkan satelit ini akan melewati wilayah Indonesia di sekitar ekuator Bumi.

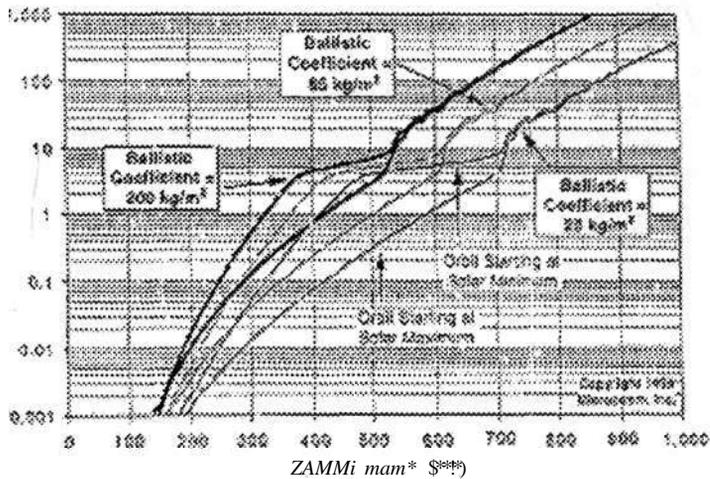
## 4 PEMBAHASAN

Data-data *TLE* yang digunakan di atas merupakan data-data awal satelit mikro ketika mengorbit awal (*insertion*). Analogi yang dilakukan pada LAPAN-TUBSAT adalah dengan modifikasi *epoch* yang sesuai dengan *Launch Opportunity*-nya, yaitu pada tanggal 10 Januari 2007 serta penyesuaian inklinasi berdasarkan alternatif orbit awal LAPAN-TUBSAT. Merujuk pada hasil Djamaluddin (2005), dengan menganalisis orbit satelit mikro diperkirakan evolusi ketinggian jangka panjang satelit LAPAN-TUBSAT akan mengalami penurunan signifikan secara berkala setiap puncak aktivitas matahari (Gambar 4-1).



Gambar 4-1: Perkiraan evolusi ketinggian LAPAN TUBSAT

Berdasarkan analisis kondisi fisik antariksanya, satelit diperkirakan akan mengalami suhu ekstrem atmosfer atas sekitar 700 - 2000 K bila bertahan sampai aktivitas matahari maksimum. Pada tahun pertama tahun 2007 saat matahari minimum, rentang temperatur berkisar 600 - 1500 K. Gangguan rutin akibat peningkatan *flux proton* dan elektron yang mungkin dialami adalah saat mengorbit di atas *SAA*. Pada tahun-tahun pertama kemungkinan gangguan akibat aktivitas matahari relatif sedikit dan gaya hambatan atmosfer tidak akan bernilai ekstrem selama periode ini sehingga satelit aman dari ancaman peluruhan ketinggian (*decay*) ataupun *reentry*. Hal ini juga terlihat melalui profil ketinggian dan sumbu semi-mayor pada Gambar 3-1 dan 3-2 di atas. Dalam periode 5 tahun, variasi *h* dan *a* tidak berbeda jauh untuk setiap *epoch*. Dari sini dapat diperkirakan seberapa besar koefisien balistik yang dimiliki oleh LAPAN-TUBSAT yang nantinya berpengaruh terhadap kala hidup orbit satelit.



Gambar 4-2 : Prediksi LT orbit satelit (Wertz, 2001)

Dari Gambar 4-2, pada tingkat aktivitas matahari maksimum akan menyebabkan LT satelit berkurang dan sebaliknya, tergantung dari nilai koefisien balistik satelit yang menyatakan seberapa besar pengaruh gaya hambatan atmosfer terhadap satelit. Nilai koefisien ini juga akan berbeda-beda untuk setiap ketinggian satelit. Semakin rendah ketinggian, maka nilai koefisien ini akan semakin tinggi yang berarti satelit akan semakin cepat mengalami peluruhan ketinggian (*decay*).

Kala hidup orbit satelit LAPAN-TUBSAT dapat dihitung dengan mengetahui data-data fisik satelit yang berukuran 45 x 45 x 27 cm dan berbentuk kotak dengan massa (*m*) sebesar 57 kg serta luas penampang satelit (*A*) sebesar 0,1225 m<sup>2</sup>. Untuk bentuk kotak  $C_D = 2 - 4$  (Wertz & Larson, 1990, p. 207). Sehingga  $B = C_D A/m = 0.004339 - 0.008679$  mVkg atau koefisien balistik  $1/B = 115.2263 - 230.4527$  kg/m<sup>2</sup> diperkirakan satelit LAPAN-TUBSAT akan bertahan lebih dari 50 tahun. Tetapi, kala hidup instrumennya diperkirakan hanya bertahan sekitar 1 tahun, sesuai prakiraan perancangannya.

## 5 KESIMPULAN

Kajian orbit terhadap beberapa satelit mikro dapat digunakan untuk memperkirakan karakteristik orbit satelit LAPAN-TUBSAT. Melalui data-data TLE saat satelit mengorbit, dapat dilakukan propagasi untuk beberapa waktu kedepan. Dengan mengacu pada orbit beberapa mikrosat di atas, dapat diperkirakan bahwa pada tahun-tahun awal, orbit satelit akan berevolusi dengan tingkat gangguan relatif kecil. Variasi elemen orbit tidak jauh berbeda selama 5 tahun sejak peluncurannya.

Gangguan utama masih berasal dari hambatan atmosfer dan efek Bumi pepat. Dengan mengambil analogi kondisi lingkungan antariksa

LAPAN-TUBSAT yang identik dengan kondisi lingkungan antariksa mikrosat di atas, dapat diperkirakan evolusi ketinggian orbitnya setelah 5 tahun masih berada di atas 500 km. Tetapi dalam jangka panjang ketinggiannya akan mengalami penurunan signifikan setiap masa aktif matahari. Namun diperkirakan kala hidup orbitnya bisa mencapai lebih dari 50 tahun, walau pun kala hidup instrumennya hanya sekitar 1 tahun.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Abdul Rachman yang telah membantu dalam pemograman serta kepada Neflia yang banyak membantu dalam pencarian data-data yang diperlukan. Terakhir ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Dr. Suwanto Hardienata dan Dr. T.S. Kelso atas konsultasinya melalui *e-mail*

## DATTAR RUJUKAN

- Ahmad, N., 2007. *Karakteristik Orbit Satelit Mikro di Ketinggian LEO*, Jurnal Sains Dirgantara, Vol. 5 No. 1, Desember 2007 (nomor ini).
- Djamaluddin, T., 2005. *Pengaruh Aktivitas Matahari Pada Kala Hidup Satelit*, Jurnal Sains Dirgantara, Vol. 3, No 1. Desember 2005, him. 65.
- Hardhienata, S., 2005. *Modelling and Simulation of LAPAN-TUBSAT Micro Satellite Orbit*, International Conference on Instrumentation, Communication and Information Technology (ICICI) 2005 Proc., August 3<sup>rd</sup> -5<sup>th</sup>, 2005, Bandung, Indonesia.
- Hasting D.; Garret H. 1996. *Spacecraft Environment Interaction*, Cambridge University Press.
- Ransom, D. 2006. *STS Orbit Plus Satellite Tracking and Orbit Visualization Program*, <http://www.dransom.com/> Oktober 2006.
- Space-track 2006. *Catalog Number*, [http://www.space\\_track.org/](http://www.space_track.org/) Oktober 2006.
- Vallado, D. A., 2001. *Fundamental of Astrodynamics and Applications*, Kluwer Academic Publishers.
- Wertz, J. R., 2001. *Afission Geometry : Orbit and Constellation Design and Management*, Kluwer Academic Publishers.
- Wertz, J. R.; and Larson, W. J. 1999. *Space Mission Analysis And Design*, Kluwer Academic Publishers.