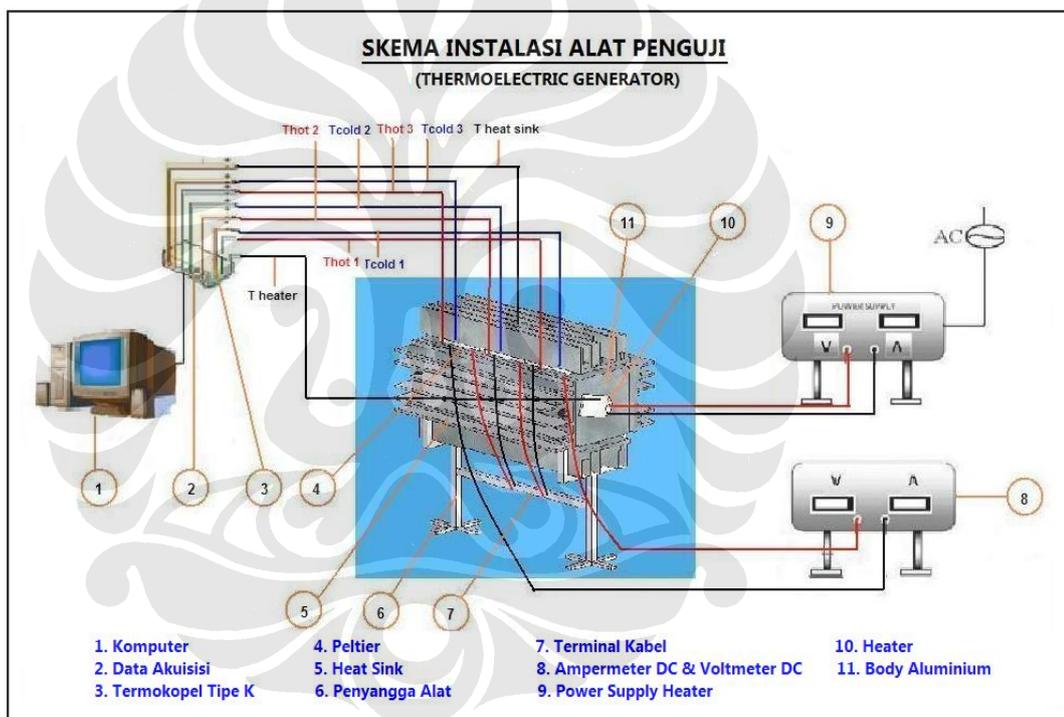


BAB III

PENGUJIAN ALAT *THERMOELECTRIC GENERATOR*

3.1 INSTALASI ALAT PENGUJIAN

Instalasi alat pengujian yang dilakukan terlampir dengan gambar sebagai berikut:



Gambar 3.1 Skema instalasi alat penguji

Urutan instalasi alat pengujian serta penjelasan tentang komponen-komponen yang tertera berdasarkan Gambar 3.1 adalah

- Bagian *body* yang terbuat dari aluminium berbentuk balok dengan ukuran 50 x 50 x 160 mm, pada bagian tengah aluminium dibuat lubang dengan diameter 16 mm sebagai tempat masuknya heater, seperti ditunjukkan oleh nomor 11.

- *Peltier* dengan ukuran 40 x 40 mm dipasang sebanyak tiga buah pada tiap sisi balok alumunium. Jadi jumlah seluruh *peltier* adalah 12 buah, seperti ditunjukkan oleh nomor 4.
- Kabel-kabel *peltier* dihubungkan ke terminal dengan rangkaian seri, paralel, ataupun campuran seri-paralel tergantung kondisi saat pengambilan data, seperti ditunjukkan oleh nomor 7.
- Kabel dari terminal dihubungkan ke Amperemeter DC dan Voltmeter DC digital yang digunakan sebagai alat pengukur arus dan tegangan *output* yang dihasilkan, seperti ditunjukkan oleh nomor 8.
- *Heat sink* ditempelkan diatas sisi dingin *peltier* dengan menggunakan baut di kedua ujung sisinya, seperti ditunjukkan oleh nomor 5.
- *Heater* diletakkan ditengah rongga balok alumunium dengan sumber listriknya menggunakan *power supply (voltage regulator VAC)*, seperti ditunjukkan oleh nomor 10 dan 9.
- *Fan* dengan daya 30 Watt dan ukuran diameter *blade* 23 cm (9 inch) digunakan untuk memberikan hembusan angin dari arah depan alat penguji saat pengujian dilakukan.
- Sebagai sensor temperaturnya digunakan termokopel tipe-k yang dipasang di 8 titik yaitu sisi panas *peltier* pertama ($T_{hot\ 1}$), sisi dingin *peltier* pertama ($T_{cold\ 1}$), sisi panas *peltier* kedua ($T_{hot\ 2}$), sisi dingin *peltier* kedua ($T_{cold\ 2}$), sisi panas *peltier* ketiga ($T_{hot\ 3}$), sisi dingin *peltier* ketiga ($T_{cold\ 3}$), *heater* (T_{heater}), dan *heat sink* ($T_{heat\ sink}$) seperti ditunjukkan oleh nomor 3.
- Kemudian ujung-ujung termokopel lainnya dihubungkan ke data akuisisi (DAQ) menggunakan 8 *channel*, seperti ditunjukkan oleh nomor 2.
- Lalu untuk proses data temperature DAQ dihubungkan ke komputer, seperti ditunjukkan oleh nomor 1.
- Untuk kemudahan instalasi alat pengujian digunakan penyangga, seperti ditunjukkan oleh gambar 6.

Berikut ini merupakan spesifikasi detail komponen-komponen yang digunakan pada alat pengujian *thermoelectric generator* sesuai dengan yang tertera pada Gambar 3.1:

A. Peltier	
Tipe	TEC1-12706
Dimensi (p x l x t)	40 x 40 x 3,5 mm
Tegangan	12 Volt DC
Arus maksimum	4 Ampere
Jumlah	12 buah

B. Body alat penguji	
Material	Aluminium
Dimensi	Panjang = 160 mm
	Lebar = 50 mm
	Tinggi = 50 mm
	Rongga Ø = 16 mm

C. Heater	
Tipe	NCPO
Input	220VAC
Maksimum	300 Watt
Dimensi	Panjang = 130 mm
	Diameter = 15,5 mm

D. Power supply heater	
Model	TDGC ₂ -2000
Input	220 V, 50/60Hz
Output	0- 250 VAC
	2000 VA

E. Amperemeter & Voltmeter	
I maksimum	0 - 200 mA
V maksimum	0 - 20 V
Input	5V DC

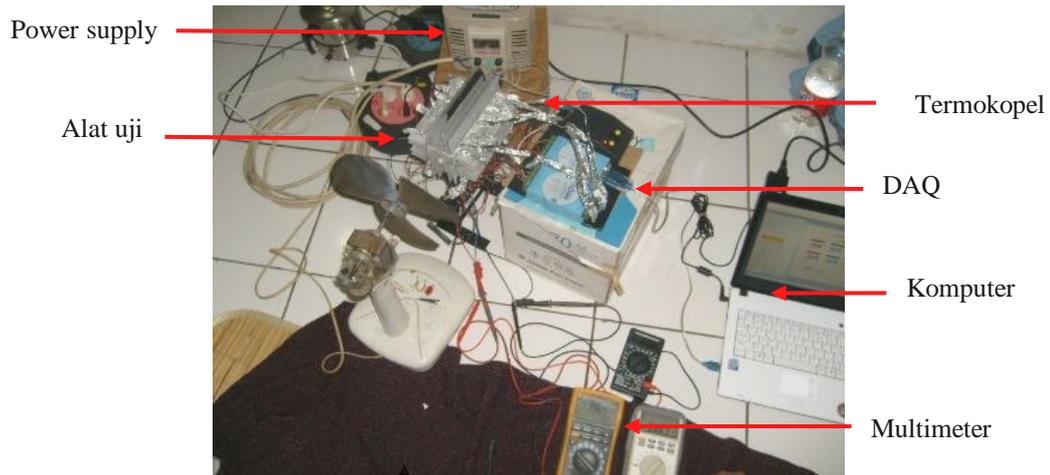
F. Heat sink	
Material	Aluminium
Dimensi(p x l x t)	160x 50 x 20 mm

G. Fan	
Brand	Cosmos
Tipe	Fan 9"
Blade size	23 cm / 9 inch
Input	220V/50Hz
	30 Watt

H. Data Acquisition	
Module	ADAM-4018+
Input	4-20mA
Isolated Converter	ADAM-4520
Output	RS-485

I. Display	
Material	Akrilik
Komponen	Amperemeter
	Voltmeter
	Regulator 7805CT
	Switch on-off
	Baterai 9 V

J. Adaptor DAQ	
Brand	Hinohikari
Input	220V/50Hz
	16 VA
Output	1,5-12 VDC
	1000mA
	12VA (max)



Gambar 3.2 Instalasi alat pengujian di Lab. *Heat Transfer* DTM FTUI

Gambar 3.2 menunjukkan instalasi alat pengujian *thermoelectric generator* yang sebenarnya di Lab. *Heat Transfer* DTM FTUI. Terlihat bahwa instalasi di atas telah sesuai dengan skema instalasi pengujian yang tertera pada Gambar 3.1.

Berikut adalah penjelasan tentang alat bantu yang digunakan dalam pengujian *thermoelectric generator* :

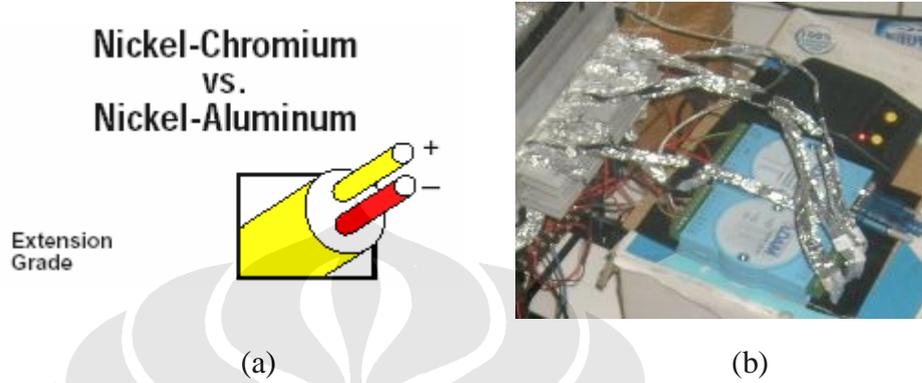
- *Power supply*

Power supply yang digunakan untuk sumber listrik heater adalah jenis *AC Voltage Regulator* yang dilengkapi alat ukur nilai tegangan sehingga nilai tegangannya dapat diubah sesuai dengan pengujian yang dilakukan. *Power supply* tersebut memiliki range tegangan antara 0-250 VAC. Pada pengujian ini digunakan dua variasi tegangan *input* untuk *heater* yaitu 110 V dan 220 volt.

- Termokopel

Termokopel yang digunakan dalam pengujian adalah tipe-K, dengan material pembentuknya adalah kromel (Nikel-Kromium) dan alumel (Nikel-Aluminium). Termokopel menggunakan prinsip efek *Seebeck* dalam pengukuran temperatur, dengan pembangkit tegangan sebagai fungsi dari gradien temperatur. Nilai dan fungsi dari gradien

temperatur tersebut bergantung pada jenis komposisi material termokopel yang digunakan. Karena *output* dari termokopel berupa tegangan (mV), untuk pembacaannya ke dalam satuan temperatur digunakan sebuah data akuisisi ADAM-4018+.



Gambar 3.3 (a) Termokopel tipe-K (b) Pemasangan termokopel pada modul DAQ

Gambar 3.3 menunjukkan termokopel tipe-K yang digunakan dalam pengujian. Pada gambar di atas terlihat bahwa pemasangan termokopel dihubungkan ke Data Akuisisi.



Gambar 3.4 Pemasangan termokopel pada pengujian

Gambar 3.4 memperlihatkan skema peletakkan termokopel pada pengujian *thermoelectric generator*. Terdapat 8 buah

termokopel tipe-K yang digunakan untuk mengukur temperatur pada alat pengujian. Termokopel tersebut diletakkan di beberapa titik, yaitu:

1. Sisi panas *peltier* pertama
2. Sisi dingin *peltier* pertama
3. Sisi panas *peltier* kedua
4. Sisi dingin *peltier* kedua
5. Sisi panas *peltier* ketiga
6. Sisi dingin *peltier* ketiga
7. *Heater*
8. *Salah satu heat sink.*

Untuk mendapatkan display temperatur yang akurat dari termokopel tersebut maka perlu dilakukan kalibrasi dengan tujuan mendapatkan nilai konversi dari display tegangan menjadi temperature ($^{\circ}\text{C}$). Hal ini dilakukan dengan melakukan perbandingan pengambilan data tegangan yang dicatat oleh DAQ pada temperatur air $30^{\circ}\text{C} - 94,5^{\circ}\text{C}$ dengan pengukuran menggunakan termometer raksa. Gambar 3.5 menunjukkan proses kalibrasi termokopel yang dilakukan di Lab. *Heat Transfer* DTM FTUI.



Gambar 3.5 Proses kalibrasi termokopel

- Data Akuisisi

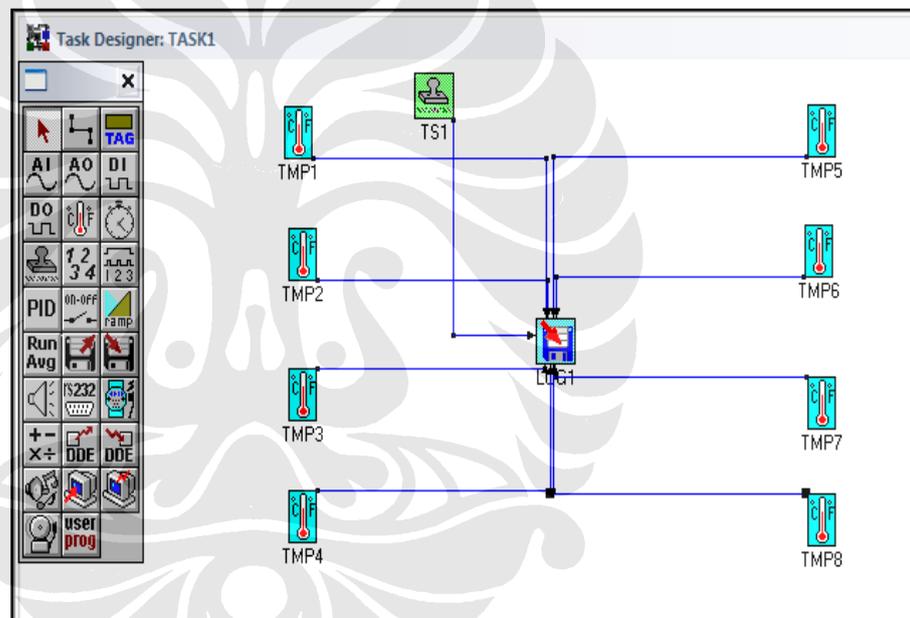
Data akuisisi (DAQ) yang digunakan untuk pembacaan perbedaan tegangan pada termokopel tipe K adalah ADAM-4018+.. DAQ ini merupakan data akuisisi yang dapat menerima masukan baik analog maupun digital serta juga dapat menghasilkan keluaran analog maupun digital. Dalam penggunaannya DAQ dihubungkan dengan komputer melalui USB *port* dan hasil keluarannya berupa tampilan digital yang dapat langsung dilihat pada layar komputer. *Input* yang digunakan ialah *differential input* dimana *input* ini bertujuan untuk mengukur termometer tahanan listrik dan aplikasi signal rendah lainnya (kurang dari 1V). Ketika menggunakan konfigurasi ini, *noise* menjadi bagian dari signal dan cukup berpengaruh. Dengan konfigurasi ini ada 8 channel yang dapat digunakan. Gambar 3.6 menunjukkan Data Akuisisi ADAM-4018+ yang digunakan dalam pengujian.



Gambar 3.6 Data Akuisisi ADAM-4018+

Perangkat lunak atau *software* pendukung ADAM-4018+. ini adalah “Advantech VisiDAQ”. Beberapa langkah penggunaan Data Akuisisi dan software Advantech VisiDAQ :

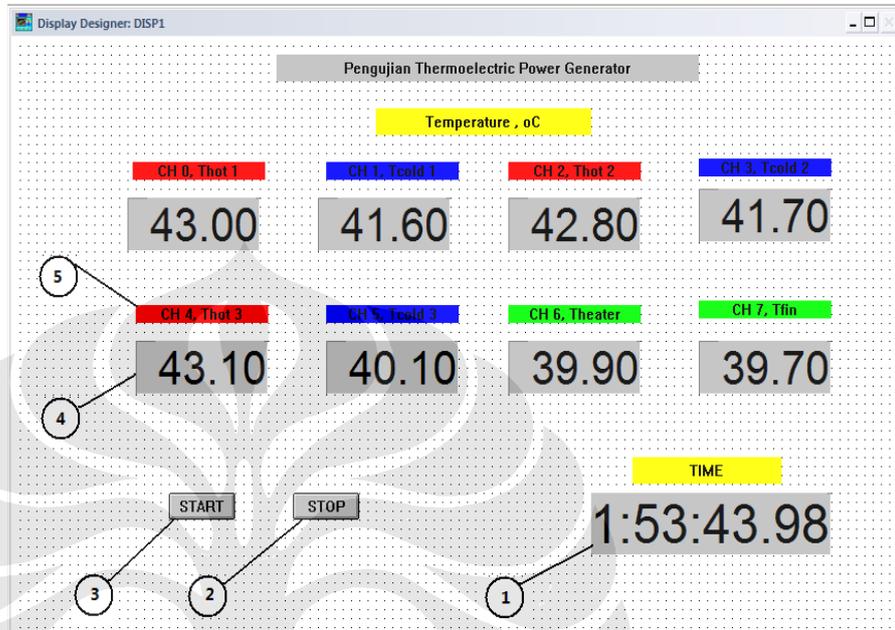
1. Pasang 8 termokopel tipe K pada *channel port* yang ada pada DAQ, kemudian hubungkan DAQ ke komputer dengan menggunakan USB port.
2. Nyalakan DAQ dengan cara menghubungkan kabel adaptor DAQ pada sumber listrik.
3. Instal driver program “Adam400500 utility” untuk mendeteksi perangkat DAQ pada komputer.
4. Memulai program Advatech VisiDAQ builder
5. Pertama kali harus membuat *task designer*, dengan tampilan sebagai berikut :



Gambar 3.7 Tampilan *task designer* pada Advantech VisiDAQ

Task designer berfungsi untuk merancang task yang akan dilakukan dalam pengujian. Pada menu toolbox di sebelah kiri pilih *temperature measurement block* (TMP) sebanyak 8 kali sesuai dengan jumlah termokopel yang digunakan. Pilih *time stamp block* (TS1) sebagai petunjuk waktu saat pengujian nanti. Kemudian pilih *log file block* (LOG1) sebagai *input* data temperatur yang secara otomatis akan tersimpan pada *hard disk* komputer.

6. Membuat tampilan data dengan *display designer*. Tampilan dapat dibuat sesuai kebutuhan, tampilannya sebagai berikut :



Gambar 3.8 Tampilan *display designer* pada Advantech Visidaq

Keterangan dari Gambar 3.8 diberikan pada tabel berikut ini:

Tabel 3.1 Keterangan Advantech Visidaq

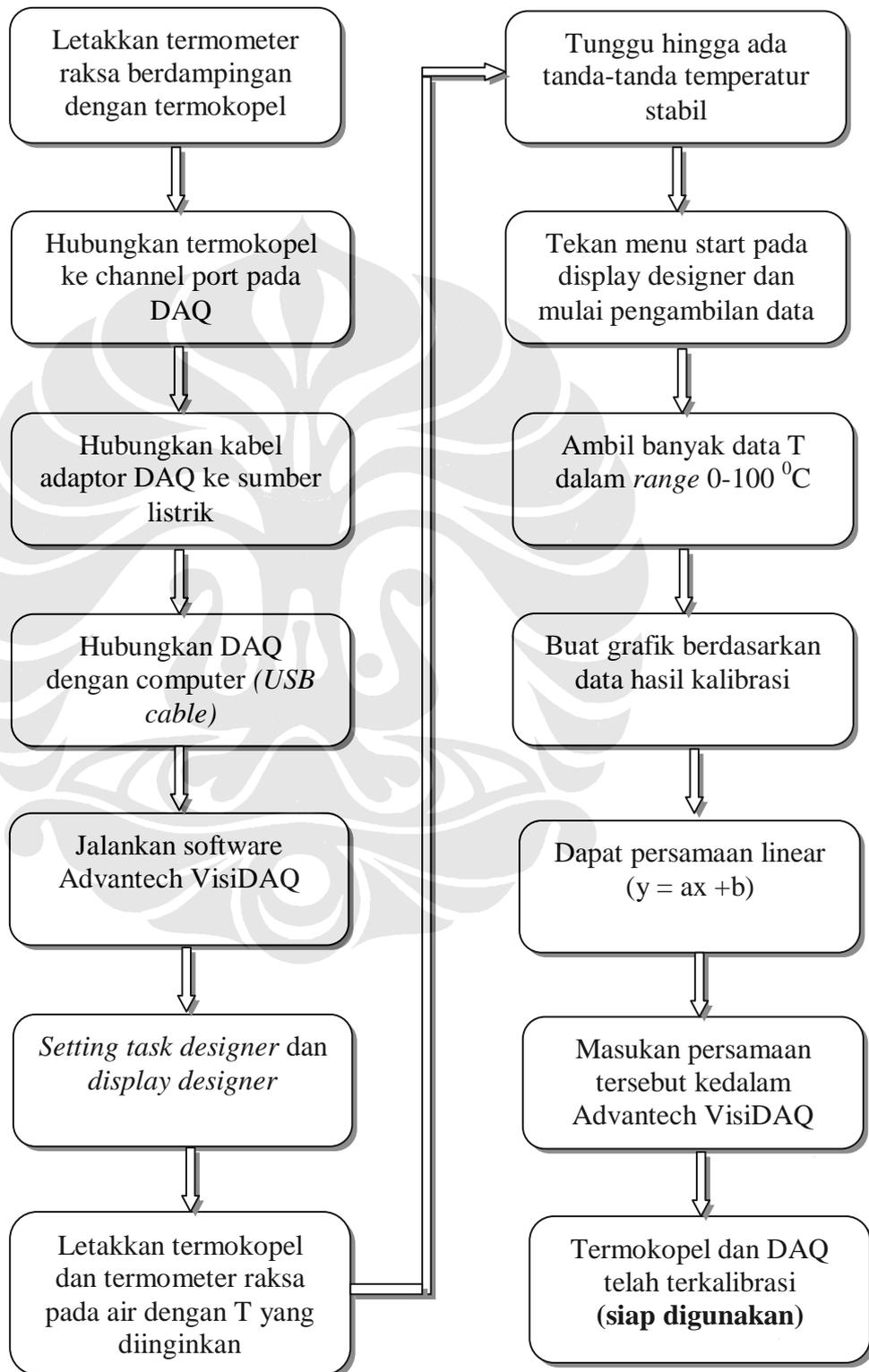
No	Keterangan
1	Putunjuk waktu pengambilan data
2	Tombol stop untuk menghentikan pengambilan data
3	Tombol start untuk memulai pengambilan data
4	Display temperatur pada channel
5	Petunjuk channel

Sumber : *Pengujian Menggunakan Advantech VisiDAQ Di Lab. DTM FTUI*

3.2 LANGKAH-LANGKAH PROSES PENGUJIAN YANG DILAKUKAN

3.2.1 Langkah Proses Kalibrasi

Proses kalibrasi yang dilakukan dijelaskan dalam *flowchart* berikut:



Hal-hal penting yang harus diperhatikan dalam proses kalibrasi ini adalah:

- Setelah Termokopel dipasang dan dikencangkan pada modul DAQ, dan telah dilakukan kalibrasi, skrup pengencangnya tidak boleh diutak-atik kembali (dikencangkan ataupun diregangkan). Karena hal ini dapat merubah tekanan skrup pada termokopel, merubah tegangan yang melewatinya, dan pada akhirnya akan berpengaruh pada berubahnya *setting* DAQ hasil kalibrasi serta tidak stabilnya hasil pengukuran yang diperoleh.
- Dalam proses kalibrasi digunakan *heater* elektrik untuk memanaskan air dalam wadah hingga temperatur mendekati 100 °C. Pada saat temperatur air mendekati 100 °C, air mulai mendidih dan kondisi air mulai bergolak kemudian *heater* dimatikan. Pada saat temperatur air mulai stabil yaitu 94,5 °C maka dimulai pengambilan data dengan cara membandingkan data temperatur termokopel yang terbaca pada DAQ dengan temperatur yang terbaca pada termometer raksa. Termometer raksa yang digunakan memiliki *range* temperatur 0-50 °C dan 50-100 °C.
- Dalam pengambilan data kalibrasi, diusahakan ambil titik temperatur sebanyak mungkin dengan interval yang pendek. Pada proses kalibrasi ini di ambil data temperatur setiap 2 menit dengan penurunan temperatur air sekitar 0-2 °C. Hal ini dilakukan untuk membuat persamaan kalibrasi yang presisi, sehingga lebih akurat. Akan lebih baik lagi bila selisih temperaturnya semakin kecil.
- Bila proses pengkalibrasian dilakukan dengan menggunakan air berwadah terbuka, ada baiknya menggunakan tutup atas untuk mencegah perubahan temperatur yang cepat pada air. Hal ini akan membuat temperatur air lebih stabil sehingga proses pengambilan data akan lebih mudah dilakukan. Contoh prosesnya dapat dilihat pada gambar 3.5.
- Pastikan *heater* tidak bersentuhan langsung dengan termokopel karena akan berdampak pada ketidakteelitian hasil dan dapat merusak rusak termokopel itu sendiri.

- Setelah dibuat persamaan, persamaan yang didapat harus memiliki nilai R yang mendekati 1. Bila nilai R jauh di bawah 1, maka persamaan tersebut masih jauh dari persamaan presisi yang seharusnya dan sebaiknya dilakukan pengkalibrasian ulang.

Berikut ini merupakan contoh data hasil persamaan kalibrasi tiap channel termokopel yang menggunakan persamaan linear. Persamaan tersebut merupakan korelasi antara temperatur dan tegangan untuk setiap termometer tahanan listrik (termokopel).

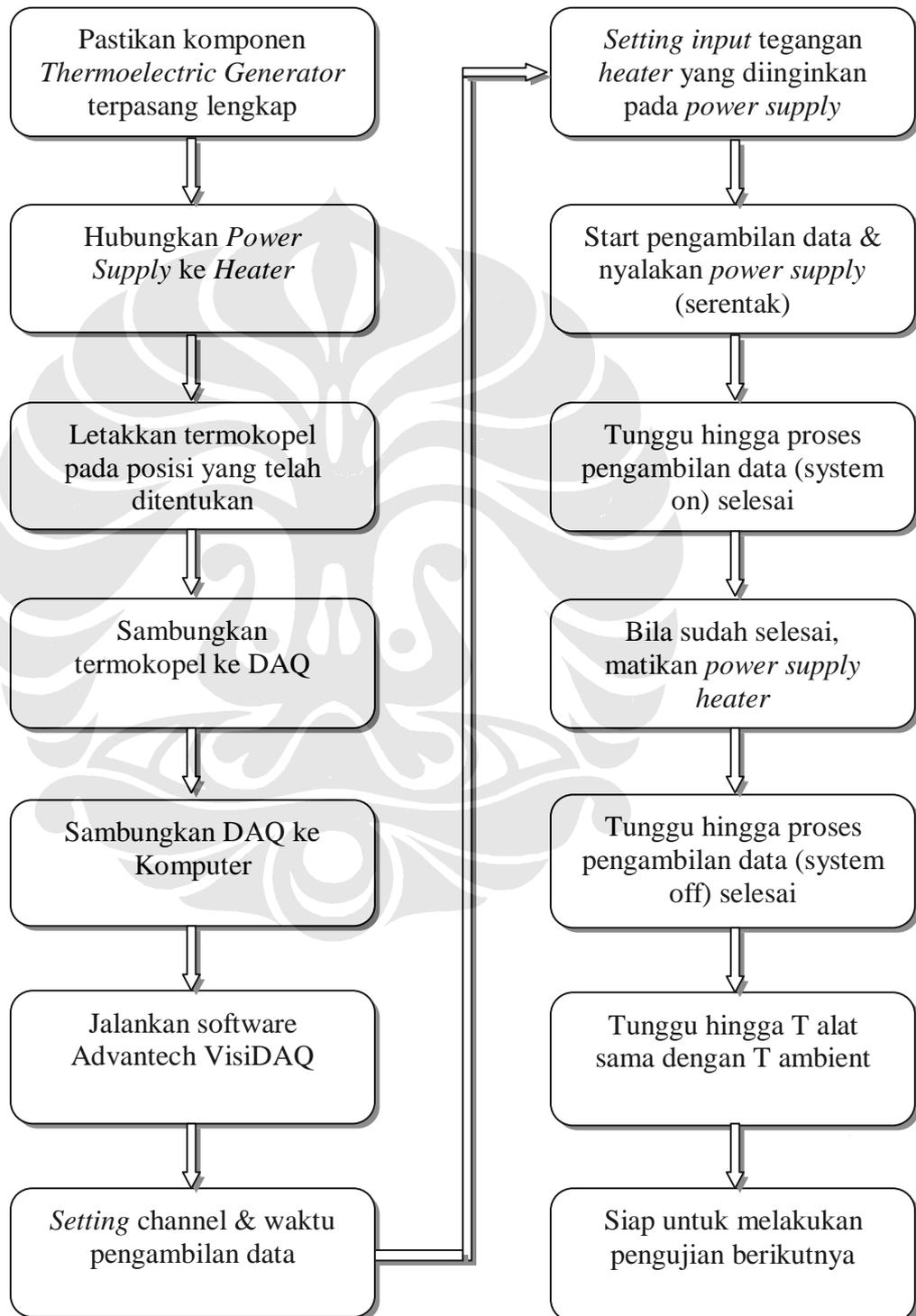
Tabel 3.2. Persamaan Hasil Kalibrasi Termokopel

Channel 0	Thot 1	$y=1.0887x-4.2973$	$R^2 = 0.999$
Channel 1	Tcold 1	$y=1.0401x-1.6764$	$R^2 = 0.999$
Channel 2	Thot 2	$y=1.0384x-1.2520$	$R^2 = 0.999$
Channel 3	Tcold 2	$y=1.0180x-0.9940$	$R^2 = 0.999$
Channel 4	Thot 3	$y=1.0002x-0.3847$	$R^2 = 0.999$
Channel 5	Tcold 3	$y=0.9821x-0.1644$	$R^2 = 0.999$
Channel 6	T heater	$y=0.9866x+0.1457$	$R^2 = 0.998$
Channel 7	T heat sink	$y=1.0017x-1.0350$	$R^2 = 0.998$

Sumber : Hasil kalibrasi termokopel di Lab. Heat Transfer DTM FTUI

3.2.2 Langkah Proses Pengujian

Dalam proses pengujian, tentunya ada aturan – aturan yang harus diikuti supaya hasil pengujian sesuai standard dan dapat diakui hasilnya. Langkah-langkah tersebut diantaranya sebagai berikut :



Hal-hal penting yang harus diperhatikan dalam proses pengujian alat adalah:

- Peletakan posisi alat *thermoelectric generator* dalam proses pengambilan data sebaiknya memperhatikan juga lingkungan sekitar. Sebaiknya disekitarnya tidak ada sumber panas lain yang dapat menyebabkan proses penyebaran panas dari *heater* ke *peltier* lalu ke *heat sink* dan terakhir ke lingkungan menjadi tidak maksimal yang pada akhirnya berakibat tidak optimalnya proses pengambilan data dan ketidakteelitian hasil data pengujian.
- Dalam memasang termokopel pada *thermoelectric generator*, sebaiknya dipastikan termokopelnya statis di tempat atau dalam posisi yang tidak mudah goyah, dan tidak berubah – ubah dalam semua proses pengambilan data. Bila posisi termokopel berbeda – beda, maka hasil data yang didapat tidak akurat dan cenderung tidak dapat dibandingkan antara pengujian satu dengan lainnya. Dalam hal ini, pemasangan termokopel pada sisi panas dan dingin *peltier* dilakukan dengan cara menyisipkannya diantara celah *body* alumunium dengan *peltier* (untuk sisi panas) dan antara celah *heat sink* dengan *peltier* (sisi dingin), lalu pemasangan termokopel pada *heater* dilakukan dengan menyisipkannya diantara rongga *body* dan *heater* dengan menutupnya rapat-rapat. Sehingga dalam proses pengujian tidak ada *loses* yang keluar lewat celah – celah termokopel.
- Skrup yang mengencangkan termokopel pada terminal jangan dirubah – rubah kekencangannya. Hal ini akan berakibat pada perubahan tegangan yang lewat, perubahan hasil kalibrasi, dan pada akhirnya berakibat pada tidak akuratnya data yang didapat.
- Klik tombol *start* pada Advantech VisiDAQ sehingga hasil bacaan termokopel akan terpampang pada layar monitor. Sebelum melakukan percobaan, pastikan semua *display* channel temperatur menunjukkan nilai yang sama dengan temperatur lingkungan (*ambient*).

- Kabel – kabel komponen peltier dihubungkan ke terminal dengan susunan seri, paralel atau ser-paralel sesuai pebgujian yang sedang dilakukan. Kemudian kabel keluaran dari teminal dihubungkan dengan *display* akrilik yang terdapat Amperemeter DC dan Voltmeter DC untuk mengukur arus dan tegangan *output*.
- Nyalakan *power supply* untuk *heater* dan atur besar tegangan dan arus hingga didapat besar daya yang diinginkan. Jika pengambilan data telah selesai, matikan kembali *power supply* dan pastikan tunggu terlebih dahulu hingga semua display temperatur sesuai dengan temperatur *ambient*. Bila temperatur pada masing-masing *channel* sudah sama dengan temperatur ambient, barulah proses pengambilan data dimulai.
- Proses pengambilan data pada DAQ akan berlangsung secara otomatis dan data akan tersimpan ke dalam *directory* yang telah ditetapkan sebelumnya.
- Hasil yang didapat berupa data *.txt* yang untuk memprosesnya harus dirubah terlebih dahulu ke dalam bentuk tabel, baru setelah itu dapat diproses lebih lanjut.

3.3 VARIASI PENGUJIAN

Variasi pengujian dilakukan dengan tujuan mencari suatu komposisi kerja *blood carrier* yang optimal dalam operasi nantinya. Variasi pengujian yang dilakukan ini ialah:

- Uji Pengaruh Variasi Tegangan *Heater*

Uji coba variasi daya dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan tingkat temperature yang berbeda pada *heater*. Adapun variasi tegangan yang digunakan ialah :

- Tegangan 110 volt, untuk mencapai temperatur heater hingga 100 °C
- Tegangan 220 volt, untuk mencapai temperatur heater hingga 250 °C

Untuk parameter lain dalam pengujian ini adalah waktu pengambilan data selama 60 menit *power supply heater* dinyalakan dan 60 menit dimatikan. Hal ini dilakukan untuk melihat proses kenaikan dan penurunan temperature pada alat.

- Uji Pengaruh Variasi Susunan *Peltier*

Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui susunan *peltier* mana yang memiliki daya yang paling optimal. Variasi uji coba ini ialah:

- Semua kabel-kabel *peltier* dihubungkan secara seri (susunan seri)
- Semua kabel-kabel *peltier* dihubungkan secara paralel (susunan paralel)
- Sebagian *peltier* disusun secara seri dan sebagian yang lain secara paralel (susunan seri-paralel)

Adapun rincian dari pengujian – pengujian yang dilakukan berdasarkan variasi yang disusun di atas ialah :

1. Pengujian dengan *power supply heater* 110 Volt, susunan *peltier* seri, dengan *fan*
2. Pengujian dengan *power supply heater* 110 Volt, susunan *peltier* paralel, dengan *fan*
3. Pengujian dengan *power supply heater* 220 Volt, susunan *peltier* seri, dengan *fan*
4. Pengujian dengan *power supply heater* 220 Volt, susunan *peltier* paralel, dengan *fan*
5. Pengujian dengan *power supply heater* 110 Volt, susunan *peltier* seri, tanpa *fan*
6. Pengujian dengan *power supply heater* 110 Volt, susunan *peltier* paralel, tanpa *fan*
7. Pengujian dengan *power supply heater* 220 Volt, susunan *peltier* seri, tanpa *fan*

8. Pengujian dengan *power supply heater* 220 Volt, susunan *peltier* paralel, tanpa *fan*
9. Pengujian dengan *power supply heater* 110 Volt, susunan *peltier* seri-paralel, dengan *fan*
10. Pengujian dengan *power supply heater* 220 Volt, susunan *peltier* seri-paralel, dengan *fan*

