

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN ALIRAN FLUIDA TERHADAP  
TEMPERATUR KERJA *PROCESSOR* KOMPUTER DENGAN  
SISTEM PENDINGINAN SIRKULASI AIR**

**SKRIPSI**

**Konsentrasi Konversi Energi**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

**KUSBIANTORO  
NIM. 0410622016**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN MESIN  
MALANG**

**2007**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN ALIRAN FLUIDA TERHADAP  
TEMPERATUR KERJA *PROCESSOR* KOMPUTER DENGAN  
SISTEM PENDINGINAN SIRKULASI AIR**

**SKRIPSI**

**Konsentrasi Konversi Energi**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh :

**KUSBIANTORO  
NIM. 0410622016**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir. Made Gunadiarta, MT.**  
NIP. 130 604 495

**Agung Sugeng Widodo, ST. MT.**  
NIP. 132 206 469



**PENGARUH VARIASI KECEPATAN ALIRAN FLUIDA TERHADAP  
TEMPERATUR KERJA *PROCESSOR* KOMPUTER DENGAN  
SISTEM PENDINGINAN SIRKULASI AIR**

Disusun oleh :

**KUSBIANTORO**  
**NIM 0410622016-62**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
tanggal 3 Mei 2007

Skripsi 1

Skripsi 2

Prof. Ir. I. N. Gede Wardana. M.Eng, Ph. D  
NIP : 131 286 308

Ir. Handono Sasmito M.Eng. Sc  
NIP : 130 818 811

Komprehensif

Sugiarto, ST., MT  
NIP : 132 137 966

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ir. Bambang Indrayadi, MT  
NIP : 131 653 469

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena hanya dengan limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ **Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Fluida Terhadap Temperatur Kerja *Processor* Komputer Dengan Sistem Pendinginan Sirkulasi Air**”.

Skripsi ini dibuat oleh penulis sebagai salah satu persyaratan bagi mahasiswa jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Atas dukungan dan bantuan dari semua pihak sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Bambang Indrayadi, MT. selaku Ketua Jurusan Mesin.
2. Bapak Ir. Djoko Sutikno, M. Eng. selaku Sekretaris Jurusan Mesin.
3. Bapak Dr. Ir. Rudy Soenoko, M. Eng. Sc. selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Konversi Energi.
4. Bapak Ir. Made Gunadiarta, MT. selaku dosen pembimbing pertama.
5. Bapak Agung Sugeng Widodo ST., MT. selaku dosen pembimbing kedua.
6. Seluruh staf pengajar Jurusan Teknik Mesin.
7. Seluruh staf administrasi Jurusan Teknik Mesin serta Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin yang secara langsung maupun tidak langsung ikut membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Dengan keterbatasan ilmu yang penulis miliki, tentunya skripsi ini masih jauh dari sempurna sehingga memerlukan banyak masukan. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaannya. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca.

Malang, April 2007

Penulis

## DAFTAR ISI

|   |            |
|---|------------|
| <b>KATA PENGANTAR</b>                                     | <b>i</b>   |
| <b>DAFTAR ISI</b>   | <b>ii</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL</b>                                       | <b>iv</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK</b>                           | <b>v</b>   |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b>                                    | <b>vi</b>  |
| <b>ABSTRAK</b>  | <b>vii</b> |
| <b>I. PENDAHULUAN</b>                                     |            |
| 1.1 Latar Belakang .....                                  | 1          |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                 | 2          |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                               | 3          |
| 1.4 Batasan Masalah .....                                 | 3          |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                              | 3          |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                           | 4          |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>                               |            |
| 2.1 Penelitian Sebelumnya .....                           | 5          |
| 2.2 Mekanisme Perpindahan Panas .....                     | 5          |
| 2.2.1 Perpindahan panas konduksi .....                    | 6          |
| 2.2.2 Perpindahan panas konveksi .....                    | 7          |
| 2.2.3 Perpindahan panas radiasi .....                     | 8          |
| 2.2.4 Konsep tahanan termal .....                         | 9          |
| 2.3 Angka Nusselt .....                                   | 11         |
| 2.4 Definisi Fluida .....                                 | 11         |
| 2.5 Parameter-Parameter Termal Komputer .....             | 13         |
| 2.6 Temperatur Kerja <i>Processor</i> .....               | 14         |
| 2.7 Sistem Pendingin <i>Processor</i> Sirkulasi Air ..... | 15         |
| 2.7.1 Radiator .....                                      | 15         |
| 2.7.2 <i>Waterblock</i> .....                             | 15         |
| 2.7.3 Pompa air ( <i>Water pump</i> ) .....               | 16         |
| 2.7.4 <i>Reservoir</i> .....                              | 17         |
| 2.8 Hipotesa .....  | 17         |

**III. METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Metode Penelitian ..... 18

3.2 Variabel Penelitian ..... 18

3.3 Alat-Alat Penelitian ..... 19

    3.3.1 Benda uji ..... 19

    3.3.2 Peralatan bantu ..... 19

3.4 Instalasi Alat Penelitian ..... 20

3.5 Tempat Penelitian ..... 21

3.6 Prosedur Pengambilan Data ..... 22

3.7 Pengolahan Data ..... 24

3.8 Diagram Alir Penelitian ..... 25

**IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Analisa Data ..... 26

    4.1.1 Data Hasil Pengujian ..... 26

    4.1.2 Pengolahan Data Pengujian ..... 26

    4.1.3 Perhitungan Data Pengujian ..... 31

4.2 Pembahasan Data Hasil Pengujian ..... 34

    4.2.1 Pembahasan untuk temperatur *processor* pada  
    *level clock* 1500 Mhz ..... 34

    4.2.2 Pembahasan untuk temperatur *processor* pada  
    *level clock* 1550 Mhz ..... 35

    4.2.3 Pembahasan untuk temperatur *processor* pada  
    *level clock* 1600 Mhz ..... 36

    4.2.4 Hubungan antara *level clock* terhadap  
    temperatur kerja *processor* pada beberapa  
    variasi kecepatan aliran fluida ..... 37

**V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan ..... 39

5.2 Saran ..... 39

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

| No        | Judul   | Halaman |
|-----------|---|---------|
| Tabel 3.1 | Rancangan Percobaan   | 23      |
| Tabel 3.2 | Rancangan Temperatur Tiap Sensor  | 24      |
| Tabel 4.1 | Pengolahan Data Temperatur Pada Sensor 2,<br><i>Level Clock</i> 1500 Mhz dan Kecepatan aliran<br>Fluida 0,180 m/s | 27      |
| Tabel 4.2 | Temperatur Tiap Sensor Pada <i>Level</i><br><i>Clock</i> 1500 Mhz   | 28      |
| Tabel 4.3 | Temperatur Tiap Sensor Pada <i>Level</i><br><i>Clock</i> 1550 Mhz   | 29      |
| Tabel 4.4 | Temperatur Tiap Sensor Pada <i>Level</i><br><i>Clock</i> 1600 Mhz   | 30      |
| Tabel 4.5 | Perhitungan Data Variasi Kecepatan Fluida<br>Pada Tiap <i>Level Clock</i>   | 34      |

## DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK

| No         | Judul   | Halaman |
|------------|---|---------|
| Gambar 2.1 | Perpindahan Panas Konduksi  | 6       |
| Gambar 2.2 | Pendinginan Sebuah Plat Datar dengan Konveksi Paksa dan Alamiyah  | 7       |
| Gambar 2.3 | Tahanan Termal untuk Perpindahan Panas yang Melintasi Dinding   | 10      |
| Gambar 2.4 | Radiator  | 15      |
| Gambar 2.5 | <i>Waterblock</i> Sistem Pendingin <i>Processor</i>   | 16      |
| Gambar 2.6 | <i>Water Pump</i> Sistem Pendingin <i>Processor</i>   | 16      |
| Gambar 2.7 | <i>Reservoir</i>  | 17      |
| Gambar 3.1 | Instalasi Sistem Pendingin <i>Processor</i>   | 20      |
| Grafik 4.1 | Grafik Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Terhadap Temperatur Kerja <i>Processor</i> pada <i>Level Clock</i> 1500 Mhz | 28      |
| Grafik 4.2 | Grafik Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Terhadap Temperatur Kerja <i>Processor</i> pada <i>Level Clock</i> 1550 Mhz | 29      |
| Grafik 4.3 | Grafik Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Terhadap Temperatur Kerja <i>Processor</i> pada <i>Level Clock</i> 1600 Mhz | 30      |
| Grafik 4.4 | Grafik Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Terhadap Temperatur Kerja <i>Processor</i> pada Beberapa <i>Level Clock</i> | 31      |

## DAFTAR LAMPIRAN

| No         | Judul  |
|------------|--|
| Lampiran 1 | Data Variabel Kendali  |
| Lampiran 2 | Hasil Pengolahan Data Penelitian   |
| Lampiran 3 | Gambar Instalasi Sebenarnya  |
| Lampiran 4 | Spesifikasi Termal Dan Kelistrikan<br><i>Processor AMD Generasi 7 (Socket 462)</i> |
| Lampiran 5 | Sistem Satuan  |
| Lampiran 6 | Spesifikasi Termokopel   |
| Lampiran 7 | Spesifikasi Air yang Dipakai   |



## ABSTRAK

Kusbiantoro, April 2007

**Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Fluida Terhadap Temperatur Kerja *Processor* Komputer Dengan Sistem Pendinginan Sirkulasi Air**

Skripsi Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Dosen Pembimbing : 1. Ir. Made Gunadiarta, MT.  
2. Agung Sugeng Widodo, ST., MT.

Salah satu cara untuk meningkatkan kinerja komputer tanpa harus melakukan penggantian *hardware* komputer adalah *overclocking*. *Processor* AMD memiliki keunggulan mampu di *overclocking* lebih tinggi dari kecepatan rata-rata. Akan tetapi *processor* AMD merupakan salah satu jenis *processor* yang menghasilkan panas yang tinggi. Panas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan permanen pada *processor*. Untuk mempertahankan temperatur *processor* agar tetap rendah maka harus dilakukan modifikasi sistem pendinginan *processor*.

Modifikasi dilakukan dengan cara menggunakan pendinginan *processor* dengan sirkulasi air. Pada sistem ini kecepatan aliran fluida merupakan variabel yang berpengaruh terhadap proses pendinginan. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi kecepatan aliran fluida.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa dengan menggunakan sistem sirkulasi air dapat mempertahankan temperatur kerja *processor* 15°C lebih rendah. Temperatur kerja *processor* yang paling rendah diperoleh pada variasi kecepatan 0,180 m/s. Pada kecepatan tersebut dapat menghasilkan temperatur kerja *processor* sebesar 38,980°C pada *level clock* 1500 Mhz, 40,362°C pada *level clock* 1550 Mhz, dan 41,383°C pada *level clock* 1600 Mhz.

*keyword* : *hardware*, *processor*, *overclocking*, *level clock*, sistem pendinginan.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi komputer sangat pesat, banyaknya para pengguna komputer dan perkembangan produk-produk komputer baru yang menawarkan banyak fasilitas multimedia merupakan bukti pesatnya perkembangan komputer. Sekarang ini komputer sangat berperan dalam kehidupan manusia sehari-hari, diantaranya dapat menyelesaikan penanganan data dalam jumlah besar, dapat melaksanakan tugas-tugas rutin yang bersifat berulang-ulang dan fungsi yang paling baru yaitu sebagai media hiburan seperti *game*, televisi, *video* dan lain sebagainya. Sebagai konsekuensinya fungsi komputer sebagai perangkat multimedia maka kinerja komputer harus ditingkatkan.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, salah satu produsen *hardware* komputer mengeluarkan salah tipe *processor* yaitu tipe *processor* AMD *socket* A/462 dengan berbagai jenis nama yaitu *Duron*, *Barton*, *Sempron* dan *Athlon XP*, dan juga diproduksi dengan berbagai variasi kecepatan, tipe *processor* ini memiliki beberapa keunggulan diantaranya harganya lebih murah dari *processor* Intel Pentium dan disamping itu *processor* AMD 462 juga menawarkan fasilitas *overclocking*, *overclocking* adalah suatu proses yang dilakukan pada suatu komputer untuk meningkatkan frekuensi kecepatan *CPU* (*Central Processor Unit*) diatas kecepatan rata-rata, dengan cara merubah tegangan listrik yang masuk ke *processor* (*Vcore*) melalui pengaturan sistem *bios* atau dengan pengaturan resistansi listrik (*jumper*) pada *motherboard*. Proses *overclocking* hanya dapat dilakukan pada jenis *motherboard* tertentu yang hanya dapat mendukung fasilitas *overclocking*.

Fasilitas *overclocking* ini sangat disukai oleh penggemar komputer, terutama bagi mereka yang suka memodifikasi komputernya supaya dapat bekerja pada frekuensi kecepatan yang lebih tinggi pada saat menjalankan animasi 3D (tiga dimensi) ataupun untuk program *game*, kecepatan *processor* dapat ditingkatkan dengan *overclocking*, akan tetapi *processor* jenis ini memiliki kelemahan yaitu merupakan jenis *processor* yang mengeluarkan panas yang sangat tinggi dibandingkan jenis *processor* yang lain pada saat beroperasi, terlebih pada saat dilakukan *overclocking* dapat menyebabkan *overheating*. *Overheating* dapat menyebabkan *processor* terbakar sehingga tidak dapat digunakan. Untuk menghindari hal tersebut maka *processor* harus diimbangi dengan sistem

pendinginan yang baik. Sistem pendinginan *processor* yang saat ini masih menggunakan sistem *fan* bawaan asli *processor* AMD masih dirasakan kurang memenuhi kebutuhan pendinginan, karena sistem pendingin menggunakan *fan* tersebut hanya dapat menjaga temperatur kerja *processor* pada kisaran temperatur 54°C – 57°C tanpa dilakukan proses *overclocking* (Harian Kompas download 23 Juni 2003).

Oleh karena itu, produsen sistem pendingin *processor* yang terbesar di America Corsair Co.Ltd. bekerja sama dengan Delphi Corp. yaitu perusahaan yang bergerak di bidang sistem pendingin mobil, baru-baru ini telah mengembangkan produk sistem pendingin *processor* tipe sirkulasi air atau sering dikenal dengan nama *water cooling system*, prinsip kerja dari sistem pendingin *processor* ini hampir sama dengan prinsip kerjanya sebuah radiator kendaraan, dengan memfokuskan penurunan panas pada *processor* bisa pentium buatan Intel atau AMD.

Sistem pendingin *processor* ini terdiri beberapa komponen yaitu pompa, radiator, *waterblock* dan tangki penampung air (*reservoir*), prosesnya yaitu *core processor* akan melepaskan panas secara alami ke pasta pendingin *processor* yang bertemperatur lebih rendah kemudian panas dari pasta akan mengalir ke permukaan logam *waterblock*, dan panas dari permukaan logam *waterblock* akan berpindah ke fluida pendingin yang disirkulasikan oleh pompa. Untuk memperoleh hasil tersebut maka diperlukan penelitian tentang kecepatan aliran fluida pada sistem pendingin *processor* supaya proses pendinginan *processor* dapat dioptimalkan sehingga temperatur kerja *processor* dapat dipertahankan pada tingkat yang lebih rendah dan aman.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang akan diangkat dalam karya tulis ini, adalah :

- 1) Bagaimanakah keunggulan sistem pendingin *processor* sirkulasi air dibandingkan dengan sistem pendingin *processor* jenis *fan* ?
- 2) Berapakah kecepatan aliran fluida yang bersirkulasi dalam sistem pendinginan *processor* sirkulasi air agar diperoleh temperatur kerja *processor* yang paling rendah dan aman pada beberapa tingkatan *overclocking* ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai adalah mencari kecepatan aliran fluida untuk proses pendinginan *processor* dalam sistem pendingin sirkulasi air agar temperatur kerja *processor* dapat dijaga pada temperatur kerja yang paling rendah dan aman untuk beberapa tingkatan *overclocking*.

### 1.4 Batasan Masalah

Untuk mempermudah penyelesaian masalah, maka dalam penelitian ini digunakan beberapa batasan masalah :

1. Penelitian ini hanya membahas tentang pengaruh kecepatan fluida terhadap temperatur kerja *processor* pada sistem pendingin *processor* sirkulasi air.
2. Menggunakan *processor* AMD Athlon XP dengan tipe 1700+  $\approx$  1467Mhz.
3. Menggunakan sistem pendingin *processor* sirkulasi air tipe Aquarius II.
4. Menggunakan fluida kerja air dengan spesifikasi grade 3 dilihat pada lampiran 7.
5. Komputer dioperasikan selama 17 menit setiap pengujian.
6. Gesekan antara fluida pendingin dengan dinding pipa diabaikan.
7. Perpindahan panas pada komponen radiator tidak diperhitungkan.
8. Temperatur ruangan dianggap seragam yaitu 25°C.
9. Berlangsung pada kondisi *steady*.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Memberi pengetahuan kepada pemakai komputer yang suka memodifikasi PC (*Personal Computer*) agar kinerja komputer terutama *processor* dapat bertahan lama dan memiliki unjuk kerja yang tinggi pada saat di *overclocking*.
2. Memberikan masukan kepada industri pembuat sistem pendingin *processor* sirkulasi air mengenai kecepatan aliran fluida yang baik untuk pendinginan *processor* khususnya tipe sirkulasi air.
3. Sebagai dasar penelitian selanjutnya untuk sistem pendinginan *processor* komputer yang lebih baik lagi, mengingat pentingnya fungsi *processor* dalam sebuah perangkat komputer.

## 1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan karya tulis ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

### BAB I. PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan, batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang landasan-landasan teori yang mendukung pengerjaan penelitian. Landasan teori diambil dari berbagai literatur.

### BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang metode penelitian maupun prosedur pengambilan data, sehingga diperoleh suatu data yang mendukung penelitian.

### BAB IV. PEMBAHASAN

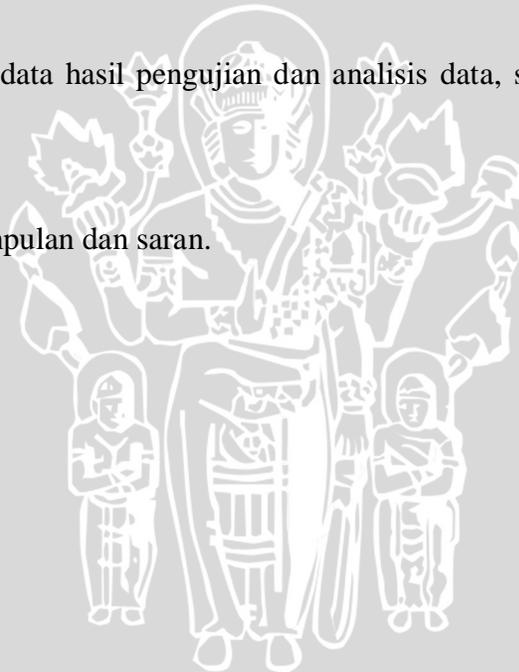
Berisi tentang data-data hasil pengujian dan analisis data, serta pembahasan data-data yang diperoleh.

### BAB V. PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran.

### DAFTAR PUSTAKA

### LAMPIRAN



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Sebelumnya

**M. Davis, R. Weymouth, dan P. Clarke (2006)** telah melakukan penelitian tentang pendinginan *processor* tipe AMD dengan ukuran *chip processor* 14,6mm x 10 mm yang telah dilakukan tahap *overclocking* pada CPU (*Central Processor Unit*), pada proses pendinginan *processor* tersebut dilakukan dengan dua mekanisme pendinginan yaitu mekanisme pertama, pendinginan *processor* dengan menggunakan *fan* dan yang kedua, proses pendinginan *processor* menggunakan sistem pendingin tipe sirkulasi air secara langsung. Dari kedua proses pengujian tersebut dapat diketahui bahwa dengan proses pendinginan dengan menggunakan tipe sirkulasi air secara langsung dapat menghasilkan temperatur kerja *processor* yang lebih rendah dibandingkan dengan tipe pendinginan dengan *fan* biasa yang sering dipakai pada pendingin *processor* pada umumnya.

**Muhammad Qomaruddin (2006)** telah meneliti tentang pengaruh jumlah sirip tambahan pada *heatsink processor* terhadap temperatur kerja *processor*. Penelitian ini pada prinsipnya adalah memodifikasi jumlah sirip dengan cara menambah jumlah sirip pada *heatsink* dengan tujuan memperluas permukaan supaya diperoleh temperatur kerja *processor* yang lebih rendah. Pengujian ini dilakukan pada sebuah *processor* AMD jenis sempron 2200+ dengan beberapa tahap *overclocking*. Dari penelitian tersebut diperoleh temperatur kerja dari *processor* yang paling rendah pada *level clock* 2200+ sebesar 319,6303 K, untuk temperatur kerja yang paling rendah pada *level clock* 2300+ sebesar 325,4924 K, sedangkan untuk temperatur kerja yang paling rendah pada *level clock* 2400+ sebesar 326,2942 K, semua kondisi temperatur di atas didapatkan pada *heatsink* dengan dua buah *heatsink* tambahan.

### 2.2 Mekanisme Perpindahan Panas

Perpindahan panas melalui 3 cara yaitu secara konduksi, konveksi dan radiasi. Semua bentuk perpindahan panas terjadi karena adanya perbedaan temperatur.

### 2.2.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi adalah perpindahan panas yang terjadi karena perpindahan energi dari sebuah substansi yang memiliki energi partikel yang lebih besar ke substansi yang berdekatan yang memiliki energi partikel yang lebih kecil sebagai hasil dari interaksi antar partikel. Besar laju rata-rata perpindahan panas pada sebuah medium tergantung pada geometri medium yaitu ketebalan dan bahan dari medium tersebut. Berdasarkan pada perpindahan panas konduksi dalam keadaan stedi yang terjadi pada dinding yang memiliki ketebalan ( $\Delta x$ ) atau  $L$  dan luas penampang ( $A$ ) dan perbedaan temperatur yang melewati dinding  $\Delta T = T_2 - T_1$  yang seperti ditunjukkan pada gambar 2.1, dapat disimpulkan bahwa :

$$\text{Perpindahan Panas Konduksi} \approx \frac{(\text{Area}).(\text{Perbedaan temperatur})}{\text{Ketebalan lapisan}}$$

Sehingga besar laju perpindahan panas konduksi dapat dinyatakan sebagai :

$$\dot{Q}_{cond} = k.A.\frac{(T_1 - T_2)}{L} \quad (\text{Cengel; 2003:18}) \quad (2-1)$$

dimana :

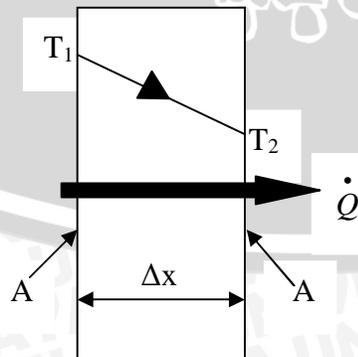
$\dot{Q}_{cond}$  = laju perpindahan panas konduksi (W)

$k$  = konduktifitas termal bahan ( $W/m.^{\circ}C$ )

$T_1$  = temperatur pada  $x_0$  ( $^{\circ}C$ )

$T_2$  = temperatur pada  $x_1$  ( $^{\circ}C$ )

$L$  = tebal lapisan (m)



Gambar 2.1 Perpindahan panas konduksi

### 2.2.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi salah satu bentuk perpindahan energi antara sebuah permukaan padat dan fluida cair atau gas yang berdekatan dalam keadaan bergerak dan merupakan kombinasi dari konduksi dan gerakan fluida. Besarnya kecepatan gerakan fluida menunjukkan besarnya perpindahan panas konveksi.

Ada dua mekanisme perpindahan panas secara konveksi ini yaitu :

#### 1. Konveksi alamiah (*Natural Convection*)

Perpindahan panas konveksi yang terjadi karena pengaruh gaya apung (*bouyancy effect*) yang disebabkan perbedaan density pada beberapa variasi temperatur fluida.

#### 2. Konveksi paksa (*Forced Convection*)

Perpindahan panas konveksi yang terjadi karena adanya gaya luar yang bekerja, misalkan pompa, *blower*, *fan*, dan lain sebagainya. Perbedaan temperatur antara permukaan benda dan aliran fluida menimbulkan suatu daerah yang mempunyai variasi temperatur dari  $T_s$  pada  $y = 0$  ke  $T_\infty$  pada aliran paling luar. Daerah ini disebut lapisan batas termal. Persamaan laju perpindahan panas konveksi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\dot{Q}_{conv} = h \cdot A_s \cdot (T_s - T_\infty) \quad (\text{Cengel; 2003: 26}) \quad (2-2)$$

dimana :

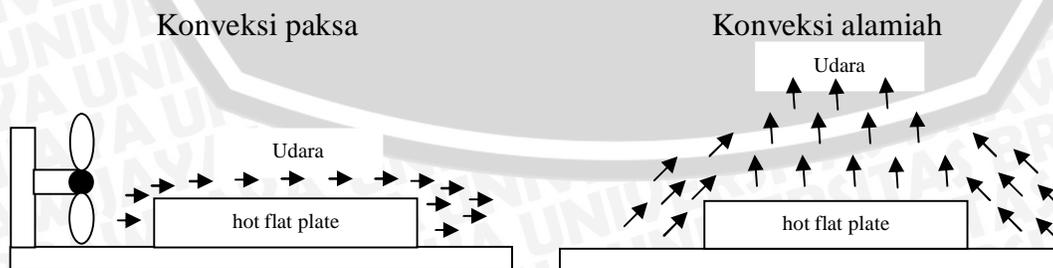
$\dot{Q}_{conv}$  = laju perpindahan panas konveksi (W)

$h$  = koefisien perpindahan panas konveksi ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$A_s$  = luas penampang kontak panas ( $m^2$ )

$T_s$  = temperatur permukaan ( $^\circ C$ )

$T_\infty$  = temperatur terluar fluida ( $^\circ C$ )



Gambar 2.2 Pendinginan sebuah plat datar dengan konveksi paksa dan alamiah

### 2.2.3 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi dari benda bertemperatur lebih tinggi ke benda yang bertemperatur lebih rendah dengan melalui perantara gelombang elektromagnetik. Lain halnya dengan konduksi dan konveksi bahwa perpindahan panas radiasi tidak memerlukan media dan lebih efisien dalam ruang hampa. Jumlah energi yang meninggalkan suatu permukaan sebagai energi panas radiasi tergantung pada suhu mutlak dan sifat permukaan tersebut. Radiator sempurna (*black bodies*) memancarkan energi radiasi dari permukaannya.

Besarnya radiasi maksimal yang dapat dipancarkan dari suatu permukaan pada suatu temperatur absolut  $T_s$  ditunjukkan oleh hukum *Stefan-boltzmann* yaitu :

$$\dot{Q}_{rad} = \sigma \cdot A_s \cdot T_s^4 \quad (\text{Cengel; 2003:153}) \quad (2-3)$$

dimana :

$\dot{Q}_{rad}$  = laju perpindahan panas radiasi per satuan luas (W)

$\sigma$  = konstanta Stefan-boltzmann ( $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ )

$A_s$  = luas permukaan yang terkena radiasi ( $\text{m}^2$ )

$T_s$  = temperatur absolut dari permukaan (K)

Benda-benda nyata (*real bodies*) memancarkan energi radiasi yang lebih rendah dari benda hitam dan dikorelasikan dengan rumus :

$$\dot{Q}_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_s \cdot (T_s^4 - T_{sur}^4) \quad (\text{Cengel; 2003:153}) \quad (2-4)$$

Di mana :

$\varepsilon$  = kemampuan bahan memancarkan sinar (*emissivity*).

$T_{sur}$  = temperatur disekitar permukaan benda (K).

### 2.2.4 Konsep tahanan termal

Laju perpindahan panas konduksi pada sebuah dinding datar sebanding dengan rata-rata konduktifitas termal ( $k$ ), luas permukaan dinding ( $A_s$ ), perbedaan temperatur ( $T_1 - T_2$ ) dimana  $T_1 > T_2$ , dan berbanding terbalik dengan tebal dinding ( $L$ ), dapat dirumuskan :

$$\dot{Q}_{cond,wall} = k \cdot A_s \cdot \frac{T_1 - T_2}{L} \quad (\text{W}) \quad (\text{Cengel; 2003: 129}) \quad (2-5)$$

Persamaan (2-5) untuk laju aliran panas dapat dianalogikan dengan hubungan aliran arus listrik ( $I$ ), yang ditunjukkan seperti berikut :

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_E} \quad (\text{Cengel; 2003: 129}) \quad (2-6)$$

Dimana  $R_E$  adalah tahanan elektrik yang harganya  $R_E = L / \sigma_E \cdot A$  ( $\sigma_E$  adalah konduktifitas elektrik), sedangkan  $E_1 - E_2$  adalah beda tegangan yang melewati tahanan, dimana tahanan termal sebanding dengan tahanan elektrik dan beda temperatur sebanding dengan beda tegangan yang melewati tahanan sehingga laju perpindahan panas pada sebuah dinding sebanding dengan besar arus listrik. Sehingga laju perpindahan panas konduksi dalam keadaan stedi yang terjadi pada dinding yang memiliki ketebalan ( $L$ ) dan luas penampang ( $A$ ) dan perbedaan temperatur yang melewati dinding  $\Delta T = T_1 - T_2$ , dimana  $T_1 > T_2$  dapat dirumuskan :

$$\dot{Q}_{cond,wall} = \frac{T_1 - T_2}{R_{wall}} \quad (\text{W}) \quad (\text{Cengel; 2003: 129}) \quad (2-7)$$

dimana;

$$R_{wall} = \frac{L}{k \cdot A} \quad (2-8)$$

$R_{wall}$  adalah tahanan termal dari sebuah dinding yang mengalami perpindahan panas konduksi. Pada proses perpindahan panas, tahanan termal sebuah media dipengaruhi oleh geometri dan bahan dari media tersebut.

Berdasarkan analogi aliran listrik pula, laju perpindahan panas konveksi dari sebuah permukaan padat dengan luas permukaan ( $A_s$ ) dan temperatur ( $T_s$ ) ke fluida yang temperaturnya tak terhingga ( $T_\infty$ ) dengan koefisien perpindahan konveksi ( $h$ ), juga dapat disusun dari persamaan (2.2) menjadi persamaan sebagai berikut :

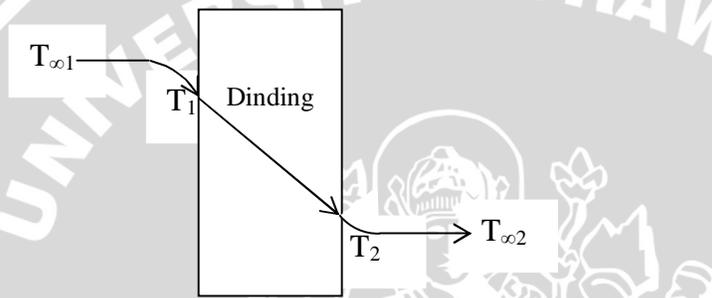
$$\dot{Q}_{conv} = \frac{(T_s - T_\infty)}{R_{conv}} \quad (\text{Cengel; 2003: 129}) \quad (2-9)$$

dimana;

$$R_{conv} = \frac{1}{h.A_s} \quad (2-10)$$

$R_{conv}$  adalah tahanan termal konveksi permukaan, ketika koefisien perpindahan konveksi sangat besar ( $h \rightarrow \infty$ ) maka tahanan konveksinya menjadi nol dan  $T_s \approx T_\infty$ .

Dengan asumsi  $T_{\infty 1} > T_{\infty 2}$  dan variasi temperatur yang linier sepanjang dinding, pada kondisi stedi pada tahanan termal berlaku :



Gambar 2.3 Tahanan termal untuk perpindahan panas yang melintasi dinding

$$\dot{Q}_{conv,masuk} = \dot{Q}_{cond,dinding} = \dot{Q}_{conv,keluar} \quad \text{atau ;}$$

$$\dot{Q} = h_1.A.(T_{\infty 1} - T_1) = k.A.\frac{T_1 - T_2}{L} = h_2.A.(T_2 - T_{\infty 2}) \quad (\text{Cengel; 2003:131}) \quad (2-11)$$

Pers. (2-11) dapat dijabarkan lagi menjadi ;

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{1/h_1.A} = \frac{T_1 - T_2}{L/k.A} = \frac{T_2 - T_{\infty 2}}{1/h_2.A}$$

$$= \frac{T_{\infty 1} - T_1}{R_{conv,1}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{dinding}} = \frac{T_2 - T_{\infty 2}}{R_{conv,2}} \quad (2-12)$$

secara matematis pers. (2-12) dapat disederhanakan menjadi ;

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{total}} = \frac{\Delta T}{R_{total}} \quad (2-13)$$

Dimana ;

$$R_{total} = R_{conv,1} + R_{dinding} + R_{conv,2} = \frac{1}{h_1.A} + \frac{1}{k.A} + \frac{1}{h_2.A} \quad (2-14)$$

### 2.3 Angka *Nusselt*

Angka *Nusselt* (*Nu*) adalah suatu angka yang tidak bersatuan yang merupakan hasil perbandingan dari laju perpindahan panas konveksi dengan laju perpindahan panas konduksi per satuan waktu dan persatuan luas permukaan. Besar angka *Nusselt* tergantung dari besar konduktifitas termal fluida, tebal lapisan konveksi dan koefisien perpindahan panas konduksi. Angka *Nusselt* (*Nu*) diperoleh dari perbandingan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{q_{conv}}{q_{cond}} = \frac{h \cdot \Delta T}{k \cdot \Delta T / L} = \frac{h \cdot L}{k} \quad (\text{Cengel; 2003: 336}) \quad (2-19)$$

Sehingga besarnya angka *Nusselt* (*Nu*) adalah :

$$Nu = \frac{h \cdot L}{k} \quad (2-20)$$

dimana :

*Nu* = angka *Nusselt*

*h* = koefisien perpindahan panas konveksi ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

*k* = konduktifitas termal ( $W/m \cdot ^\circ C$ )

*L* = tebal lapisan (*m*)

Angka *Nusselt* menunjukkan peningkatan perpindahan panas yang terjadi pada sebuah lapisan fluida sebagai sebuah hasil dari perpindahan panas konveksi relatif ke perpindahan konduksi yang melewati lapisan fluida yang sama. Semakin besar angka *Nusselt* menunjukkan semakin efektif perpindahan panas konveksi. Besar angka *Nu* = 1 untuk sebuah lapisan fluida menunjukkan bahwa perpindahan panas yang terjadi pada lapisan tersebut adalah konduksi murni.

### 2.4 Definisi Fluida

Perbedaan antara fluida dan zat padat adalah terletak pada kemampuan atau reaksi untuk menahan gaya geser, fluida apabila menerima gaya geser akan mengalami deformasi secara kontinyu pada substansinya sedangkan zat padat apabila menerima gaya geser akan berdeformasi secara statis. Fluida didefinisikan sebagai substansi zat cair atau gas yang tidak mampu menahan gaya geser sehingga apabila gaya geser bekerja padanya akan terjadi deformasi secara kontinyu atau terjadi perubahan posisi partikel dari zat tersebut. Fluida

akan bergerak dan berubah bentuk secara kontinu selama tegangan geser pada fluida tersebut bekerja.

Suatu aliran fluida memiliki viskositas yang disebut viskositas dinamik atau viskositas mutlak. Perbandingan viskositas dinamik ( $\mu$ ) terhadap massa jenis ( $\rho$ ) disebut viskositas kinematik ( $\nu$ ).

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (\text{White; 1999: 24}) \quad (2-21)$$

dimana :  $\nu$  = viskositas kinematis ( $m^2/s$ )

$\rho$  = massa jenis ( $kg/m^3$ )

$\mu$  = viskositas dinamik ( $kg/m.s$ )

Viskositas kinematik digunakan dalam menentukan besarnya bilangan *Reynolds*. Apabila terjadi pergerakan yang besar antar lapisan fluida berarti gaya gesek antar lapisan kecil. Namun sebaliknya jika pergerakan antar lapisan kecil berarti gaya gesek antar lapisan fluida menjadi besar.

Berdasarkan pola alirannya fluida dibagi menjadi dua yaitu laminar dan turbulen. Aliran laminar adalah aliran yang bergerak dalam lapisan-lapisan, dimana pertukaran momentum dan massa yang terjadi secara molekular dalam skala submikropis dari lapisan yang mempunyai kecepatan relatif tinggi menuju lapisan yang lain yang memiliki kecepatan yang lebih rendah. Pada aliran ini, fluida mengikuti aliran yang lebih lancar serta kontinu dengan kecepatan yang tetap. Partikel-partikel fluida dalam lapisan tetap ada dalam urutan yang benar.

Aliran turbulen adalah aliran dimana partikel fluida yang bergerak secara acak dengan kecepatan yang berfluktuasi yang saling interaksi antar gumpalan-gumpalan fluida yang terposisikan pada geseran viskos. Pada aliran turbulen tidak terlihat lagi adanya lapisan fluida (laminar-laminar) sehingga aliran fluida digambarkan sebagai bongkahan fluida yang bergerak secara acak sehingga proses perpindahan momentum dan massa terjadi dalam skala makroskopis.

Untuk menganalisa aliran sebagai aliran laminar, transient atau turbulen ditentukan berdasarkan pada bilangan *Reynolds*. Bilangan *Reynolds* merupakan parameter yang tak berdimensi yang menunjukkan perbandingan antara gaya inersia terhadap gaya viskos dari suatu fluida.

Besarnya bilangan *Reynolds* untuk aplikasinya sesuai dengan persamaan :

Ø Untuk *wall* (dinding) berlaku :

$$R_e = \frac{V \cdot L}{\nu} \quad (\text{Cengel; 2003: 372}) \quad (2-22)$$

dimana :

V = kecepatan aliran fluida (*m/s*)

L = ketebalan dinding (*m*)

$\nu$  = viskositas kinematik (*m<sup>2</sup>/s*)

Ø Untuk *sphere* (pipa) berlaku :

$$R_e = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (\text{Cengel; 2003: 449}) \quad (2-23)$$

dimana :

V = kecepatan aliran fluida (*m/s*)

D = diameter pipa (*m*)

$\nu$  = viskositas kinematik (*m<sup>2</sup>/s*)

Klasifikasi aliran fluida berdasarkan besarnya bilangan *Reynolds* :

- Ø Untuk aliran laminar :  $Re < 2300$
- Ø Untuk aliran transisi :  $2300 \leq Re \leq 4000$
- Ø Untuk aliran turbulen :  $Re > 4000$

## 2.5 Parameter-Parameter Termal Komputer

Komponen-komponen pada suatu PC (*Personal Computer*) seperti *processor*, *chipset motherboard*, *chipset graphic card* merupakan penghasil panas utama di dalam *casing* komputer. Jika arus listrik mengalir melewati suatu komponen elektronik misalnya perangkat semikonduktor maka sebagian daya dilepaskan dalam bentuk energi panas yang biasanya disebut dengan daya dissipasi (*power dissipation*).

Daya dissipasi yang dihasilkan suatu *chipset* meningkat sebanding dengan kenaikan temperaturnya. Jumlah kenaikan temperatur tersebut tergantung pada hambatan-hambatan termal antara *chipset* (*junction*) dengan lingkungannya (*ambient*). Temperatur- temperatur yang ada pada paket *chipset* :

a) Temperatur *ambient*

Temperatur *ambient* adalah temperatur udara yang berada disekitar paket *chipset* tersebut. Temperatur *ambient* ini diukur pada jarak tertentu, biasanya berjarak 2-3 cm dari bagian terluar paket *chipset*.

b) Temperatur *case*

Temperature *case* adalah temperatur bagian tengah permukaan atas *chipset*, dimana bagian ini biasanya memiliki temperatur paling tinggi pada proses pelepasan kalor.

c) Temperatur *junction*

Temperatur *junction* merupakan temperatur rata-rata pada bagian dalam *chipset*. Temperatur ini biasanya diukur oleh suatu sensor elektronik yang sudah terintegrasi di dalam *chipset* tersebut.

## 2.6 Temperatur Kerja *Processor*

Temperatur kerja *processor* diukur pada titik tengah permukaan *processor* dimana titik ini dianggap bertemperatur paling tinggi dibandingkan titik yang lain. Selain terbaca pada ADC, temperatur kerja *processor* juga dapat dilihat dari sistem *bios* pada komputer, akan tetapi pencatatan oleh sistem *bios* kurang akurat karena temperatur yang dilaporkan dipengaruhi oleh ketepatan sensor panas, oleh karena itu perangkat keras dan ADC yang digunakan dalam penelitian, perlu dilakukan kalibrasi pada temperatur kerja yang dilaporkan oleh sistem *bios*.

Temperatur kerja maksimum *processor* AMD ditentukan oleh *Ordering Part Number Processor* (OPN). OPN dapat dilihat pada bagian atas permukaan *core* (inti) *processor* AMD. Misalnya untuk OPN *processor* AMD tipe Athlon XP tertera AX1700DMT3C maka temperatur kerja *processor* ditunjukkan oleh huruf ketiga dari sebelah kanan pada OPN dan dinyatakan oleh huruf S, T, atau V, dimana huruf itu menunjukkan data temperatur kerja maksimumnya yaitu V = 85°C, T = 90°C, dan S = 95°C.

## 2.7 Sistem Pendingin *Processor* Sirkulasi Air

Pengoperasian komputer dengan frekuensi kecepatan *processor* yang tinggi akan meningkatkan temperatur kerja *processor*. Oleh karena itu sistem pendingin *processor* perlu dimodifikasi yang semula masih menggunakan *fan* biasa menjadi sistem pendingin *processor* yang mendekati sistem pendingin pada teknologi mobil, yaitu menggunakan sistem pendingin air (*water cooling system*). Sistem pendingin air ini memiliki beberapa komponen utama yaitu :

### 2.7.1 Radiator

Radiator merupakan salah satu jenis alat penukar kalor yang menggunakan fluida air sebagai fluida kerjanya. Radiator sangat efektif untuk proses transfer panas.

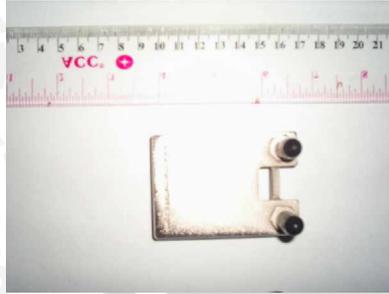


Gambar 2.4 Radiator sistem pendingin *processor*

### 2.7.2 *Water block*

*Waterblock* adalah salah satu komponen sistem pendingin yang kontak langsung dengan elemen *processor*, sehingga komponen *waterblock* ini sangat menentukan dalam proses transfer panas. Komponen ini memiliki desain yang berbeda-beda, salah satunya yang digunakan untuk penelitian ini adalah berbentuk persegi panjang ukuran 75 mm x 60 mm dengan tebal 10 mm serta pada permukaan kontak *processor* terdapat lapisan tembaga berbentuk persegi dengan ukuran 60 mm x 60 mm dengan tebal 2 mm.

Bagian atas



Bagian bawah



Gambar 2.5 Waterblock sistem pendingin processor

### 2.7.3 Pompa air (Water pump)

Pompa air (*water pump*) berfungsi untuk mensirkulasikan fluida air ke seluruh bagian sistem pendinginan. Pompa air yang digunakan berkapasitas 1500 cc/min dengan daya listrik DC sebesar 12 volt.



Gambar 2.6 Water pump sistem pendingin processor

### 2.7.4 Reservoir

*Reservoir* ini berfungsi menampung air dari air hasil pendinginan dan tempat penampung air yang sudah dingin untuk disirkulasikan keseluruh sistem pendingin.



Gambar 2.7 *Reservoir* sistem pendingin processor

### 2.8 Hipotesa

Dengan meningkatnya kecepatan aliran fluida, maka mengakibatkan kenaikan pada bilangan *Reynolds*, bilangan *Nusselt* dan koefisien perpindahan panas konveksi, meningkatnya ketiga variabel tersebut menyebabkan tahanan termal konveksi menjadi semakin kecil, diikuti dengan penurunan tahanan termal total, sehingga menyebabkan laju perpindahan panas total menjadi semakin besar, sehingga temperatur kerja *processor* dapat dipertahankan pada *level* yang lebih rendah.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *true* eksperiment yaitu dengan melakukan pengamatan secara langsung untuk memperoleh data sebab akibat melalui eksperimen guna mendapatkan data empiris. Dalam hal ini obyek penelitian yang diamati adalah pengaruh variasi kecepatan aliran fluida terhadap temperatur *processor* pada sistem pendinginan *processor* sirkulasi air.

### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan di dalam penelitian ini adalah :

#### 1. Variabel bebas

Variabel bebasnya adalah variasi kecepatan fluida yang akan masuk ke *waterblock* dan dikontrol dengan katup, yang dihitung dari besarnya debit air yang mengalir *waterblock* dibagi dengan luas penampang pipa dilaluinya. Variasi kecepatan fluida yang dapat dilakukan hanya 3 variasi yaitu  $0,180 \text{ m/s}$ ,  $0,138 \text{ m/s}$ , dan  $0,056 \text{ m/s}$ , hal ini disebabkan karena jenis katup yang digunakan untuk memvariasikan kecepatan fluida adalah jenis bypass dimana variasi putaran bukaan katupnya kurang presisi sehingga hanya mampu menghasilkan maksimal 3 nilai variasi yang berbeda.

#### 2. Variabel terikat

Variabel terikatnya adalah temperatur *processor* yang ditunjukkan termometer yang dibaca dikomputer melalui sebuah termokopel yang diletakkan di tengah *processor* dan di beberapa titik lain pada instalasi dengan bantuan alat yang dinamakan ADC (*Analog Digital Converter*) yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog dari sensor menjadi sinyal digital agar dapat dibaca oleh komputer.

#### 3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrolnya adalah dilakukan *overclocking* kecepatan 1500 Mhz, 1550 Mhz dan 1600 Mhz. Diambil tiga *level clock* karena pada pra pengujian di *level clock* tersebut mampu menghasilkan kerja yang paling stabil dan lancar. Kerja komputer sangat bergantung pada *hardware* lain yang dipakai sehingga meskipun *level clock processor* maksimum 1650 Mhz hanya mampu berkerja maksimum pada 1600 Mhz.

### 3.3 Alat-Alat Penelitian

#### 3.3.1 Benda Uji

Benda uji ini terdiri dari :

1. *Processor* AMD Athlon XP1700+  $\approx$  1467 Mhz, *socket* 462/A, 256 kB L2 *Cache*.
2. *Motherboard* ECS tipe K7S5A, *support socket* A atau 462, dan FSB 266/333.
3. Memori DDR *Twinmos* 256 Mb PC3200.
4. Kartu grafis (*VGA Card*) *Sis Xabre* dengan *integrated* memori 32 MB.
5. *Harddisk* 40 Gb *Seagate Barracuda* ATA 133 dengan kecepatan 7200 rpm.
6. Pendingin cair (*Liquid Coolant*) *waterblock* “Aquarius II” buatan *Thermaltake* untuk *socket* Intel P4 *socket* 748 dan AMD *socket* 462 /A / K7 atau K8 .
7. *Casing ATX Tower* dengan dimensi panjang 44 cm, lebar 18,5 cm dan tinggi 43 cm.
8. Power supply CPU 450 watt 20 pin *channel power*.

#### 3.3.2 Peralatan Bantu

Peralatan bantu terdiri dari :

1. Sensor temperatur.

Digunakan 4 termokopel tipe  $K_1$  dimana sensor temperatur yang mengukur temperatur pada titik yang telah ditentukan dengan range temperaturnya dari 273 K sampai 1373 K.

2. ADC (*Analog Digital Converter*)

1 (satu) unit ADC dengan ketelitian pembacaan 8 bit dengan 24 *channel input*. Digunakan untuk mengubah sinyal analog berupa tegangan listrik dari termokopel menjadi sinyal digital agar dapat dibaca oleh komputer.

3. Komputer

Digunakan untuk data akuisisi.

4. Termometer

Digunakan untuk mengukur temperatur udara lingkungan.

5. Gelas Ukur

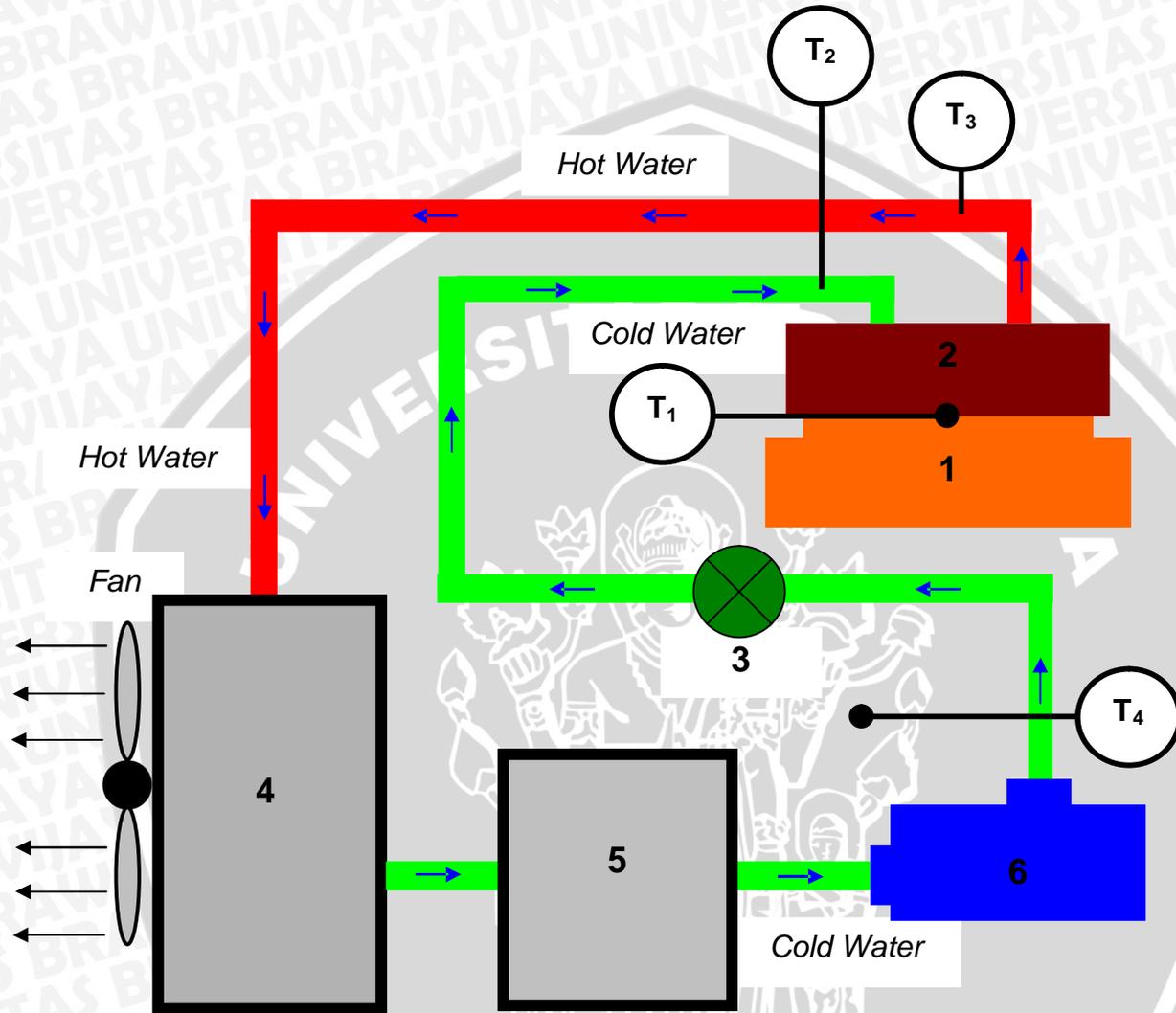
Digunakan untuk mengukur volum air pada saat pegujian debit air.

6. *Stopwatch*

Digunakan untuk mencatat waktu pada saat pengujian debit air.

### 3.4 Instalasi Alat Penelitian

Susunan alat dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.1 di bawah ini :



Gambar 3.1 Instalasi sistem pendingin processor

Keterangan :

1. Processor
2. Waterblock
3. Katup Bypass
4. Radiator
5. Reservoir

6. Pompa air 12 volt DC dengan  $\dot{Q} = 1500\text{cc} / \text{min}$

$T_1$  = Sensor temperatur processor ( $T_{case}$ )

$T_2$  = Sensor temperatur fluida masuk waterblock ( $T_{inlet}$ )

$T_3$  = Sensor temperatur fluida keluar waterblock ( $T_{outlet}$ )

$T_4$  = Sensor temperatur di dalam casing ( $T_{ambient}$ )

Prinsip kerja dari instalasi pendinginan :

- 1) Setelah komputer dinyalakan, *water pump* bekerja memompa air menuju ke *water block* yang sebelumnya melalui katup *bypass*.
- 2) Setelah komputer dinyalakan maka pada *processor* timbul panas karena ada arus listrik yang masuk, panas tersebut akan mengalir dari *processor* ke permukaan *waterblock* bagian bawah secara konduksi karena terjadi perbedaan temperatur, dimana temperatur *processor* lebih tinggi dari permukaan *waterblock* kemudian panas tersebut mengalir dari plat menuju fluida air yang bersirkulasi secara konveksi.
- 3) Fluida panas yang bersirkulasi akan masuk ke radiator, di dalam radiator fluida mengalir ke pipa-pipa tembaga yang dikelilinginya terdapat kisi-kisi yang dapat mempermudah proses pelepasan kalor karena permukaan kontak panas menjadi lebih luas dan dibantu dengan fan yang berfungsi mengalirkan panas ke lingkungan secara konveksi paksa.
- 4) Setelah fluida keluar dari radiator, fluida kemudian masuk ke *reservoir* untuk ditampung sementara dan kemudian oleh pompa disirkulasikan lagi ke sistem begitu seterusnya.

### 3.5 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pneumatik dan Hidrolik, Politeknik Negeri Malang.

### 3.6 Prosedur Pengambilan Data

Langkah-langkah pengambilan data dalam penelitian ini adalah :

1. Mempersiapkan alat-alat yang dibutuhkan yang disusun sesuai dengan gambar instalasi peralatan pada gambar 3.1 kecuali pemasangan *waterblock*, yang akan disusun setelah pengujian kebocoran dilakukan.
2. Mengisi *reservoir* dengan air, kemudian menyalakan pompa air untuk mengetes ada tidaknya kebocoran sebelum pengambilan data dilakukan karena kebocoran pada sistem akan menimbulkan kerusakan yang fatal pada alat uji.

3. Setelah dipastikan tidak terjadi kebocoran, maka dilakukan pemasangan *waterblock* ke *CPU (Central Processor Unit)*, setelah semua siap kemudian komputer dioperasikan dan dibiarkan beroperasi kira-kira 15 menit supaya kenaikan temperatur seragam, dalam awal pengoperasian katup *bypass* dibiarkan pada kondisi terbuka penuh.
4. Setelah 15 menit, mulai dilakukan pengesetan komputer, pengesetan awal dilakukan pada *overclocking* 1500 Mhz dengan katup terbuka penuh, kita catat parameter temperatur meliputi  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ , dan  $T_4$ .
5. Mengambil data dengan memvariasikan debit fluida yang masuk dengan cara mengatur bukaan katup baypass untuk mendapatkan variasi kecepatan, data awal diambil dari langkah 4 dengan waktu pengujian selama 17 menit untuk tiap variasi.
6. Sama dengan langkah 5 tetapi katup *bypass* diputar  $30^\circ$  dari posisi buka penuh, dan diambil data dengan waktu pengujian selama 17 menit.
7. Sama dengan langkah 6 tetapi katup *bypass* diputar  $60^\circ$  dari posisi buka penuh, dan diambil data dengan waktu pengujian selama 17 menit.
8. Ulangi langkah 5,6,dan 7 akan tetapi dilakukan *overclocking* 1550 Mhz.
9. Ulangi langkah 5,6,dan 7 akan tetapi dilakukan *overclocking* 1600 Mhz.
10. Data diolah, kemudian di analisa fenomena yang terjadi bila dihubungkan dengan teori yang ada.
11. Menarik kesimpulan.



Adapun rancangan tabel pengambilan data yang digunakan untuk tiap variasi kecepatan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Rancangan percobaan

| <i>Level Clock</i>             | Waktu (t)<br>detik | Temperatur (°C) |          |          |          |
|--------------------------------|--------------------|-----------------|----------|----------|----------|
|                                |                    | Sensor 1        | Sensor 2 | Sensor 3 | Sensor 4 |
| <i>Level Clock</i><br>1500 Mhz | 1                  |                 |          |          |          |
|                                | 5                  |                 |          |          |          |
|                                | 10                 |                 |          |          |          |
|                                | .                  |                 |          |          |          |
|                                | .                  |                 |          |          |          |
|                                | 200                |                 |          |          |          |
| <i>Level Clock</i><br>1550 Mhz | 1                  |                 |          |          |          |
|                                | 5                  |                 |          |          |          |
|                                | 10                 |                 |          |          |          |
|                                | .                  |                 |          |          |          |
|                                | .                  |                 |          |          |          |
|                                | 200                |                 |          |          |          |
| <i>Level Clock</i><br>1600 Mhz | 1                  |                 |          |          |          |
|                                | 5                  |                 |          |          |          |
|                                | 10                 |                 |          |          |          |
|                                | .                  |                 |          |          |          |
|                                | .                  |                 |          |          |          |
|                                | 200                |                 |          |          |          |



### 3.7 Pengolahan Data

Karena data penelitian yang diperoleh sangat banyak, maka perlu diolah sehingga didapatkan data yang mewakili tiap sensor temperatur pada masing-masing variasi. Pengolahan data yang dilakukan berupa pengolahan data kelompok sebagai berikut :

- Menentukan jumlah data (n).
- Menentukan jumlah kelas data.

$$K = 1 + 3,322 \log n$$

Dengan :

K = jumlah kelas.

n = jumlah data.

- Menentukan range data.

$$\text{Range} = \text{Data terbesar} - \text{Data terkecil}$$

- Menentukan interval kelas (C).

$$C = \frac{\text{Range}}{\text{JumlahKelas}}$$

- Menentukan nilai tengah dari masing-masing kelas.
- Menentukan frekuensi kemunculan data tiap kelas.

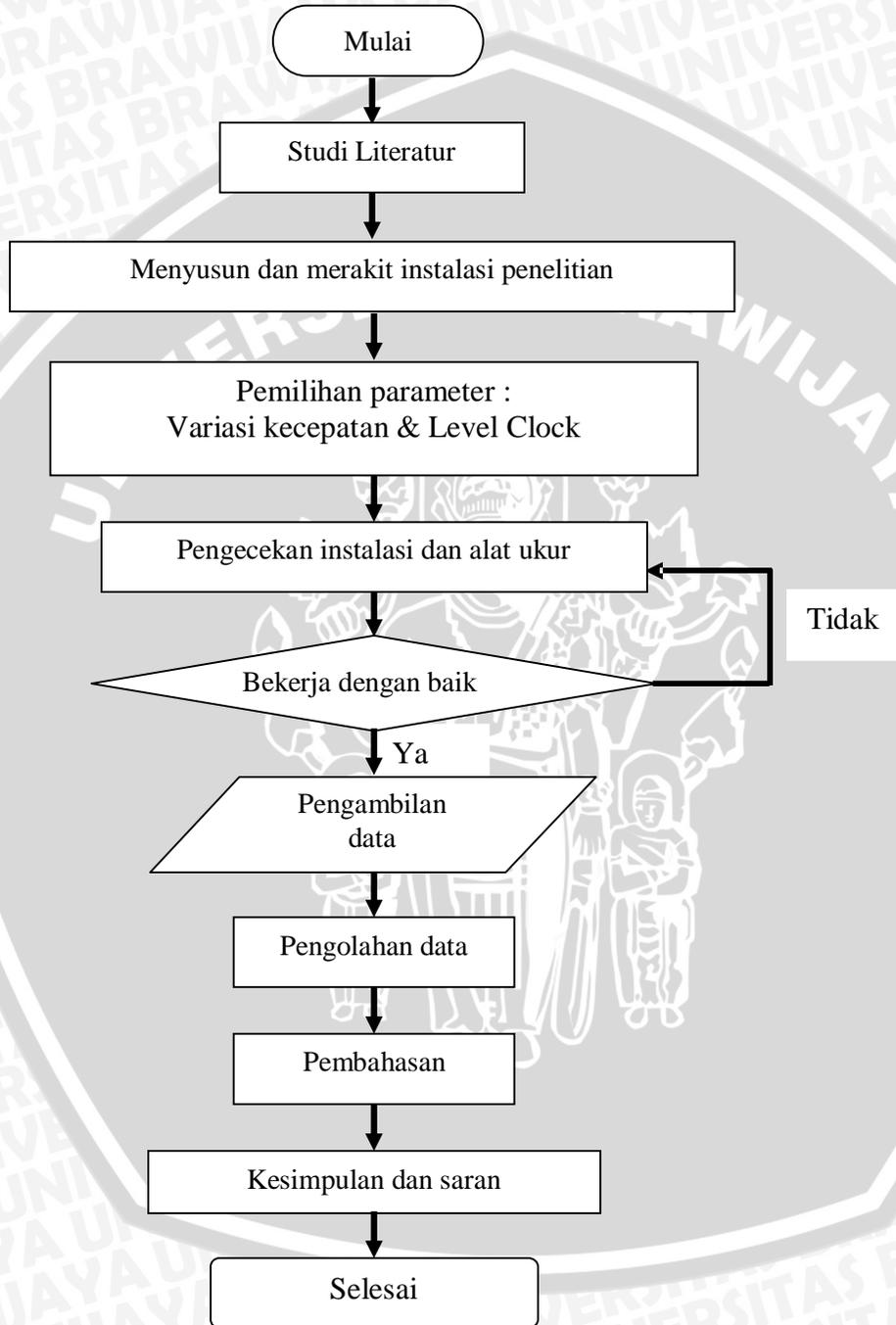
Kemudian disusun tabel frekuensi dan kelas, dimana frekuensi yang paling besar nilai tengahnya dianggap sebagai data yang mewakili sensor temperatur. Setelah didapatkan data yang mewakili tiap sensor di masing-masing variasi maka data yang diperoleh ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 3.2 Rancangan temperatur tiap sensor

| Level Clock        | Temperatur |          |          |          |
|--------------------|------------|----------|----------|----------|
|                    | Sensor 1   | Sensor 2 | Sensor 3 | Sensor 4 |
| Level 1 (1500 Mhz) |            |          |          |          |
| Level 2 (1550 Mhz) |            |          |          |          |
| Level 3 (1600 Mhz) |            |          |          |          |

### 3.8 Diagram Alir Penelitian

Untuk mempermudah dalam melakukan penelitian ini, maka dibuat diagram alir penelitian seperti ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Data

#### 4.1.1 Data Hasil Pengujian

Setelah melakukan pengujian, maka didapatkan data hasil pengujian untuk setiap variasi kecepatan aliran fluida, data tersebut meliputi :

- Sensor temperatur *processor* ( $T_{case}$ ).
- Sensor temperatur fluida masuk *waterblock* ( $T_{inlet}$ ).
- Sensor temperatur fluida keluar *waterblock* ( $T_{outlet}$ ).
- Sensor temperatur di dalam *casing* ( $T_{ambient}$ )

Pada setiap variasi pengujian dilakukan pengambilan data sebanyak 200 kali selama  $\pm 17$  menit dengan kecepatan pengambilan data setiap 5 detik, sehingga data temperatur pada *processor*, aliran masuk, aliran keluar dan dalam casing didapatkan sebanyak 200 data. Data hasil pengujian beserta hasil pengolahannya dapat dilihat pada lampiran 2.

Pada setiap variasi juga dilakukan pengambilan data lain sebagai variabel kendali dari penelitian dan dapat dilihat pada lampiran 1, yang meliputi :

- Level clock processor*.
- Value clock processor*.
- FSB processor*.
- Vcore processor*.
- Level clock DRAM*.
- Value clock dan voltage VGA*.

#### 4.1.2 Pengolahan Data Pengujian

Karena data berupa temperatur pada setiap interval yang diperoleh sangat banyak, maka data perlu diolah sehingga didapatkan data yang dapat mewakili dari masing-masing variasi. Pengolahan data yang dilakukan berupa pengolahan data kelompok. Setelah itu disusun tabel frekuensi dengan frekuensi paling besar nilai tengahnya dianggap sebagai data yang mewakili data kelompok tersebut. Berikut ini adalah contoh pengolahan data temperatur pada sensor 2, variasi kecepatan aliran 0,180 m/s, dan *level clock* 1500 Mhz. Dimana diketahui jumlah data (n) adalah 200 sehingga dapat dihitung :

- Jumlah kelas data (K) =  $1 + 3,322 \log 200$   
=  $8,644 \approx 9$
- Range =  $37,8 - 40,7$   
=  $2,9$
- Interval kelas (C) =  $\frac{2,9}{8,644} = 0,337$

Sehingga didapatkan tabel frekuensinya seperti di bawah ini :

Tabel 4.1 Pengolahan data temperatur pada sensor 2, *level clock* 1500 Mhz dan kecepatan aliran fluida 0,180 m/s

| Kelas Ke- | Batas kelas   |               | Titik tengah  | Frekuensi |
|-----------|---------------|---------------|---------------|-----------|
| 1         | 37,800        | 38,137        | 37,969        | 11        |
| 2         | 38,135        | 38,474        | 38,306        | 19        |
| 3         | 38,474        | 38,811        | 38,643        | 18        |
| 4         | <b>38,811</b> | <b>39,148</b> | <b>38,980</b> | <b>44</b> |
| 5         | 39,148        | 39,485        | 39,317        | 20        |
| 6         | 39,485        | 39,822        | 39,654        | 22        |
| 7         | 39,822        | 40,159        | 39,991        | 12        |
| 8         | 40,159        | 40,496        | 40,313        | 27        |
| 9         | 40,496        | 40,833        | 40,665        | 27        |

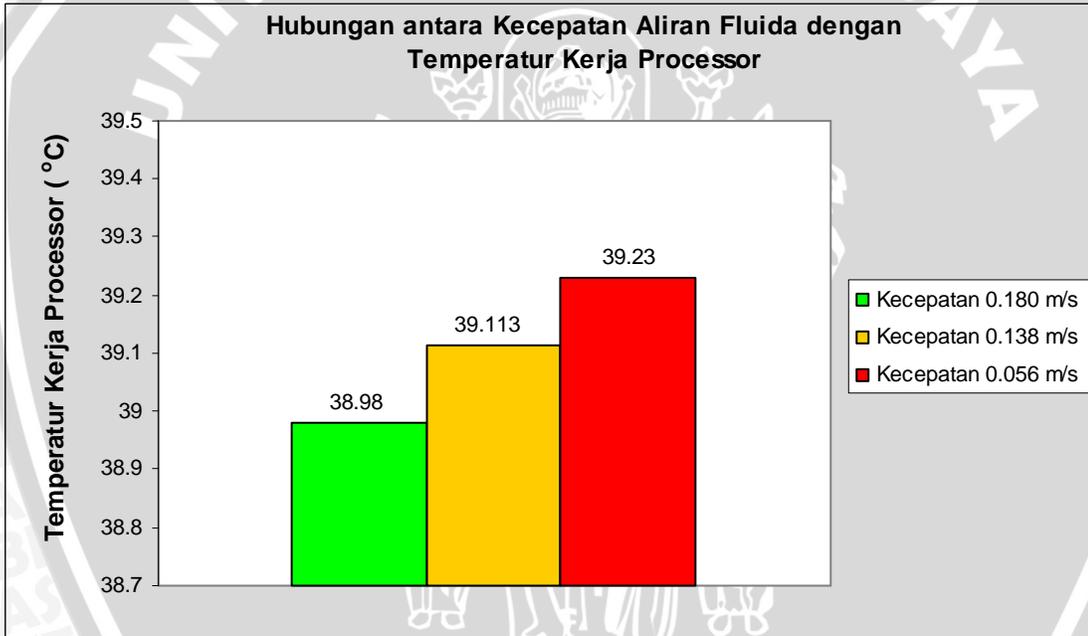
Pada tabel 4.1 di atas didapatkan data temperatur sensor 2, *level clock* 1500 Mhz dan kecepatan 0,180 m/s yang mewakili adalah 38,980 °C. Dengan cara yang sama seperti pada tabel frekuensi 4.1 didapatkan data-data temperatur sensor yang lain pada tiap variasi yang ditabelkan sebagai berikut :

a) Untuk *level clock* 1500 Mhz.

Tabel 4.2 Temperatur tiap sensor pada *level clock* 1500 Mhz

| Variasi kecepatan alir (m/s) | Temperatur       |                  |                   |                   |
|------------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
|                              | Temp. Inlet (°C) | Temp. Proc. (°C) | Temp. Outlet (°C) | Temp. Casing (°C) |
| 0,180                        | 33,118           | 38,980           | 34,358            | 28,729            |
| 0,138                        | 33.478           | 39,113           | 34,609            | 28,944            |
| 0,056                        | 33,703           | 39,230           | 34,862            | 29,805            |

Dari tabel 4.2 di atas maka didapatkan diagram hubungan antara variasi aliran fluida pendingin terhadap temperatur kerja *processor* dengan *level clock* 1500 Mhz, seperti pada gambar 4.1 dibawah ini.



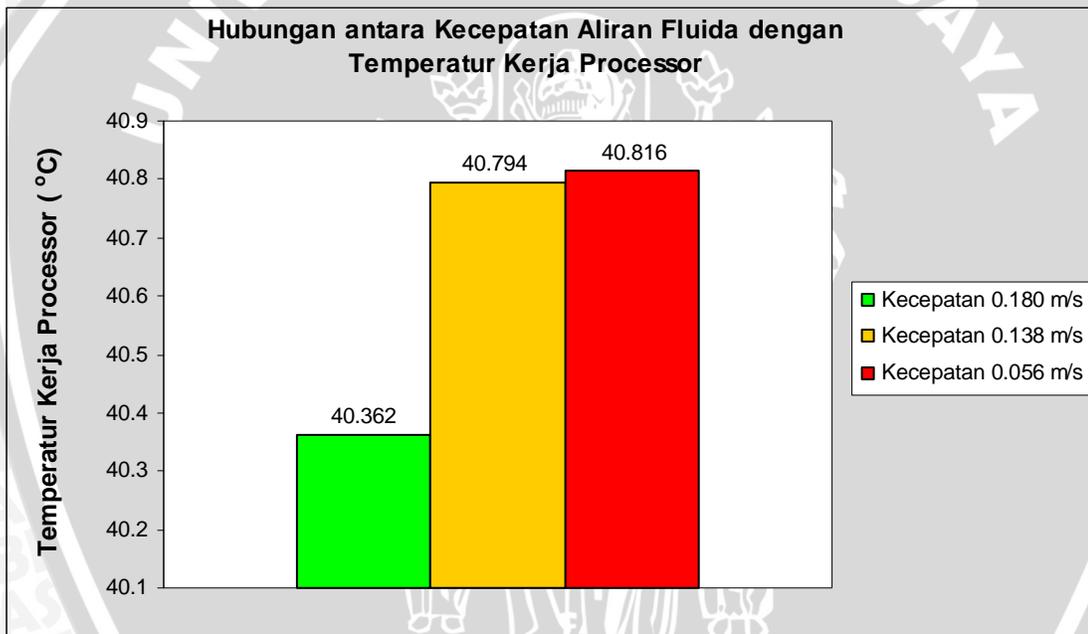
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Terhadap Temperatur Kerja *Processor* pada *Level Clock* 1500 Mhz

b) Untuk *level clock* 1550 Mhz.

Tabel 4.3 Temperatur tiap sensor pada *level clock* 1550 Mhz

| Variasi kecepatan alir (m/s) | Temperatur       |                  |                   |                   |
|------------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
|                              | Temp. Inlet (°C) | Temp. Proc. (°C) | Temp. Outlet (°C) | Temp. Casing (°C) |
| 0,180                        | 33,650           | 40,362           | 34,890            | 28,012            |
| 0,138                        | 34,004           | 40,794           | 35,238            | 28,408            |
| 0,056                        | 34,175           | 40,816           | 35.301            | 29,290            |

Dari tabel 4.3 di atas maka didapatkan diagram hubungan antara variasi aliran fluida pendingin terhadap temperatur kerja *processor* dengan *level clock* 1550 Mhz, seperti pada gambar 4.2 dibawah ini.



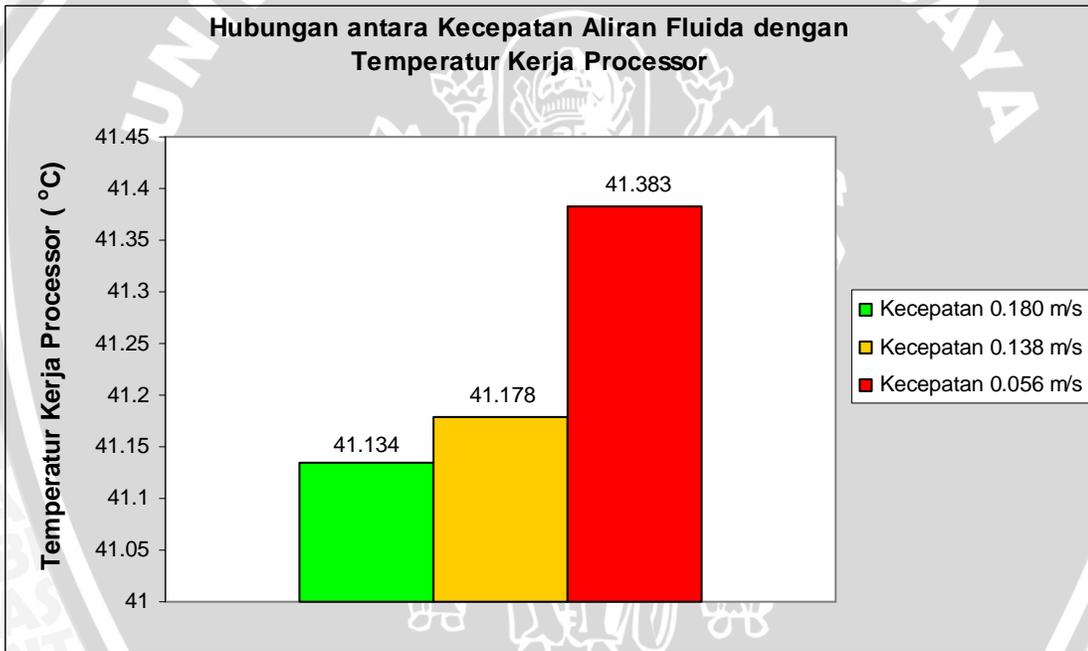
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Terhadap Temperatur Kerja *Processor* pada *Level Clock* 1550 Mhz

c) Untuk *level clock* 1600 Mhz.

Tabel 4.4 Temperatur tiap sensor pada *level clock* 1600 Mhz

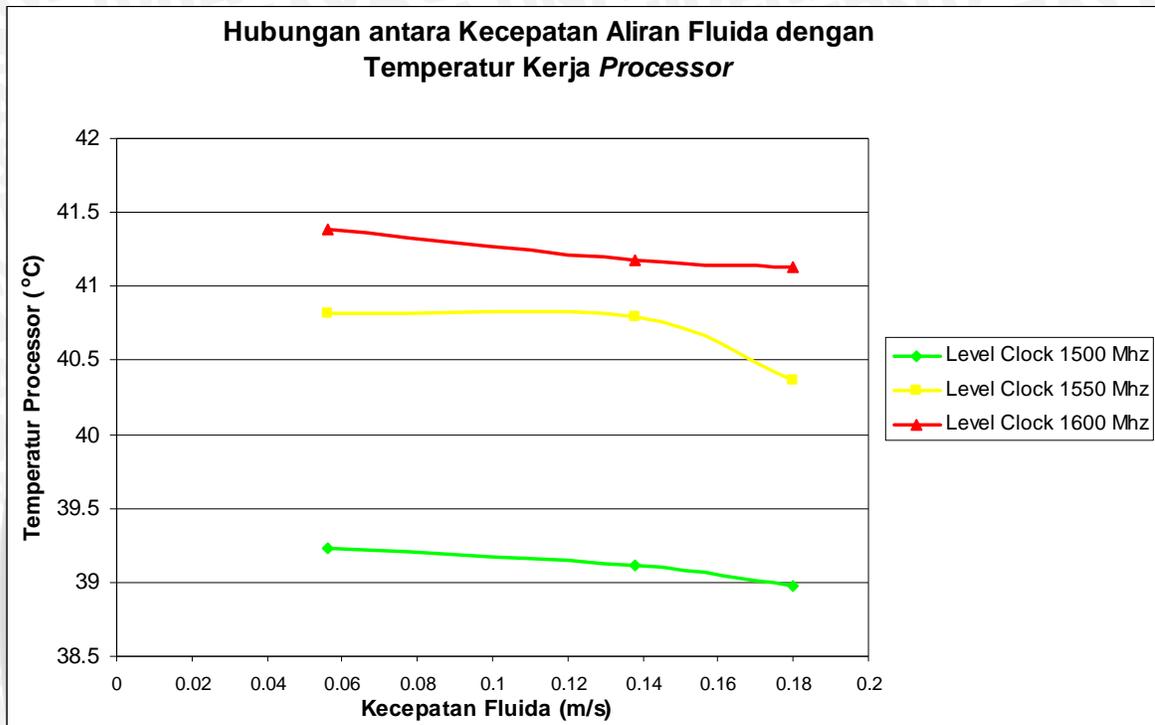
| Variasi kecepatan alir (m/s) | Temperatur       |                  |                   |                   |
|------------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
|                              | Temp. Inlet (°C) | Temp. Proc. (°C) | Temp. Outlet (°C) | Temp. Casing (°C) |
| 0,180                        | 34.006           | 41,134           | 35,488            | 28,767            |
| 0,138                        | 34.212           | 41,178           | 35,502            | 28,837            |
| 0,056                        | 34.408           | 41,383           | 35.752            | 29,218            |

Dari tabel 4.4 di atas maka didapatkan diagram hubungan antara variasi aliran fluida pendingin terhadap temperatur kerja *processor* dengan *level clock* 1600 Mhz, seperti pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Terhadap Temperatur Kerja Processor pada *Level Clock* 1600 Mhz

Dari ketiga grafik di atas dapat diperoleh grafik hubungan antara kecepatan fluida dengan temperatur kerja *processor* pada beberapa *level clock* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Terhadap Temperatur Kerja Processor pada Beberapa Level Clock

#### 4.1.3 Perhitungan Data Pengujian

Perhitungan data dilakukan untuk mencari besaran-besaran yang diperlukan untuk menganalisa perubahan laju perpindahan panas dari *core processor* ke fluida yang mengalir di dalam *waterblock* pada sistem pendingin *processor* sirkulasi air. Sebagai contoh perhitungannya diambil data pada variasi kecepatan 0,180 m/s dan *level clock* 1500 Mhz, dimana telah diketahui :

1. Temperatur *inlet* ( $T_i$ ) = 33,118 °C
2. Temperatur *outlet* ( $T_o$ ) = 34,358 °C
3. Temperatur *case/processor* ( $T_c$ ) = 38,980°C
4. Temperatur *ambient/casing* ( $T_a$ ) = 28,729 °C

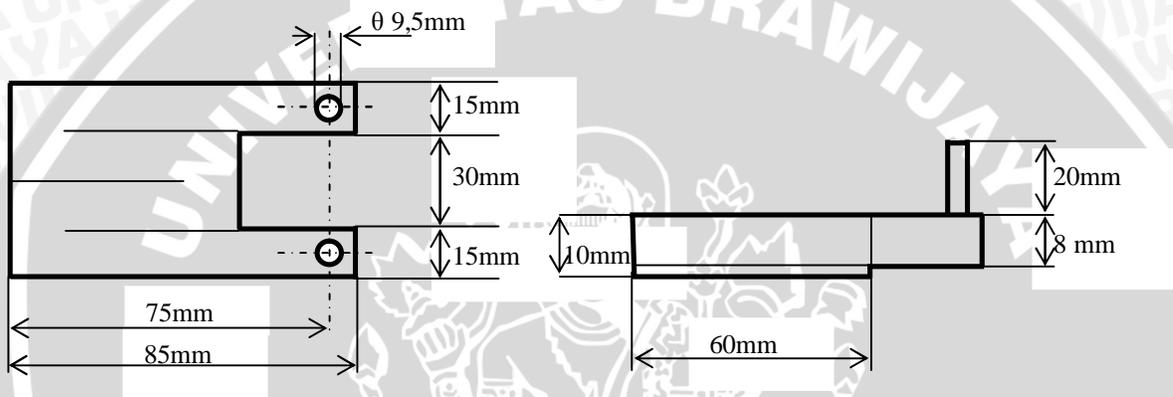
Dari data temperatur *inlet* dan temperatur *outlet* di atas maka dapat diketahui temperatur rata-ratanya ( $T_{average}$ ) yaitu :

$$T_{average} = \frac{(T_i + T_o)}{2} = \frac{(33,118 + 34,358)}{2} = 33,738^{\circ}C$$

Dengan temperatur rata-rata ( $T_{average}$ ) yang sudah diketahui, maka dapat diketahui juga *properties* dari fluida tersebut yaitu :

$$\begin{aligned} \rho &= 994,505 \text{ kg/m}^3 & C_p &= 4178 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}C \\ k &= 0,621 \text{ W/m}^{\circ}C & Pr &= 4,979 \\ \mu &= 7,39 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m} \cdot s & \nu &= \frac{\mu}{\rho} = 7,438 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/s \end{aligned}$$

Dapat dihitung pula luas penampang permukaan perpindahan panas, yaitu :



$$A_c = \text{Tinggi} \times \text{Lebar} = 8 \cdot 10^{-3} m \cdot 15 \cdot 10^{-3} m = 1,2 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$D_h = \frac{4 \cdot A_c}{p} = \frac{4 \cdot 1,2 \cdot 10^{-4} m^2}{2 \cdot (8 \cdot 10^{-3} + 15 \cdot 10^{-3}) m} = 0,0104$$

$$A_s = 0,05 m \cdot 0,05 m = 0,0025 m^2$$

Debit air yang mengalir sebesar :

$$\dot{V} = 1300 \text{ cm}^3 / \text{min} = 1,3 \cdot 10^{-3} m^3 / \text{min} = 2,16 \cdot 10^{-5} m^3 / s$$

Sehingga kecepatan fluida pendingin yang mengalir pada *waterblock* adalah;

$$V = \frac{\dot{V}}{A_c} = \frac{2,16 \cdot 10^{-5} m^3 / s}{1,2 \cdot 10^{-4} m^2} = 0,18 m/s$$

$$Re = \frac{V \cdot D_h}{\nu} = \frac{(0,18) m/s \cdot (0,0104) m}{7,438 \cdot 10^{-7} m^2 / s} = 2516,892$$

Kecepatan aliran fluida pendingin dengan bilangan  $Re = 2516,892 > 2300$  maka termasuk jenis aliran turbulen. Harga bilangan  $Nu$  untuk jenis aliran turbulen yang melewati pipa berpenampang halus maka dapat ditentukan berdasarkan persamaan *Dittus-Boelter* yaitu ;

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \quad (\text{Cengel; 2003: 822}) \quad (4-1)$$

Sehingga besar bilangan  $Nu$  adalah ;

$$Nu = 0,023 \cdot 2516,892^{0,8} \cdot 4,979^{0,4}$$

$$Nu = \frac{h \cdot D_h}{k} = 22,969$$

Sehingga besarnya koefisien perpindahan panas konveksinya adalah ;

$$h = \frac{k}{D_h} \cdot Nu = \frac{0,621 \text{ W/m} \cdot \text{C}}{0,0104 \text{ m}} \cdot 22,969 = 1371,887 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C}$$

Pada proses perpindahan panasnya, sistem ini melalui tiga tahanan termal dimana besarnya;

$$R_{tot} = R_{wall,1} + R_{wall,2} + R_{conv}$$

$$R_{tot} = \frac{L_1}{k_1 \cdot A} + \frac{L_2}{k_2 \cdot A} + \frac{1}{h \cdot A}$$

$$R_{tot} = \frac{5 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{1,8 \text{ W/m}^{\circ} \text{C} \cdot 0,0025 \text{ m}^2} + \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{386 \text{ W/m}^{\circ} \text{C} \cdot 0,0025 \text{ m}^2} + \frac{1}{1371,887 \text{ W/m}^2 \cdot \text{C} \cdot 0,0025 \text{ m}^2}$$

$$R_{tot} = 0,011^{\circ} \text{C/W} + 0,002^{\circ} \text{C/W} + 0,291^{\circ} \text{C/W} = 0,304^{\circ} \text{C/W}$$

Jadi besar laju perpindahan panas total dari *core processor* ke fluida yang mengalir di dalam *water block* sebesar ;

$$\dot{Q}_{tot} = \frac{T_{proc.} - T_f}{R_{tot}} = \frac{4,622^{\circ} \text{C}}{0,304^{\circ} \text{C/W}} = 15,203 \text{ W}$$

Untuk mempermudah menganalisa data maka perhitungan data yang lain dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.5 Perhitungan data variasi kecepatan pada tiap *level clock*

| No | $T_f(^{\circ}\text{C})$ | $T_{\text{Proc.}}(^{\circ}\text{C})$ | $\Delta T(^{\circ}\text{C})$ | $R_e$    | $N_u$  | $h(\text{W}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ | $R_{\text{tot}}(^{\circ}\text{C}/\text{W})$ | Q (W)  |
|----|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------|----------|--------|---|---|--------|
| 1. | 33,738                  | 38,980                               | 4,622                        | 2516,892 | 22,976 | 1371,887                                      | 0,305                                       | 15,166 |
| 2. | 34,044                  | 39,113                               | 4,504                        | 1946,582 | 4,120  | 246,198                                       | 1,638                                       | 7.389  |
| 3. | 34,283                  | 39,230                               | 4,368                        | 789,599  | 4,120  | 246,349                                       | 1,637                                       | 5.160  |
| 4. | 34,270                  | 40,362                               | 5,472                        | 2544,907 | 23,063 | 137,970                                       | 0,303                                       | 18,044 |
| 5. | 34,621                  | 40,794                               | 5,556                        | 1970,283 | 4,120  | 246,564                                       | 1,635                                       | 9.122  |
| 6. | 34,738                  | 40.816                               | 5,515                        | 797,202  | 4,120  | 246,638                                       | 1,635                                       | 6.520  |
| 7. | 34,747                  | 41.134                               | 5,646                        | 2570,572 | 23,142 | 1385,390                                      | 0,302                                       | 18,701 |
| 8. | 34,857                  | 41.178                               | 5,676                        | 1980,183 | 4,120  | 246,713                                       | 1,634                                       | 9.322  |
| 9. | 35,080                  | 41.383                               | 5,631                        | 801,643  | 4,120  | 246,804                                       | 1,634                                       | 6.659  |

Ket :

No.1 : Untuk *level clock* 1500 Mhz dengan variasi kecepatan fluida 0,180 m/s.

No.2 : Untuk *level clock* 1500 Mhz dengan variasi kecepatan fluida 0,138 m/s.

No.3 : Untuk *level clock* 1500 Mhz dengan variasi kecepatan fluida 0,056 m/s.

No.4 : Untuk *level clock* 1550 Mhz dengan variasi kecepatan fluida 0,180 m/s.

No.5 : Untuk *level clock* 1550 Mhz dengan variasi kecepatan fluida 0,138 m/s.

No.6 : Untuk *level clock* 1550 Mhz dengan variasi kecepatan fluida 0,058 m/s.

No.7 : Untuk *level clock* 1600 Mhz dengan variasi kecepatan fluida 0,180 m/s.

No.8 : Untuk *level clock* 1600 Mhz dengan variasi kecepatan fluida 0,138 m/s.

No.9 : Untuk *level clock* 1600 Mhz dengan variasi kecepatan fluida 0,058 m/s.

## 4.2 Pembahasan Data Hasil Pengujian

### 4.2.1 Pembahasan untuk temperatur *processor* pada *level clock* 1500 Mhz.

Pada gambar 4.1 dapat dilihat adanya pengaruh kecepatan aliran fluida terhadap temperatur kerja *processor* pada *level clock* 1500 Mhz. Dapat dilihat bahwa temperatur kerja *processor* pada kecepatan 0,180 m/s sebesar 38,980°C, temperatur kerja *processor* pada kecepatan 0,138 m/s sebesar 39,113°C dan temperatur kerja *processor* pada kecepatan 0,056 m/s sebesar 39,230°C. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar kecepatan aliran fluida maka akan menyebabkan penurunan pada temperatur kerja *processor*.

Adanya pengaruh antara kecepatan aliran fluida terhadap temperatur kerja *processor* ini dapat dijelaskan dengan mengacu pada tabel 4.5 (Tabel perhitungan data tiap variasi kecepatan pada beberapa *level clock*) dimana dengan kecepatan yang paling besar pada tiap *level clock* yaitu 0,180 m/s, dapat menghasilkan nilai temperatur *processor* yang rendah *level clock* 1500 Mhz sebesar 38,980°C, hal ini disebabkan karena pada variasi kecepatan 0,180 m/s, menghasilkan temperatur rata-rata ( $T_{average}$ ) yang relatif kecil sebesar 33,738°C sehingga berdasarkan harga temperatur rata-rata ( $T_{average}$ ) dapat diketahui *properties* fluida sedemikian rupa sehingga menghasilkan laju perpindahan panas konveksi sebesar 15,166 W, dengan laju perpindahan panas konveksi sebesar 15,166 W dari *waterblock* ke fluida air maka temperatur kerja *processor* pada *level clock* 1500 Mhz sebesar 38,980°C, ini terlihat pada hasil perhitungan (tabel 4.5).

Dari data hasil penelitian dan perhitungan secara teoritis dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatnya kecepatan aliran fluida, maka mengakibatkan kenaikan bilangan Reynolds, diikuti dengan kenaikan bilangan Nusselt dan koefisien perpindahan panas konveksi sehingga menyebabkan tahanan termal konveksi semakin kecil; dengan semakin kecil tahanan termal konveksi maka tahanan termal total akan semakin kecil pula, mengingat tahanan termal berbanding terbalik dengan laju perpindahan panas maka dengan tahanan termal total yang kecil akan menyebabkan laju perpindahan panas total menjadi semakin besar; dengan semakin besar laju perpindahan panas total maka energi panas yang berpindah dari *core processor* ke fluida pendingin menjadi semakin besar sehingga temperatur kerja *processor* dapat dipertahankan pada *level* yang lebih rendah.

#### **4.2.2 Pembahasan untuk temperatur *processor* pada *level clock* 1550 Mhz.**

Pada gambar 4.2 dapat dilihat adanya pengaruh kecepatan aliran fluida terhadap temperatur kerja *processor* pada *level clock* 1550 Mhz. Dapat dilihat bahwa temperatur kerja *processor* pada kecepatan 0,180 m/s sebesar 40,362°C, temperatur kerja *processor* pada kecepatan 0,138 m/s sebesar 40,794°C dan temperatur kerja *processor* pada kecepatan 0,056 m/s sebesar 40,816°C. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar kecepatan aliran fluida maka akan menyebabkan penurunan pada temperatur kerja *processor*.

Adanya pengaruh antara kecepatan aliran fluida terhadap temperatur kerja *processor* ini dapat dijelaskan dengan mengacu pada tabel 4.5 (Tabel perhitungan data tiap

variasi kecepatan pada beberapa *level clock*) dimana dengan kecepatan yang paling besar yaitu 0,180 m/s, dapat menghasilkan nilai temperatur *processor* yang rendah pada *level clock* 1550 Mhz sebesar 40,362°C, hal ini disebabkan karena pada variasi kecepatan 0,180 m/s, menghasilkan temperatur rata-rata ( $T_{average}$ ) yang relatif kecil sebesar 34,270°C sehingga berdasarkan harga temperatur rata-rata ( $T_{average}$ ) dapat diketahui *properties* fluida sedemikian rupa sehingga menghasilkan laju perpindahan panas konveksi sebesar 18,044 W, dengan laju perpindahan panas konveksi sebesar 18,044 W dari *waterblock* ke fluida air maka temperatur kerja *processor* pada *level clock* 1550 Mhz sebesar 40,362°C, ini terlihat pada hasil perhitungan (tabel 4.5).

Dari data hasil penelitian dan perhitungan secara teoritis dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatnya kecepatan aliran fluida, maka mengakibatkan kenaikan bilangan Reynolds, diikuti dengan kenaikan bilangan Nusselt dan koefisien perpindahan panas konveksi sehingga menyebabkan tahanan termal konveksi semakin kecil; dengan semakin kecil tahanan termal konveksi maka tahanan termal total akan semakin kecil pula, mengingat tahanan termal berbanding terbalik dengan laju perpindahan panas maka dengan tahanan termal total yang kecil akan menyebabkan laju perpindahan panas total menjadi semakin besar; dengan semakin besar laju perpindahan panas total maka energi panas yang berpindah dari *core processor* ke fluida pendingin menjadi semakin besar sehingga temperatur kerja *processor* dapat dipertahankan pada *level* yang lebih rendah.

#### **4.2.3 Pembahasan untuk temperatur *processor* pada *level clock* 1600 Mhz.**

Pada gambar 4.3 dapat dilihat adanya pengaruh kecepatan aliran fluida terhadap temperatur kerja *processor* pada *level clock* 1600 Mhz. Dapat dilihat bahwa temperatur kerja *processor* pada kecepatan 0,180 m/s sebesar 41,134°C, temperatur kerja *processor* pada kecepatan 0,138 m/s sebesar 41,178°C dan temperatur kerja *processor* pada kecepatan 0,058 m/s sebesar 41,383°C. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar kecepatan aliran fluida maka akan menyebabkan penurunan pada temperatur kerja *processor*.

Adanya pengaruh antara kecepatan aliran fluida terhadap temperatur kerja *processor* ini dapat dijelaskan dengan mengacu pada tabel 4.5 (Tabel perhitungan data tiap variasi kecepatan pada beberapa *level clock*) dimana dengan kecepatan yang paling besar yaitu 0,180 m/s, dapat menghasilkan nilai temperatur *processor* yang rendah pada *level*

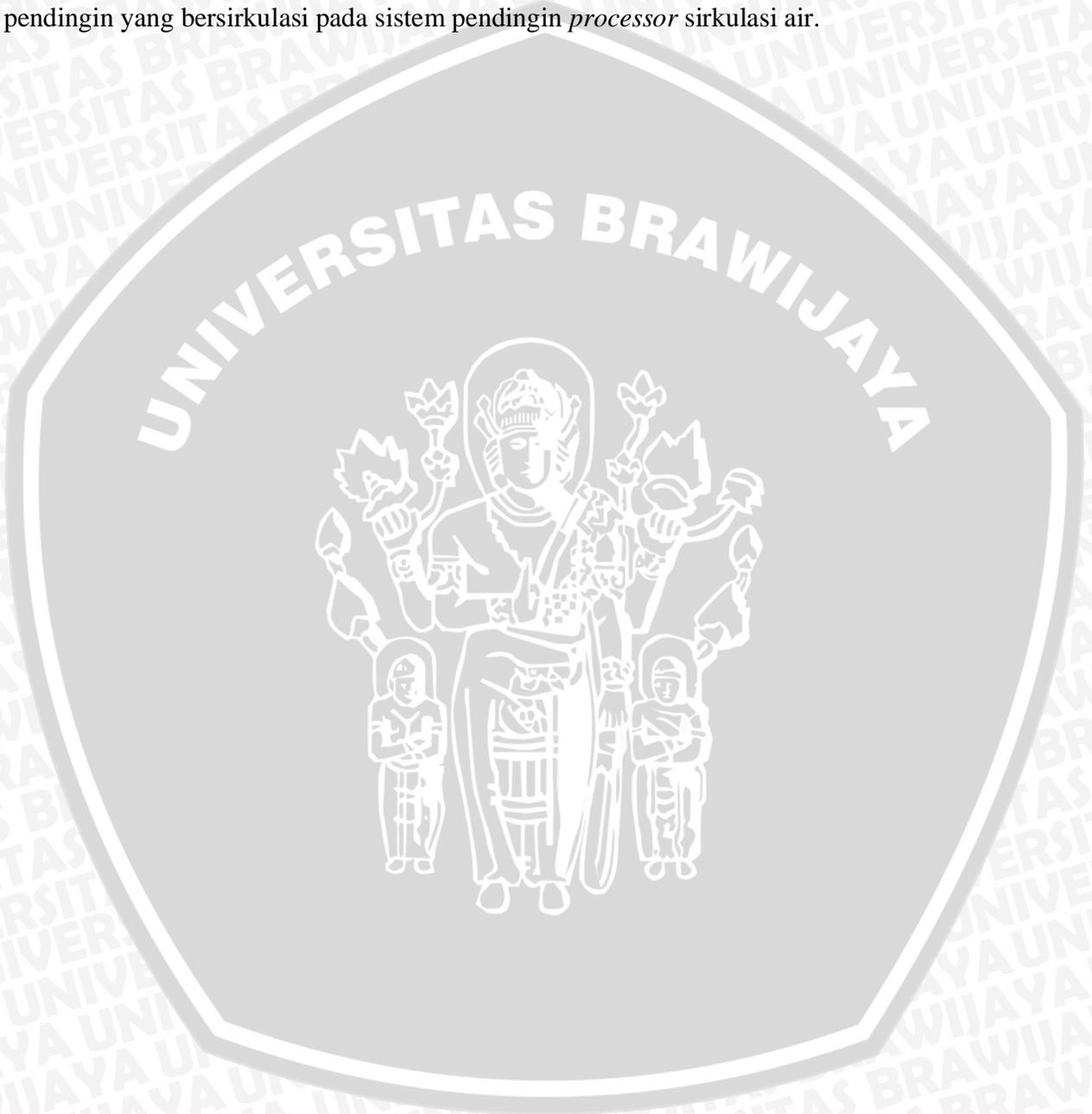
clock 1600 Mhz sebesar  $41,134^{\circ}\text{C}$ , hal ini disebabkan karena pada variasi kecepatan 0,180 m/s, menghasilkan temperatur rata-rata ( $T_{average}$ ) yang relatif kecil sebesar  $34,747^{\circ}\text{C}$  sehingga berdasarkan harga temperatur rata-rata ( $T_{average}$ ) dapat diketahui *properties* fluida sedemikian rupa sehingga menghasilkan laju perpindahan panas konveksi sebesar 18,701 W, dengan laju perpindahan panas konveksi sebesar 18,701 W dari *waterblock* ke fluida air maka temperatur kerja *processor* pada *level clock* 1600 Mhz sebesar  $41,134^{\circ}\text{C}$ , ini terlihat pada hasil perhitungan (tabel 4.5).

Dari data hasil penelitian dan perhitungan secara teoritis dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatnya kecepatan aliran fluida, maka mengakibatkan kenaikan bilangan Reynolds, diikuti dengan kenaikan bilangan Nusselt dan koefisien perpindahan panas konveksi sehingga menyebabkan tahanan termal konveksi semakin kecil; dengan semakin kecil tahanan termal konveksi maka tahanan termal total akan semakin kecil pula, mengingat tahanan termal berbanding terbalik dengan laju perpindahan panas maka dengan tahanan termal total yang kecil akan menyebabkan laju perpindahan panas total menjadi semakin besar; dengan semakin besar laju perpindahan panas total maka energi panas yang berpindah dari *core processor* ke fluida pendingin menjadi semakin besar sehingga temperatur kerja *processor* dapat dipertahankan pada *level* yang lebih rendah.

#### **4.2.4 Hubungan antara *level clock* terhadap temperatur kerja *processor* pada beberapa variasi kecepatan aliran fluida.**

Pada grafik gambar 4.4 terlihat adanya pengaruh antara *level clock processor* dengan temperatur kerja *processor* dimana pada *level clock processor* yang lebih tinggi menyebabkan kenaikan temperatur kerja *processor* dapat dilihat bahwa pada *level clock* 1600 Mhz dengan kecepatan aliran 0,056 m/s, temperatur kerja *processor* adalah maksimum sebesar  $41,383^{\circ}\text{C}$  dan mengalami penurunan secara linier seiring dengan meningkatnya kecepatan fluida sampai pada temperatur  $41,134^{\circ}\text{C}$  dengan kecepatan aliran 0,180 m/s, kemudian kondisi yang sama juga dialami pada *level clock* yang lebih kecil. Hal ini disebabkan karena dengan meningkatkan *level clock processor* akan menyebabkan tegangan listrik yang masuk ke *processor* ( $V_{core}$ ) menjadi semakin besar, dengan kuat arus listrik yang konstan, hal ini akan menyebabkan daya listrik yang diterima *processor* akan bertambah besar pula. Mengingat daya listrik sebanding dengan temperatur, maka dengan

semakin besar daya listrik yang masuk ke dalam *processor* akan menyebabkan kenaikan temperatur kerja *processor*. Oleh karena itu, supaya *processor* tidak sampai *overheating* (terbakar) pada saat beroperasi maka temperatur kerja *processor* harus dipertahankan di bawah temperatur kerja maksimal dengan cara meningkatkan kecepatan aliran fluida pendingin yang bersirkulasi pada sistem pendingin *processor* sirkulasi air.



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem pendingin *processor* dengan sirkulasi air dapat mempertahankan temperatur kerja *processor* 15°C lebih rendah dari sistem pendingin *processor* jenis *fan* pada *level clock* yang sama dengan tipe *processor* AMD Athlon XP 1700. Sistem pendingin *processor* sirkulasi air dapat mempertahankan temperatur kerja *processor* sekitar 39°C-42°C, sedangkan untuk sistem pendingin jenis *fan* hanya mampu mempertahankan temperatur kerja *processor* sekitar 54°C-57°C.
2. Didapatkan temperatur kerja *processor* yang paling rendah pada kecepatan aliran fluida pendingin yang terbesar pada penelitian ini yaitu 0,180 m/s, dimana mampu menghasilkan temperatur kerja *processor* sebesar 38,980°C pada *level clock* 1500 Mhz, sebesar 40,362°C pada *level clock* 1550 Mhz, dan sebesar 41,383°C pada *level clock* 1600 Mhz.

### 5.2 Saran

1. Hendaknya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh jenis fluida yang bersirkulasi di dalam sistem pendingin *processor* sirkulasi air terhadap temperatur kerja *processor*.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai efisiensi dari sistem pendingin *processor* sirkulasi air sehingga dapat diketahui besar kerugian dan unjuk kerja dari sistem pendingin ini pada saat dioperasikan ke sebuah PC (*Personal Computer*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim; 2003: *101 Solusi Masalah PC* ; Majalah CHIP edisi khusus; PT. Elex Media Komputindo; Jakarta.
- Anonim; 2003: *Mendinginkan Processor Dengan Sistem Radiator Seperti Pendingin Mobil*; Harian Kompas edisi Senin 23 Juni 2003;  
<http://www.kompas.com/kcm/> (download 16 Nov 2006)
- Anonim; 2005: *Intel Socket LGA 775 Coolers*; Mustang Parts Xoxide Industries;  
<http://www.xoxide.com/cooler-master-6-hyper.plus.html>(download 16 Nov 2006).
- Cengel, Yunus A.; 2002: *Thermodynamics : An Engineering Approach*; 4<sup>th</sup> edition; McGraw-Hill Inc; New York.
- Cengel, Yunus A.; 2003: *Heat Transfer-A practical Approach*; 2<sup>th</sup> edition; McGraw-Hill Inc; New York.
- Davis M. & Clark P.; 2006: *Thermoelectric CPU Cooling Using High Efficiency Liquid Flow Heat Exchangers*. 46 Pakenham Street, Fremantle, West Australia 6160  
<http://www.overclockers.com/articles373/wbsum.asp> (download 19 Nov 2006)
- Fox, R.W. & McDonald; 1994: *Introduction To Fluid Mechanics*; 2<sup>th</sup> edition; McGraw-Hill Inc; New York.
- Incropera, F.P. & Dewit, D.P.; 2002: *Fundamental Of Heat And Mass Transfer*; 5<sup>th</sup> edition; John Willey & Sons Inc; New York.
- Qomaruddin, Muhammad; 2006: *Pengaruh Jumlah Penambahan Sirip Tambahan Pada Heatsink Processor Terhadap Temperatur Kerja Processor*; Skripsi tidak diterbitkan; Malang; Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Santosa, P.I.; 1997: *Interaksi Manusia dan Komputer*; 1<sup>th</sup> edition; ANDI Offset; Yogyakarta.
- White, Frank.M.; 1999: *Fluid Mechanics*; 4<sup>th</sup> edition; McGraw-Hill Inc; New York.