

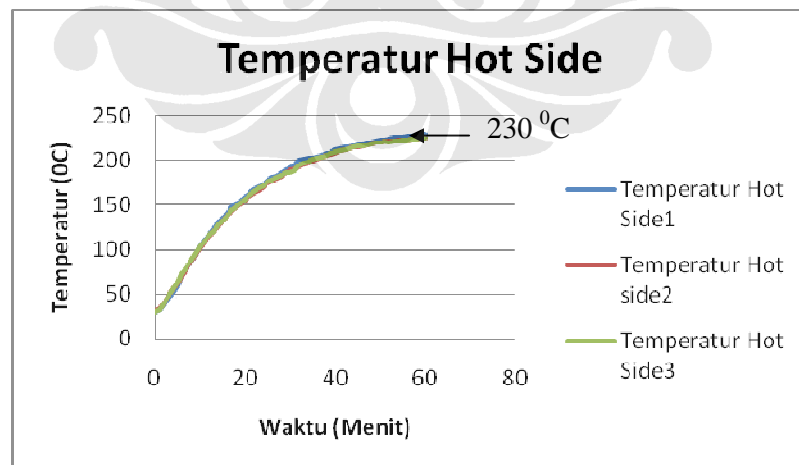
## BAB V

### HASIL DAN ANALISA

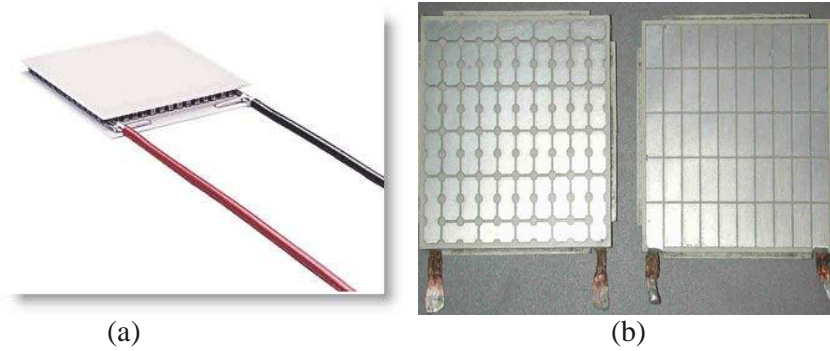
#### 5.1 ANALISA DISAIN

Dari proses perancangan dapat diketahui terdapat beberapa masalah dan solusinya, yaitu:

- 1) Peltier yang digunakan adalah jenis TEC sehingga ketika mencapai temperatur diatas  $200^{\circ}\text{C}$  modul akan rusak. Hal ini terbukti ketika kami melakukan pengujian dengan kondisi susunan seri, tegangan heater 220V dan tanpa kipas angin. Temperatur maksimum yang terjadi hampir mencapai  $230^{\circ}\text{C}$  ( $503\text{ K}$ ) pada menit ke-60 (Gambar 5.1), akibatnya aliran arus terputus didalam modul tersebut sehingga mempengaruhi performa keseluruhan alat. Sebaiknya jika temperatur sumber di atas  $200^{\circ}\text{C}$  modul yang digunakan adalah khusus TEG, dan dari bahan PbTe atau SiGe yang memiliki temperatur operasi 500-900K atau 800-1300K. Dibawah ini adalah modul termoelektrik untuk aplikasi TEC dan TEG (Gambar 5.1).

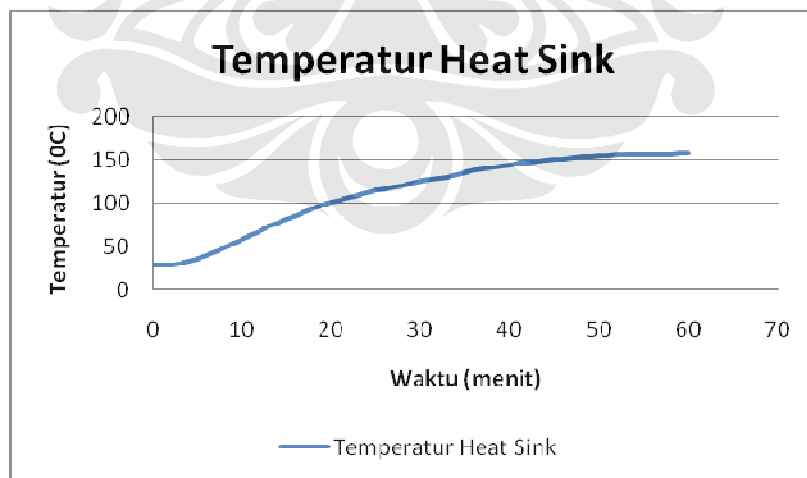


Gambar 5.1 Temperatur sisi panas dengan kondisi pengujian; susunan peltier seri, tegangan heater 220V dan tanpa kipas angin.



Gambar 5.2 Modul peltier. (a) TEC tipe TECI-12706, BC 2007/12 (b) TEG tipe Hi-Z 14

- 2) Fin yang digunakan ternyata tidak cukup membuang panas. Hal ini terlihat dari temperatur fin yang masih cukup tinggi yaitu sekitar  $157^{\circ}\text{C}$  (430 K) (Gambar 5.3). Akibatnya perbedaan temperatur antara sisi dingin dan sisi panas tidak optimal karena panas yang dibuang cukup lama. Sebaiknya diatas fin perlu ada tambahan alat eksternal untuk membuang panas tersebut seperti penggunaan fan atau *heatpipe*. Akan tetapi penggunaan alat tambahan tersebut tentunya membutuhkan energi listrik tambahan dan tentunya menjadi tidak efektif, karena tujuan utamanya adalah menghasilkan listrik tanpa menggunakan listrik untuk menjalankan alat uji.



Gambar 5.3 Temperatur *heatsink* dengan kondisi pengujian; susunan peltier seri, tegangan *heater* 220V dan tanpa kipas angin.

3) Penggunaan termokopel tipe K memiliki diameter yang cukup besar untuk disisipkan diantara peltier dengan bodi dan diantara peltier dengan fin. Agar pengukuran cukup akurat, dilakukan sedikit pelubangan pada bodi dan fin untuk memberi ruang untuk termokopel. Ada kemungkinan nilai pengukuran kurang akurat, karena dilubang tersebut masih ada rongga yang tersisa. Agar pengukuran temperatur memiliki tingkat akurat yang tinggi, termokopel yang digunakan sebaiknya tipe benang tipis, karena dengan tipe tersebut termokopel hanya disisipkan saja antara peltier dengan bodi dan fin. Sayangnya, termokopel tersebut tidak dijual dipasaran Indonesia, sehingga perlu meng-impor alat tersebut. Selain itu harga termokopel tipe tersebut cukup mahal. Karena dibatasi waktu dan biaya, dalam pengujian ini menggunakan tipe-K yang ada dipasaran. Sebagai konsekuensinya, dilakukan modifikasi pada alat seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Untuk pengujian selanjutnya sangat direkomendasikan untuk menggunakan termokopel tipe-K benang agar hasil yang didapatkan akurat.

## **5.2 ANALISA HASIL MANUFAKTUR**

Dari proses dan hasil pembuatan didapat beberapa hasil yaitu :

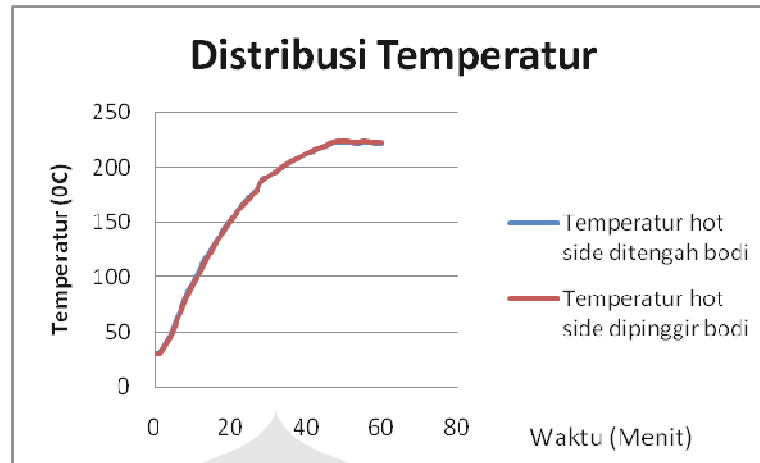
1) Pada lubang sekrup mengalami keausan yang diakibatkan fin sering dilepaskan dari bodi. Hal ini tidak dapat dihindari karena dalam pengujian ini menggunakan beberapa varisai yang mengharuskan fin dilepaskan dari bodi dan sering kali mengalami kesalahan dalam pengukuran, khususnya penempatan termokopel yang kurang akurat akibat masih adanya rongga pada lubang termokopel. Agar termokopel mengukur temperature dengan tepat, fin perlu dilepaskan dari bodi karena tidak mungkin mensisipkan termokopel langsung ke lubang antara peltier dengan bodi dan fin. Cara yang lebih baik adalah seperti yang telah disinggung sebelumnya yaitu penggunaan termokopel benang sehingga tidak

perlu lagi melepaskan fin. Dan juga lubang sekrup diperdalam lagi sehingga tingkat keausan dapat diperkecil.



Gambar 5.4 Lubang baut yang mengalami keausan.

- 2) *Heater* yang digunakan memiliki ukuran panjang yang lebih pendek dari rongga bodi. Ukuran panjang heater adalah 13 cm, sedangkan ukuran panjang bodi adalah 16 cm. Karena itu dalam pengujian ini letak *heater* ditempatkan ditengah-tengah rongga. Hasil distribusi temperatur menunjukkan bahwa nilai temperatur ditengah sedikit lebih tinggi dibanding nilai temperatur diujung/dipinggir (Gambar 5.5). Hal ini dikarenakan temperatur heater mencapai permukaan tengah bodi lebih dulu dibandingkan permukaan ujung bodi. *Heater* yang digunakan adalah *heater* yang tersedia dipasaran. Agar nilai temperatur permukaan bodi sama perlu ukuran panjang *heater* yang sesuai dengan panjang rongga bodi. Tentunya *heater* yang dibuat khusus akan lebih mahal dibanding *heater* yang ada dipasaran. Atas pertimbangan tersebut kami hanya menggunakan *heater* yang tersedia dipasaran sesuai dengan konsep awal yaitu tersedia dipasaran dan harga terjangkau.



Gambar 5.5 Distribusi temperatur permukaan ditengah bodi dan dipinggir bodi.

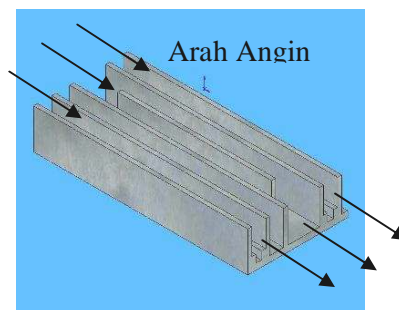
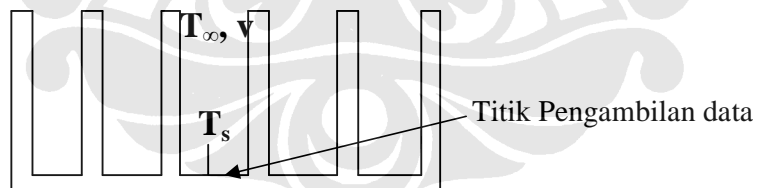
- 3) Pengambilan titik temperatur hanya dibagian atas saja, sehingga tidak diketahui distribusi temperatur disisi yang lainnya. Ketika pengambilan data temperatur dengan kondisi tanpa kipas, fenomena yang berpengaruh adalah gaya *buoyancy*, dimana temperature cenderung bergerak keatas akibat densitas yang mengalami penurunan. Temperatur yang didapat hanyalah pada sisi bagian atas dimana temperatur tersebut memiliki nilai yang cukup tinggi hampir mencapai  $230^{\circ}\text{C}$  seperti yang telah disinggung sebelumnya. Temperatur sebesar ini sangat dipengaruhi gaya *buoyancy* sehingga temperatur sisi atas lebih panas dibandingkan temperatur sisi samping ataupun sisi bawah. Sebaiknya dalam pengujian selanjutnya perlu pengambilan data untuk sisi samping maupun sisi bawah sehingga nilai temperatur tersebut dapat dibandingkan satu sama lain dan dianalisis terjadinya distribusi temperatur tersebut.
- 4) Penggunaan kipas angin sebenarnya cukup mewakili kondisi sebenarnya. Permasalahannya adalah nilai kecepatan kipas angin yang dicapai hanya 3 m/s (10,8 km/jam). Sedangkan pada kondisi sebenarnya, nilai kecepatan angin bervariasi. Selain itu sebaiknya jika melakukan pengujian dengan kipas angin, dilakukan variasi kecepatan selain 3m/s misalnya 5 m/s, 7 m/s, dan seterusnya.

- 5) Pengukuran yang dilakukan adalah secara sirkuit terbuka sehingga nilai arus, tegangan dan daya output yang didapatkan merupakan hasil sirkuit terbuka. Pengukuran sirkuit terbuka adalah kabel multimeter langsung dihubungkan dengan kabel modul tanpa adanya beban listrik eksternal. Nilai yang didapat tentunya belum tentu dapat menjalankan alat dengan spesifikasi tertentu misal lampu 12 V belum tentu bisa nyala dengan modul yang dapat menghasilkan 12 V, karena pada lampu tersebut terdapat hambatan dalam. Sebaiknya dalam pengujian juga ditambahkan beban listrik eksternal yang diketahui hambatannya, sehingga nilai tegangan yang dihasilkan adalah nilai yang telah dikurangi hambatannya dalam tersebut.

### 5.3 PERPINDAHAN KALOR KONVEKSI PADA *HEAT SINK*

Koefisien konveksi tergantung dari kondisi yang ada. Kondisi yang dijadikan contoh perhitungan:

- Adanya kipas angin dari arah muka fin dengan kecepatan 3 m/s, sehingga kondisinya adalah *forced-convection*.
- Asumsi perhitungan koefisien konveksi terjadi pada plat rata.



Gambar 5.6 Profil titik untuk perhitungan nilai  $h$ .

Untuk mengetahui nilai  $h$  untuk kondisi di atas dengan langkah-langkah berikut ini (*Incropera* hal.495-499):

- $D_h = 4A_c/P = 4H(S-t)/2(H+S-t) = 6,107 \text{ mm}$
- Flowrate,  $\dot{m} = \rho u_m A_c = 1,155 \times 3 \times (0,03 \times 0,0034) = 3,534 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
- $Re_{D_h} = \frac{\rho \times u_m \times D_h}{\mu} = \frac{\dot{m} \times D_h}{A_c \times \mu} = 1141$  , aliran laminar
- Untuk mengetahui bilangan Nusselt-nya dengan rasio aspek  $b/a = H/(S-t) = 8$ , menghasilkan:

$$Nu_{u_D} = \frac{h \times D_h}{k} = 5,6$$

$$h = \frac{k}{D_h} Nu_{u_D} = 24,23 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$$

Atau cara lain untuk mengetahui nilai  $h$  yaitu dengan mengasumsikan koefisien konveksi pada plat rata. Nilai  $h$  pada plat rata dapat menggunakan persamaan *Newton's Cooling* (*Incropera* hal.327 dan *J.P Holman* hal. 208):

$$q = h \times A \times (T_s - T_\infty) \quad (5.1)$$

Sedangkan untuk mengetahui apakah aliran di atas plat laminar atau turbulen dapat diketahui dari persamaan (*Incropera* hal.436-437 dan *J.P Holman* hal. 240-241):

- Untuk kondisi aliran laminar, lokal,  $T_f$  dan  $0,6 \leq Pr \leq 50$ :

$$Nu_x = 0,332 Re_x^{1/2} Pr^{1/3} \quad (5.2)$$

$$Nu_x = \frac{h \times l}{k} \quad (5.3)$$

- Untuk kondisi aliran laminar rata-rata,  $T_f$ , dan  $0,6 \leq Pr \leq 50$ :

$$\overline{Nu}_x = 0,644 Re_x^{1/2} Pr^{1/3} \quad (5.4)$$

- Untuk kondisi aliran turbulen, lokal,  $T_f$ , dan  $Re_x \leq 10^8$ ,  $0,6 \leq Pr \leq 60$ :

$$Nu_x = 0,0296 Re_x^{4/5} Pr^{1/3} \quad (5.5)$$

Selanjutnya melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai koefisien konveksi:

- $T_f = (T_s + T_\infty)/2 = 311,5 \text{ K}$
- $\rho = 1,155 \text{ kg/m}^3$ ,  $k = 26,43 \times 10^{-3} \text{ W/m.K}$ ,  $\mu = 185,44 \times 10^{-7} \text{ N.s/m}^2$ ,  $Pr = 0,706$  (*Incropera*, tabel A-4 hal.917)

$$Re_x = \frac{\rho \times u_\infty \times l}{\mu} = 14948 < 5 \times 10^5, \text{ maka aliran laminar}$$

Gunakan persamaan (5.4) untuk koefisien konveksi rata-rata:

$$\overline{Nu_x} = 0,644 Re_x^{1/2} Pr^{1/3} = 70,1098$$

$$h = \frac{\overline{Nu_x} \times k}{l} = 23,16 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

- ❖ Nilai dari kedua koefisien konveksi di atas tidaklah berbeda jauh, tapi untuk menyesuaikan dengan kondisi sebenarnya digunakan  $h = 24,23 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Selanjutnya untuk perhitungan kalor hilang melalui satu susunan fin pada alat pengujian dilakukan dengan asumsi-asumsi berikut ini:

- Susunan peltier secara seri dengan adanya kipas angin di muka alat uji, namun kecepatan angin dapat diabaikan.
- Kondisi tunak (*steady state*).
- Konduksi radial satu dimensi dalam fin.
- Sifat-sifat konstan.



- Pertukaran radiasi dengan lingkungan diabaikan.
- Temperatur lingkungan 30 °C dan temperatur maksimum fin 47 °C (pada menit ke 60), maka nilai  $k_{\text{aluminium}}$  untuk fin = 238,8 w/m.K.
- Sumber panas (*heater*) 300 W, 220V

Nilai laju perpindahan kalor konveksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5.1). Hasil yang didapatkan sebagai berikut:

- $L_c = L + (t/2) = 0,0315 \text{ m}$
- $A_f = 2wL_c = 0,01008 \text{ m}^2$
- $A_p = t \times L_c = 9,45 \times 10^{-5} \text{ m}^2$
- $A_t = N \times A_f + A_b = N \times A_f + (w \times H - N(t \times w)) = 0,0656 \text{ m}^2$

Nilai  $\eta_f$  dapat diperoleh juga dari persamaan berikut:

$$\eta_f = \frac{\tanh m(L/2)}{m(L/2)} \quad (5.6)$$

Dimana,  $m = (hP/kA_c)^{1/2} = [h2(t+w)/k(tw)]^{1/2} = 8,3 \text{ m}^{-1}$ , maka  $\eta_f = 0,99$

- $\theta_b = (47-30) \text{ } ^\circ\text{C} = 17 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} q_t &= hA_t \left[ 1 - \frac{NA_f}{A_t} (1 - \eta_f) \right] \theta_b \\ &= (24,23)(0,0656) \left[ 1 - \frac{6 \times 0,01008}{0,0656} (1 - 0,98) \right] 17 \\ &= 26,523 \text{ W} \end{aligned}$$

Karena ada 4 buah fin  $q_t$  menjadi **106,092 W**

Bila media penghantar diganti dengan aluminium tanpa fin, maka laju perpindahan kalor konveksi :

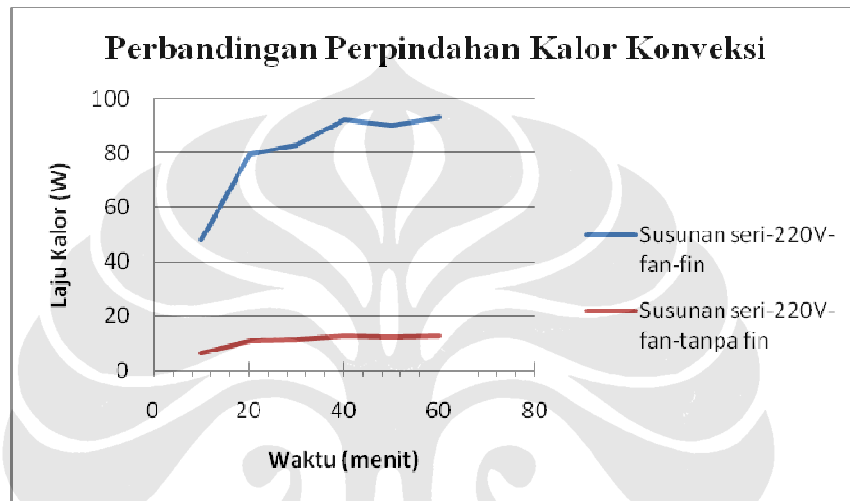
$$q_{wo} = hA_b \Delta T$$

$$= (24,23) (0,16 \times 0,05) (17)$$

$$= 3,295 \text{ W}$$

Karena ada 4 sisi  $q_{wo}$  menjadi 13,181 W

Dari kedua perhitungan di atas jelas terlihat bahwa adanya fin sangat membantu pelepasan kalor dengan perbedaan laju perpindahan kalor sebesar 92,911 W (Gambar 5.7).



Gambar 5.7 Perbandingan laju perpindahan kalor konveksi dengan menggunakan fin dengan yang tidak menggunakan fin.

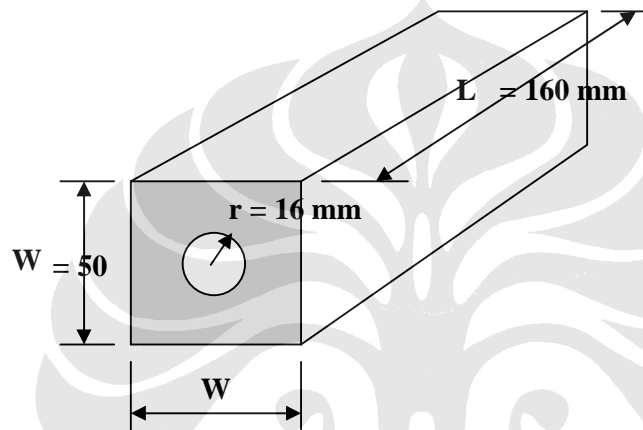
#### 5.4 ANALISA PERPINDAHAN KALOR KONDUKSI PADA BODI

Pada pengujian ini, alat uji menggunakan bahan aluminium sebagai bodi untuk menghantarkan panas dari panas buang (*heater*) ke elemen peltier. Aluminium dipilih karena memiliki beberapa keuntungan diantaranya; harga cukup terjangkau, relatif ringan, dan konduktivitas termalnya tinggi. Aluminium yang dipilih memiliki bentuk balok (*solid block*) dengan rongga dengan diameter 16 mm ditengah-tengah balok. Pemilihan bentuk ini dikarenakan untuk menyediakan tempat elemen peltier. Bila bentuknya silinder sulit untuk menempatkan peltier, walaupun hal itu kemungkinan dapat terjadi.

Selanjutnya untuk perhitungan kalor hilang melalui fin pada alat pengujian dilakukan dengan asumsi-asumsi berikut ini:

- kondisi tunak (*steady-state condition*).

- Sistem konduksi dua-dimensi.
- Sifat-sifat konstan
- Diasumsikan terjadi antara dua batas yang dijaga pada temperatur seragam. Dalam perhitungan ini, dibatasi temperatur pada menit ke 60 dimana temperature permukaan 111<sup>0</sup>C (384 K) dan temperatur pada silinder 148<sup>0</sup>C (421 K).



Gambar 5. 8 Balok dengan silinder ditengah-tengahnya.

Analisis pada bodi alumunium menggunakan perhitungan sederhana dari faktor-bentuk konduksi. Bodi diasumsikan dalam sistem dua-dimensi, dimana hanya ada dua batas suhu. Dengan dua batas suhu tersebut dapat didefinisikan faktor-bentuk konduksi sebagai berikut [incropera dan Holman]:

$$q = k \times S \times \Delta T \quad (5.7)$$

Faktor bentuk untuk balok dengan silinder ditengah bujur sangkar:

$$S = \frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{0,54W}{r}\right)} \quad (5.8)$$

Dari persamaan (Eq.8) dapat dihitung secara sederhana laju kalor yang hilang dari bodi alumunium tersebut:

- $k_{\text{alumunium}} (T_f = 402,5 \text{ K}) = 239,8875 \text{ W/m.K}$

- $L = 160 \text{ mm} = 0,16 \text{ m}$
- $W = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$
- $r = 8 \text{ mm} = 0,008 \text{ m}$

Maka, faktor bentuk (S) untuk bodi alumunium:

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{2\pi L}{\ln\left(\frac{0,54W}{r}\right)} \\
 &= \frac{2\pi(0,16)}{\ln\left(\frac{0,54(0,05)}{0,008}\right)} \\
 &= 0,8265
 \end{aligned}$$

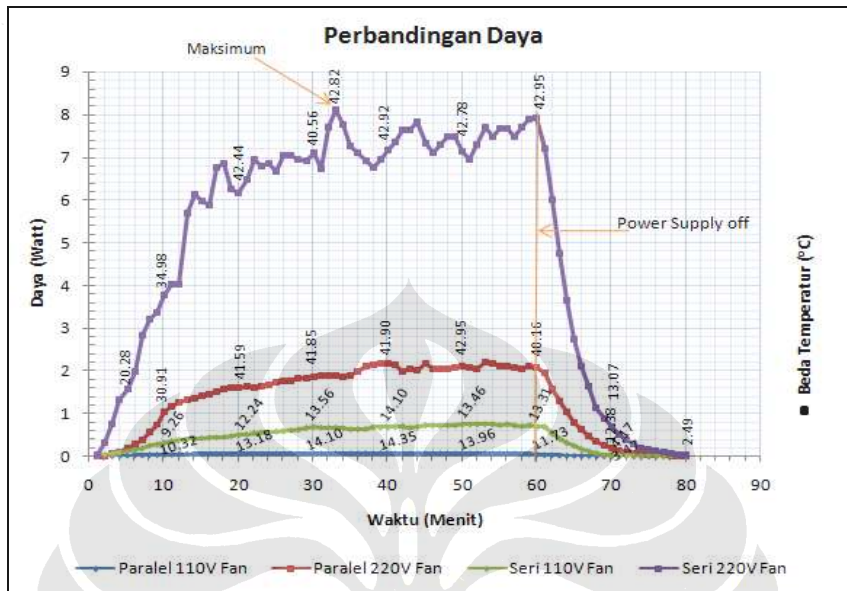
Selanjutnya, menghitung rugi kalor bodi dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}
 q &= k \times S \times \Delta T \\
 &= 239,8875 \times 0,8265 \times 37 \\
 &= 7335,88 \text{ W} \\
 &= 7,335 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas terlihat bahwa kalor yang dilepaskan bodi pada menit ke-60 mencapai 7,3 kW. Nilai tersebut menunjukkan bahwa alumunium cukup baik dalam menghantarkan kalor dari pusat sumber ke permukaan.

Memang, pendekatan ini tidaklah cukup untuk merepresentasikan kalor yang hilang dari bodi. Tapi, pendekatan sederhana ini dapat digunakan untuk mengetahui perkiraan seberapa besar kalor hilang dalam dua-dimensi.

## 5.5. ANALISA DAYA OUTPUT



Gambar 5.9 Grafik perbandingan daya *output* dengan variasi tegangan *input heater*, susunan *peltier*, dengan fan

Dari grafik perbandingan daya *output* pada gambar 5.9 terlihat bahwa dari ke empat variasi yang diberikan, susunan seri 220 V mampu membangkitkan daya terbesar dibandingkan dengan variasi lainnya. Kemudian disusul oleh susunan paralel 220V, seri 110V, dan paralel 110V. Dengan nilai daya *output* :

1. Seri 220V , yaitu : **8,11 Watt** (menit 33), dT 42.82 °C
2. Paralel 220V, yaitu : 2,20 Watt (menit 53), dT 42.96 °C
3. Seri 110V , yaitu : 0,74 Watt (menit 53), dT 13.32 °C
4. Paralel 110V, yaitu : 0,06 Watt (menit 45), dT 14.09 °C

Catatan : nilai dT diperoleh dari gambar 5.12

Pada grafik terlihat bahwa untuk *power supply* 220V baik susunan seri atau paralel lebih fluktuatif dibandingkan dengan *power supply* 110V. Mengapa hal ini dapat terjadi? Pertama, dengan *power supply* heater 110V pada menit 0-20 temperatur *heater* meningkat cepat dari 30-60 °C, selanjutnya dari menit 20-60 temperatur *heater* naik sangat perlahan hingga hampir mendekati 70 °C. Kedua, dengan *power supply* 220V pada menit 0-10 temperatur *heater* dengan cepat mencapai nilai 30-120 °C, selanjutnya dari menit 20-60 temperatur *heater* naik

sangat lambat hingga mendekati 150 °C, tetapi kondisi inipun dapat naik turun (fluktuatif). Dari sini dapat dianalisa bahwa karakteristik *heater* mampu menghasilkan panas dengan cepat hingga menit 20 kemudian naik melambat dan terjadi fluktuasi temperatur hingga menit 60. Karakteristik dari heater ini rupanya sangat sangat mempengaruhi perbedaan temperatur yang dicapai antara sisi panas peltier ( $T_{hot}$ ) dengan sisi dingin ( $T_{cold}$ ) peltier, dimana  $dT = T_{hot} - T_{cold}$ . Karena diatas menit 20 beda temperatur ini mengalami fluktuasi, maka aliran arus yang terjadi antara *junction* modul *thermoelectric* mengalami naik-turun juga sehingga daya yang dihasilkan juga mengalami fluktuasi, hal ini sesuai dengan persamaan *generated power* :

$$P_{gen} = I^2 R_{load} = IV \quad (5.9)$$

Dimana :

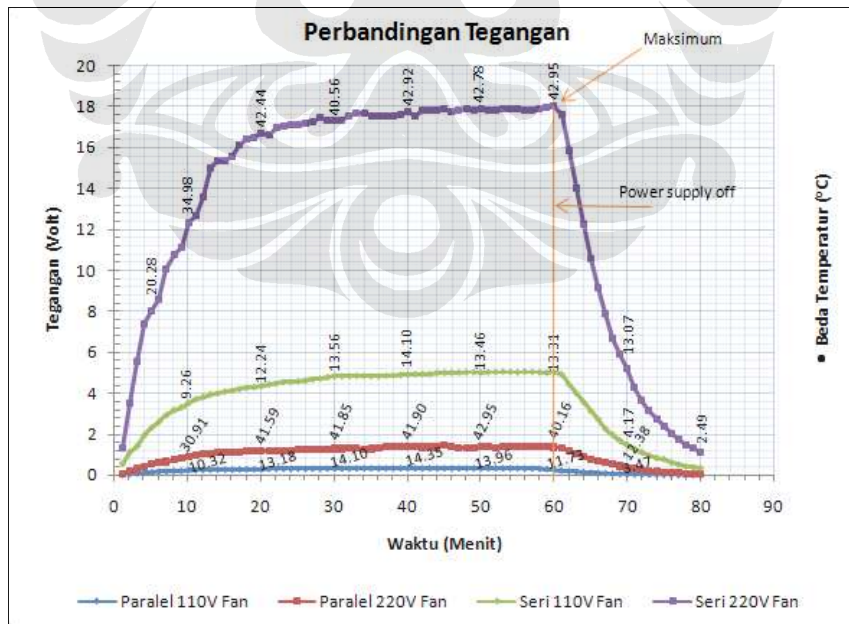
$P_{gen}$  = Daya yang dibangkitkan (Watt)

$I$  = Arus (ampere)

$V$  = Tegangan atau beda potensial (Volt)

## 5.6 ANALISA TEGANGAN OUTPUT

Grafik perbandingan tegangan *output* terlihat pada grafik 5.10 berikut ini :



Gambar 5.10 Grafik perbandingan tegangan *output* dengan variasi tegangan *input heater*, susunan *peltier*, dengan *fan*

Dari grafik pada gambar 5.10 diatas, terlihat ada kenaikan tegangan *output* seiring dengan pertambahan waktu. Kenaikan tegangan ini juga disebabkan oleh kenaikan beda temperatur pada modul *thermoelectric*. Hal ini sesuai dengan teori *seebeck effect* yaitu ketika terjadi perbedaan temperatur pada *junction* pada material semikonduktor yang berbeda, maka akan terjadi beda potensial listrik diantara *junction* tersebut. Beda potensial listrik ini meningkat dengan semakin meningkatnya perbedaan temperatur.

Urutan nilai tegangan *output* terbesar yang dihasilkan hingga terkecil adalah:

1. Seri 220V , yaitu : **18,0 V** (menit 60), dT 42,95 °C
2. Seri 110V , yaitu : 5,02 V (menit 53), dT 13,32 °C
3. Paralel 220V, yaitu : 1,40 V (menit 39), dT 42,17 °C
4. Paralel 110V, yaitu : 0,35 V (menit 33), dT 14,13 °C

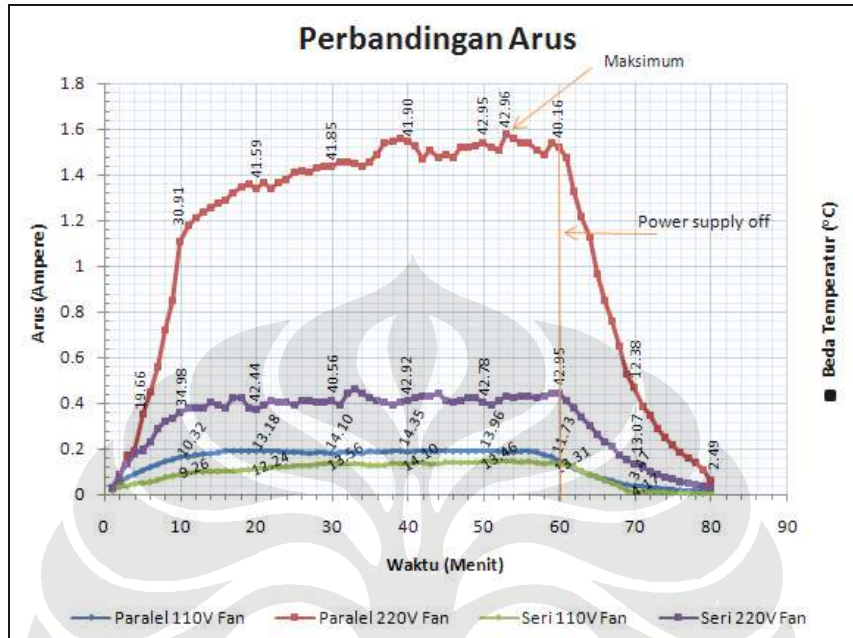
Catatan : nilai dT diperoleh dari gambar 5.12

Dari ke 4 variasi yang diberikan, setelah menit 20 hingga menit 60 nilai tegangan *output* yang dihasilkan relatif stabil. Jika ada perbedaan nilai tegangan pun sangat kecil nilainya. Hal ini menandakan bahwa ada batas maksimum dari modul *thermoelectric* untuk membangkitkan tegangan *output* , artinya beda potensial antara dua *junction* sudah mencapai nilai maksimum sehingga tidak terjadi kenaikan beda potensial lagi.

Jika dibandingkan antara susunan seri dan paralel, maka susunan seri mampu menghasilkan tegangan *output* lebih tinggi dibandingkan dengan susunan paralel. Nilai tegangan *output* susunan seri jauh lebih besar, khususnya pada susunan seri 220V yaitu memiliki kisaran nilai tegangan *output* yang relatif stabil 17-18V. Bahkan untuk susunan seri 110V pun nilai tegangan *output* yang dihasilkan masih lebih besar dibanding susunan paralel 220V. Meskipun dengan *power supply* 220V pada *heater* menghasilkan dT lebih besar daripada 110V, namun susunan paralel tidak memiliki potensi untuk menghasilkan tegangan *output* yang tinggi. Jadi jika ingin memperoleh tegangan yang besar, maka pilihlah susunan seri dengan sumber panas berkisar antara 30-150<sup>0</sup>C.

## 5.7 ANALISA ARUS OUTPUT

Grafik yang didapat dari data hasil pengujian tertera pada gambar 5.11 di bawah ini :



Gambar 5.11 Grafik perbandingan arus *output* dengan variasi tegangan *input heater*, susunan *peltier*, dengan *fan*

Dari grafik pada gambar 5.11 terlihat bahwa secara garis besar selama *power supply heater* dinyalakan maka terjadi kenaikan arus *output* dari menit 1 hingga menit 60. Temperatur *heater* pun akan naik selama periode waktu tersebut. Hal ini membuktikan dengan adanya panas yang diterima pada sisi panas *peltier* dan adanya beda temperatur maka akan terjadi aliran arus pada kopel-kopel semikonduktor *peltier*.

Pada pengujian ini nilai arus *output* paling tinggi dicapai dengan susunan *peltier* paralel 220V, kemudian susunan seri 220V pada posisi kedua, susunan paralel 110V pada posisi ketiga, dan susunan seri 110V pada posisi terakhir. Detilnya :

1. Paralel 220V, yaitu : 1,58 A (menit 53), dT 42.96 °C
2. Seri 220V , yaitu : 0,46 A (menit 33), dT 42.82 °C
3. Paralel 110V , yaitu : 0.19A (menit 45), dT 14.09 °C
4. Seri 110V , yaitu : 0,14A (menit 53), dT 13,32 °C

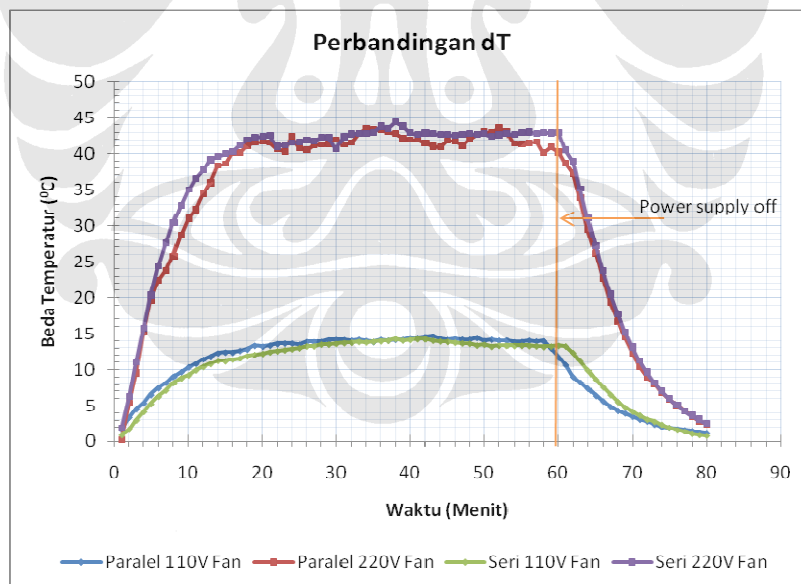
Catatan : nilai dT diperoleh dari gambar 5.12



Jika diperhatikan dengan lebih spesifik untuk *power supply* 110V, baik itu seri atau paralel, arus *output* mengalami kenaikan yang cepat dari menit 1 hingga sekitar menit 20. Kemudian dari menit 20 hingga menit 60, arus *output* relatif mengalami kenaikan yang lambat bahkan memiliki nilai yang hampir stabil. Jadi setelah nilai arus *output* maksimum dicapai, nilai arus tersebut mungkin saja dapat terulang kembali pada beberapa menit berikutnya karena nilai  $dT$  setelah menit 20 hampir stabil antara 13-14,5°C. Sedangkan untuk *power supply* 220V, baik itu seri atau paralel, terjadi kenaikan nilai arus *output* yang cepat dari menit 1 hingga menit 20. Namun setelah menit 20 kenaikan arus mulai melambat. Nilai arus pun sangat fluktuatif sama halnya dengan nilai  $dT$  nya antara 42-44,3 °C. Meskipun terlihat fluktuatif, jika dilihat dari skalanya hanya pada *range* yang relatif kecil yaitu  $\pm 0-0,1$  A.

## 5.8 ANALISA PERBEDAAN TEMPERATUR

Grafik perbedaan temperatur yang didapat dari data hasil pengujian terlihat pada gambar 5.12 di bawah ini :



Gambar 5.12 Grafik perbandingan  $dT$  dengan variasi tegangan *input* heater, susunan *peltier*, dengan fan

Jika tegangan *input* yang diberikan pada heater 110V dan fan dinyalakan maka temperatur heater memiliki *range* antara 30-70°C, sedangkan dengan

tegangan *input* 220V memiliki *range* antara 30-150<sup>0</sup>C. Nilai temperatur ini juga dipengaruhi oleh temperatur ambient.

Dari grafik pada gambar 5.12 terlihat dengan *power supply* 110V memiliki *range* beda temperatur (*dT*) antara 0-15<sup>0</sup>C, sedangkan dengan supply 220V memiliki *range* beda temperatur (*dT*) 0-45 <sup>0</sup>C. Namun selama 20 menit setelah *power supply* dimatikan beda temperatur hampir mendekati 0<sup>0</sup>C. Jadi pada pengujian dengan *fan* ini dilakukan hingga menit 80 (60 menit *power supply on*, 20 menit *off*). Beda temperatur (*dT*) ini merupakan beda temperatur rata-rata dari 3 *peltier* (*dT*1, *dT*2, dan *dT*3) yang diketahui nilainya.

