KATA PENGANTAR

Segala puji syukur dan kemuliaan hanya kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala limpahan kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul**" Pengaruh Rangkaian Seri-Paralel Sel Peltier Dan Beda Temperatur Terhadap Daya Listrik Yang Dihasilkan Sel Peltier"**.

Dalam menyusun skripsi ini penulis memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng., Dr.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Bapak Purnami, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang
3. Ibu Widya Wijayanti, ST., MT., Dr. Eng. Selaku Kepala Program Studi S1 sekaligus Ketua Kelompok Dasar Keahlian Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Rudy Soenoko Prof. Dr. Ir. M. Eng.Sc selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan dan ilmu yang bermanfaat selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Slamet Wahyudi, ST., MT., Dr.selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan dan ilmu yang bermanfaat selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Ayahanda dan Ibunda yang dengan sabar mendukung serta memanjatkan doa hingga menghantarkan penulis dari awal sampai akhir penyusunan skripsi ini.
7. Saudari Melisa Dianatobing, dan teman teman M'10 yang senantiasa mendukung penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan, hal ini dikarenakan keterbatasan ilmu dan pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar kedepannya menjadi lebih baik.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi yang sederhana ini bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Oktober 2014

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **i**
DAFTAR ISI ..... **ii**
DAFTAR GAMBAR ..... **iii**
DAFTAR TABEL ..... **vii**
RINGKASAN ..... **viii**

BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 *The Thermoelectric and Related Effect* 4
2.2.1. Efek *Seebeck* dan Efek *Peltier* 4
2.2.2. Teori Pembangkit dan Refrigerasi Termoelektrik 6
2.1.2.1. *Transport Effect* *6*
2.1.2.2. Pembangkit Termoelektrik *8*
2.1.2.3. *Multi Stage Devices* *10*
2.2 Material Termoelektrik 12
2.2.1. Bismuth 12
2.2.2. Timbal Telurida 13
2.2.3. Silikon Germanium 14
2.2.4. *Skuterrudite* 14
2.2.5. *Clahtrate* 15
2.2.6. Paduan *Half Heusler* 15
2.2.7. *Metal Silicides* 16
2.2.8. *Tin Selenide* 16
2.3 Modul Termoelektrik 17
2.3.1 Definisi Modul Termoelektrik 17
2.3.2 Aplikasi Efek Peltier 18
2.3.3 Alat alat Seebeck 19

2.4. Rangkaian Listrik Pada Termoelektrik 21
2.4.1 Rangkaian Seri Pada Termoelektrik 21
2.4.2 Rangkaian Paralel Pada Termoelektrik 21
2.4.3 Gabungan Antara Rangkaian Seri Dan Paralel Pada Termoelektrik 21
2.5 Hipotesa 22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian 23
3.2 Variabel Penelitian 23
3.3 Peralatan Penelitian 24
3.4 Instalasi Penelitian 27
3.5 Metode Pengambilan Data 29
3.6 Diagram Alir Penelitian 30
3.7 Rancangan Penelitian 31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian dan Pengolahan Data 36
4.1.1 Metode Pengambilan Data 36
4.1.2 Data Hasil Penelitian dan Pengolahan Data 36
4.2 Pembahasan 38
4.2.1 Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Tegangan Sel Tunggal Dengan Rangkaian Seri 39
4.2.2 Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Tegangan Sel Tunggal Dengan Rangkaian Paralel 42
4.2.3 Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Tegangan Rangkaian Seri, Paralel, Dan Gabungan Seri - Paralel 44
4.2.4 Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Arus Sel Tunggal Dengan Rangkaian Seri 46
4.2.5 Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Arus Sel Tunggal Dengan Rangkaian Paralel 48
4.2.6 Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Arus Rangkaian Seri, Paralel, Dan Gabungan Seri - Paralel 50
4.2.7 Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Daya Sel Tunggal Dengan Rangkaian Seri 52
4.2.8 Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Daya Sel Tunggal Dengan Rangkaian Paralel 54

4.2.9 Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Daya Rangkaian Seri, Paralel, Dan Gabungan Seri - Paralel 56

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 58

5.2 Saran 58

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Eksperimen yang menggambarkan efek *Seebeck* dan efek *Peltier* 4
Gambar 2.2 Termokopel Simpel 5
Gambar 2.3 Termokopel Simpel sebagai generator 8
Gambar 2.4 Susunan termoelektrik dua tahapan 11
Gambar 2.5 COP susunan termoelektrik dengan ZT=0.7 dan heatsink pada 300K 12
Gambar 2.6 Bismuth Telurida 13
Gambar 2.7 Timbal Telurida 13
Gambar 2.8 Silikon dan Germanium 14
Gambar 2.9 Skutterudite 15
Gambar 2.10 *Ice Clatharatte* 15
Gambar 2.11 Struktur atom paduan *Half Heusler* 16
Gambar 2.12 Besi Silisida 16
Gambar 2.13 Timah Selenida 17
Gambar 2.14 Skema susunan dari modul termoelektrik *17*
Gambar 2.15 Sel Termoelektrik dengan daya sebesar 72 W 18
Gambar 2.16 Kulkas portabel dengan termoelektrik 19
Gambar 2.17 Prinsip kerja mesin kalor termoelektrik 19
Gambar 2.18 Aplikasi pembangkit Termoelektrik pada *exhaust* mobil BMW 20
Gambar 2.19 Prinsip kerja pembangkit termoelektrik 20
Gambar 2.20 Rangkaian seri dan paralel pada baterai 22
Gambar 3.1 Reservoir Air 24
Gambar 3.2 Heater 24
Gambar 3.3 Termokopel dan Termokontroler 25
Gambar 3.4 *Voltmeter* dan *Amperemeter* 25
Gambar 3.5 Resistor 10 Ohm 5 Watt 26
Gambar 3.6 Modul Termoelektrik 26
Gambar 3.7 Instalasi Penelitian 27
Gambar 3.8 Instalasi rangkaian listrik penelitian 28
Gambar 3.9 Diagram Alir penelitian 30
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Tegangan Sel Tunggal dengan Rangkaian Seri 38

Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Tegangan Sel Tunggal dengan Rangkaian paralel 41
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Tegangan Rangkaian Seri, Paralel dan Gabungan Seri-Paralel 43
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Arus Sel Tunggal dengan Rangkaian Seri 45
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Arus Sel Tunggal dengan Rangkaian paralel 47
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Arus Rangkaian Seri, Paralel dan Gabungan Seri-Paralel 49
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Daya Sel Tunggal dengan Rangkaian Seri 51
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Daya Sel Tunggal dengan Rangkaian paralel 53
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Antara Beda Temperatur Terhadap Daya Rangkaian Seri, Paralel dan Gabungan Seri-Paralel 55

DAFTAR TABEL

Tabel3.1	Data tegangan dan Arus pada beda temperatur 30^0C	31
Tabel3.2	Data tegangan dan Arus pada beda temperatur 45^0C	32
Tabel3.3	Data tegangan dan Arus pada beda temperatur 60^0C	32
Tabel 4.1	Data Hasil Penelitian untuk beda temperatur sebesar 30 ^{0}C	35
Tabel 4.2	Data Hasil Penelitian untuk beda temperatur sebesar 45^0C	36
Tabel 4.3	Data Hasil Penelitian untuk beda temperatur sebesar 60^0C	36
Tabel 4.4	Data tegangan Sel Peltier dari keseluruhan penelitian	36
Tabel 4.2	Data arus Sel Peltier dari keseluruhan penelitian	36
Tabel 4.3	Data daya Sel Peltier dari keseluruhan penelitian	37

RINGKASAN

ALEXANDER PRASETYA WIJAYA, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, Oktober 2014, *Pengaruh Rangkaian Seri-Paralel dan beda Temperatur terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan Sel Peltier*, Dosen Pembimbing: Rudy Soenoko dan Slamet Wahyudi.

Peningkatan kebutuhan energi listrik membuat semakin dibutuhkannya tambahan energi baru yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui. Energi termal merupakan salah satu sumber yang tidak terbatas dan mudah ditemui, pemanfaatannya dapat melalui suatu alat yang dapat mengesktrak panas menjadi energi listrik yaitu dengan *Thermoelectric Cell*. Keterbatasan sel termoelektrik membuat aplikasi langsung sel tersebut masih sangat terhambat sehingga dibutuhkan suatu penelitian yang dapat meningkatkan kinerja dari sel termoelektrik baik kemampuan konversi energi maupun rentang kerja sel tersebut. Peningkatan tesebut dapat dicapai dengan *Multi StageCell* yaitu memanfaatkan tumpukan sel termoelektrik untuk dapat menghasilkan keluaran tegangan dan arus yang lebih tinggi. Penggunaan sel terebut akan dirangkai dalam beberapa beda temperatur dan susunan rangkaian seri maupun paralel sehingga dapat diketahui dampak langsungnya melalui tegangan dan arus hasil keluaran sel. Dari hasil penelitian diketahui bahwa tegangan, arus dan daya yang tertinggi didapatkan pada rangkaian paralel sel termoelektrik kemudian gabungan antara rangkaian seri dan paralel sel, sel tunggal, dan terakhir adalah rangkaian seri sel. Prinsip elektronika secara umum dapat diterapkan pada sel termoelektrik ini.

Kata kunci: *Thermoelectric Cell, Multi Stage*, Beda Temperatur,Tegangan dan Arus