

# Pengukuran Fluks Kalor Processor dengan Metode Simulasi Fluks Kalor Plat Datar

Wayan Nata Septiadi,<sup>1,2)\*</sup> Nandy Putra<sup>1)</sup>, Engkos K<sup>1)</sup>, Raldi Artono Koestoer<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Teknik Mesin, Universitas Udayana  
Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362  
Email: wayan.nata@gmail.com

<sup>2)</sup> Teknik Mesin, Universitas Indonesia  
Kampus Baru UI-Depok

## Abstrak

Metode pengukuran dalam suatu penelitian di bidang perpindahan kalor khususnya pipa kalor merupakan suatu hal yang sangat penting untuk bisa mendapatkan suatu data yang memang akurat. Penelitian ini adalah untuk mendapatkan kondisi temperatur dan fluks kalor pada permukaan plat pemanas yang mampu mewakili kondisi temperature dan fluks kalor pada permukaan processor atau CPU. Penelitian ini meliputi tahap uji quasi steady state, kalibrasi termokopel, pengukuran temperature permukaan CPU, karakterisasi plat pemanas dan karakterisasi palt simulator. Dalam hal ini parameter yang dijadikan acuan pada plat simulator adalah temperature permukaan processor.

**Kata kunci:** Pengukuran, Fluks kalor, Processor

## Abstract

Measurement methods in a research of the heat transfer especially the heat pipe is very important to be able to get a really accurate data. This research is to obtain the conditions of temperature and heat flux on the surface of the heating plate that capable of representing the conditions of temperature and heat flux on the surface of the processor or CPU. This research includes the quasi steady state test phase, thermocouple calibration, CPU surface temperature measurement, characterization and characterization of heater plate and simulator plate. In this case the parameters are used as reference in the simulator plate is the surface temperature of processor.

**Keywords:** Measurement, heat flux, processor

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan dan kemajuan di bidang teknologi elektronik mengakibatkan fluks kalor yang dihasilkan terus mengalami peningkatan dan trend ini diperkirakan akan terus berlangsung selama perkembangan elektronik terus dilakukan [1]. Ioan Mihai [2] juga menyampaikan estimasi peningkatan fluks kalor pada Central Computer Unit (CPU) bahwa hingga tahun 2015 fluks kalor CPU akan terus meningkat secara tajam. Fluks kalor yang tinggi yang dihasilkan oleh perangkat elektronik memberikan suatu tantangan yang besar kepada para peneliti di bidang termal untuk dapat mengatasi permasalahan tersebut[2]. Pemakaian sistem pendingin yang bekerja secara dua fasa mulai banyak digunakan karena perpindahan kalor secara dua fasa lebih bagus dibandingkan peralatan pendingin mono fasa seperti heat sink, heat sink fan maupun pendingin dengan sirkulasi cairan. Tidak hanya dengan dua fasa, kombinasi media berpori pada peralatan pendingin dua fasa juga semakin banyak digunakan terutama sebagai pompa kapiler untuk mensirkulasikan fluida [3]. Pipa kalor merupakan sistem pendingin yang menggunakan prinsip tersebut. Penelitian dalam di bidang pipa kalor terus dilakukan guna mendapatkan system pendingin yang mampu mengatasi permasalahan elektronik secara optimal.

Metode pengukuran dalam suatu penelitian di bidang perpindahan kalor khususnya pipa kalor merupakan suatu hal yang sangat penting untuk bisa mendapatkan suatu data yang memang akurat. Pada pengujian pipa kalor dengan menggunakan processor atau CPU langsung sebagai sumber kalor memiliki beberapa kesulitan diantaranya: jumlah kalor sebenarnya yang dilepas atau diserap oleh pipa kalor tidak bisa di hitung atau ditentukan secara pasti dan hanya berdasarkan dari pembebanan yang diberikan oleh software, perhitungan fluks kalor menjadi sulit akibat kalor yang terbuang karena tidak adanya isolasi pada sistem, variable pembebanan hanya bisa dilakukan pada kondisi idle dan kondisi pembebanan maksimal.

---

\*Penulis korespondensi, HP: 081916356509,  
Email: wayan.nata@gmail.com

Pengujian dengan kondisi terisolasi juga tidak mungkin dilakukan pada CPU secara langsung. Hal ini disamping dapat merusak CPU, sistem akan langsung mati akibat kondisi over heat yang diakibatkan oleh pengisolasian. Oleh karena itu dilakukan suatu metode pengukuran fluks kalor CPU dengan metode pensimulasian menggunakan plat pemanas.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kondisi temperatur dan fluks kalor pada permukaan plat pemanas yang mampu mewakili kondisi temperature dan fluks kalor pada permukaan prosessor atau CPU.

## 2. METODE

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yakni kalibrasi termokopel baik secara steady state ataupun koasi seady state, pengukuran temperature permukaan prosessor, karakterisasi plat pemanas dan karakterisasi plat pensimulasi prosessor atau CPU. Dimana Besarnya laju perpindahan kalor pada suatu plat dihitung secara konduksi, seperti pada persamaan 1., 1, 1. [4]:

$$q_x = -k \, dy \, dz \frac{\partial T}{\partial x} \quad (1)$$

$$q_y = -k \, dx \, dz \frac{\partial T}{\partial y} \quad (2)$$

$$q_z = -k \, dx \, dy \frac{\partial T}{\partial z} \quad (3)$$

Fluks kalor pada permukaan platpemanas ataupun prosessor pada kondisi bebas atau tanpa alat pendingin dapat dihitung melalui perpindahan kalor secara konveksi, dimana secara umum perpindahan kalor secara konveksi dapat dinyatakan melalui persamaan 2:

$$q = h.A.(T_w - T_\infty) \quad (4)$$

Koefisien perpindahan kalor konveksi bebas dapat dinyatakan dalam bentuk:

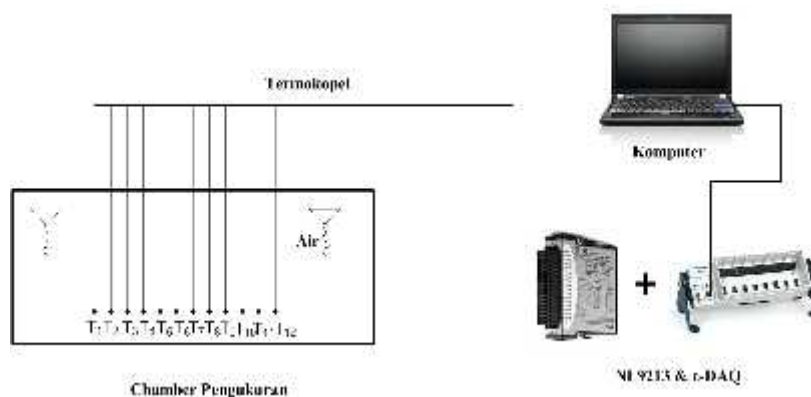
$$Nu = C(Gr.Pr)^m \quad (3)$$

Perkalian antara angka Grashof dan angka Prandtl disebut angka Rayleigh:

$$Ra = Gr.Pr \quad (4)$$

### 2.1. Pengujian Quasi Steady State Termokopel

Dua belas (12) buah termokopel tipe-K dilakukan quasi steady state testing dengan cara melakukan pengukuran temperatur air pada titik yang berdekatan dalam sebuah chamber berukuran 30 cm x 40 cm x 15 cm seperti terlihat pada gambar 4 Pengukuran dilakukan pada kedalaman 7 cm dari permukaan air untuk menjaga lebih stabilnya temperature yang terukur atau menghindari fluktuasi temperature yang terukur akibat pengaruh temperature lingkungan sekitar. Testing quasi steady state termokopel ini dilakukan selama 2 x 24 jam dengan menggunakan module NI 9213, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1 Skematik pengujian quasi stedy state termokopel



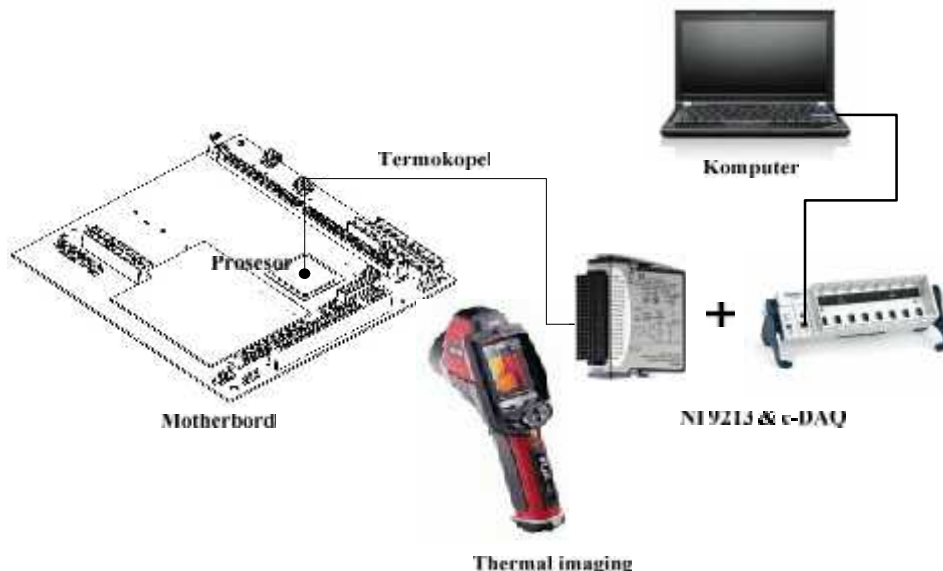
Gambar 2 Pengujian quasi steady state termokopel

## 2.2. Kalibrasi Termokopel

Kalibrasi termokopel dilakukan pada rentang  $-50^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $200^{\circ}\text{C}$  dengan menggunakan Thermostatic Circulating Bath (CTB) dan fluida berupa minyak pelumas sintetik SAE 15W 50. Dua belas (12) buah termokopel dikalibrasi untuk mengetahui tingkat linieritas pembacaan termokopel pada rentang temperature pengukuran ( $24^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $190^{\circ}\text{C}$ ), serta untuk mengetahui tingkan kesesuaian pembacaan termokopel.

## 2.3. Pengukuran Temperatur Permukaan CPU

Pengukuran temperatur prosesor bertujuan untuk menentukan temperature dari plat yang akan digunakan untuk mensimulasikan si prosesor sehingga temperatur pada prosessor bisa terwakili. Hal ini juga bertujuan untuk mendapatkan dasar acuan dari batasan pembebanan yang nantinya dilakukan. Pada pengukuran temperatur prosesor disini dilakukan dengan menjalankan atau mengoperasionalkan si prosesor tanpa alat pendingin. Hal ini untuk memdapatkan temperatur maksimal yang dikasilkan oleh si prosesor pada bagian permukaannya. Pengujian dilakukan pada prosesor Intel Pentium 4 2.4 GHZ, Intel Dualcore 925 3.0 GHZ dan Intel Core i5 3.30 GHZ. Temperatur permukaan diukur dengan menggunakan satu termokopel tipe K yang dihubungkan dengan c-DAQ – NI 9213 serta distribusi temperature permukaan juga direkam dengan menggunakan thermal imaging Flir 18211, seperti terlihat pada gambar 3.

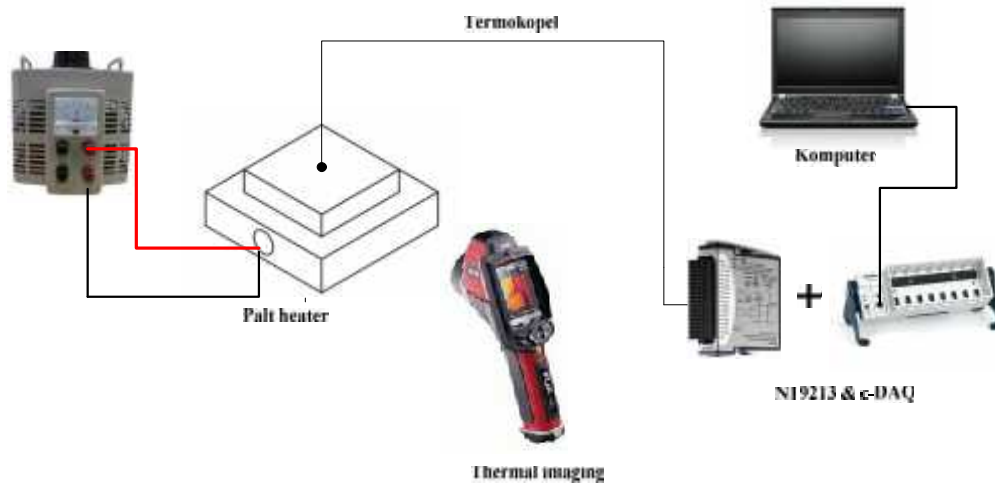


Gambar 3. Skematik pengukuran temperature permukaan prosessor (CPU)

## 2.4. Karakterisasi Plat Pemanas

Plat pemanas dibuat dari plat aluminium dan heater catride dengan dimensi blok bawah berukuran  $6\text{ cm} \times 6\text{ cm}$  dan blok atas berukuran  $4\text{ cm} \times 4\text{ cm}$  seperti yang ditunjukkan pada gambar 12. Heater catride 200 Watt yang digunakan berdiameter  $1\text{ cm}$  dengan panjang  $5\text{ cm}$ . Untuk mampu memsupply temperatur yang nantinya diberikan pada plat sebagai pensimulasi prosesor maka dilakukan karakterisasi awal pada plat pemanas terutama pada temperatur permukaan yang nantinya dijadikan sumber pemsupply kalor ke plat simulator. Karakterisasi dilakukan dengan memberikan

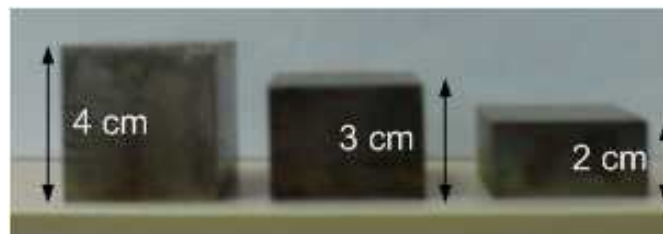
pembebanan pada plat pemanas mulai dari 5 volt sampai dengan batas Daya dari si heater atau batas dimana diperkirakan temperatur permukaan plat pemanas nantinya mampu mesupply temperatur pada plat sesuai dengan batas prosesor yang akan disimulasikan.



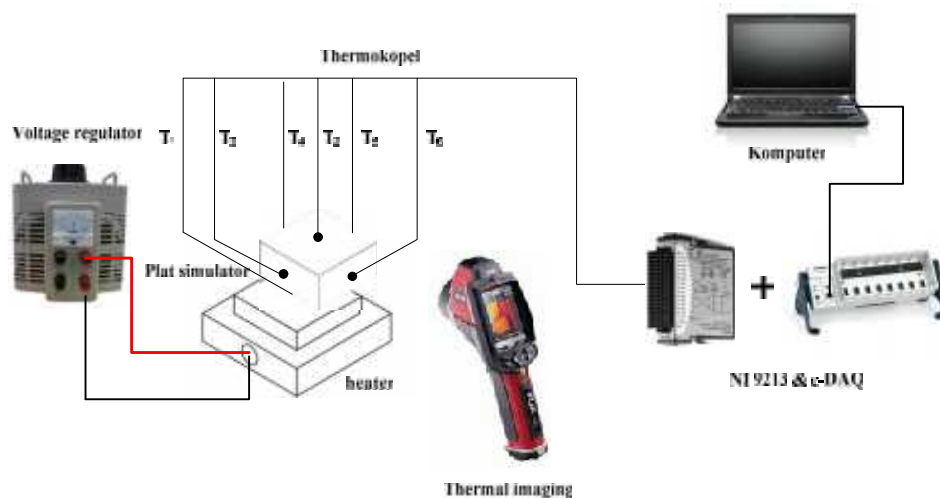
Gambar 4 Skematik karakterisasi plat pemanas

## 2.5. Karakterisasi Plat Simulator

Plat untuk simulasi atau plat simulator dibuat dari besi dengan konduktivitas termal 7,86 W/moC. Plat ini juga dibuat pada ketebalan tertentu sehingga bisa menggambarkan Q yang diberikan ke pada sistem pendingin atau pipa kalor. Plat dibuat dengan ukuran 4 cm x 4 cm dengan tebal 2 cm, 3 cm dan 4 cm. Dari tiga plat simulator yang dikarakterisasi nanti akan dipilih yang memberikan temperature permukaan dan Q yang paling mendekati dengan kondisi temperature permukaan dan Q prosesor. Adapun dimesi dan skematik pkarakterisasi plat simulator ditunjukkan oleh gambar 5a dan 5b.



(a)



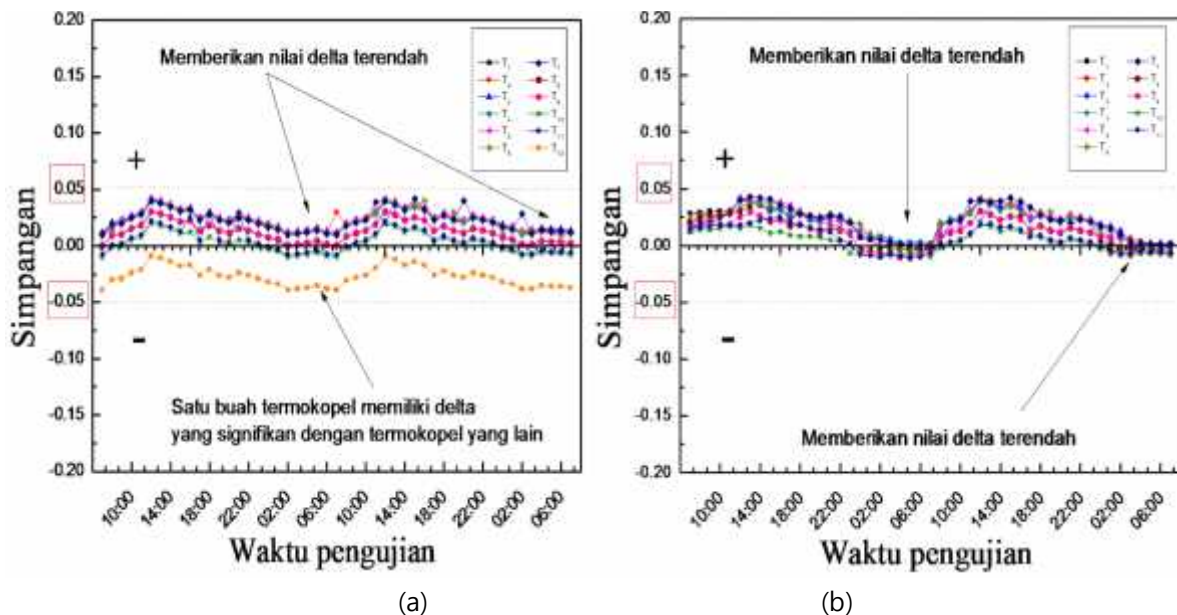
Gambar 5 (a) Plat simulator, (b) Skematik karakterisasi plat simulator

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 6 (a) merupakan distribusi dari deviasi pengukuran temperatur pada 12 termokopel yang dilakukan secara quasi steady state pada titik yang berdekatan. Dari gambar terlihat bahwa deviasi berada didalam  $\pm 0.05$  (5%). Dari pukul 07:00 sampai dengan pukul 14:00 deviasi cenderung meningkat dimana paling tinggi mencapai 0.048. Selanjutnya sampai dengan pukul 05:00 deviasi cenderung menurun yakni mencapai 0.01 bahkan lebih kecil. Deviasi cenderung stabil dan rendah pada pukul 01:00 sampai dengan pukul 05:00 dimana delta antar termokopel juga cenderung kecil pada rentang ini. Hal ini dikarenakan pada pukul tersebut temperatur lingkungan relative stabil sehingga fluktuasi yang terjadi pada sistem pengukuran oleh termokopel juga kecil. Dari gambar juga terlihat adanya satu buah termokopel yang berada cukup jauh atau memiliki delta yang besar terhadap termokopel yang lain akan tetapi masih berada dalam rentang deviasi. Disini termokopel 12 ini dikeluarkan dan tidak digunakan untuk menghindari perbedaan pengukuran yang besar antar termokopel pada temperature yang sama.

Sebelas (11) termokopel yang memiliki delta saling berdekatan di ujikan lagi pada guna memastikan kondisi termokopel tersebut. Adapun distribusi deviasi dan delta antar termokopel tersebut ditunjukkan pada gambar 6. Kecenderungan deviasi pada kondisi terkecil dan delta antar termokopel paling kecil relative sama dengan kondisi yang ditunjukkan pada gambar 6 (b), dimana deviasi relative stabil pada pukul 01:00 sampai dengan pukul 05:00.

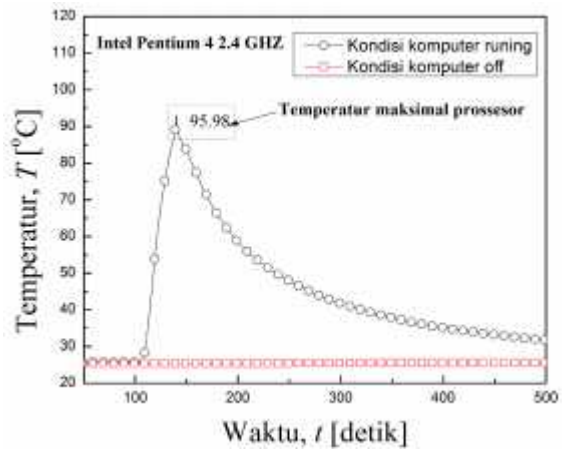
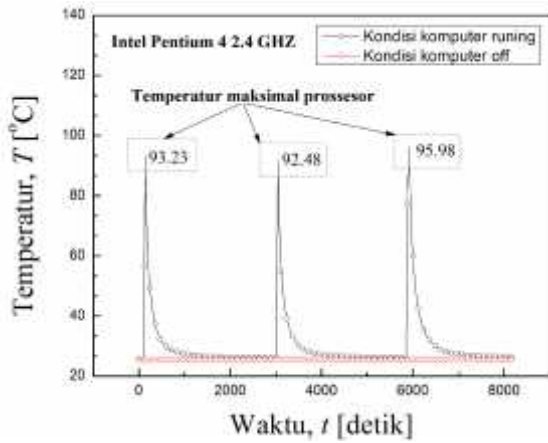
Pada kalibrasi termokopel didapatkan pada rentang temperature kerja kondisi pengukuran oleh termokopel masih linier dengan tingkat kesesuaian ( $R^2$ ) rata-rata 0.976.



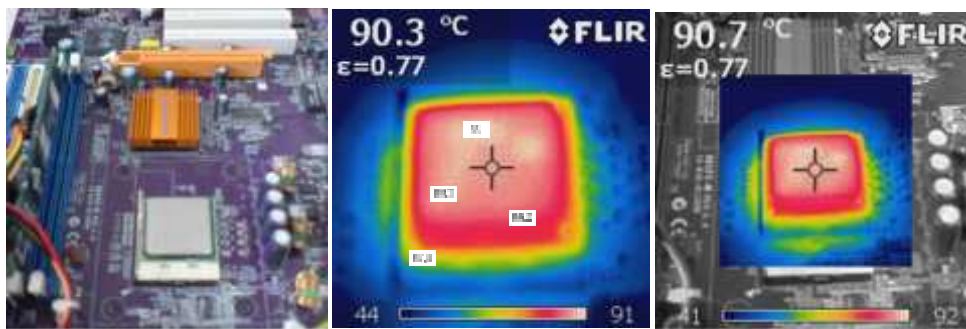
Gambar 6 Deviasi pengukuran (a) 12 termokopel, (b) 11 termokopel, secara quasi steady state

Dari hasil pengukuran pada prosesor Pentium 4 2.4 GHZ didapatkan bahwa temperatur maksimal yang di hasilkan oleh prosesor adalah rata-rata  $93.8^{\circ}\text{C}$ . Seperti yang terlihat pada gambar 7 dan 8. Gambar 9 memperlihatkan temperatur yang dihasilkan oleh prosesor Dual Core 925 3.0 GHZ, dimana dalam pengukuran ini didapatkan temperatur pada kondisi idle dan temperatur pada pembebanan maksimum. Pada kondisi idle temperatur prosesor mencapai rata-rata  $77.53^{\circ}\text{C}$  dan pada pembebanan masimal temperatur maksimal yang dihasilkan oleh prosesor mencapai  $99^{\circ}\text{C}$ , seperti yang ditunjukkan pada gambar 9. Adapun distribusi temperatur pada pembebanan maksimum ditunjukkan pada gambar 10.

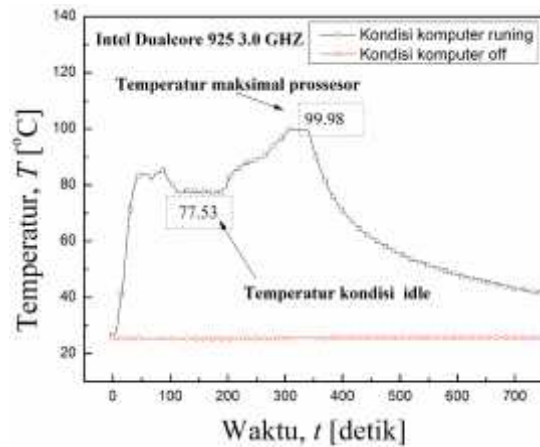
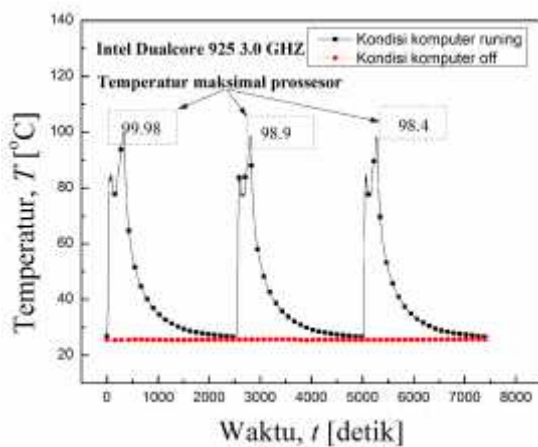
Pada prosesor intel Core i.5 3.30 GHZ diperoleh temperatur pada kondisi idle dan kondisi pembebanan maksimum masing masing  $78.27^{\circ}\text{C}$  dan  $110.39^{\circ}\text{C}$  seperti yang terlihat pada gambar 11. Gambar 12 merupakan distribusi temperatur pada permukaan prosesor Core i.5 3.30 GHZ yang di rekam menggunakan thermal imaging. Dari hasil pengukuran temperatur prosesor maka dapat ditentukan bahwa temperatur prosesor pada kondisi idle adalah minimal  $77^{\circ}\text{C}$  sedangkan temperatur dan temperatur maksimal minimal  $111^{\circ}\text{C}$ , sehingga ini dijadikan parameter dalam pensimulasian pada heater dan plat simulator.



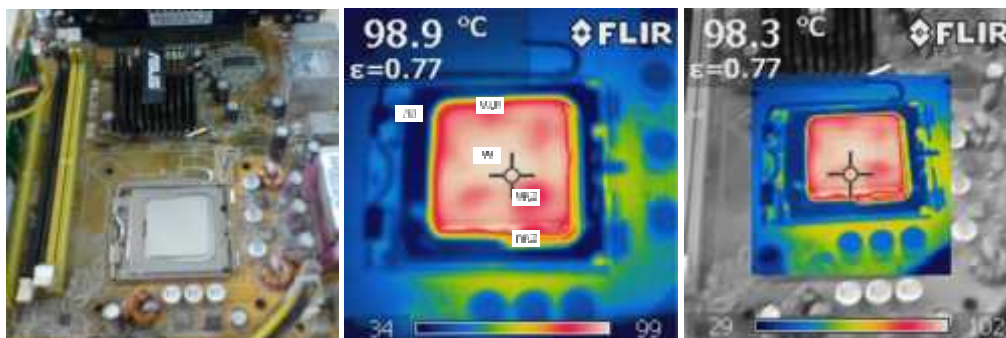
Gambar 7 Temperatur maksimum permukaan prosesor Pentium 4 2.4 GHz



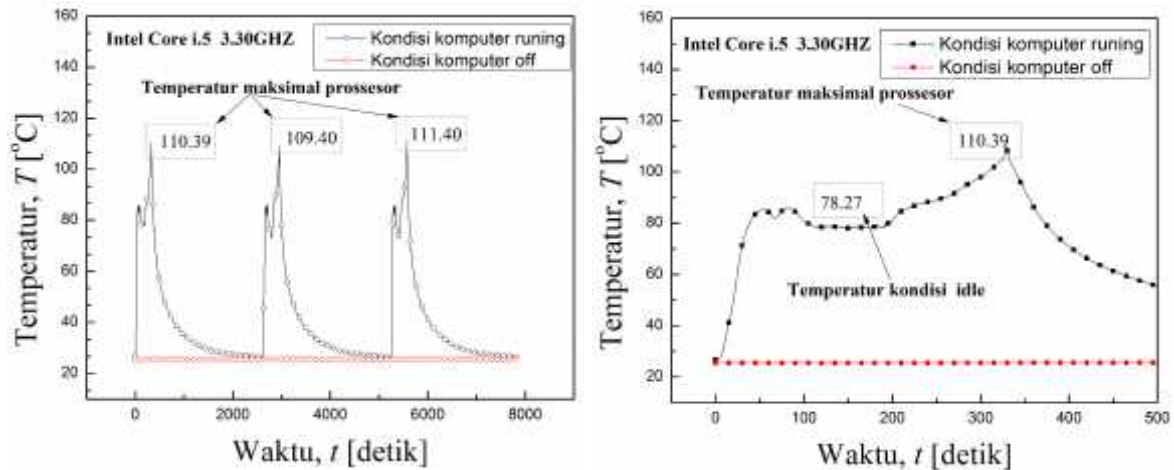
Gambar 8 Distribusi temperatur permukaan prosesor Pentium 4 2.4 GHz



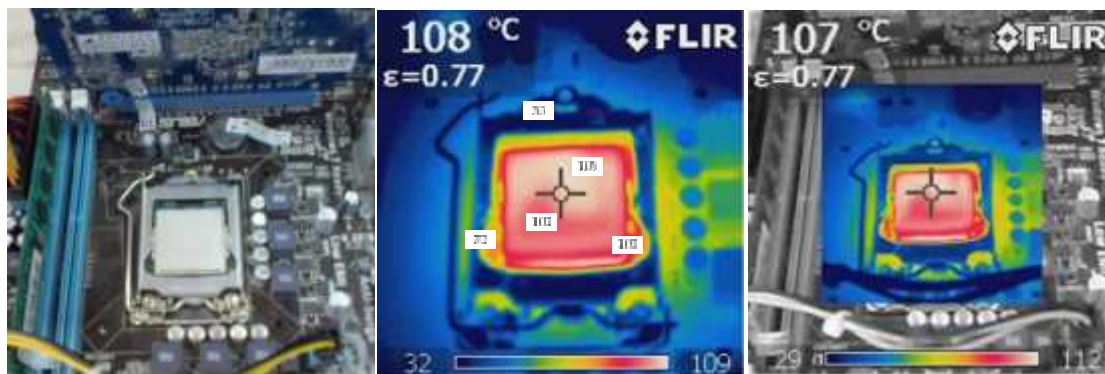
Gambar 9 Temperatur maksimum permukaan prosesor dualcore 3.0 GHz



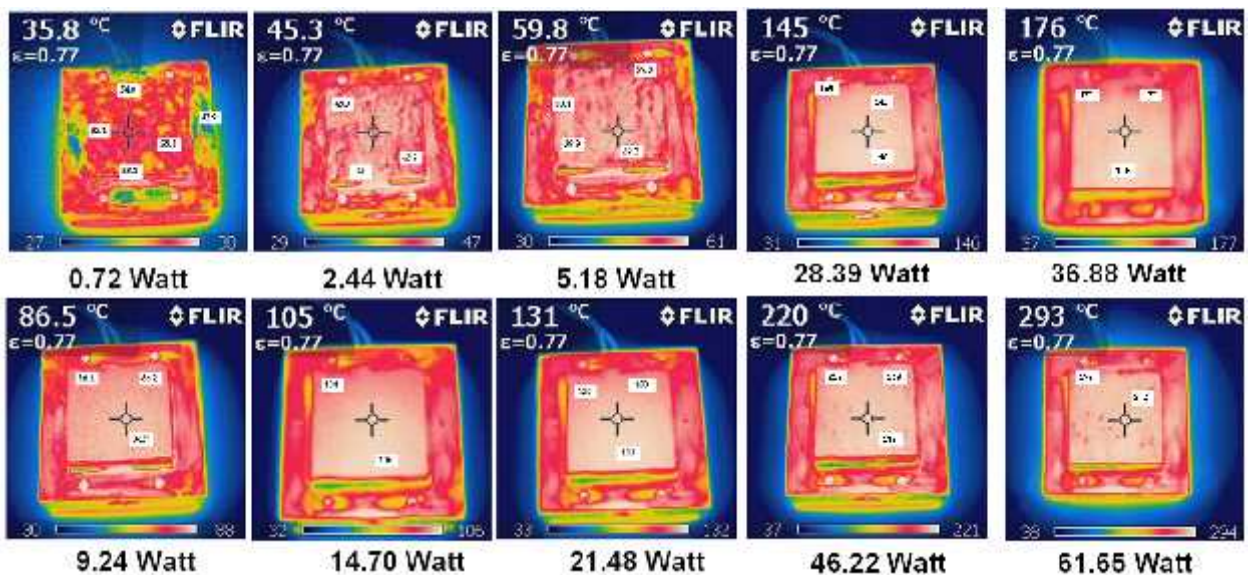
Gambar 10 Distribusi temperatur permukaan prosesor dualcore 3.0 GHz



Gambar 11. Temperatur maksimum permukaan prosesor Core i.5 3.3 GHz



Gambar 12 Distribusi temperatur permukaan prosesor Core i.5 3.3 GHz

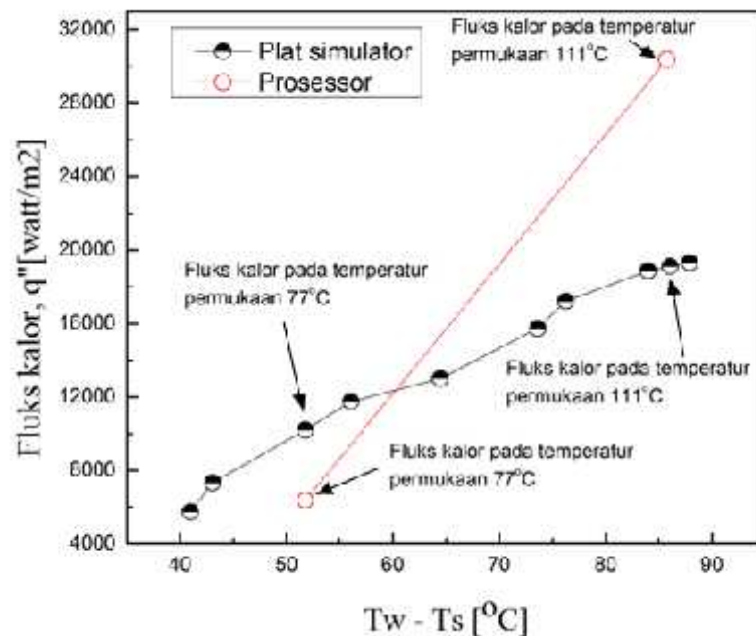


Gambar 13 Distribusi temperature permukaan plat pemanas

Dari karakterisasi 3 buah plat simulator dengan ketebalan 2 cm, 3 cm dan 4 cm kondisi yang lebih mendekati kondisi prosesor adalah plat simulator dengan tebal 3cm. Data hasil karakterisasi untuk plat simulator dengan tebal 3 cm ditunjukkan pada table 2. Karakterisasi dimulai dari 14.70 watt dimana temperature permukaan plat simulator bagian atas mencapai 77.230C sampai dengan 36.88 watt dimana temperature permukaan atas plat simulator mencapai 116.130C. Batas atas masih melebihi dari rentang batasan temperatur prosesor yaitu 77oC sampai dengan 111oC, sehingga untuk

kondisi batas atas ada pada kondisi 31.54 waatt (37.5 volt) yakni dengan temperature permukaan plat simulator bagian atas 111.31oC.

Dengan menyamakan parameter temperature permukaan antara prosessor dengan plat simulator didapatkan bahwa fluks kalor antara tidak sama yakni pada kondisi idle fluks kalor prosessor adalah 6362.5 W/m<sup>2</sup> sedangkan untuk plat simulator mencapai 10202.28 W/m<sup>2</sup>. Untuk kondisi beban maksium prosessor, fluks kalor prosessor adalah 30.375 W/m<sup>2</sup> sedangkan plat simulator adalah 19.107.66 W/m<sup>2</sup>. Hal ini karena parameter yang kita samakan sebagai keluaran palt simulator adalah temperature permukaan plat.



Gambar 14. Fluks kalor plat simulator dan prosessor

#### 4. SIMPULAN

Dari metode pengukuran fluks kalor prosessor dengan plat simulator dapat disimpulkan beberapa hal yaitu; dalam metode pengukuran menggunakan termokopel perlu dilakukan uji quasi steady state untuk menghindari delta pembacaan termokopel yang terlalu besar. Plat simulator untuk pengujian prosessor dilakukan dengan menyamakan parameter temperature permukaan, dimana kondisi temperature permukaan prosessor kondisi idle merupakan batasan bawah dan kondisi temperature permukaan prosessor pada pembebanan maksimum sebagai batasan atas. Dengan plat simulator jumlah  $Q$  sebenarnya yang dilepas pada permukaan bagian atas dapat dihitung. Dengan penggunaan metode simulasi dengan plat yang dapat di isolasi makan rugi kalor, serta jumlah kalor yang terserap dapat diketahui dan dihitung sehingga data pengujian akan lebih akurat..

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Reiyu Chein, Guanming Huang. Thermoelectric cooler application in electronic cooling. Applied Thermal Engineering 24 (2004) 2207–2217
- [2] A. Brusly Solomon, K. Ramachandran. Thermal performance of a heat pipe with nanoparticles coated wick. Applied Thermal Engineering 36 (2012) 10 6e11 2
- [3] Kaya, Tarik., and John Goldak. Numerical Analysis of Heat and Mass Transfer in The Capillary Structure of a Loop Heat Pipe. International Journal of Heat and Mass Transfer Vol 49, pp. 3211-3220, 2006.
- [4] Frank P. Incropera, David P. DeWitt. Fundamental of heat and mass transfer. New York. John Wiley. 56-57, 1996
- [5] Raldi Artono Koestoer. Zero method heat flux sensor. Sensors and actuators journal, 7 , 145-151 (1985).
- [6] F.A Rusdi Sambada. Pengaruh Kemiringan terhadap perpindahan kalor konveksi bebas pada plat datar. SIGMA, Vol 3, 2000.