

# PERANCANGAN DAN SIMULASI TRANSFER PANAS PADA MATERIAL PENDINGIN PERALATAN LISTRIK JENIS HEAT PIPE DENGAN METODE FINITE ELEMENT

Paranto WS. Putro

Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Program Studi S1

FTI Institut Sains dan Teknologi Nasional - Jakarta

E-mail : [parantow@yahoo.co.id](mailto:parantow@yahoo.co.id)

## ABSTRAK

*Masalah transfer panas (heat transfer problem) yang timbul karena konversi energi dalam benda padat (solid state) terdapat pada beberapa aplikasi engineering misalnya seperti perpindahan panas pada bahan bakar reaktor dan disipasi panas dari sumber panas secara elektrik. Dalam tulisan ini diterangkan teknik solusi untuk menentukan distribusi temperatur dan aliran panas pada material dalam keadaan tunak berdimensi tiga akibat konversi energi pada benda yang mempunyai bentuk sederhana hingga kompleks. Formulasi masalah transfer panas yang digunakan adalah metode finite element.*

**Kata Kunci** : Transfer panas, solid state, temperatur, dan finite element.

## I. PENDAHULUAN

Timbulnya panas akibat disipasi energi merupakan salah satu permasalahan yang sangat penting di dalam proses elektrifikasi, seperti panas yang di timbulkan oleh suatu sistem pembangkit listrik (power generator). Hal ini tentunya dapat mengurangi efisiensi dari kinerja sistem pembangkit tersebut karena besarnya panas yang ditimbulkan dapat mempengaruhi sifat dari elemen dan material yang bekerja secara aktif maupun pasif. Tidak hanya itu timbulnya panas juga dapat mempengaruhi umur pakai komponen (5). Permasalahan ini sebenarnya ditemui pada semua peralatan yang menggunakan energi listrik maupun pada peralatan yang menghasilkan energi listrik.

Salah satu metode analisa yang dapat digunakan untuk mengetahui perambatan panas pada material baik material logam, semi-logam, dan non-logam adalah dengan menggunakan metode finit elemen (Finite Element Analisis).

## II. DASAR TEORI

### 2.1 FEA (Finite Element Analisis)

Teknik numerik dibutuhkan untuk menyelesaikan persamaan-persamaan kompleks (2). Pendiskritan dibutuhkan pada teknik ini. Teknik numerik dalam penyelesaian persamaan-persamaan diskrit, diantaranya :

1. Finite Difference
2. Finite Element
3. Finite Volume

Finite Element banyak digunakan untuk menyelesaikan problem kompleks seperti rekayasa struktur, steady state dan time dependent heat transfer, fluid flow, dan electrical potential problem.

Konsep Dasar metode Finite element, diantaranya :

1. Menjadikan elemen-elemen diskrit untuk memperoleh simpangan-simpangan dan gaya-gaya anggota dari suatu struktur.
2. Menggunakan elemen-elemen kontinum untuk memperoleh solusi pendekatan terhadap permasalahan-permasalahan perpindahan panas, mekanika fluida dan mekanika solid.

Dua karakteristik yang membedakan metode finite element dengan metoda numerik yang lain yaitu :

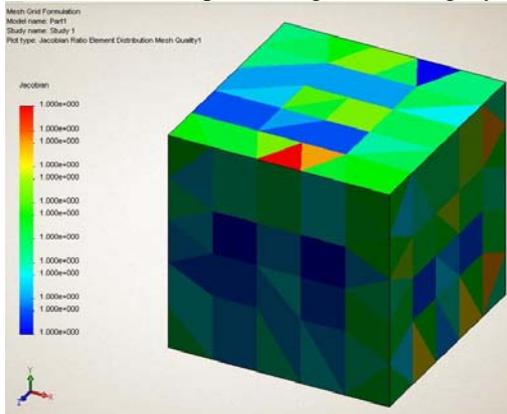
1. Metoda ini menggunakan formulasi integral untuk menghasilkan sistem persamaan aljabar.
2. Metoda ini menggunakan fungsi-fungsi kontinyu untuk pendekatan parameter-parameter yang belum diketahui.

Lima langkah untuk menyelesaikan permasalahan fisik dengan metode finite element yaitu (1) :

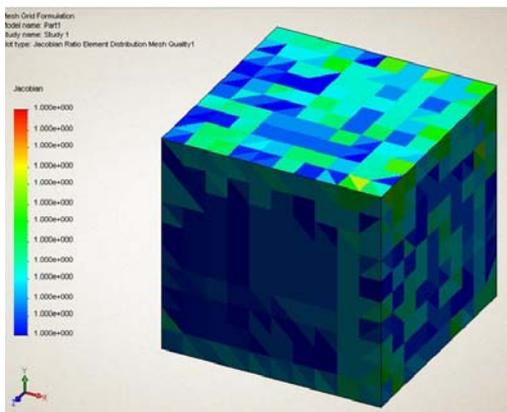
1. Permasalahan fisik dibuat elemen-elemen kecil. Elemen-elemen tersebut ditandai dengan nomor elemen dan nomor titik nodal, termasuk juga harga-harga koordinat.
2. Menentukan persamaan pendekatannya, linear atau kuadratik. Persamaan-persamaan tersebut harus ditulis dalam bentuk harga-harga nodal yang belum diketahui. Ini berlaku untuk setiap elemen, artinya setiap elemen harus didefinisikan sifatnya dalam bentuk persamaan.
3. Membentuk sistem persamaan diatas dengan metoda Galerkin, Varisional, Formulasi energi potensial, Collocation, Subdomain. Khusus untuk formulasi energi potensial, energi potensial dari sistem ditulis dalam bentuk simpangan nodal dan kemudian diminimalkan. Dimana akan diberikan satu persamaan setiap simpangan yang belum diketahui.
4. Penyelesaian persamaan – persamaan.
5. Hitung besaran yang dicari. Besaran bisa berupa komponen-komponen tegangan, aliran panas atau kecepatan fluida.

## 2.2 Meshing Grid

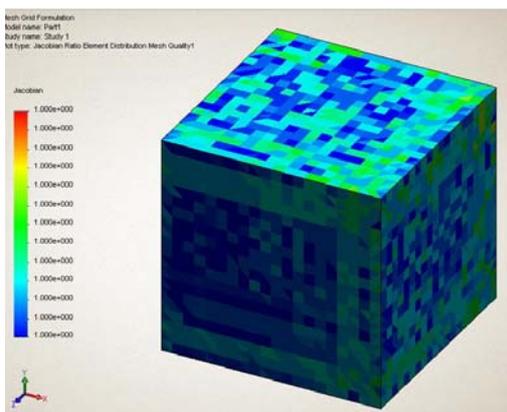
Sistem mesh dalam simulasi finite element digunakan untuk menentukan tingkat ketelitian dari analisa numerik. Sistem mesh terbagi menjadi tiga kategori yaitu coarse (minimal), normal, dan fine (maksimal). Berikut perbandingan dari ketiganya.



Gambar 2.1. Coarse mesh level



Gambar 2.2. Standar (normal) mesh level



Gambar 2.3. Fine mesh level

Dari gambar tersebut terlihat sangat jelas perbedaan pembagian persatuan volume dari setiap permukaan material. Dimana fine mesh level memiliki tingkat ketelitian yang paling tinggi dengan difference tolerance 0.05 mm, normal mesh level 0.1 mm dan coarse mesh level 0.2 mm. Ketiganya menggunakan metode meshing yang sama dengan jacobian check berderajat 4.

## 2.3 Material Bahan Pendingin

a) Tembaga (Copper)

Tabel 2.1 Spesifikasi teknis tembaga

Description	Unit	Value
Elastic Modullus	N/m <sup>2</sup>	1,1e+011
Poisson Ratio	-	0,37
Shear Modullus	N/m <sup>2</sup>	4e+010
Mass Density	Kg/m <sup>3</sup>	8900
Tensile Strength	N/m <sup>2</sup>	394380000
Yield Strength	N/m <sup>2</sup>	258646000
Thermal Exp. Coef.	/ <sup>0</sup> K	2,4e-005
Thermal Conductiv.	W/m <sup>0</sup> K	390
Specific Heat	J/kg <sup>0</sup> K	390
Compressive Strengt	N/m <sup>2</sup>	

b) Zinc Alloy 7

Tabel 2.2 Spesifikasi teknis Zinc Alloy 7;AG40B;Zn-4Al-0.015

Description	Unit	Value
Elastic Modullus	N/m <sup>2</sup>	8,5e+010
Poisson Ratio	-	0,3
Shear Modullus	N/m <sup>2</sup>	-
Mass Density	Kg/m <sup>3</sup>	6600
Tensile Strength	N/m <sup>2</sup>	285000000
Yield Strength	N/m <sup>2</sup>	285000000
Thermal Exp. Coef.	/ <sup>0</sup> K	2,74e-005
Thermal Conductiv.	W/m <sup>0</sup> K	113
Specific Heat	J/kg <sup>0</sup> K	418.7
Compressive Strengt	N/m <sup>2</sup>	414000000

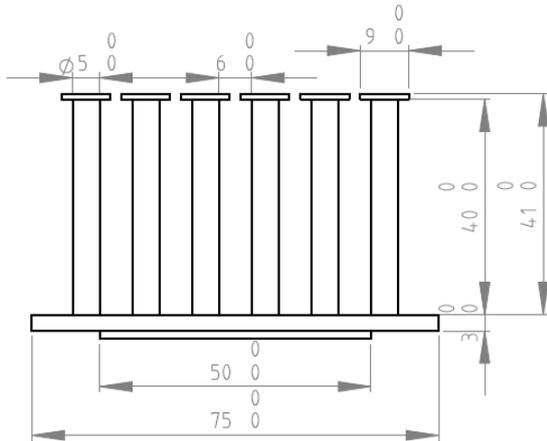
Tembaga dan Alluminium-Seng merupakan bahan pendingin yang paling umum digunakan pada peralatan elektronik, terutama digunakan pada pendingin piranti elektronik yang menghasilkan panas yang cukup tinggi seperti prosessor, chipset, dan IC-Sensor (4).

Salah satu alasan mengapa dua jenis logam ini dipilih sebagai material pendingin, karena memiliki nilai termal konduktivitas yang sangat tinggi jika dibanding bahan logam lainnya. Terutama pada tembaga memiliki kemampuan menyerap panas yang cukup baik. Sedangkan pada alluminium-seng walaupun nilai termal konduktivitasnya tidak terlalu tinggi tetapi memiliki kemampuan melepas panas secara konveksi yang cukup baik (3).

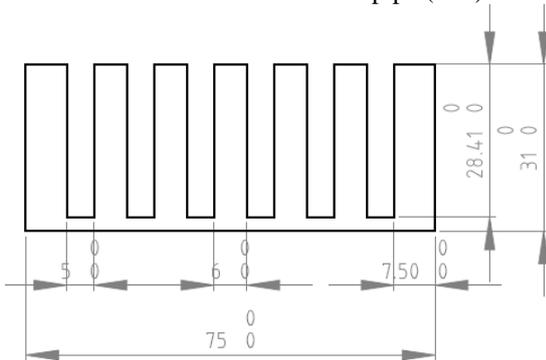
## III. PERANCANGAN DAN FORMULASI SIMULASI

Heat pipe yang terbuat dari tembaga disusun di atas sebuah plat Zinc-Alloy berdimensi 75 mm x 75 mm dengan tebal 3 mm. Heat pipe yang digunakan berjumlah 36 batang yang disusun secara sejajar.

Sedangkan untuk heat sink terbuat dari Zinc-Alloy, yang di pasang langsung tepat di atas heat pipe, sehingga panas yang mengalir pada heat pipe akan diserap dan dimuaikan oleh heat sink.



Gambar 3.1. Dimensi heat pipe (mm)

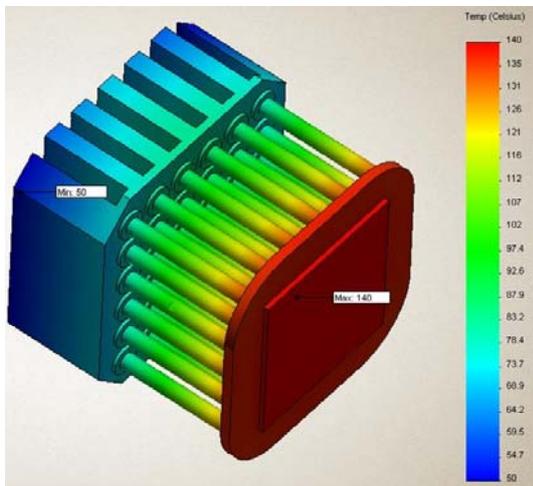


Gambar 3.2. Dimensi heat sink (mm)

Keadaan heat pipe di dalam simulasi adalah steady-state, dimana tidak ada pengaruh konveksi paksa pada heatsink. Ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efektifitas perpindahan panas dari material yang di uji.

Parameter yang berpengaruh dalam simulasi ini adalah kondisi udara sekitar sebesar 25°C dan sumber panas pada plat dasar heat pipe sebesar 140°C. Meshing Grid yang di gunakan adalah fine mesh level dengan derajat jacobian check sebesar 4 dengan tolerance 0,13 mm.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN



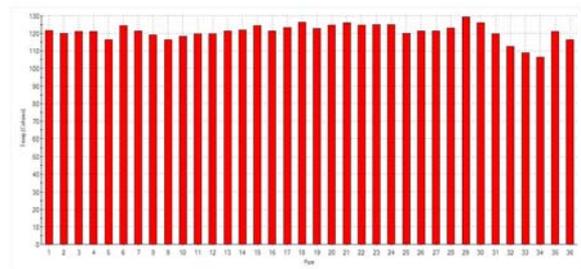
Gambar 4.1 Penyebaran panas pada head pipe hingga heat sink

Tabel 4.1 Data temperatur pada heatsink

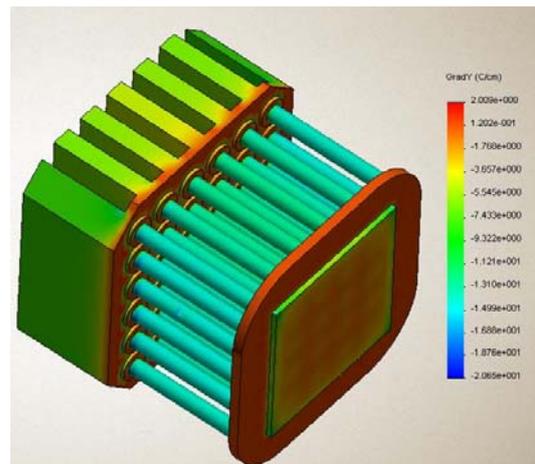
Data	Nilai
Temp. Rata-rata	61,735°C
Temp. Minimum	50°C
Temp. Maksimum	71,889°C
RMS	62,13°C

Tabel 4.2 Data temperatur pada heat pipe

Data	Nilai
Temp. Rata-rata	132,52°C
Temp. Minimum	78,186°C
Temp. Maksimum	139,73°C
RMS	133,23°C



Gambar 4.2. Grafik rambat panas rata-rata pipa.



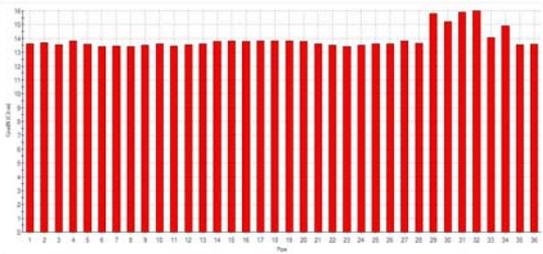
Gambar 4.3. Penyebaran gradien panas

Tabel 4.3 Data gradien panas pada heat sink

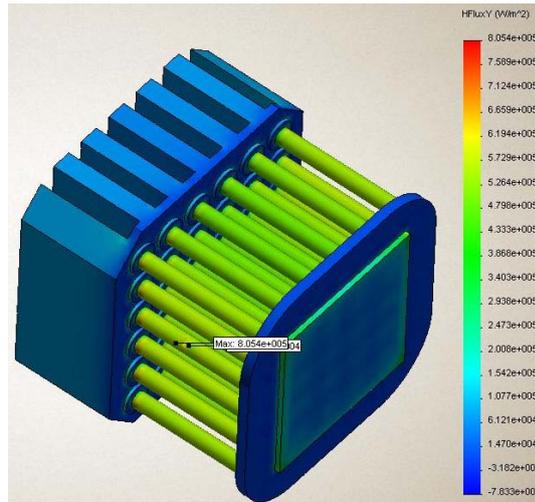
Data	Nilai
Nilai Rata-rata	5,328°C/cm
Nilai Minimum	0,02°C/cm
Nilai Maksimum	18,56°C/cm
RMS	6,03°C/cm

Tabel 4.4 Data gradien panas pada heat pipe

Data	Nilai
Nilai Rata-rata	13,35 °C/cm
Nilai Minimum	7,672°C/cm
Nilai Maksimum	15,63°C/cm
RMS	13,389°C/cm



Gambar 4.4. Grafik gradient panas rata-rata pada pipa



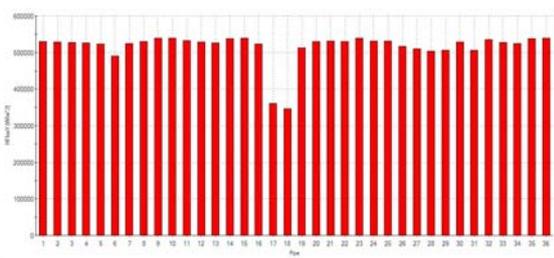
Gambar 4.5. Penyebaran fluks panas

Tabel 4.5 Data fluks panas pada heat sink

Data	Nilai
Nilai Rata-rata	48740W/m <sup>2</sup>
Nilai Minimum	14052W/m <sup>2</sup>
Nilai Maksimum	2,5x10 <sup>5</sup> W/m <sup>2</sup>
RMS	64696W/m <sup>2</sup>
Total fluks panas	270,99W

Tabel 4.6 Data fluks panas pada heat pipe

Data	Nilai
Nilai Rata-rata	61725W/m <sup>2</sup>
Nilai Minimum	35377W/m <sup>2</sup>
Nilai Maksimum	5,45x10 <sup>5</sup> W/m <sup>2</sup>
RMS	137170W/m <sup>2</sup>
Total fluks panas	206,86W



Gambar 4.6. Grafik fluks panas rata-rata pada pipa

## V. KESIMPULAN

1. Dari pemodelan meshing grid dapat diketahui bahwa semakin kecil (fine) sel / mesh yang dibuat atau semakin banyak grid yang dibuat, maka profil karakteristik dari suatu analisa akan semakin teliti karena kesalahan yang dihasilkan semakin kecil.
2. Untuk menentukan distribusi temperatur pada benda yang berbentuk bidang datar maupun berbentuk silinder atau lingkaran dengan cara membagi-bagi benda tersebut kedalam beberapa bagian.
3. Perpindahan panas secara konduksi harus menentukan syarat batas permukaan, dalam dan luar benda agar diperoleh temperatur dimasing - masing node yang telah dibagi kedalam beberapa bagian.
4. Dari grafik hasil simulasi dapat diambil suatu asumsi bahwa penggunaan sistem pendingin dengan konsep heat pipe sangat efektif, karena memiliki nilai rata-rata perambatan panas yang saling mendekati dan tidak berbeda jauh satu sama lain, sehingga dapat dikatakan konsep heat pipe memiliki kemampuan transfer panas secara merata.

## DAFTAR PUSTAKA

- (1) Huebner, Kenneth H dan Earl A. Thornton. 1982. The Finite Element Method For Engineer. Norfolk, Virginia : John Wiley & Sons, Inc.
- (2) Sonief, A As'ad. 2003. Diktat Metode Elemen Hingga. Malang : Unibraw
- (3) Holman, J.P., Heat Transfer, McGraw-Hill, (1981).
- (4) Bayazitoglu, Yilzid, Ozisik, M. Necati, Elements of Heat Transfer, McGraw-Hill Book, (1988).
- (5) Hill, J. M., Dewynne, J.N., Heat Conduction, Blackwell Scientific Publications, (1987)
- (6) Saragih, Elfrida. Solusi Analitik dan Numerik Konduksi Panas Pada Pembangkit Energi, Pusat Pengembangan Teknologi Informatika dan Komputasi – BATAN.