

ANALISIS THERMAL MATERIAL PLAT STRUKTUR MENGUNAKAN SINDA/G VERSI 2.5

Ahmad Fauzi¹

¹ Peneliti Bidang Bus Satelit – LAPAN

Abstrak

Satelit yang terdiri dari banyak subsistem, merupakan benda yang mengorbit pada bumi dengan kecepatan tertentu. Kondisi kerja satelit di lingkungan orbitnya mengalami deformasi pemanasan dari sinar matahari. Untuk mengendalikan panas tersebut perlu dianalisis besaran derajat panas masing-masing yang dibutuhkan oleh bagian struktur satelit. Subsistem termal merupakan bagian yang mengontrol derajat panas yang dibutuhkan oleh satelit. Dalam makalah ini akan dibahas analisis derajat panas material plat struktur satelit dengan menggunakan perangkat lunak SINDA/G versi 2.5 yang hasilnya ditampilkan berupa grafik temperatur.

Kata kunci : satelit, SINDA/G, plat, termal

I. PENDAHULUAN

SINDA/G (*System Improved Numerical Differencing Analyzer/Gaski*) telah dirancang untuk maksud penganalisis termal secara umum dan sudah digunakan oleh NASA dan banyak industri penerbangan sebagai perangkat lunak pemodelan *spacecraft*, roket dan *shuttle payload* pada pertengahan tahun 1960². SINDA terdiri dari sebuah *pre-processor* dan sebuah perintah eksekusi. *Pre-processor* membaca file input SINDA dan eksekusinya menggunakan *FORTRAN* sebagai *compiler* untuk penyelesaian dan penghitungan perpindahan panas (*heat transfer*). Aplikasi perangkat lunak ini sangat luas digunakan dalam mendesain sistem termal. Beberapa pemecahan masalah termal yang dapat dikerjakan dengan menggunakan perangkat lunak SINDA/G ini antara lain:

- Perangkat elektronik dari peralatan *discrete system* menjadi paket alat yang lengkap
- Sebagai alat proses silikon *wafer*
- Komponen mesin pada wahana gerak
- Rugi-rugi panas dari suatu gedung
- Sistem satelit
- Panas panel surya
- Fluids.

Analisis material plate struktur satelit dapat kita lakukan dengan 3 metode², yaitu :

1. secara analisis penelitian dengan menggunakan persamaan differensial matematika
2. secara numerik dengan penghitungan manual
3. dengan *running* simulasi SINDA/G

Dari ketiga metode tersebut disini akan dipaparkan penyelesaian analisis termal sebuah plat struktur secara simulasi dengan SINDA/G for PATRAN. Patran merupakan perangkat lunak yang cukup luas digunakan dalam industri. Biasanya patran menggunakan perangkat lunak lainnya seperti NASTRAN sebagai *radiation solver*-nya, namun pada perangkat lunak ini kita gunakan sebagai *radiation solver*-nya adalah SINDA/G dalam SINDA/G For PATRAN dengan menggunakan SINDA/G versi 2.5 dan Patran 2005.

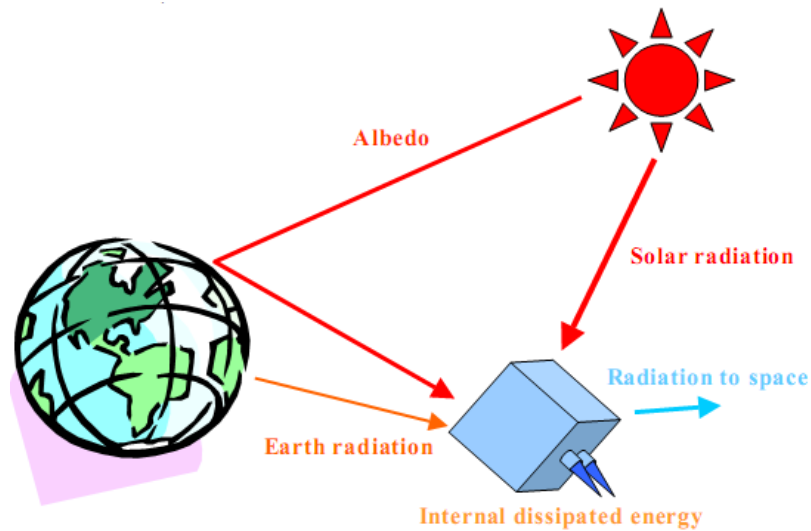
SINDA/G INPUT FILE

SINDA/G input file dikelompokkan dalam seksi-seksi yang dinamakan *block*. Setiap *block* dimulai dengan BCD dan diakhiri dengan END yang terdiri dari data *node*, yang dibuat oleh *translator* (penterjemah), *source* sebagai sumber panas dari beban panas standar, dan *conductor*, yang berkaitan dengan konduksi elemen². Data yang sering dibutuhkan dalam analisis ini adalah data *source* sebagai data sumber panas dari suatu benda yang dianalisis, yang dalam hal ini adalah sebuah plat struktur berupa Aluminium berdimensi 410 x 175 x 10 mm.

II. DASAR TEORI

Satelit terdiri dari banyak subsistem, diantaranya subsistem termal. Dalam subsistem ini bertujuan menjaga semua komponen satelit bersama dengan batasan-batasan temperatur selama mode operasi satelit ketika tidak terlindungi dari lingkungan panas (termal) sinar kosmik angkasa¹. Biasanya keberadaan konveksi atmosfer di angkasa, seluruh kendali termal pada satelit diorbitnya dicapai dengan keseimbangan antara energi yang dipancarkan oleh satelit sebagai radiasi inframerah terhadap energi yang dihamburkan oleh komponen *electric internal* ditambah energi yang diserap dari lingkungan angkasa seperti yang diperlihatkan pada Gambar. 1. Gambaran dari jenis-jenis perbedaan lingkungan panas adalah sebagai berikut¹ :

1. Radiasi matahari : radiasi matahari adalah sumber terbesar dari lingkungan panas yang terjadi pada satelit pada umumnya. Intensitasnya sekitar 1418 W/m².
2. Albedo : radiasi matahari yang dipantulkan oleh sebuah planet yang dikenal sebagai albedo. Energinya diperkirakan sekitar 30 persen dari radiasi matahari.
3. Radiasi bumi : bumi tidak hanya dipantulkan oleh sinar matahari, tapi juga memancarkan panjang gelombang radiasi infra merah. Bumi, seperti satelit, mencapai keseimbangan termal, dengan keseimbangan energi yang diterima dari matahari dengan energi yang dipancarkan kembali sebagai radiasi panjang gelombang infra merah. Intensitasnya sekitar 237 W/m².
4. Radiasi ke angkasa : intensitas tergantung pada temperatur dan daerah permukaan satelit dan kecepatan radiasi.



Gambar. 1 Lingkungan termal satelit di angkasa^{1,4}

III. METODOLOGI

Adapun metodologi yang digunakan dalam perangkat lunak SINDA/G For PATRAN dalam mendesain suatu analisis termal bagian struktur satelit seperti yang dilakukan disini yaitu sebuah plat struktur satelit berbentuk *rectangular* (segi empat) adalah sebagai berikut:

1. Desain engineering
2. mesh plat dengan elemen Quad
3. mengidentifikasi material isotropic
4. mendefinisikan properties 2D
5. menggunakan temperatur beban, panas flux beban dan convection ambient beban
6. perform analisis
7. mengimport hasil berupa file *.nrf* ke dalam Patran
8. menampilkan hasil
9. menguji file input dan hasil

Langkah-langkah metodologi tersebut nantinya akan digunakan dalam SINDA/G untuk menganalisis temperatur dari sebuah plat struktur satelit. Selain itu juga dalam perangkat lunak ini dapat ditampilkan animasi dari hasil analisis, namun disini dibatasi hanya ditampilkan dalam bentuk grafik temperatur saja.

IV. ANALISIS DAN HASIL

Ada 2 jenis analisis yang dapat kita lakukan pada plat struktur sebuah satelit dengan menggunakan perangkat lunak Sinda/G For Patran, yaitu analisis *steady state* dan analisis *transient state*. Selain itu, ketika perangkat lunak ini dijalankan (*di-run*) akan menghasilkan data statement dalam bentuk *text* file yang dinamakan SINDA/G input file. File ini dapat dihasilkan dengan processor kata (*word processor*) atau editor yang akan menghasilkan *text* file yang bersifat teoritis.

4. 1 Analisis Steady State

Proses simulasi analisis *steady state* dilakukan dengan menggunakan beberapa data spesifikasi teknik sebagai berikut:

- material plate Aluminium 6061T6 dengan dimensi 410 x 175 x 10 mm
- input properties k (thermal conductivity) : 167.9 W/m°C, cp (specific heat) : 267 J/kg°C, ρ (density) : 2770 kg/m³
- heat flux q : 5000 W/m², temperature ambient $T_{amb} = 20^{\circ}\text{C}$, temperature beban $T = 50^{\circ}\text{C}$ dan convection coefficient $h = 10 \text{ W/m}^2\text{C}$

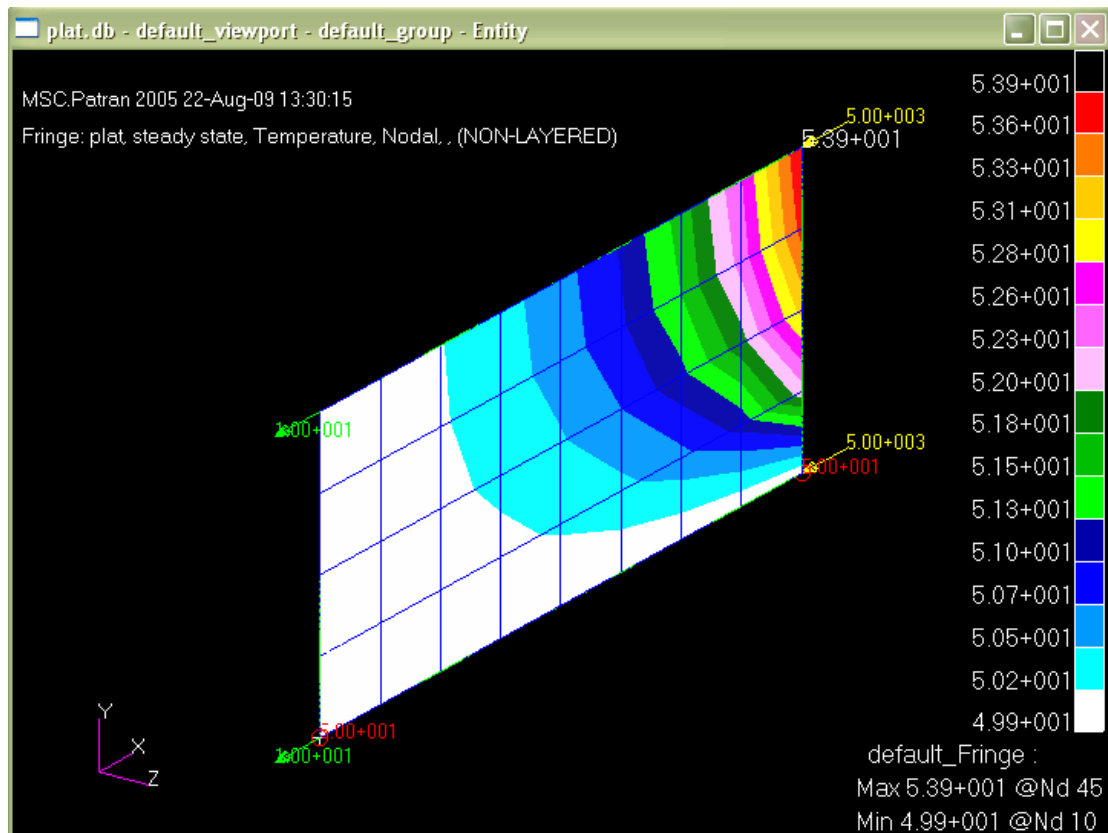
4.2 Analisis Transient State

Proses simulasi analisis *transient state* juga dilakukan dengan menggunakan beberapa data spesifikasi teknik sebagai berikut

- material plate Aluminium 6061T6 dengan dimensi 410 x 175 x 10 mm
- input properties, k (thermal conductivity) : 167.9 W/m°C, cp (specific heat) : 267 J/kg°C, dan ρ (density) : 2770 kg/m³
- heat flux q : 5000 W/m², temperature ambient $T_{amb} = 20^{\circ}\text{C}$, temperature beban $T = 50^{\circ}\text{C}$ dan convection coefficient $h = 10 \text{ W/m}^2\text{C}$
- Transient State Set up, TIMEND : 1000 sec, Output : 100 sec, direct time step specification, DTIMEI : 10 sec

4.3. Hasil Analisis

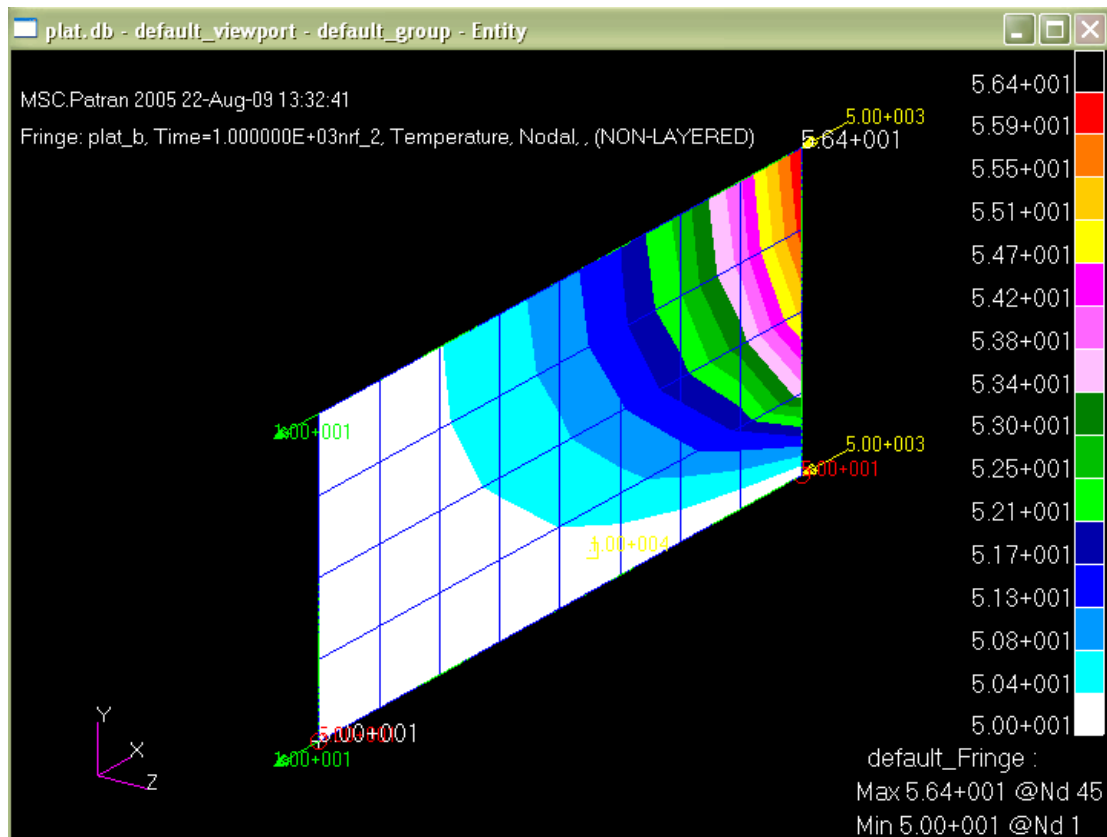
Dengan menggunakan data spesifikasi teknik tersebut kita dapatkan hasil analisis *steady state* dan analisis *transient state* sebagai berikut³:

Gambar.2 Hasil analisis *steady state*

Setelah simulasi SINDA/G dijalankan (di-run), menghasilkan grafik temperatur dan juga dalam perangkat lunak ini dapat diketahui SINDA/G input file yang dihasilkan pada analisis steady state sebagai berikut²:

```
C SINDA/G input file created for problem name: plat
BCD 3THERMAL LPCS
BCD 9Sinda/G model from Patran/Nastran
BCD 9 Model name = plat
END
BCD 3NODE DATA
-1, 50.00000 , 0.000000
-2, 50.00000 , 0.000000
.
.
.
45, 0.000000 , 4.146983
C Boundary nodes created by the translator
-46, 20.00000 , 0.000000
END
BCD 3SOURCE DATA
C Heat sources from standard heat loads
18, 2.187500
27, 2.187500
```

```
36, 2.187500
45, 1.093750
END
BCD 3CONDUCTOR DATA
C Conductors due to element conduction
  1, 1, 2, 0.1497199
  2, 1, 10, 0.4169934
  .
  .
  .
  140, 44, 45, 0.1497198
C Conductors due to convection loads
  141, 10, 46, 0.4375000E-02
  142, 19, 46, 0.4375000E-02
  143, 28, 46, 0.4375000E-02
  144, 37, 46, 0.2187500E-02
END
BCD 3CONSTANTS DATA
  DRLXCA=0.1000000E-02
  ARLXCA=0.1000000E-02
  NLOOP=5000
  GRVCON=9.810000
  SIGMA=0.5669600E-07
  TMPZRO=273.1500
END
BCD 3ARRAY DATA
END
BCD 3EXECUTION
  SNSOR
END
BCD 3VARIABLES 1
END
BCD 3VARIABLES 2
END
BCD 3OUTPUT CALLS
  TPNTSN
  PATOUT
END
BCD 3END OF DATA
```

Gambar. 3 Hasil analisis *transient state*

Sedangkan SINDA/G input file yang dihasilkan pada analisis transient state sebagai berikut:

```

C SINDA/G input file created for problem name: plat_b
  BCD 3THERMAL LPCS
  BCD 9Sinda/G model from Patran/Nastran
  BCD 9 Model name = plat_b
  END
  BCD 3NODE DATA
    -1, 50.00000 , 0.000000
    -2, 50.00000 , 0.000000
    .
    .
    .
    45, 50.00000 , 4.146983
C Boundary nodes created by the translator
  -46, 20.00000 , 0.000000
  END
  BCD 3SOURCE DATA
C Heat sources from standard heat loads
  SIT 14,A3, 0.5607135E-05
  .
  .

```

```

.
SIT 45,A2, 1.093750
END
BCD 3CONDUCTOR DATA
C Conductors due to element conduction
SIV 1, 1, 2,A1, 0.8917208E-03
.
.
SIV 139, 43, 44,A1, 0.8917230E-03
SIV 140, 44, 45,A1, 0.8917202E-03
C Conductors due to convection loads
141, 10, 46, 0.4375000E-02
142, 19, 46, 0.4375000E-02
143, 28, 46, 0.4375000E-02
144, 37, 46, 0.2187500E-02
END
BCD 3CONSTANTS DATA
DRLXCA=0.1000000E-02
ARLXCA=0.1000000E-02
NLOOP=5000
OUTPUT=100.0000
TIMEND=1000.000
DTIMEI=10.00000
GRVCON=9.810000
SIGMA=0.5669600E-07
TMPZRO=273.1500
END
BCD 3ARRAY DATA
C arrays from finite element model functions
1 $
0.000000 , 199.0000 , 50.00000 , 204.0000
100.0000 , 209.0000
END
2 $
0.000000 , 1.000000 , 10.00000 , 1.250000
30.00000 , 1.750000 , 50.00000 , 2.000000
100.0000 , 2.000000
END
3 $
0.000000 , 10000.00 , 10.00000 , 12000.00
30.00000 , 13000.00 , 50.00000 , 14000.00
100.0000 , 14000.00
END
END
BCD 3EXECUTION
SNDUFR
END
BCD 3VARIABLES 1
END

```



```
BCD 3VARIABLES 2
END
BCD 3OUTPUT CALLS
    TPNTSN
    PATOUT
END
BCD 3END OF DATA
```

V. KESIMPULAN

Dari pemaparan diatas tentang penggunaan perangkat lunak SINDA/G dalam menganalisis temperatur sebuah plat struktur satelit dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Secara umum metoda analisis dengan menggunakan jenis perangkat lunak seperti *SINDA/G For PATRAN* dapat dilakukan, namun keterbatasan penulis dalam mengimplementasikan masih kurang sempurna dikarenakan kendala support *software* yang digunakan terbatas masih *limited 100 nodes*.
2. Dalam penggunaan perangkat lunak ini dibutuhkan *FORTRAN* sebagai *compiler* agar hasil analisis lebih sempurna.
3. Grafik temperatur dapat menampilkan besaran maksimum dan minimum yang terjadi pada objek yang dianalisis, juga dapat diketahui input file dalam bentuk *.SIN File* dan Output dalam bentuk *.SOT File* dari hasil *running* simulasi SINDA/G.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. G. Gilmore. David. Spacecraft Thermal Control Handbook. Vol I: Fundamental Technologies. The Aerospace Press. AIAA. Reston, Virginia.
2. Sinda/G Thermal Analyzer – Introduction Version 2.5, March 2006, www.sinda.com
3. Sinda/G for Patran User's Guide, September 2006, www.sinda.com
4. Wiley J. Larson and James R. Wertz, Space Mission Analysis and Design, Third Edition, Microcosm Press and Kluwer Academic Publishers. 1999.