

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1. Pengujian Program

Pengujian program bertujuan untuk mengetahui setiap komponen telah berfungsi normal dan program berjalan sesuai yang diharapkan. Pengujian ini dilakukan beberapa kali sampai dipastikan tidak ada kerusakan pada komponen-komponen. Selain untuk mengetahui tidak ada komponen yang rusak dan program berjalan normal, pengujian ini juga bertujuan agar saat sistem sudah terpasang pada komputer tidak akan mengganggu kinerja komputer tersebut.



Gambar 4.1. Pengujian Program

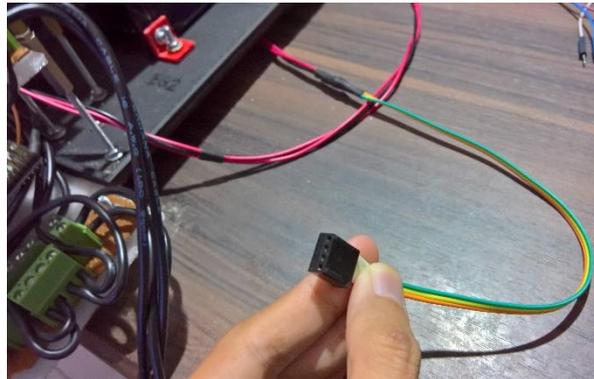
Prosedur pengujian program yaitu:

- 1) Memberikan suplai tegangan 12 Volt dengan sebuah catu daya.



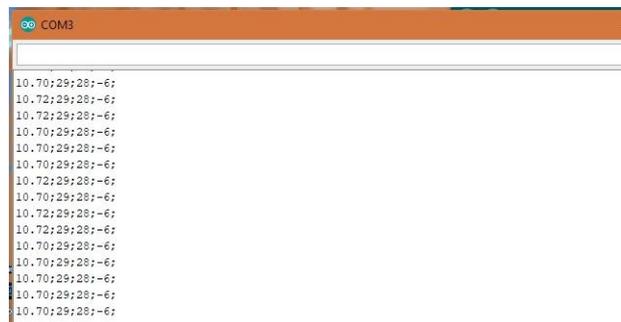
Gambar 4.2. Catu Daya 12 Volt 60 Ampere

- 2) Kemudian dengan catu daya lain memberikan sinyal kendali ke konektor 4 pin CPU *fan female* pada sistem pendingin berupa level tegangan dari 0 sampai 12 Volt.



Gambar 4.3. Konektor 4 Pin CPU *Fan Female* pada Sistem Pendingin

- 3) Mengamati data serial keluaran sistem pendingin dengan Arduino Serial Monitor.



Gambar 4.4. Data Serial Keluaran Sistem Pendingin

- 4) Mengamati data serial keluaran sistem pendingin dengan program yang sudah dibuat pada Microsoft Visual Studio.



Gambar 4.5. Data Serial yang sudah Diolah pada Program

5) Mengganti komponen-komponen yang tidak berjalan dengan normal.

Pada pengujian program pertama terdapat kesalahan pembacaan sensor tegangan, sensor suhu air dan relay yang tidak berfungsi dengan semestinya. Hal itu disebabkan karena kesalahan penyambungan antara kabel jumper dengan pin kabel. Sambungan tersebut tidak disolder dari pabrik, apabila kabel ditekuk terlalu tajam sambungan kabel menjadi tidak sempurna. Setelah pengujian program selesai dan semua komponen sudah dipastikan berjalan sesuai harapan maka sistem pendingin siap dipasang pada komputer.

4.2. Instalasi Sistem

Instalasi sistem pendingin relatif mudah yaitu dimulai dengan memasang *water block* pada prosesor dan kartu grafis kemudian merencanakan aliran air serta terakhir yaitu pemasangan *fitting*, selang, radiator dan keran air. Pemasangan *water block* pada tahap ini tanpa pasta termal karena pada tahap selanjutnya akan dilakukan pengujian beban nol yang mengharuskan *water block* dilepas kembali. Setelah *water block* terpasang, dilanjutkan pemasangan radiator dan *fitting* selang.



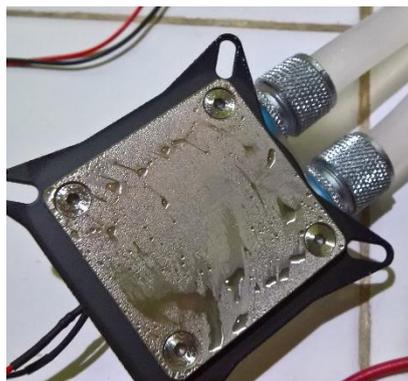
Gambar 4.6. Pemasangan *Water Block* dan *Fitting*

Tahap selanjutnya adalah perencanaan aliran air. Pada sistem ini aliran air dimulai dari sistem pendingin menuju ke *water block* prosesor kemudian ke radiator setelah itu ke *water block* kartu grafis dan kembali lagi ke sistem pendingin. Tahap selanjutnya yaitu memasang selang dan keran air berdasarkan perencanaan aliran air tersebut. Langkah terakhir pada tahap instalasi adalah melepas kembali kedua *water block* yang sudah dipasang untuk pengujian beban nol.

4.3. Pengujian Beban Nol

Pengujian beban nol adalah pengujian yang harus dilakukan untuk memverifikasi bahwa tidak ada kebocoran pada sambungan-sambungan selang pada sistem pendingin. Selain itu, pengujian beban nol juga bertujuan untuk mengetahui kapasitas pendinginan sistem yang sebenarnya. Pengujian ini dilakukan selama 1 jam dalam keadaan sistem bekerja maksimal.

Setelah satu jam sistem bekerja didapatkan data bahwa sistem pendingin mengkonsumsi daya maksimal sebesar 135W dan suhu air mencapai 10 derajat di bawah suhu ruangan. Kemudian pengembunan terjadi pada setiap bagian *water block*, selang, *fitting*, keran pembuangan air dan radiator.



Gambar 4.7. Pengembunan yang Terjadi pada Pengujian Beban Nol

4.4. Pengujian Sistem Pendingin

Untuk menguji sistem pendingin dilakukan melalui 2 macam tes yaitu tes *benchmarking* dan tes stabilitas. Masing-masing tes dilakukan dengan sistem pendingin komputer berbasis *hybrid cooling engine* serta sistem *All-In-One (AIO) water cooler* untuk prosesor dan *heatsink* MSI Twin Frozr untuk kartu grafis sebagai data pembanding. Tes *benchmarking* bertujuan untuk menguji adanya kenaikan kinerja komputer dengan pemasangan sistem pendingin komputer berbasis *hybrid cooling engine*. Kemudian tes stabilitas bertujuan untuk mengetahui kapasitas sistem pendingin komputer berbasis *hybrid cooling engine* dengan beban komponen-komponen komputer dan untuk mengetahui adanya panas berlebih yang mungkin terjadi pada komputer.

Tes *benchmarking* dilakukan menggunakan program ROG CPU-Z, Bioshock Infinite Benchmarking Utility, Cinebench R15 dan Unigine Superposition. Program ROG CPU-Z digunakan untuk menguji kinerja *single threading* dan *multi threading* pada prosesor komputer. Cinebench R15 adalah salah satu program yang dipakai untuk menguji kinerja prosesor komputer dengan beban *rendering* gambar. Kemudian, Bioshock Infinite Benchmarking Utility dan Unigine Superposition digunakan untuk menguji kinerja kartu grafis saat melakukan *rendering* setiap frame dalam sebuah game atau animasi 3 dimensi.

Prosedur tes *benchmarking* dilakukan secara berurutan menggunakan 4 program yang sudah disebutkan, kemudian tes tersebut diulangi sebanyak 3 kali dengan jeda 5 menit pada setiap tes. Data yang diperoleh pada tes *benchmarking* disajikan pada tabel 4.1:

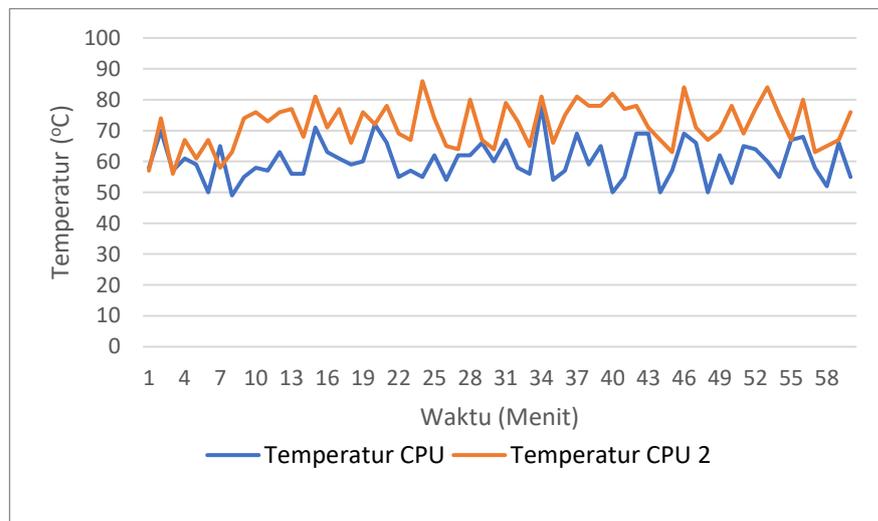
No.	Program (Pengaturan)	Parameter	Hasil tes rata-rata	
			AIO dan <i>heatsink</i>	<i>Hybrid cooling engine</i>
1	ROG CPU-Z (Multi Thread)	Skor	2827	2764
2	Bioshock Infinite Benchmarking Utility (Ultra with Depth of Field)	FPS rata-rata	126,663	126,797
3	Cinebench R15 (Multicore)	Skor	967,667	975
4	Unigine Superposition (1080p medium)	Skor	8643,333	8657,333
		FPS rata-rata	64,65	64,757
		Temperatur minimum (°C)	38,333	40,67
		Temperatur maksimum (°C)	76	57

Tabel 4.1. Hasil Tes *Benchmarking*

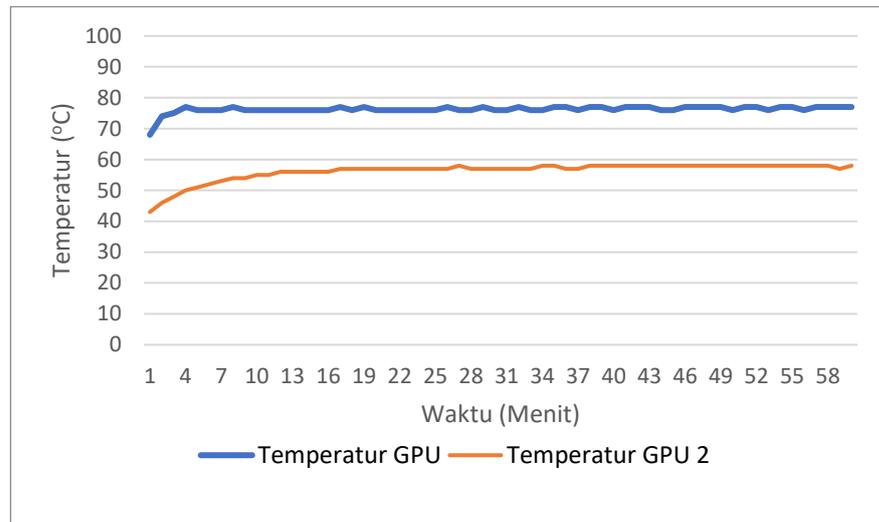
Dari tabel 4.1 didapatkan hasil data penurunan skor *multi threading* sebesar 2,23%. Kemudian dari hasil pengujian *game rendering* pada program Bioshock Infinite Benchmarking Utility didapatkan kenaikan FPS (*Frame Per Second*) rata-rata sebesar 0,1%. Selanjutnya, pada pengujian kinerja *multicore* didapatkan kenaikan sebesar 0,76%. Pada pengujian dengan program Unigine Superposition didapatkan kenaikan data skor sebesar 0,16%, kenaikan data FPS sebesar 0,16%, kenaikan temperatur minimum sebesar 2,337°C serta penurunan temperatur maksimum sebesar 19°C.

Tes yang kedua adalah tes stabilitas dengan prosedur selama satu jam komputer diberi beban dengan program Unigine Valley dan program Corsair Link 4 untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan. Program Unigine Valley pada dasarnya sama dengan program Unigine Superposition yaitu untuk menguji kinerja kartu grafis. Namun program Unigine Superposition tidak memiliki fitur untuk dapat dijalankan secara terus menerus pada versi gratis.

Tes stabilitas ini juga dilakukan dengan dua macam sistem pendingin seperti pada tes *benchmarking*. Data tes stabilitas yang diambil adalah data temperatur prosesor dan kartu grafis serta data-data lain untuk keperluan analisis. Data tes stabilitas disajikan pada grafik di bawah, data temperatur 1 adalah temperatur komponen komputer dengan pendingin AIO *water cooler* dan *heatsink* sedangkan data temperatur 2 adalah data tes ke-2 dengan pendingin komputer berbasis *hybrid cooling engine*:



Grafik 4.1. Grafik Temperatur Prosesor



Grafik 4.2. Grafik Temperatur Kartu Grafis

4.5. Analisis Hasil Pengujian

Pada penelitian tugas akhir ini hasil pengujian yang akan dianalisis yaitu jumlah energi panas yang dilepas oleh sistem pendingin serta perbandingan kinerja sistem pendingin jika dibandingkan dengan sistem pendingin berbasis AIO *water cooler* dan *heatsink*. Parameter-parameter yang akan dipakai sebagai pembanding kedua sistem pendingin meliputi temperatur yang dicapai komponen, konsumsi daya, harga serta pengembangan sistem.

1) Jumlah energi panas yang dilepas oleh sistem pendingin

Jumlah energi panas yang dilepas oleh sistem pendingin adalah jumlah energi panas yang dilepas oleh 2 *engine module* dan sebuah radiator. Pada *engine module* terdapat modul termoelektrik sehingga sebelum menghitung jumlah energi panas yang dilepas, perlu dihitung nilai koefisien Seebeck, hambatan termal, hambatan listrik, daya masuk ke modul termoelektrik serta energi panas yang diserap dari air.

Untuk menghitung nilai koefisien Seebeck, hambatan termal dan hambatan listrik digunakan nilai T_h dari *datasheet* saat nilai tersebut 50°C atau 323K.

$$\alpha = \frac{V_{max}}{T_h} \quad (2.3)$$

$$\alpha = \frac{16,4}{323}$$

$$\alpha = 0,0508 \text{ V/K}$$

$$\theta = \frac{\Delta T_{max}}{V_{max} I_{max}} \frac{2T_h}{(T_h - \Delta T_{max})} \quad (2.4)$$

$$\theta = \frac{75}{(16,4 \times 6,4)} \frac{(2 \times 323)}{(323 - 75)}$$

$$\theta = 1,8613 \text{ K/W}$$

$$R = \frac{V_{max}}{I_{max}} \left(\frac{T_h - \Delta T_{max}}{T_h} \right) \quad (2.5)$$

$$R = \frac{16,4}{6,4} \left(\frac{323 - 75}{323} \right)$$

$$R = 1,9675 \Omega$$

Selanjutnya yaitu menghitung daya masuk ke modul termoelektrik (P_{in}) dan energi panas yang diserap dari air (q_{Ab}). Nilai P_{in} dan q_{Ab} dikalikan 2 karena ada dua buah *engine module*. Untuk menghitung daya masuk ke modul termoelektrik digunakan nilai arus listrik dan tegangan listrik pada saat modul termoelektrik beroperasi. Sedangkan, nilai ΔT dan T_c untuk menghitung jumlah energi panas yang diserap dari air digunakan nilai dari hasil pengukuran langsung.

$$P_{in} = (V_{in} I) \times 2 \quad (2.8)$$

$$P_{in} = 11,7 \times 3,7$$

$$P_{in} = 86,58 \text{ W}$$

$$q_{Ab} = \left(\alpha I T_c - \frac{\Delta T}{\theta} - \frac{1}{2} I^2 R \right) \times 2 \quad (2.6)$$

$$q_{Ab} = \left((0,0508 \times 3,7 \times 315) - \left(\frac{-3}{1,8613} \right) - \left(\frac{1}{2} \times 3,7^2 \times 1,9675 \right) \right) \times 2$$

$$q_{Ab} = 94,7033 \text{ W}$$

Kemudian, jumlah energi panas yang dilepas oleh kedua *engine module* yaitu:

$$q_{Em} = P_{in} + q_{Ab} \quad (2.7)$$

$$q_{Em} = 86,58 + 94,7033$$

$$q_{Em} = 181,2833 \text{ W}$$

Untuk menghitung jumlah energi panas yang dilepas oleh radiator digunakan asumsi sesuai pada sub bab batasan masalah yaitu debit air dari pompa 100ml per detik. Kemudian nilai ΔT diukur dari selisih suhu air masuk dan air yang keluar dari radiator. Nilai massa jenis air yang dipakai $998,6 \text{ kg/m}^3$ dan kalor jenis air 4183 kJ/kgK .

$$Q = m C \Delta T \quad (2.2)$$

$$Q = \rho V C \Delta T$$

$$Q = 998,6 \cdot 10^{-4} \cdot 4183 (314,8 - 313,8)$$

$$Q = 417,7144 \text{ W}$$

Jadi, jumlah energi panas yang dilepas oleh sistem pendingin adalah $598,9977 \text{ W}$.

2) Perbandingan sistem pendingin komputer berbasis *hybrid cooling engine* dengan AIO *water cooler + heatsink*

Parameter pertama yang akan dibandingkan adalah temperatur yang dicapai komponen. Temperatur maksimum dan temperatur rata-rata prosesor dan kartu grafis disajikan pada tabel di bawah ini:

No.	Komponen	Temperatur (°C)	
		AIO <i>water cooler</i> + <i>heatsink</i>	Sistem pendingin <i>hybrid cooling engine</i>
1	Prosesor	Maksimum 78	Maksimum 86
		Rata-rata 60,367	Rata-rata 71,85
2	Kartu Grafis	Maksimum 77	Maksimum 58
		Rata-rata 76,25	Rata-rata 56,233

Tabel 4.2. Temperatur Maksimum dan Rata-rata pada Pengujian Stabilitas

Pada tabel terlihat bahwa temperatur maksimum dan rata-rata prosesor lebih tinggi ketika menggunakan sistem pendingin komputer berbasis *hybrid cooling engine*. Hal tersebut disebabkan oleh bahan pembuat *water block* yang sedikit berbeda. Pada sistem pendingin AIO *water cooler*, *water block* dibuat dari bahan tembaga tanpa ada logam pelapis. Kemudian pada sistem pendingin komputer berbasis *hybrid cooling engine*, *water block* dibuat dari bahan tembaga dengan pelapis stainless steel.

Penggunaan stainless steel pada *water block*, akan mengurangi potensi korosi pada tembaga tetapi juga akan mengurangi daya hantar panas. Daya hantar panas tembaga bernilai 400 W/mK sedangkan daya hantar stainless steel hanya 16 W/mK. Walaupun lapisan stainless steel relatif tipis namun dapat menyebabkan dampak yang cukup signifikan pada temperatur prosesor.

Parameter selanjutnya yaitu konsumsi daya sistem pendingin. Sistem pendingin AIO *water cooler* dan *heatsink* mengkonsumsi daya sebesar <30W. Sedangkan sistem pendingin komputer berbasis *hybrid cooling engine* mengkonsumsi daya maksimal 135W. Konsumsi daya yang tinggi pada sistem pendingin komputer berbasis *hybrid cooling engine* disebabkan oleh pemakaian modul termoelektrik.

Modul termoelektrik memang memiliki kelemahan yaitu konsumsi daya yang tinggi. Tetapi modul termoelektrik memiliki kemampuan tidak hanya dapat menghantarkan energi panas tetapi mampu menyedot energi panas dari suatu benda. Karena kemampuannya itu maka temperatur air pada sistem pendingin dapat dengan mudah turun sampai sama atau bahkan lebih rendah dari suhu ruangan.

Parameter berikutnya yaitu harga dari sistem pendingin. Harga sistem pendingin AIO *water cooler* yang dipakai pada penelitian ini sekitar Rp. 1.560.000,00 sedangkan *heatsink* kartu grafis sudah satu paket dengan kartu grafis tersebut. Kemudian biaya pembuatan sistem pendingin komputer berbasis *hybrid cooling engine* sekitar 3,7 kali dari harga sistem pendingin AIO *water cooler*. Akan tetapi, biaya tersebut dapat ditekan sampai 40% apabila pembelian komponen langsung dari negara pembuatnya yaitu Cina dan situasi ekonomi yang lebih stabil.

Parameter terakhir dan yang paling penting dari sudut pandang keteknikan yaitu pengembangan sistem. Pengembangan sistem pendingin AIO *water cooler* terbatas hanya pada kecepatan kipas yang dipasang pada radiator dan teknologi peredam getar pada radiator. Sebenarnya dapat juga dengan memperbesar ukuran dan ketebalan radiator tetapi belum tentu semua *casing* komputer mendukung ukuran radiator yang besar dan tebal. Kemudian *heatsink* pada kartu grafis pengembangannya terbatas pada bahan pembuat, kecepatan kipas serta desain *heatsink* tersebut.

Pada sistem pendingin komputer berbasis *hybrid cooling engine* ada beberapa hal yang masih dapat dikembangkan yaitu:

- a. kapasitas modul termoelektrik
- b. konsumsi daya modul termoelektrik
- c. sistem kendali temperatur
- d. kecepatan kipas pada radiator dan pendingin sisi panas modul termoelektrik
- e. metode pendinginan sisi panas modul termoelektrik

Sistem pendingin komputer berbasis *hybrid cooling engine* ini juga dapat dengan mudah diperbesar kapasitasnya sehingga setara dengan sistem pendingin berbasis *phase change*. Selain itu, dapat juga sebagai alternatif sistem pendingin yang lebih ramah lingkungan daripada sistem pendingin berbasis *phase change*.