

# ANALISIS DAN SIMULASI DISTRIBUSI PANAS PADA *HEAT SINK* PROCESSOR CPU DENGAN COMSOL MULTIPHYSICS

## ANALYSIS AND SIMULATION OF HEAT DISTRIBUTION IN HEAT SINK CPU PROCESSOR WITH COMSOL MULTIPHYSICS

Tresna Dewi Sugiarto<sup>1</sup>, Ismudiati Puri Handayani<sup>2</sup>, Reza Fauzi Iskandar<sup>3</sup>

Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[sugiartotresnadewi@yahoo.com](mailto:sugiartotresnadewi@yahoo.com), [dekpuri@gmail.com](mailto:dekpuri@gmail.com), [rezafauzii@gmail.com](mailto:rezafauzii@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mensimulasikan proses distribusi panas pada *heat sink* untuk menghindari terjadi *overheat* pada *processor* di *CPU*. Proses yang dianalisis dan dimodelkan meliputi proses penyerapan panas dari sumber ke bagian dasar *heat sink*, proses konduksi, dan proses konveksi paksa yang disimulasikan dengan *software Comsol Multiphysics 4.4*. Untuk mendapatkan desain *heat sink* optimal proses simulasi dilakukan dengan cara melakukan variasi jumlah sirip, ketebalan sirip, jarak antar sirip, luas permukaan sirip, dan nilai koefisien konveksi. Diperoleh hasil optimal desain *heat sink* dengan jumlah sirip sebanyak 40 buah, ketebalan sirip 0.4 mm, jarak antar sirip 2.4 mm, luas permukaan sirip 9425 mm<sup>2</sup> dan koefisien konveksi 5.26 W/m<sup>2</sup>.K.

**Kata kunci :** panas, konduksi, konveksi.

### Abstract

This research is aimed to analyze and simulate the process of heat distribution in heat sink to avoid over heat in the CPU processor. Analyzed and modeled processes include the heat absorption from the heat source to the base of the heat sink, the conduction process, and forced convection process. All processes are simulated by Comsol Multiphysics 4.4 software to obtain the optimal heat sink design. The simulation is performed by varying the number of fins, the fin thickness, the distance between the fins, the fin surface area, and the coefficient of convection. The optimal result shows that the heat sink should have 40 pieces fins with fin thickness of 0.4 mm, spacing between fins of 2.4 mm, fin surface area of 9425 mm<sup>2</sup>, and the convection coefficient of 5.26 W/m<sup>2</sup>.K.

**Keywords :** heat, conduction, convection.

## 1. Pendahuluan

Kesesuaian spesifikasi alat elektronik dan cara penggunaannya menjadi hal penting untuk menjaga keawetan suatu alat [1]. Selain itu alat elektronik selalu mengeluarkan panas pada saat bekerja [2] sehingga perlu diketahui bagaimana proses distribusi panasnya untuk mencegah kerusakan. Desain alat elektronik perlu dioptimalkan agar proses perpindahan panas yang ada pada sistem tersebut berlangsung secara efektif dan efisien.

Salah satu alat yang perlu diperhatikan proses distribusi panas dan proses pendinginannya adalah prosesor *CPU*. Prosesor merupakan bagian utama *computer personal unit (CPU)* yang menentukan kinerja *CPU* secara keseluruhan. Agar kerja *CPU* efektif diperlukan penyerapan dan penyebaran panas yang baik. Jika *CPU* mengalami *overheat* dengan suhu maksimal 339 K, *CPU* akan menjadi lambat untuk memproses kerjanya dan umur *CPU* akan lebih singkat bahkan bisa terjadi kerusakan [3]. *Overheat* pada prosesor *CPU* akan terjadi jika *CPU* digunakan secara berkelanjutan (terus-menerus) hingga temperatur *CPU* melebihi batas maksimum *CPU*, yang biasanya terjadi pada lembaga-lembaga atau perusahaan-perusahaan yang proses produksinya bergantung pada komputer secara terus menerus [4]. Salah satu solusi untuk menghindari *overheat* adalah dengan mengoptimalkan desain *heat sink* yang digunakan untuk proses pendinginan pada prosesor *CPU*. Penelitian ini dilakukan guna mendapatkan desain *heat sink* yang optimal untuk prosesor *CPU* agar tidak terjadi *overheat*.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Gambaran Umum Proses Penyerapan, Penyebaran, dan Pelepasan Panas

Berdasarkan prinsip termodinamika perpindahan panas terjadi dari temperatur tinggi ke temperatur rendah. Prinsip ini berlaku juga pada *CPU* yang secara umum akan mengalami proses penyerapan, penyebaran, dan pelepasan panas.

Secara matematis laju penyerapan panas dan distribusi panas melalui konduksi dan konveksi dari sumber panas  $\dot{Q}$  dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan [2]:

$$\dot{Q} = m \cdot C_p \cdot \frac{dT}{dt} + k \cdot A_{cond} \cdot \frac{dT}{dx} + h \cdot A_{conv} \cdot (T_2 - T_\infty) \quad (1)$$

Dengan  $\dot{Q}$  menyatakan laju aliran panas,  $m$  adalah massa,  $C_p$  adalah kalor jenis,  $T$  adalah temperatur,  $t$  adalah waktu,  $k$  adalah konduktivitas termal,  $A$  adalah luas,  $x$  adalah ketebalan, dan  $h$  adalah koefisien konveksi. Suku 1

ruas kanan menyatakan proses penyerapan panas, suku 2 ruas kanan menyatakan proses konduksi, dan suku 3 ruas kanan menyatakan proses konveksi.

Pada simulasi Comsol proses penyebaran panas pada *heat sink* dapat dianalisis dengan model *heat transfer in solid* dengan menggunakan persamaan:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p u \cdot \nabla T = \nabla \cdot (k \nabla T) + \dot{Q} \quad (2)$$

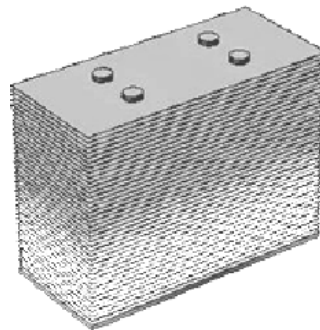
Dengan  $\rho$  adalah deensitas,  $C_p$  adalah kalor jenis,  $T$  adalah temperatur,  $t$  adalah waktu,  $u$  adalah vektor kecepatan,  $k$  adalah konduktivitas termal, dan  $\dot{Q}$  adalah sumber panas. Persamaan (2) menyatakan persamaan distribusi panas pada solid yang terbagi menjadi proses penyerapan yang berada pada ruas kiri dan konduksi yang berada pada ruas kanan. Selanjutnya proses konveksi pada permukaan *heat sink* ke lingkungan dengan persamaan

$$-n \cdot (-k \nabla T) = h \cdot (T_{ext} - T) \quad (3)$$

Dengan  $n$  adalah batas vektor normal dan  $h$  adalah koefisien konveksi.  $T_{ext}$  pada persamaan (3) sama nilainya dengan  $T_\infty$  pada persamaan (1) yaitu temperatur lingkungan, sedangkan  $T$  sama nilainya dengan  $T_2$ .

## 2.2 Rancangan dan Metode Eksperimen

Proses distribusi panas pada *heat sink CPU* akan dianalisis dan disimulasikan menggunakan *software* Comsol Muliphysics 4.4. Model desain heat sink ditunjukkan oleh gambar 1 dengan luas prosesor 0.0016 m<sup>2</sup> tebal dasar heat sink dengan bahan tembaga 3 mm dan diameter silinder penghubung sirip 5 mm. Panjang silinder penghubung sirip merupakan penjumlahan dari perkalian jumlah sirip dengan jarak antar sirip dan perkalian jumlah sirip dengan ketebalan sirip. Parameter-parameter jumlah sirip, tebal sirip, jarak antar sirip, luas permukaan sirip, dan koefisien koveksi selanjutnya akan divariasikan.



Gambar 1. Desain *Heat Sink*

Proses aliran panas pertama kali terjadi antara sumber energi listrik yang berupa daya dengan nilai 35 watt dengan permukaan dasar *heat sink* yang terbuat dari bahan tembaga. Pemilihan tembaga didasari atas nilai kapasitas panas yang rendah 395 J/kg.K dan konduktivitas termal yang tinggi 401 W/m.K sehingga proses penyerapan panas berlangsung dengan cepat untuk menghindari *overheat* pada *CPU*. Selanjutnya tembaga tersebut akan terhubung langsung ke sirip-sirip yang terbuat dari aluminium dengan konduktivitas termal 273,78 W/m.K.

Pengaruh dari masing-masing parameter jumlah sirip, ketebalan sirip, jarak antar sirip, luas permukaan sirip, dan koefisien konveksi dianalisis dengan meninjau suhu bagian atas *heat sink* yang terhubung langsung dengan udara lingkungan dan bagian dasar *heat sink* yang terhubung langsung dengan prosesor. Pada simulasi ini antara bagian dasar *heat sink* dengan prosesor terhubung langsung tanpa perantara *pasta thermal* yang biasanya berupa material yang sangat tipis yang digunakan sebagai perekat.

Parameter-parameter yang diperlukan untuk mensimulasikan proses distribusi panas pada *heat sink* ditunjukkan pada tabel 1 dan tabel 2.

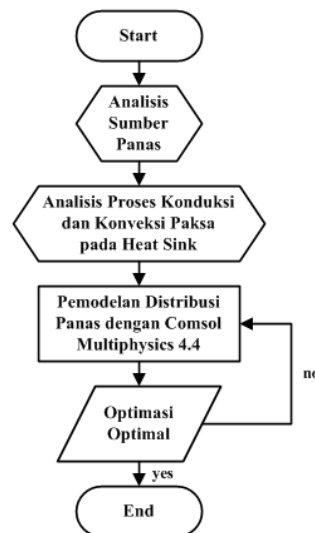
Tabel 1  
Kondisi *Heat sink CPU* pada saat Operasi

Parameter	Nilai	Keterangan
$T_0/T_\infty$	298	Temperatur awal/lingkungan (K)
$T_{sp}$	318	Temperatur <i>set point</i> (K)
$T_{max}$	339	Temperatur maksimal yang dapat diterima prosesor (K)
$\dot{Q}$	35	Sumber panas <i>CPU</i> (W)

Tabel 2  
Nilai Konduksi Panas, Kalor Jenis, dan Densitas Bahan

Material (Bahan)	$k$ (W/m.K)	$C_p$ (J/kg.K)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
Udara (298 K)	0.0261	1005	1.1855
Aluminium	237.78	900	2700
Tembaga	401	395	8940

Proses analisis dan simulasi dilakukan mengikuti blok diagram eksperimen yang ditunjukkan oleh gambar 2



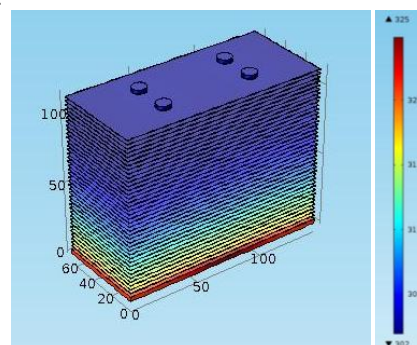
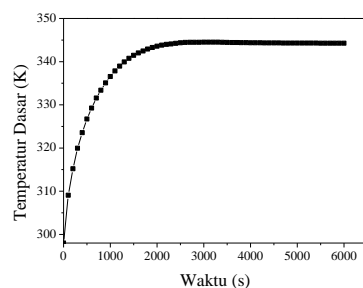
Gambar 2. Blok Diagram Eksperimen yang akan Dilakukan

Tahapan awal dimulai dengan menganalisis parameter-parameter yang terlibat dalam sistem *heat sink* dan proses distribusi panas yang akan terjadi pada *heat sink*. Setelah mengetahui parameter apa saja yang digunakan dan proses distribusi panas seperti apa yang akan digunakan, barulah dilakukan simulasi pemodelan desain *heat sink* dengan Comsol hingga didapat nilai optimal yang bisa dicapai oleh hasil simulasi.

### 3. Pembahasan

Hasil simulasi dan analisis menunjukkan bahwa parameter jumlah sirip, ketebalan sirip, jarak antar sirip, luas permukaan sirip, dan koefisien konveksi sangat mempengaruhi proses penyebaran panas pada *heat sink*. Hal ini diperlihatkan oleh kenaikan dan penurunan suhu bagian dasar dan bagian atas *heat sink* saat parameter-parameter itu divariasikan.

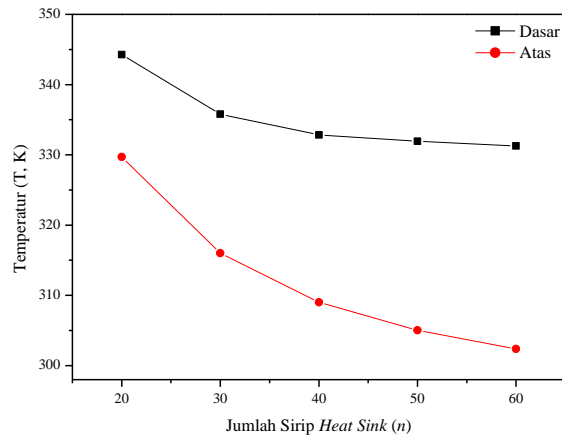
Dinamika perubahan suhu sebagai fungsi waktu ditunjukkan oleh gambar 3(a) sedangkan sebagai proses distribusi panas ditunjukkan oleh gambar 3(b). Suhu bagian dasar dan atas *heat sink* yang dimaksud dalam pembahasan selanjutnya adalah suhu pada saat sistem berada dalam keadaan stabil dan suhu tidak bertambah oleh waktu (6000 detik setelah sumber panas dinyalakan).



Gambar 3. (a) Dinamika Perubahan Suhu sebagai Fungsi Waktu (b) Distribusi Panas pada *Heat Sink*

### 3.1 Variasi Jumlah Sirip

Variasi jumlah sirip yang dilakukan adalah 20, 30, 40, 50, dan 60 sirip dengan ketebalan 0.8 mm, jarak antar sirip 2.4 mm, luas permukaan sirip  $9425 \text{ mm}^2$ , dan koefisien konveksi  $2.63 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Hasil simulasi diperlihatkan pada gambar 4

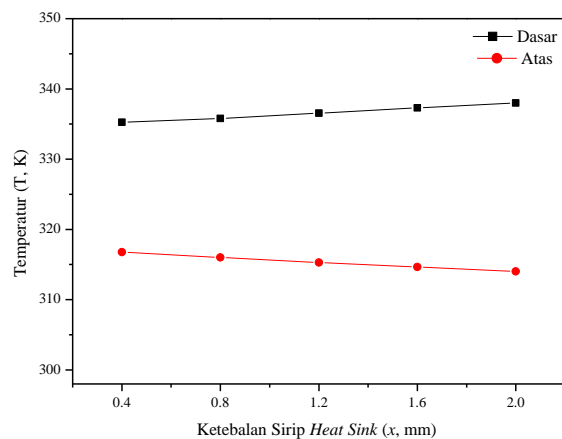


Gambar 4. Suhu Maksimum Bagian Dasar *Heat Sink* dan Atas *Heat Sink* Berdasarkan Jumlah Sirip pada Waktu 6000 Detik (Kondisi Stabil)

Terlihat bahwa suhu bagian dasar *heat sink* tidak mengalami perubahan secara signifikan setelah jumlah sirip lebih dari 40. Sedangkan penurunan suhu pada bagian atas *heat sink* dapat terjadi karena jarak antara sumber panas dengan bagian atas *heat sink* semakin jauh seiring dengan bertambahnya jumlah sirip. Hal ini menunjukkan proses konduksi dan konveksi tidak berubah secara signifikan untuk jumlah sirip diatas 40 buah.

### 3.2 Variasi Ketebalan Sirip

Variasi ketebalan sirip yang dilakukan adalah 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, dan 2 mm dengan jumlah sirip 30, jarak antar sirip 2.4 mm luas permukaan sirip  $9425 \text{ mm}^2$ , dan koefisien konveksi  $2.63 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Hasil simulasi diperlihatkan pada gambar 5

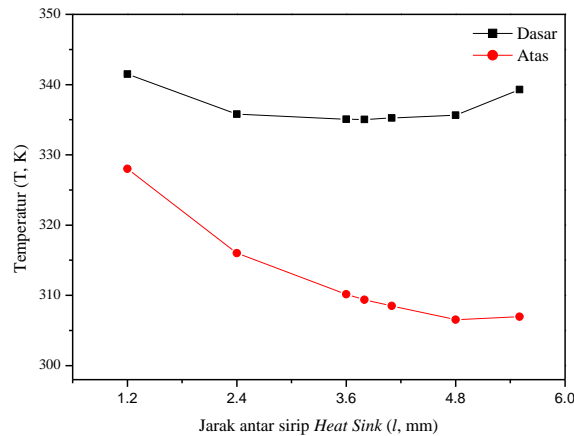


Gambar 5. Suhu Maksimum Bagian Dasar *Heat Sink* dan Atas *Heat Sink* Berdasarkan Ketebalan Sirip pada Waktu 6000 Detik (Kondisi Stabil)

Terlihat bahwa semakin tipis sirip maka akan semakin rendah suhu bagian dasar *heat sink*. Hal ini menunjukkan proses konduksi dan konveksi berlangsung lebih baik jika sirip tipis. Keadaan ini berbeda dengan suhu bagian atas *heat sink* yang semakin tinggi jika tebal sirip berkurang karena efek kapasitif yang terjadi pada bagian dasar *heat sink*.

### 3.3 Variasi Jarak Antar Sirip

Jarak antar sirip divariasikan dengan nilai 1.2, 2.4, 3.6, 3.8, 4.1, 4.8, dan 5.5 mm sedangkan jumlah sirip 30, ketebalan sirip 0.8 mm, luas permukaan sirip  $9425 \text{ mm}^2$ , dan koefisien konveksi  $2.63 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Hasil simulasi diperlihatkan pada gambar 6

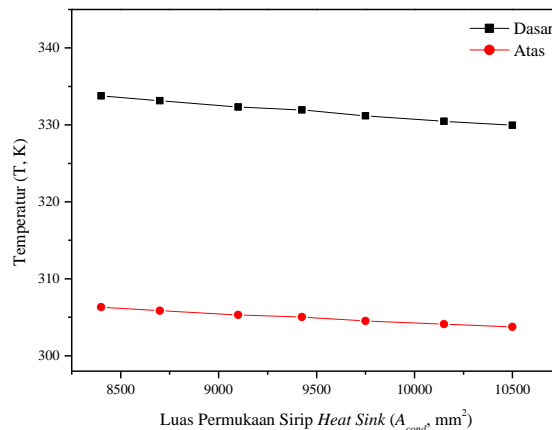


Gambar 6. Suhu Maksimum Bagian Dasar *Heat Sink* dan Atas *Heat Sink* Berdasarkan Jarak Antar Sirip pada Waktu 6000 Detik (Kondisi Stabil)

Terlihat bahwa suhu *heat sink* mengalami penurunan jika jarak antar sirip ditambah hingga 3.6 mm. Jika jarak antar sirip lebih dari 3.6 mm proses konveksi tidak efektif. Hal ini terlihat dari suhu *heat sink* yang cenderung konstan atau bahkan naik sedikit terutama pada bagian dasar *heat sink*.

### 3.4 Variasi Luas Permukaan Sirip

Variasi luas permukaan yang dilakukan adalah  $8400 \text{ mm}^2$  (160 mmx40 mm),  $8700 \text{ mm}^2$  (165 mmx40 mm),  $9100 \text{ mm}^2$  (160 mmx45 mm),  $9425 \text{ mm}^2$  (165 mmx45 mm),  $9750 \text{ mm}^2$  (170 mmx45 mm),  $10150 \text{ mm}^2$  (165 mmx50 mm), dan  $10500 \text{ mm}^2$  (170 mmx50 mm). Hasil simulasi diperlihatkan pada gambar 7

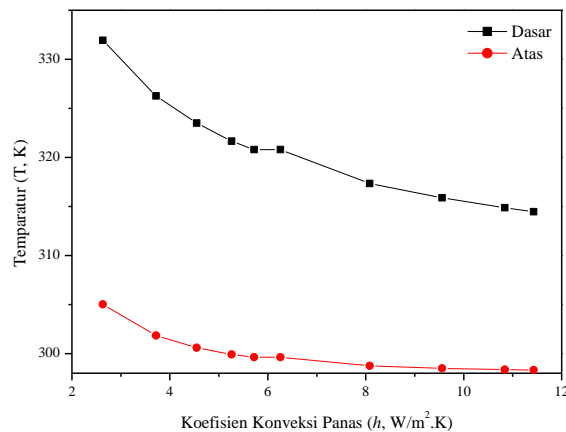


Gambar 7. Suhu Maksimum Bagian Dasar *Heat Sink* dan Atas *Heat Sink* Berdasarkan Luas Permukaan Sirip pada Waktu 6000 Detik (Kondisi Stabil)

Terlihat bahwa suhu bagian dasar dan atas *heat sink* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya luas permukaan sirip. Hal ini dikarenakan proses konveksi berjalan efektif disetiap luas permukaan sirip.

### 3.5 Variasi Koefisien Konveksi

Variasi koefisien konveksi yang dilakukan adalah 2.63, 3.72, 4.55, 5.26, 5.88, 6.44, 8.31, 9.83, 11.15, dan  $11.75 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  dengan jumlah sirip 30, ketebalan sirip 0.8 mm, jarak antar sirip 2.4 mm, dan koefisien konveksi  $2.63 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Hasil simulasi diperlihatkan pada gambar 8



Gambar 8. Suhu Maksimum Bagian Dasar *Heat Sink* dan Atas *Heat Sink* Berdasarkan Koefisien Konveksi pada Waktu 6000 Detik (Kondisi Stabil)

Terlihat bahwa suhu bagian dasar dan atas *heat sink* tidak mengalami penurunan secara signifikan setelah nilai koefisien konveksi  $5.26 W/m^2.K$ . Hal ini menunjukkan bahwa proses konveksi tidak berjalan efektif setelah nilai  $5.26 W/m^2.K$ , karena penurunan suhu yang tidak signifikan.

#### 4. Kesimpulan

Proses distribusi panas pada *heat sink* dipengaruhi oleh parameter-parameter jumlah sirip, ketebalan sirip, jarak antar sirip, luas permukaan sirip, dan koefisien konveksi. Dengan memilih nilai parameter-parameter di atas dalam mendesain *heat sink*, suhu prosesor bisa diatur agar tidak melampaui suhu maksimum yang diperbolehkan (339 K).

#### Daftar Pustaka:

- [1] Subardjono, Priyanto, "Manajemen Perawatan Preventif Laboratorium Komputer", Departemen Pend. Dan Kebudayaan, 1999
- [2] Yunus A. Cengel, "Heat Transfer A Practical Approach", 2nd ed., McGraw-Hill, NewYork, 2003
- [3] Intel, 2013, "Intel Core i7-4765T Processor (8M Cache, up to 3.00 GHz)", [http://ark.intel.com/products/75121/Intel-Core-i7-4765T-Processor-8M-Cache-up-to-3\\_00-GHz](http://ark.intel.com/products/75121/Intel-Core-i7-4765T-Processor-8M-Cache-up-to-3_00-GHz), 2014
- [4] Pusat Data dan Sarana Informatika Kementerian Komunikasi dan Informatika, "Hasil Survei penggunaan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) di Sektor Bisnis Indonesia 2011", ISBN 978-602-98285-3-5, 2011
- [5] Chyi-Tsong Chen, Ching-Kuo Wu, and Chyi Hwang, "Optimal Design and control of CPU Heat sink Processes," IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS AND PACKAGING TECHNOLOGIES, VOL. 31, NO. 1, MARCH 2008
- [6] Tinton Dwi Atmaja, Ghalya Pikra dan Kristian Ismail, "Manajemen Termal Heat sink pada Modul Kendali Motor Kendaraan Hibrid," Seminar Nasional Teknik Mesin X, Jurusan Mesin Fakultas Teknik UB, ISBN 978 – 602 – 19028 – 0 – 6, 2-3 November 2011
- [8] R. Mohan, Dr. P. Govindarajan, "Thermal Analysis of CPU with Composite Pin Fin Heat sinks," International Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 2(9),2010, 4051-4062