



**UJI JENIS KAWAT PENGHANTAR BERDASARKAN
DERET VOLTA MENGGUNAKAN KALORIMETER**

SKRIPSI

Oleh :

**IGA ELYSA DARMIATI
NIM 110210102013**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**UJI JENIS KAWAT PENGHANTAR BERDASARKAN
DERET VOLTA MENGGUNAKAN KALORIMETER**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Fisika (S1) dan mencapai gelar sarjana pendidikan

Oleh :

**IGA ELYSA DARMIATI
NIM 110210102013**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Keluarga besar tercinta, yaitu: Ibuku Hj. Alis Retnowati, Ayahku H. Sabar Iman Isa, dan Kakakku Faizzatul Ismah, Adiku Much. Nasrul Shobiry, serta Adik terkecilku Syidat Budhi Alisabry atas doa, nasihat, dukungan, motivasi, dan kasih sayang yang diberikan dalam iringan langkahku untuk menuntut ilmu;
2. Guru-guruku sejak Sekolah Dasar, Sekolah Menengah Pertama, Sekolah Menengah Atas sampai dengan Perguruan Tinggi;
3. Almamater Fakultas Ilmu Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

MOTTO

*“Siapa yang menginginkan dunia maka hendaklah dengan ilmu
Siapa yang menginginkan akhirat maka hendaklah dengan ilmu”**

*“Kau takkan mampu membuat semua orang senang. Karenanya, perbaiki saja
hubunganmu dengan Allah dan tak usah pedulikan mereka”**



^{*)} Muhammad Al-Faiz dan Juman Rofarif. 2016. Al-Hikmah Imam Syafi'i Mutiara Hikmah & Syair Indah Imam Ahlussunnah. Jakarta: Penerbit Zaman

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah:

Nama : Iga Elysa Darimiati

Nim : 110210102013

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *Uji Jenis Kawat Penghantar Berdasarkan Deret Volta Menggunakan Kalorimeter* adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, September 2017

Yang menyatakan,

Iga Elysa Darmiati
NIM 110210102013

SKRIPSI

**UJI JENIS KAWAT PENGHANTAR BERDASARKAN DERET VOLTA
MENGUNAKAN KALORIMETER**

Oleh

**Iga Elysa Darmiati
NIM 110210102013**

Pembimbing

Dosen Pembimbing 1 : Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si.

Dosen Pembimbing 2 : Dr. Yushardi, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Uji Jenis Kawat Penghantar Berdasarkan Deret Volta Menggunakan Kalorimeter" telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si.

NIP: 19620401 198702 1 001

Dr. Yushardi, S.Si., M.Si.

NIP. 19650420 199512 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Drs. Sri Handono Budi Prastowo, M.Si.

NIP. 19580318 198503 1 004

Drs. Bambang Supriadi, M.Sc.

NIP. 19680710 199302 1 001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D.

NIP 19680802 199303 1 004

RINGKASAN

Uji Jenis Kawat Penghantar Berdasarkan Deret Volta Menggunakan Kalorimeter; Iga Elysa Darmiati, 110210102013; 2017: 40 halaman; Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Energi listrik termasuk kebutuhan pokok masyarakat saat ini. Berdasarkan Hukum Kekekalan Energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan namun dapat diubah kebentuk energi yang lain. Manfaat energi listrik salah satunya energi listrik diubah menjadi energi panas (kalor). Komponen terpenting dalam alat pemanas dapat menghasilkan kalor karena memiliki elemen pemanas. Alat untuk mengukur kalor yaitu kalorimeter bertujuan untuk mengisolasi energi yang ada didalam sehingga tidak ada pertukaran energi dari dalam dan luar .

Jika kawat penghantar yang dialiri arus listrik akan mempengaruhi terhadap kenaikan suhunya. Kenaikan suhu akan semakin besar dengan meningkatkan kuat arus listrik. Jika kawat penghantar diberi beda potensial akan terjadi tumbukan antara elektron-elektron yang semakin cepat. Sehingga dapat menimbulkan kalor yang disebabkan oleh arus. Seiring dengan kenaikan suhu yang dialami kawat penghantar dalam kalorimeter, maka dapat menghitung jumlah kalor yang dihasilkan. Berdasarkan fakta diatas, peneliti tertarik melakukan penelitian tentang besarnya nilai kuat arus dan jumlah kalor yang dihasilkan pada kawat penghantar. Sehingga penelitian ini diberi judul “Uji Jenis Kawat Penghantar Berdasarkan Deret Volta Menggunakan Kalorimeter”.

Penelitian ini bertujuan mengkaji bagaimana kestabilan nilai kuat arus dan jumlah kalor yang dihasilkan pada kawat penghantar berdasarkan deret volta menggunakan Kalorimeter. Jenis penelitian ini adalah penelitian *eksperimen* dengan variabel bebas jenis kawat penghantar yang dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember pada pukul 11.00 WIB, dan diketahui temperatur di dalam ruangan saat itu kurang lebih 28°C. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur tegangan dan kuat arus listrik menggunakan

multimeter, kemudian mengukur suhu menggunakan termometer digital pada rangkaian kawat penghantar dalam kalorimeter. Setelah melakukan pengukuran suhu, maka dapat menghitung jumlah kalor yang dihasilkan pada setiap kawat penghantar. Kawat penghantar yang digunakan dalam penelitian yaitu berjenis kanthal A-1, Ni200, dan Tembaga.

Data yang disusun dalam tabel diolah dan dianalisis bagaimana kestabilan kuat arus pada kawat penghantar berdasarkan deret volta dan bagaimana jumlah kalor yang dihasilkan kawat penghantar menggunakan kalorimeter. Hasil analisis data menunjukkan kuat arus yang dihasilkan kawat penghantar berbeda-beda, dan perubahan suhunya juga berbeda. Tergantung pada kawat yang digunakan. Karena setiap kawat memiliki karakteristik yang berbeda.

Kawat penghantar yang dialiri listrik terdapat gerakan elektron, gerakan elektron tergantung kandungan logam dalam kawat. Urutan logam-logam terdapat dalam deret volta, semakin ke kiri maka logam tersebut akan mudah melepaskan elektron dan jika semakin ke kanan maka logam tersebut akan sulit melepaskan elektron. Hambatan inilah yang menentukan besar kecilnya arus listrik. Menurut Muku (2009) semakin besar arus yang mengalir maka semakin meningkat kenaikan suhunya. Perubahan suhu, kalor jenis dan massa zat sebanding dengan kalornya. Jumlah kalor yang dihasilkan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan $Q = (m \cdot c + H)\Delta T$.

Kesimpulan yang diperoleh Kestabilan kuat arus terjadi pada kawat tembaga, dalam deret volta tembaga merupakan kedudukan yang paling kanan dari kandungan kawat lainnya, sehingga logam tersebut memiliki hambatan yang besar sehingga sulit melepaskan elektron. Semakin banyak hambatan pada kawat penghantar maka makin banyak tumbukan elektron yang terjadi, sehingga mengakibatkan semakin kecil arus yang mengalir. Jumlah kalor yang dihasilkan bergantung pada perubahan suhu, kalor jenis dan massa zat. Dari ketiga kawat jumlah kalor yang besar dihasilkan oleh kawat kanthal A-1

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul Uji Jenis Kawat Penghantar Berdasarkan Deret Volta Menggunakan Kalorimeter. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Ibu Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes. selaku Ketua jurusan Pendidikan MIPA;
3. Bapak Drs. Bambang Supriadi, M.Sc. selaku ketua program studi Fisika;
4. Bapak Prof. Sutarto, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Akademik;
5. Bapak Drs. Trapsilo Prihandono, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi I;
6. Bapak Dr. Yushardi, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi II;
7. Bapak Drs. Sri Handono Budi Prastowo, M.Si. selaku Dosen Penguji Skripsi I;
8. Bapak Drs. Bambang Supriadi, M.Sc. selaku Dosen Penguji Skripsi II;
9. Seluruh Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan bekal ilmu selama menyelesaikan studi di Pendidikan Fisika;
10. Saudara Muh. Oka Legiono dan Andri Ariyanto;
11. Sahabat terdekat Rosydiana, Poppy, Zayyan, Vidda, Damar, Eli, Farid;
12. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat. Amin

Jember, September 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Arus dalam Konduktor	6
2.2 Hambatan dan Hambatan Jenis	8
2.3 Energi dalam Rangkaian Listrik	11
2.4 Suhu dan Kalor	12
2.5 Kapasitas Kalor dan Kalor Jenis	14
2.6 Perpindahan Kalor secara konduksi dan Konveksi	15

2.6.1 Perpindahan Konduksi.....	15
2.6.2 Perindahan Konveksi	16
2.7 Kesetaraan Energi dan Kalor.....	17
2.8 Deret Volta.....	18
2.9 Jenis-Jenis Elemen Pemanas.....	19
2.9.1 Kawat Kanthal A-1	20
2.9.2 Kawat Nikelin.....	22
2.9.3 Kawat Tembaga.....	26
BAB 3. METODE PENELITIAN	27
3.1 Jenis Penelitian	27
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.3 Variabel Penelitian dan Definisi Operasional Variabel	27
3.4 Definisi Operasional Variabel	27
3.5 Alat dan Bahan Penelitian	28
3.6 Desain Alat Penelitian	29
3.7 Alur Penelitian	30
3.8 Langkah Penelitian	30
3.9 Teknik Penyajian Data	31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Hasil Penelitian	34
4.2 Pembahasan.....	36
BAB 5 PENUTUP.....	40
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Nilai-nilai kalor jenis	14
2.2 Nilai-nilai konduktivitas termal	16
2.3 Potensial elektroda standar.....	19
2.4 Spesifikasi fisik kawat khantal A-1.....	20
2.5 Komposisi kawat Nikel 200 (%).....	22
2.6 Konstanta fisik dari kawat Nikel 200.....	22
2.7 Koefisien suhu dari kawat Nikel 200	23
2.8 Komposisi dari kawat Nikel 201 (%).....	24
2.9 Konstanta fisik dari kawat Nikel 201	24
2.10 Koefisien suhu dari kawat Nikel 201	25
2.11 Spesifikasi fisik dari kawat Tembaga	26
3.1 Tabel penyajian data untuk perhitungan nilai resistansi kawat pada kawat kanthal A-1	31
3.2 Tabel penyajian data untuk perhitungan nilai resistansi kawat pada kawat Ni200.....	31
3.3 Tabel penyajian data untuk perhitungan nilai resistansi kawat pada kawat Tembaga.....	32
4.1 Data pengukuran massa (gram) dan nilai kalor jenis (kal/g°C).....	33
4.2 Data pengukuran kuat arus dan perubahan suhu pada kawat penghantar berjenis Kanthal A-1	33
4.3 Data pengukuran kuat arus dan perubahan suhu pada kawat penghantar berjenis Ni200.....	34
4.4 Data pengukuran kuat arus dan perubahan suhu pada kawat penghantar berjenis tembaga	34

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Arus dalam kawat penghantar dan memiliki luas penampang.....	7
2.2 Kawat dengan panjang ΔL dan luas penampang yang dilewati arus	8
3.1 Desain alat untuk penelitian uji jenis kawat penghantar berdasarkan deret volta menggunakan calorimeter	29
3.2 Bagan alur penelitian.....	29
4.1 Grafik Nilai Kuat Arus terhadap Waktu	34

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Matrik Penelitian	44
B. Tingkat Ketelitian (<i>i</i>) Hasil Eksperimen	45
C. Tingkat Ketelitian (<i>V</i>) Hasil Eksperimen.....	48
D. Jumlah Kalor Yang Dihasilkan (<i>Q</i>) Hasil Eksperimen.....	51
E. Perhitungan jumlah kalor yang dihasilkan (<i>Q</i>) eksperimen	52
E. Lampiran Foto Kegiatan Penelitian	55

BAB 1 LATAR BELAKANG

1.1 Latar belakang

Energi listrik termasuk kebutuhan pokok masyarakat saat ini. Berdasarkan Hukum Kekekalan Energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan namun dapat diubah kebentuk energi yang lain. Manfaat energi listrik bagi kehidupan sehari-hari cukup banyak, salah satunya energi listrik diubah menjadi energi panas (kalor). Perubahan energi listrik menjadi energi kalor dapat diamati pada alat dapur yaitu setrika listrik, kompor listrik, heater, magic com. Jika elemen diberi beda potensial, tumbukan elektron-elektron akan semakin cepat. Secara otomatis kecepatan tumbukan bertambah dan getaran partikel semakin besar, dari kejadian tersebut dapat menimbulkan kalor yang disebabkan oleh arus (Zemansky, 2003). Maka alat-alat tersebut dapat menghasilkan kalor karena memiliki elemen pemanas.

Kalor dapat dihitung dengan memanfaatkan Hukum Termodinamika kedua menyatakan bahwa kalor dapat mengalir secara spontan dari benda panas ke benda dingin, kalor tidak akan mengalir secara spontan dari benda dingin ke panas (Giancoli, 2014). Hal tersebut terjadi jika terdapat perbedaan suhu pada benda, maka mengakibatkan terjadinya perpindahan kalor. Benda yang melepas kalor suhunya akan menurun sedangkan benda yang menerima kalor suhunya akan meningkat. Perpindahan kalor menurut sifat hantarnya dapat dibagi menjadi tiga yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. (Isnaini, 2012:121).

Alat untuk mengukur kalor yaitu kalorimeter, yang terdiri atas bejana yang dilengkapi sebuah pengaduk dengan termometer. Pada sebuah bejana diselimuti penyekat panas untuk mengurangi radiasi panas, contohnya yang diterapkan pada termos. Penggunaan kalorimetri yaitu untuk mengetahui kapasitas panas suatu zat, nilai kalor jenis suatu zat, dan jumlah kalor yang dilepas maupun yang diterima. Persamaan kalor $Q = m.c.\Delta T$, maka jumlah kalor dipengaruhi oleh massa, kalor jenis, dan perubahan suhu. Hubungan antara kalor dan ketiga faktor tersebut adalah berbanding lurus. Semakin besar suatu massa, maka kalor yang dihasilkan

semakin besar. Jika kalor jenis suatu benda mempunyai nilai yang besar, maka kalor yang dihasilkan juga besar. Nilai kalor jenis tergantung pada bahan yang digunakan, karena setiap bahan memiliki nilai kalor jenis yang berbeda-beda. Dan semakin besar perubahan suhu yang terjadi, maka kalor yang dihasilkan juga besar.

Kawat penghantar yang digunakan untuk penelitian yaitu berjenis kanthal A-1, Ni200 dan Tembaga termasuk. Dua kawat mengandung logam campuran yaitu kawat Kanthal A-1 mengandung campuran Al 5,8%, Cr 22%, besi, dan kawat Ni200 mengandung logam campuran Ni 99%, Cu 0,25%, Fe 0,40%, Mg 0,35% carbon 0,15%, Silicon 0,35%, sulfur 0,01%. Logam-logam tersebut terdapat dalam deret elektrokimia atau deret volta. Umumnya deret yang sering dipakai adalah: Li, K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Hg, Ag, Au (Putra, 2015). Pada deret volta, unsur logam dengan potensial elektroda negatif ditempatkan dibagian kiri, sedangkan unsur dengan potensial elektroda positif ditempatkan dibagian kanan. Semakin ke kiri kedudukan suatu logam dalam deret, maka logam semakin mudah melepaskan elektron (reaktif) dan semakin mudah mengalami oksidasi. Sebaliknya, semakin ke kanan kedudukan suatu logam dalam deret volta, maka logam semakin sulit melepaskan elektron (kurang reaktif) dan semakin mudah mengalami reduksi.

Arus listrik dalam sebuah kawat penghantar ditimbulkan oleh gerakan muatan elektron. Arah aliran elektron ini berlawanan dengan arah arus listrik dalam kawat penghantar. Muatan positif tidak dapat berpindah atau mengalir, tapi muatan elektron yang dapat bergerak atau mengalir. Tumbukan yang terjadi antar elektron menimbulkan getaran partikel suatu konduktor. Ketika konduktor diberi perlakuan seperti pemberian tegangan, maka tumbukan elektron-elektron akan semakin keras. Secara otomatis kecepatan tumbukan bertambah dan getaran partikel menjadi besar. Hal ini menimbulkan panas yang disebabkan oleh arus listrik. Alasan menguji ketiga elemen tersebut karena memiliki sifat titik leleh yang tinggi, penghantar panas yang baik, tahan korosi, dan banyak digunakan oleh masyarakat dan pabrik industri sebagai komponen dasar bahan pemanas.

Menurut Muku (2009) melakukan penelitian “Kekuatan Sambung Las Aluminium Seri 110 dengan Variasi Kuat Arus pada Proses Las Metal Inert Gas (MIG)”. Meneliti tentang pengaruh tarik las pada pengelasan Aluminium 1100, dengan tegangan busus dan kecepatan pengelasan dijaga konstan. Kuat arus merupakan parameter las yang sangat penting karena berpengaruh terhadap besarnya panas yang masuk pada pengelasan. Masukan panas akan semakin besar dengan meningkatnya kuat arus listrik dengan variabel tegangan dan kecepatan pengelasan dijaga konstan. Jika makin tinggi kuat arus listrik kekuatan sambungan las akan meningkat sampai mencapai puncak pada kuat arus 180 A dengan kekuatan las 11,900 kgf/mm².

Menurut Pangaribuan (2016) yang melakukan penelitian “Analisis Kekuatan Kawat Listrik Ditinjau dari Sifat-Sifat Mekanik”. Dalam penelitiannya menggunakan kawat tembaga 3 jenis dengan perbedaan harga (dari harga yang murah hingga lebih mahal). Penelitian tersebut bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan mekanik kawat listrik, sehingga dapat diketahui kualitas dari kawat listrik yang terdapat dipasaran. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa jenis kawat listrik supreme adalah yang terbaik ditinjau dari kekuatan mekaniknya dibandingkan dengan kedua kawat listrik extrana dan eterna

Hersandi (2014) melakukan penelitian penelitian berjudul “Pengaruh Bentuk Elemen Pemanas Terhadap Jumlah Kalor yang Dihasilkan”. Dalam penelitian Hersandi menggunakan kawat nikelin dengan tiga variasi bentuk, adapun tujuan penelitian tersebut yaitu untuk mengidentifikasi pengaruh bentuk elemen pemanas terhadap jumlah kalor yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk-bentuk elemen pemanas mempengaruhi nilai hambatan jenis dan berpengaruh juga terhadap jumlah kalor yang dihasilkan.

Berdasarkan latar belakang diatas peneliti tertarik melakukan penelitian tentang hubungan antara hambatan jenis dan waktu pada ketiga elemen. Sehingga penelitian ini diberi judul **“Uji Jenis Kawat Penghantar Berdasarkan Deret Volta Menggunakan Kalorimeter”**.

1.2 Rumusan masalah

Berkaitan dengan uraian pada latar belakang, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu:

1. Bagaimana kestabilan nilai kuat arus pada kawat penghantar berdasarkan deret volta menggunakan Kalorimeter?
2. Bagaimana jumlah kalor yang dihasilkan pada kawat penghantar menggunakan kalorimeter?

1.3 Batasan masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Kawat penghantar yang digunakan dalam penelitian ini adalah kawat Kanthal A-1, Ni200, dan Tembaga.
2. Kandungan tiap kawat penghantar yaitu kawat Kanthal A-1 mengandung 5,8%, Cr 22%, dan besi (balance); kawat Ni200 mengandung Ni 99%, Cu 0,25%, Fe 0,40%, Mg 0,35% carbon 0,15%, Silicon 0,35%, sulfur 0,01%; dan Tembaga kandungan Cu
3. Panjang kawat pada tiap masing kawat penghantar sepanjang ± 55 cm.
4. Pengambilan data dilakukan selama kenaikan suhu 5°C menit pada tiap pengukuran.
5. Beda potensial yang diberikan 12 volt
6. Medan magnet disekitar penghantar sangat kecil, sehingga perubahan medan magnet disekitar logam diabaikan
7. Penelitian ini hanya membahas tentang kestabilan kuat arus dan jumlah kalor yang dihasilkan pada elemen pemanas dalam kalorimeter.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini:

1. Untuk mengetahui kestabilan nilai kuat arus pada kawat penghantar berdasarkan deret volta menggunakan kalorimeter.

2. Untuk mengetahui jumlah kalor yang dihasilkan pada kawat penghantar menggunakan kalorimeter.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil setelah dilaksanakan penelitian adalah :

1. Bagi Peneliti, sebagai penambah ilmu baru tentang kawat kanthal A-1, Ni200 dan tembaga sebagai elemen pemanas.
2. Bagi mahasiswa, sebagai acuan untuk mengembangkan penelitian tentang kestabilan kuat arus dan jumlah kalor yang dihasilkan pada kawat penghantar jenis Kanthal A-1, Ni200 dan tembaga menggunakan kalorimeter.
3. Bagi masyarakat, dapat memberikan gambaran mengenai kestabilan kuat arus dan jumlah kalor yang dihasilkan dari tiap kawat penghantar dan dapat dijadikan acuan untuk memilih kawat yang efektif dan efisien sesuai dengan kebutuhan konsumen.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arus dalam Konduktor

Arus listrik akan mengalir dalam rangkaian listrik tertutup, yang didalamnya terdapat sumber listrik. Misal kawat pembawa arus muatan bergerak dengan kecepatan rata-rata kecil. Bila gerakan-gerakan dari muatan berlangsung di dalam sebuah lintasan konduksi yang membentuk sebuah simpal tertutup, maka lintasan disebut dengan rangkaian listrik. Arus listrik didefinisikan sebagai laju aliran muatan listrik yang melalui suatu luasan penampang lintasan (Tipler, 2001:138).

Jika simbol ΔQ adalah muatan yang mengalir melalui penampang lintasan dalam waktu Δt , maka persamaan arus menjadi:

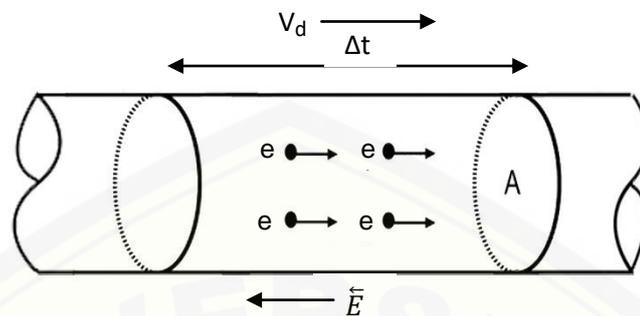
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad 2.1$$

Satuan SI dari arus adalah ampere (A), yang didefinisikan sebagai coulomb per detik. Dari persamaan 2.1, arus merupakan besaran skalar karena muatan dan waktu dalam persamaan itu adalah skalar (Halliday dkk, 2010:140). Namun, setiap rangkaian listrik digambarkan arus dengan panah untuk menandakan muatan sedang bergerak, arti panah tersebut bukanlah vektor.

Sebelumnya para ahli beranggapan bahwa arus listrik dalam sebuah kawat penghantar ditimbulkan oleh gerakan muatan listrik positif. Aliran muatan positif ini mengalir dari potensial tinggi menuju potensial rendah. Namun setelah penemuan tentang elektron oleh J.J. Thomson, para ahli baru mengetahui bahwa arus listrik dalam sebuah kawat penghantar ditimbulkan oleh aliran elektron. Arah aliran elektron ini berlawanan dengan arah arus listrik dalam kawat penghantar. Muatan positif tidak dapat berpindah atau mengalir, tapi muatan elektron yang dapat bergerak atau mengalir.

Tumbukan yang terjadi antar elektron menimbulkan getaran partikel suatu konduktor. Ketika konduktor diberi perlakuan seperti pemberian beda potensial, maka tumbukan elektron-elektron akan semakin keras. Secara otomatis

kecepatan tumbukan bertambah dan getaran partikel menjadi besar. Hal ini menimbulkan panas yang disebabkan oleh arus.



Gambar 2.1 arus dalam kawat penghantar dan memiliki luas penampang

Pada gambar 2.1, suatu arus dalam kawat penghantar memiliki luas penampang A , dengan n adalah jumlah partikel pembawa muatan bebas persatuan volume. Simbol e melambangkan partikel yang membawa muatan dan bergerak dengan kecepatan alir v_d . Pada waktu Δt semua partikel dalam volume menjadi $nAv_d\Delta t$, sehingga jumlah muatan total dalam volume tersebut, yaitu:

$$\Delta Q = neAv_d\Delta t \quad 2.2$$

Jadi dari persamaan 2.1 dan 2.2 didapatkan arus menjadi:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = neAv_d \quad 2.3$$

Aliran muatan per satuan luas penampang disebut rapat arus. Pernyataan tersebut dapat ditulis dalam persamaan sebagai berikut:

$$\vec{J} = \frac{I}{A} \quad 2.4$$

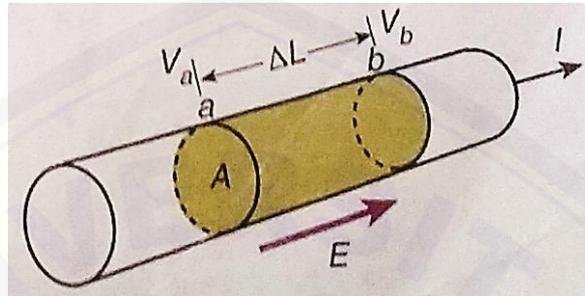
Dari persamaan 2.3 disubstitusikan pada persamaan 2.4, maka menjadi:

$$\vec{J} = nqv_d \quad 2.5$$

Rapat arus merupakan besaran vektor, yang memiliki arah sama dengan kecepatan gerak muatan positif dan berlawanan arah dengan gerak muatan negatif. Dalam SI, rapat arus memiliki satuan A/m^2 atau ampere per meter kuadrat.

2.2 Hambatan dan Hambatan Jenis

Misal kawat konduktor dengan panjang yang terhubung dengan tegangan pada setiap ujung kawat tersebut. Adanya tegangan di antara kedua ujungnya menyebabkan munculnya medan listrik (\vec{E}) (Priyambodo, 2009:350).



Gambar 2.2 kawat dengan panjang ΔL dan luas penampang yang dilewati arus (Sumber, Tipler, 2001:141)

Pada gambar 2.2 menjelaskan bahwa kawat dengan panjang ΔL dan luas penampang A yang dilewati oleh arus I . Medan listrik bergerak dari potensial tinggi ke potensial rendah, sehingga titik a memiliki potensial lebih tinggi daripada titik b . Jika panjang ΔL pada kawat cukup pendek, maka medan listrik dapat dianggap konstan. Untuk beda potensial pada titik a dan b , yaitu:

$$V = V_a - V_b = E\Delta L \quad 2.6$$

Kebanyakan material, arus dalam suatu kawat sebanding dengan tegangan yang melintasi kawat. Hasil eksperimen yang dilakukan oleh Georg Ohm (1789-1854) yang dikenal Hukum Ohm. Hukum Ohm menyatakan bahwa besar arus listrik yang mengalir pada suatu konduktor pada suhu tetap sebanding dengan tegangan antara kedua ujung konduktor (Somantri, tanpa tahun:85). Jika sebuah konduktor, diberi tegangan yang sama pada ujung-ujung kawat penghantar yang berbeda, maka menghasilkan arus yang berbeda. Hal ini bisa terjadi karena adanya karakteristik suatu penghantar yang disebut hambatan (Halliday, 2010:144). $\frac{1}{R}$ merupakan konstanta kesebandingan, dengan R disebut hambatan.

Maka persamaan hambatan menjadi:

$$I = \left(\frac{1}{R}\right)V$$

atau

$$R = \frac{V}{I} \quad 2.7$$

Satuan SI untuk resistansi atau pada persamaan 2.7 yaitu volt per ampere, sering disebut juga dengan satuan ohm (Ω).

Dalam sebuah konduktor, kerapatan arus \vec{J} bergantung pada medan listrik \vec{E} dan sifat dari material tersebut. Pada material terutama berbahan logam, rasio besarnya \vec{E} dan \vec{J} adalah konstan. Dapat didefinisikan hambatan jenis ρ merupakan perbandingan rasio dari besarnya medan listrik dan kerapatan arus (Sears dan Zemansky, 2003: 226). Persamaan hambatan jenis:

$$\rho = \frac{E}{J} \quad 2.8$$

Satuan SI hambatan jenis dari persamaan 2.6 yaitu Vm/A atau Ωm (ohm-meter).

Jika nilai hambatan jenis semakin besar, maka semakin besar pula nilai medan listrik yang diperlukan untuk menyebabkan sebuah kerapatan arus dan semakin kecil kerapatan arus yang disebabkan oleh medan listrik yang diberikan. Kebalikan dari hambatan jenis merupakan konduktivitas σ , dengan satuannya $1/\Omega m$.

Jika hukum Ohm berlaku, ρ merupakan konstan dan tidak tergantung dari besarnya medan listrik \vec{E} , maka medan listrik \vec{E} berbanding dengan rapat arus \vec{J} . Pada persamaan 2.8 dapat ditulis sebagai berikut:

$$\vec{E} = \rho \vec{J} \quad 2.9$$

Akan tetapi, lebih mudah meninjau arus total I dalam konduktor lebih mudah daripada rapat arus \vec{J} dan lebih mudah untuk meninjau tegangan V daripada medan listrik \vec{E} . Karena arus total dan tegangan lebih mudah untuk diukur daripada mengukur rapat arus dan medan listrik (Sears dan Zemansky, 2003: 229). Dari persamaan 2.4 dan 2.6, jika disubsitusikan dalam persamaan 2.9 maka menjadi:

$$\frac{V}{L} = \rho \frac{I}{A} \text{ atau } \frac{V}{I} = \rho \frac{L}{A} \quad 2.10$$

Jika persamaan 2.7 disubsitusikan dalam persamaan 2.9 maka diperoleh hubungan antara hambatan dan hambatan jenis sebagai berikut:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad 2.11$$

Sehingga hambatan kawat penghantar diketahui sebanding dengan panjang kawat dan berbanding terbalik dengan luas penampang.

Pada kawat penghantar yang dialiri arus listrik terdapat gerakan elektron. Ketika ujung-ujung kawat penghantar terdapat tegangan, elektron akan mengalir melalui ruang diantara sela-sela muatan positif yang diam. Tumbukan elektron dengan muatan positif sering terjadi sehingga menghambat aliran elektron dan mengurangi arus listrik yang dihasilkan. Makin panjang kawat penghantar makin banyak tumbukan elektron yang terjadi, sehingga makin besar pula hambatan yang dialami elektron. Akibatnya makin kecil arus yang mengalir. Oleh sebab itu, hambatan kawat penghantar dipengaruhi oleh panjang kawat, luas penampang kawat, dan jenis kawat.

hambatan jenis suatu bahan yang bergantung pada temperatur. Umumnya, hambatan logam bertambah terhadap temperatur. Karena pada temperatur yang tinggi, atom-atom bergerak lebih cepat dan susunannya tidak teratur sehingga dapat mengganggu aliran elektron (Giancoli, 2001:71). Jika sepotong kawat pada suhu T_o hambatannya R_o , maka hambatan R pada suhu T adalah :

$$R = R_o + \alpha R_o(T - T_o) \quad 2.12$$

Dimana α disebut koefisien temperatur pada kawat tersebut. Menurut Julianto (2013), menyatakan bahwa semakin tinggi suhu kawat, nilai hambatannya semakin besar. Jika semakin tinggi suhu suatu penghantar, semakin tinggi pula getaran elektron-elektron bebas dalam penghantar tersebut. Getaran elektron-elektron bebas inilah yang akan menghambat jalannya arus listrik dalam penghantar tersebut. Hubungan serupa didapati pada hambatan jenis, jika ρ_o dan ρ adalah hambatan jenis pada suhu T , maka :

$$\rho = \rho_o + \alpha \rho_o(T - T_o) \quad 2.13$$

Pada persamaan 2.13 dalam suatu batas perubahan suhu tertentu, perubahan hambatan jenis berbanding lurus dengan besarnya perubahan suhu.

2.3 Energi dalam Rangkaian Listrik

Pada sebuah konduktor terdapat muatan positif yang mengalir dari potensial tinggi menuju potensial rendah, kemudian muatan tersebut kehilangan energi potensial. Hal tersebut menyebabkan kenaikan energi termal konduktor. Misalkan sebuah kawat penghantar memiliki panjang ΔL dengan luas penampang sebesar A . Selama waktu Δt terdapat sejumlah muatan ΔQ melintasi daerah dengan luas A_1 . Pada titik tersebut terdapat potensial V_1 , sehingga muatan memiliki energi potensial ΔQV_1 . Dalam selang waktu, muatan dengan jumlah yang sama melintasi daerah dengan luas A_2 , dengan potensial V_2 dengan energi potensial ΔQV_2 . Potensial yang dimiliki oleh V_1 lebih tinggi dari pada V_2 . Diasumsikan bahwa muatan ΔQ yang melintas pada kawat sepanjang ΔL dari potensial tinggi V_1 hingga melintasi potensial rendah V_2 , dengan demikian kehilangan energi potensial dalam kawat sepanjang ΔL yaitu

$$\Delta U = \Delta Q(V_2 - V_1) = \Delta Q(-V) \quad 2.14$$

Laju kehilangan energi, dengan menggabungkan antara persamaan 2.14 dan 2.3 menjadi

$$-\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} V = IV \quad 2.15$$

Kehilangan energi per satuan waktu adalah daya P , sehingga pada persamaan 2.15 menjadi

$$P = IV \quad 2.16$$

Karena daya tersebut memberikan energi panas pada konduktor, dengan menggunakan resistansi pada persamaan 2.7 maka

$$P = I^2 R \quad 2.17$$

2.4 Suhu dan kalor

Termodinamika yaitu ilmu yang mempelajari aplikasi dari energi panas (termal) yang lebih dikenal sebagai energi dalam (internal energi) sistem, salah satu konsep utama dari termodinamika adalah temperatur (suhu) (Halliday, 2010:514). Suhu adalah salah satu dari tujuh besaran pokok SI, fisikawan mengukur suhu dalam skala kelvin yang unit satuannya disebut kelvin. Suhu dikenal sebagai ukuran panas atau dinginnya suatu benda. Semakin tinggi suhu suatu benda maka benda tersebut akan terasa panas, sebaliknya semakin rendah suhu suatu benda maka benda tersebut akan terasa dingin. Bila sebuah benda dipanaskan atau didinginkan, sebagian dari sifat fisisnya berubah. Salah satu contoh jika sebuah konduktor listrik dipanaskan, maka resistansi listriknya berubah. Sifat fisis yang berubah dengan temperatur dinamakan sifat termometrik.

Sifat termometri dapat digunakan untuk menetapkan suatu skala temperatur dan membentuk sebuah termometer (Tipler, 1998:561-562). Perubahan dari sifat termometrik menunjukkan perubahan temperatur benda. Untuk mengukur suhu secara kuantitatif dapat didefinisikan semacam skala numerik. Dasar dari termometri pengukuran suhu adalah Hukum termodinamika ke nol menyatakan bahwa dua benda yang masing-masing dalam keadaan setimbang dengan benda yang ketiga, hal tersebut dinamakan dengan keadaan setimbang termis satu sama lain. Maksud dari setimbang termis ialah tidak terjadinya perubahan keadaan fisis bila disentuhkan satu dengan yang lainnya.

Hukum Termodinamika Pertama merupakan pernyataan dari Hukum Kekekalan Energi, menggambarkan tentang hasil eksperimen-eksperimen menghubungkan usaha yang dilakukan pada sistem, panas yang ditambahkan atau dikurangi dari sistem, dan energi internal sistem (Tipler, 1998:617). Bunyi Hukum Kekekalan Energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, melainkan energi dapat dikonversi menjadi bentuk energi yang lain. Dari hukum tersebut, perubahan energi dalam sistem yang tertutup (ΔU), akan sama dengan kalor yang ditambahkan menuju sistem dikurangi kerja yang dilakukan oleh sistem, atau dapat dibentuk dalam persamaan sebagai berikut:

$$\Delta U = Q - W \quad 2.18$$

Simbol Q adalah kalor total yang ditambahkan ke sistem, dan W adalah kerja total yang dilakukan oleh sistem. Dari persamaan 2.18, simbol Q dan W menyatakan energi yang ditransfer kedalam atau keluar sistem dan energi dalam juga ikut berubah. Pada persamaan 2.18 berlaku untuk sistem tertutup, namun juga berlaku pada sistem terbuka jika memperhitungkan perubahan energi dalam yang disebabkan oleh kenaikan atau penurunan jumlah zat. Pada sistem tertutup, tidak ada kerja yang dilakukan dan tidak ada kalor yang masuk atau keluar dari sistem. Bentuk persamaan dari pernyataan tersebut $Q = W = 0$, berarti $\Delta U = 0$.

Adanya perubahan suhu disebabkan oleh perpindahan energi panas dari sistem karena adanya transfer energi antara sistem dan lingkungan, energi yang ditransfer disebut kalor dan dilambangkan oleh Q . Sehingga kalor dapat didefinisikan sebagai energi yang ditransfer antara sistem dan lingkungannya dikarenakan perubahan suhu yang ada diantara sistem dan lingkungan (Halliday, 2010:521). Hal tersebut sesuai dengan Hukum Termodinamika Kedua, yang menyatakan bahwa kalor secara spontan berpindah dari benda yang bersuhu tinggi menuju benda yang suhu rendah, dan kalor tidak akan berpindah dari benda yang bersuhu rendah menuju benda yang bersuhu tinggi.

Benda yang bersuhu rendah tidak selalu mengandung kalor yang sedikit, dibuktikan bila 1 liter air bersuhu 30°C berada didalam sebuah wadah kemudian dipanaskan dengan kompor selama 15 menit, maka air tersebut akan mendidih dengan suhu 100°C . Wadah yang diisi 100 liter bersuhu 30°C dan dipanaskan dengan kompor selama 2 jam dan hasilnya suhu air mencapai 50°C . Tentu jumlah kalor pada air 100 liter lebih banyak dibandingkan dengan jumlah kalor dalam air 1 liter (Jati, 2008:276). Ketika kedua air tersebut ditempatkan dalam wadah yang sama maka kalor akan berpindah dari air yang bersuhu 100°C menuju air yang bersuhu 50°C .

2.5 Kapasitas Kalor dan Kalor Jenis

Pengertian kapasitas kalor adalah energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu suatu benda sebesar satu derajat. Jumlah energi panas (Q) yang

dibutuhkan untuk menaikkan temperatur suatu zat adalah sebanding dengan perubahan temperatur dan massa zat, dapat dituliskan dalam persamaan:

$$Q = C \cdot \Delta T = C(T_1 - T_2) \quad 2.19$$

Simbol T_0 dan T_1 merupakan suhu awal dan akhir suatu benda, dengan satuan celsius. Satuan kapasitas panas (C) memiliki satuan unit energi per derajat celsius.

Kalor jenis adalah banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu pada benda yang bermassa 1 kg sebesar 1 derajat celsius. Jika kalor jenis (c), untuk menaikkan atau menurunkan suatu benda bermassa (m), dengan perubahan suhu (ΔT) derajat celsius. Kalor yang dihasilkan sebesar:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad 2.20$$

Pada persamaan 2.19 dan 2.20 jika dihubungkan akan menghasilkan percamaan baru, menjadi:

$$C = m \cdot c \quad 2.21$$

Berikut ini merupakan nilai-nilai kalor jenis pada bahan-bahan yang berbeda dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 nilai-nilai kalor jenis

Zat	Kalor Jenis		Zat	Kalor Jenis	
	(kcal/kgK)	(kJ/kgK)		(kcal/kgK)	(kJ/kgK)
Aluminium	0,22	900	Alkohol	0,58	2400
Tembaga	0,093	390	Air Raksa	0,033	140
Kaca	0,20	840	Air		
Besi atau Baja	0,11	450	Es (-5°C)	0,50	2100
Timah Hitam	0,031	130	Cair (15°C)	1,00	4186
Marmer	0,21	860	Uap (110°C)	0,48	2010
Perak	0,056	230	Tubuh Manusia	0,83	3470
Kayu	0,4	1700	Protein	0,4	1700

(Giancoli, 2001:492)

Dari tabel 2.1 menyatakan bahwa kalor jenis air jauh lebih besar daripada kalor jenis zat lain. Karena $c = Q/m \cdot \Delta T$, dengan kalor jenis dinyatakan dalam satuan J/KgC° atau $kcal/KgC^\circ$. Misal pada air dengan suhu $15^\circ C$ dan tekanan 1atm, $c = 1,00 kcal/KgC^\circ$ atau $4,19 \times 10^3 J/KgC^\circ$. Dari satuan tersebut kal dan joule dapat didefinisikan, diperlukan 1 kkal kalor untuk menaikkan suhu 1 kg air sebesar $1^\circ C$. Pada tabel 2.1, memberikan nilai kalor jenis pada suhu $20^\circ C$.

Sampai batas tertentu, nilai c bergantung pada suhu (ada sebagian yang bergantung pada tekanan), untuk perubahan suhu yang tidak terlalu besar maka nilai c seringkali dapat dianggap konstan.

2.6 Perpindahan kalor secara konduksi dan konveksi

Perpindahan kalor terjadi karena adanya perbedaan suhu. Kalor mengalir secara spontan dari sebuah benda yang memiliki suhu yang lebih tinggi ke benda lain yang memiliki suhu lebih rendah. Jika pada benda 1 memiliki temperatur lebih tinggi dari pada benda 2 dan kedua benda dihubungkan satu sama lain, maka temperatur pada benda 1 akan mengalami penurunan serta temperatur pada benda 2 mengalami kenaikan sampai tercapai kesetimbangan termal. Berkaitan dengan perubahan temperatur tersebut dikatakan bahwa pada peristiwa itu terjadi perpindahan kalor dari benda 1 ke 2. Perpindahan kalor tidak lain adalah suatu perpindahan energi (Sears dan Zemansky, 2003).

2.6.1 Perpindahan Konduksi

Pada konduksi energi panas ditransfer melalui interaksi antara molekul-molekulnya, walaupun molekul-molekul tersebut tidak berpindah (tipler, 1998: 606). Perpindahan konduksi hanya terjadi jika terdapat perbedaan temperatur dan berlaku pada benda konduktor. Konduktor merupakan benda yang mudah menghantarkan panas umumnya benda konduktor terbuat dari logam.

Ketika sebuah sebatang besi dipanaskan pada salah satu ujungnya, pada ujung lainnya akan terasa panas, walaupun tidak langsung bersinggungan dengan sumber kalor. Hal itu dikatakan bahwa kalor telah terkonduksi dari ujung panas ke ujung dingin. Konduksi kalor pada banyak material dapat dijelaskan melalui tabrakan molekular. Pada saat satu sisi obyek dipanaskan, molekul pada daerah yang dipanaskan akan menjadi semakin cepat karena suhunya semakin tinggi. Kemudian pada saat molekul-molekul yang lebih cepat menabrak molekul-molekul yang lebih lambat, akan terjadi transfer energi kinetik dari molekul-molekul yang lebih cepat ke molekul-molekul yang lebih lambat tersebut. Energi kinetik tersebut dipindahkan oleh tabrakan molekular sepanjang obyek. Pada

logam yang mengalami peristiwa konduksi adalah tabrakan dari elektron bebas di dalam logam. Ditemukan secara eksperimen bahwa aliran kalor Q dalam waktu t secara matematis ditulis sebagai berikut.

$$\frac{Q}{t} = kA \frac{T_1 - T_2}{\ell}$$

Dengan A merupakan luas penampang pada benda logam tersebut, ℓ merupakan jarak antara ujung logam, yang memiliki temperatur T_1 dan T_2 , dan k merupakan konstanta pembanding yang disebut juga konduktivitas termal.

konduktivitas termal sebuah konstanta yang bergantung pada materinya. Jika sebuah materi dapat dengan mudah menstransfer energi dengan cara konduksidisebut konduktor panas yang baik dan memiliki nilai konduktivitas yang tinggi (Halliday, 2010: 531). Dalam satuan SI konduktivitas termal memiliki satuan watt per meter kelvin. Beberapa materi dan nilai konduktivitas termal dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2.2 nilai-nilai konduktivitas termal

Materi	Konduktivitas Termal	Materi	Konduktivitas Termal
	W/m. ^o K		W/m. ^o K
Udara (27°C)	0,026	Timah	353
Es	0,592	Perak	429
Air (27°C)	0,609	Baja	46
Aluminium	237	Kayu Ek (oak)	0,15
Tembaga	401	Cemara putih	0,11
Emas	318	Beton	0,19-1,3
Besi	80,4	Gelas	0,7-0,9

(Tipler, 1998:607)

2.6.2 Perpindahan Konveksi

Konveksi merupakan suatu proses transfer energi dengan pergerakan molekul dari satu tempat menuju tempat yang lain (Giancoli, 2001: 504). Umumnya zat cair dan gas bukan termasuk penghantar kalor yang sangat baik, namun dapat mentransfer kalor cukup cepat. Contoh umum yaitu air dalam panci dipanaskan dengan menggunakan kompor, arus konveksi terjadi yaitu air yang dipanaskan dibagian bawah panci mulai meningkat temperaturnya dan massa jenisnya akan berkurang, karena massa jenisnya air tersebut naik. Kemudian air yang memiliki temperatur yang rendah akan turun dan begitu seterusnya.

2.7 Kesetaraan Energi dan Kalor

Elemen pemanas merupakan sejenis hambatan listrik. Ketika arus listrik berada dalam konduktor, energi listrik secara kontinu diubah menjadi energi panas di dalam konduktor (Tipler, 2001:147). Elemen pemanas listrik bekerja pada prinsip pemanasan joule, yaitu arus listrik mengalir melalui resistor dan mengubah energi listrik menjadi panas. Teori yang mendasari tentang kesetaraan energi kalor adalah hukum joule dan azas black. Bunyi Hukum Joule menyatakan bahwa arus listrik yang melewati konduktor dengan perbedaan tegangan dalam waktu tertentu akan menimbulkan panas. Bentuk persamaan dari Hukum Joule yaitu:

$$W = V.I.t \quad 2.23$$

Dengan satuan W adalah joule dan satuan Q adalah kalori. Jika kedua persamaan tersebut disamakan satuan yaitu kalori, maka untuk mengkonversi satuan joule menjadi kalori yaitu mengalikan dengan 0,24 karena 1 joule = 0,24 kalori. Maka persamaan 2.23 menjadi:

$$W = V.I.t.(0,24) \quad 2.24$$

Sedangkan menurut azas black, apabila dua benda memiliki temperatur yang berbeda saling berhubungan maka akan terjadi proses perpindahan kalor dari benda yang bertemperatur tinggi menuju benda dengan temperatur rendah. Proses perpindahan kalor akan berhenti jika telah mencapai kesetimbangan termal (Rohmah, 2015: 134). Secara matematis dapat tuliskan sebagai berikut:

$$Q_{terima} = Q_{lepas} \quad 2.25$$

besarnya energi listrik yang diberikan sama besar dengan energi kalor yang dihasilkan, sehingga menjadi:

$$W = Q \quad 2.26$$

dari persamaan 2.20 dan 2.24 maka menjadi:

$$V.I.t(0,24) = m.c.\Delta T \quad 2.27$$

2.8 Deret Volta

Elektrokimia merupakan bagian dari ilmu kimia yang mempelajari tentang hubungan antara reaksi kimia dengan arus listrik. Deret elektrokimia (Volta) adalah urutan logam-logam (termasuk hidrogen) berdasarkan kenaikan potensial elektroda standarnya. Umumnya deret yang sering dipakai adalah: Li, K, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Hg, Ag, Au (Putra, 2015). Dari deret tersebut, makin ke kiri kedudukan suatu logam, maka:

1. Logam tersebut akan reaktif (semakin mudah melepaskan elektron)
2. Logam sebelah kiri merupakan reduktor yang semakin kuat, oleh sebab itu logam yang semakin ke kiri memiliki sifat yang semakin mudah teroksidasi
3. Logam sebelah kiri akan mereduksi ion logam sebelah kanannya, sebaliknya ion logam sebelah kanan akan mengoksidasi logam sebelah kirinya

Akan terjadi sebaliknya jika kedudukan logam semakin ke kanan, maka:

1. Logam sebelah kanan akan semakin kurang reaktif (semakin sulit melepaskan elektron)
2. Logam sebelah kanan merupakan oksidator yang semakin kuat (semakin mudah tereduksi) (Bestekin, 2015)

Reaksi elektrokimia melibatkan perpindahan elektron-elektron bebas dari suatu logam kepada komponen di dalam larutan. Kesetimbangan reaksi elektrokimia sangat penting dalam sel galvanik (sel yang menghasilkan arus listrik) dan sel elektrolisis (sel yang memerlukan arus listrik). Dalam bidang elektrokimia antara sel galvanik dan sel elektrolisis terdapat perbedaan yaitu berhubungan dengan reaksi spontan dan tidak spontan. Sel galvanik secara umum terjadi reaksi spontan, sedangkan sel elektrolisis terjadi reaksi tidak spontan. Reaksi spontan artinya reaksi elektrokimia tidak menggunakan energi atau listrik dari luar, sedangkan reaksi tidak spontan yaitu reaksi yang memerlukan energi atau listrik.

Sel volta atau sel galvanik adalah suatu sel elektrokimia yang terdiri atas dua buah elektroda yang dapat menghasilkan energi listrik akibat terjadinya reaksi redoks secara spontan pada kedua elektroda tersebut. Sel volta terdiri atas elektroda negatif tempat berlangsungnya reaksi oksidasi yang disebut anoda, dan elektroda positif tempat berlangsungnya reaksi reduksi yang disebut katoda.

Arus listrik yang terjadi pada sel volta disebabkan elektron mengalir dari anoda ke katoda. Hal ini disebabkan karena perbedaan potensial antara kedua elektroda. Pengukuran perbedaan potensial (ΔV) antara dua elektroda dengan menggunakan potensiometer ketika arus listrik yang dihasilkan mengalir sampai habis. Maka akan diperoleh nilai limit atau perbedaan potensial saat arus listriknya nol yang disebut sebagai potensial sel (E°_{sel}). Dibawah ini merupakan tabel potensial elektroda standar sebagai berikut:

Tabel 2.3 Potensial Elektroda Standar

<i>Reaksi elektroda</i>	<i>Potensial elektroda standar E° (V)</i>
$\text{Cs} = \text{Cs}^+ + e$	-3,02
$\text{Li} = \text{Li}^+ + e$	-3,02
$\text{K} = \text{K}^+ + e$	-2,92
$\text{Na} = \text{Na}^+ + e$	-2,71
$\text{Ca} = \text{Ca}^{2+} + 2e$	-2,50
$\text{Mg} = \text{Mg}^{2+} + 2e$	-2,34
$\text{Al} = \text{Al}^{3+} + 3e$	-1,07
$\text{Ti} = \text{Ti}^{2+} + 2e$	-0,67
$\text{Zn} = \text{Zn}^{2+} + 2e$	-0,76
$\text{Cr} = \text{Cr}^{3+} + 3e$	-0,50
$\text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + 2e$	-0,44
$\text{Cd} = \text{Cd}^{2+} + 2e$	-0,40
$\text{Ni} = \text{Ni}^{2+} + 2e$	-0,25
$\text{Sn} = \text{Sn}^{2+} + 2e$	-0,136
$\text{Pb} = \text{Pb}^{2+} + 2e$	-0,126
$\text{H} = 2\text{H}^+ + 2e$	0,00
$\text{Cu} = \text{Cu}^{2+} + 2e$	+0,34
$\text{Hg} = \text{Hg}^{2+} + 2e$	+0,80
$\text{Ag} = \text{Ag}^+ + e$	+0,80
$\text{Pt} = \text{Pt}^{2+} + 2e$	+1,20
$\text{Au} = \text{Au}^+ + e$	+1,68

(Smallman, 2000)

2.9 Jenis-Jenis Kawat Penghantar

Kawat penghantar terbuat dari logam dan bersifat konduktor, karena mudah memiliki elektron bebas. Elektron bebas adalah elektron yang terikat lemah pada inti atom. Letak elektron bebas jauh dari inti atom sehingga hanya mendapatkan gaya tarik yang kecil. Elektron bebas inilah yang akan mengalir

dalam kawat penghantar apabila ada perbedaan potensial diantara dua titik pada kawat. Panas yang dihasilkan oleh kawat penghantar listrik yakni bersumber dari kawat yang memiliki resistansi yang tinggi, sehingga saat terjadi panas tersebut tidak mudah leleh dan terbakar. Adapun persyaratan kawat penghantar antara lain:

1. Tahan lama pada suhu yang diinginkan
2. Sifat mekanis harus kuat pada suhu yang diinginkan
3. Koefisien muai harus kecil, sehingga perubahan bentuk pada suhu yang ingin dicapai tidak terlalu besar.
4. Memiliki hambatan jenis yang tinggi
5. Koefisien suhu harus kecil

(Rahmat, 2015)

Beberapa kawat penghantar banyak diminati oleh masyarakat yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari, yakni kawat khantal A-1, Ni200, dan tembaga. Berikut penjelasan dari ketiga kawat tersebut:

2.9.1 Kawat kanthal A-1

Kawat khantal adalah salah satu jenis kawat resistansi tinggi yang terbuat dari logam campuran terdiri dari chromium, aluminium, dan besi. Dapat digunakan sebagai penghantar panas pada suhu yang sangat tinggi tanpa mengalami korosi resistansi. Masyarakat saat ini menggunakan kawat kanthal A-1 untuk vaping karena prinsip vaping adalah mengubah cairan menjadi uap dengan proses pemanasan kawat. Kawat kanthal pertama kali dikembangkan oleh Hans von Kantzow di Hallstahammar, Swedia. Kanthal dikenal karena kemampuannya untuk menahan suhu tinggi dan memiliki nilai hambatan listrik menengah, sehingga sering digunakan dalam elemen pemanas. Merek dagang kanthal dimiliki oleh Sandvik intelektual AB. Tabel dibawah ini merupakan spesifikasi fisik dari beberapa jenis kawat kanthal.

Tabel 2.4 Spesifikasi fisik kawat kanthal A-1

		Kanthal APM™	Kanthal® A-1	Kanthal A	Kanthal AF	Kanthal AE	Kanthal D
Max continuous operating temp. °C (element temperature in air) (°F)		1425 (2600)	1400 (2550)	1350 (2460)	1300 (2370)	1300 (2370)	1300 (2370)
Nominal composition, %	Cr	22	22	22	22	22	22
	Al	5.8	5.8	5.3	5.3	5.3	4.8
	Fe	balance	balance	balance	balance	balance	balance
	Ni	-	-	-	-	-	-
Density ρ	g/cm ³ (lb/in ³)	7.10 (0.256)	7.10 (0.256)	7.15 (0.258)	7.15 (0.258)	7.15 (0.258)	7.25 (0.262)
Resistivity at 20°C at 68°F	Ω mm ² /m (Ω /cmf)	1.45 (872)	1.45 (872)	1.39 (836)	1.39 (836)	1.39 (836)	1.35 (812)
Temperature factor of the resistivity, C_t							
250°C (480°F)		1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01
500°C (930°F)		1.01	1.01	1.03	1.03	1.03	1.03
800°C (1470°F)		1.03	1.03	1.05	1.05	1.05	1.06
1000°C (1830°F)		1.04	1.04	1.06	1.06	1.06	1.07
1200°C (2190°F)		1.05	1.04	1.06	1.06	1.06	1.08
Linear thermal expansion coefficient α , $\times 10^{-6}/K$							
20–100°C (68–210°F)		-	-	-	-	-	-
20–250°C (68–480°F)		11	11	11	11	11	11
20–500°C (68–930°F)		12	12	12	12	12	12
20–750°C (68–1380°F)		14	14	14	14	14	14
20–1000°C (68–1840°F)		15	15	15	15	15	15
Thermal conductivity λ at 50°C at 122°F	W/mK (Btu in/ft ² h°F)	11 (76)	11 (76)	11 (76)	11 (76)	11 (76)	11 (76)
Specific heat capacity at 20°C at 68°F	kJ/kg K (Btu/lb °F)	0.46 (0.110)	0.46 (0.110)	0.46 (0.110)	0.46 (0.110)	0.46 (0.110)	0.46 (0.110)
Melting point (approx.)	°C (°F)	1500 (2730)	1500 (2730)	1500 (2730)	1500 (2730)	1500 (2730)	1500 (2730)

(Sandvik, 2012)

Dari tabel tersebut, menjelaskan bahwa perbedaan jenis kanthal pada jumlah aluminium yang dikandungnya. Kanthal APM mengandung 5,8% aluminium, kanthal A-1 mengandung 5,8% aluminium, kanthal A mengandung 5,3% aluminium, kanthal AF 5,3% aluminium, kanthal AE mengandung 5,3% aluminium, kanthal D mengandung 4,8% aluminium. Semua jenis kanthal mengandung chromium 22% dan sisanya mengandung besi. \

Adapun tetapan fisika yang dimiliki oleh kawat kanthal A-1 ini adalah:

- massa jenis 7,10 g/cm³
- resistivitas pada 20°C yaitu 1,45 Ω mm²/m
- koefisien suhu pada 20-250 °C yaitu 11.10⁻⁶/K
- kalor jenis pada suhu 20°C yaitu 0,46 kJ/kg K
- dan titik leleh 1500°C

2.9.2 Kawat nikelin

Nikel mempunyai sifat tahan karat dalam keadaan murni nikel bersifat lembek, tetapi jika dipadukan dengan besi, krom, dan logam lainnya, dapat membentuk baja tahan karat yang keras. Nikel ditemukan oleh Cronstedt, dalam mineral yang disebutnya kupfernickel (nikolit). Nikel adalah komponen yang ditemukan banyak dalam meteorit dan menjadi ciri komponen yang membedakan meteorit dari mineral lainnya. Meteorit besi atau siderit, dapat mengandung alloy besi dan nikel berkadar 5-25%. Nikel diperoleh secara komersial dari pentlandit dan pirotit di kawasan Sudbury Ontario, sebuah daerah yang menghasilkan 30% kebutuhan dunia akan nikel. Deposit nikel lainnya ditemukan di Kaledonia Baru, Australia, Cuba, dan Indonesia (wikipedia, 2016)

Adapun jenis kawat nikel yaitu nikel 200 dan nikel 201, berikut akan dibahas tentang kawat-kawat tersebut:

a. Nickel 200

Kawat nikel 200 (Ni200) adalah produk inovatif dari vapot tech. Ni200 memiliki kemurnian 99,6% dan memiliki sifat mekanik yang baik, ketahanan korosi, serta memiliki sifat listrik dan termal yang baik. Komposisi dalam kawat nikel 200 terdapat dalam tabel 2.4

Tabel 2.5 komposisi kawat nikel 200 (%)

Nickel (plus cobalt)	99.0 min.
Copper	0.25 max.
Iron	0.40 max.
Manganese	0.35 max.
Carbon	0.15 max.
Silicon	0.35 max.
Sulfur	0.01 max.

(Special, 2016)

Dan konstanta fisik dari kawat nikel 200 terdapat dalam tabel dibawah ini

Tabel 2.6 konstanta fisik dari kawat nikel 200

Density, lb/in ³	0.321
g/cm ³	8.89
Melting Range, °F	2615-2635
°C	1435-1446
Specific Heat, Btu/lb•°F.....	0.109
J/kg•°C.....	456
Curie Temperature, °F	680
°C	360

(Special, 2016)

Beberapa konstanta fisik yang dimiliki oleh kawat nikel yang lain yakni: koefisien suhu 13,3 μm/m°C pada suhu 20°C-100°C, titik leleh 1446°C, resistivitas 9,6μΩ.cm pada suhu 20°C, dan konduktivitas termal 70,2 W/m.°C (Alloy, 2016) Untuk koefisien suhu dan konduktivitas termal dapat dilihat dalam tabel 2.7

Tabel 2.7 koefisiensi suhu dari kawat nikel 200

Temperature	Coefficient of Expansion ^a	Thermal Conductivity	Electrical Resistivity
°F	10 ⁻⁶ in/in•°F	Btu•in/ft ² •h•°F	ohm•circ mil/ft
-423	4.7	–	–
-300	5.8	–	16
-200	6.2	533	26
-100	6.3	516	36
0	–	499	48
70	–	487	58
200	7.4	463	76
400	7.7	426	113
600	8.0	389	164
800	8.3	389	204
1000	8.5	404	228
1200	8.7	421	248
1400	8.9	437	269
1600	9.1	455	289
1800	9.3	472	306
2000	9.5	–	323

°C	$\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{°C}$	$\text{W}/\text{m}\cdot\text{°C}$	$\mu\Omega\cdot\text{m}$
-200	10.1	–	–
-100	11.3	75.5	0.050
20	–	70.3	0.096
100	13.3	66.5	0.130
200	13.9	61.6	0.185
300	14.2	56.8	0.260
400	14.8	55.4	0.330
500	15.3	57.6	0.365
600	15.5	59.7	0.400
700	15.8	61.8	0.430
800	16.2	64.0	0.460
900	16.6	66.1	0.485
1000	16.9	68.2	0.510
1100	17.1	–	0.540

(Special, 2016)

b. Nikel 201

Nickel 201 (Ni201) modifikasi dari ni200, ni201 memiliki kandungan karbon yang lebih rendah dari ni200. Kandungan karbon dalam ni200 adalah 0,15% sedangkan kandungan karbon dalam ni201 adalah 0,02%. Untuk lebih lengkap tentang komposisi dari kawat ni201 terdapat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 2.8 komposisi dari kawat nikel 201 (%)

Nickel (plus cobalt)	99.0 min.
Copper	0.25 max.
Iron	0.40 max.
Manganese	0.35 max.
Carbon	0.02 max.
Silicon	0.35 max.
Sulfur	0.01 max.

(Special, 2016)

Dan konstanta fisik dari kawat nickel 201 terdapat dalam tabel dibawah ini

Tabel 2.9 konstanta fisik dari kawat nickel 201

Density, lb/in ³	0.321
g/cm ³	8.89
Melting Range, °F	2615-2635
°C	1435-1446
Specific Heat, Btu/lb•°F	0.109
J/kg•°C.....	456
Curie Temperature, °F	680
°C	360

(Special, 2016)

Beberapa konstanta fisik yang dimiliki oleh kawat nickel yang lain yakni: titik leleh 1435-1445°C, resistivitas 8,5μΩ.cm pada suhu 20°C (Hpalloy, tanpa tahun). Untuk koefisien suhu dan konduktivitas termal dapat dilihat dalam tabel 2.10

Tabel 2.10 koefisien suhu dari kawat nickel 201

Temperature	Coefficient of Expansion ^a	Thermal Conductivity	Electrical Resistivity
°F	10 ⁻⁶ in/in•°F	Btu•in/ft ² •h•°F	ohm•circ mil/ft
-320	–	–	10
-300	–	662	–
-200	–	630	19
-100	–	598	29
0	–	569	43
80	–	550	51
200	7.3	512	71
300	7.6	485	89
400	7.7	460	110
500	7.9	433	135
600	8.1	408	160
800	8.4	392	209
1000	–	410	232
1200	–	428	253
1400	–	445	274
1600	–	463	291
1800	–	480	308

°C	$\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{°C}$	$\text{W}/\text{m}\cdot\text{°C}$	$\mu\Omega\cdot\text{m}$
-100	-	88.3	0.040
20	-	79.3	0.085
100	13.2	73.4	0.125
200	13.9	66.3	0.175
300	14.4	59.9	0.250
400	14.9	56.1	0.330
500	-	58.2	0.375
600	-	60.6	0.405
700	-	62.8	0.435
800	-	65.1	0.465
900	-	67.7	0.490
1000	-	69.9	0.515

(Special, 2016)

Koefisien suhu yang dimiliki oleh ni201 pada suhu 20-100°C 13,2 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{°C}$ dan konduktivitas termal yaitu 79,3 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{°C}$ pada suhu 20°C

2.9.3 kawat tembaga

Tembaga adalah logam transmisi (golongan IB) yang berwarna kemerahan, mudah renggang dan mudah ditempa (Kundari, 2008). Tembaga termasuk konduktor panas dan listrik yang baik, selain itu tembaga mempunyai ketahanan terhadap korosi. Tembaga murni sifatnya halus dan lunak, dengan permukaan yang berwarna jingga kemerahan. Tembaga merupakan bahan konduktor yang konduktivitasnya paling tinggi diantara bahan logam lainnya seperti aluminium, kuningan dan besi (Fredayani dalam Oktava dkk, 2012).

Tabel 2.11 spesifikasi fisik dari kawa tembaga

PROPERTY	ENGLISH		METRIC	
	VALUE	UNITS	VALUE	UNITS
Atomic Number			29	
Atomic Weight			63.54	
Density	0.322	lb/in ³	8.92	g/cm ³
Melting Point	1981	°F	1083	°C
Boiling Point	4703	°F	2595	°C
Latent Heat of Fusion	88	Btu/lb	205	J/g
Linear Coefficient of Thermal Expansion at: 77°F - 212°F (25°C - 100°C)	9.33 x 10 ⁻⁶	in/in°F	16.8 x 10 ⁻⁶	cm/cm°C
Specific Heat (Thermal Capacity) at: 68°F (20°C) 212°F (100°C)	0.0921 0.0939	Btu/lb °F Btu/lb °F	0.386 0.393	J/g°C J/g°C
Thermal Conductivity at: 68°F (20°C) 212°F (100°C)	227 223	Btu ft/ft ² hr °F Btu ft/ft ² hr °F	3.94 3.85	Wcm/cm ² °C Wcm/cm ² °C
Electrical Conductivity (Volume) at: 68°F (20°C) Annealed 68°F (20°C) Fully Cold Worked	100 - 101.5 97.0	%IACS %IACS	58.0 - 58.9 56.3	MS/m(mQmm ²) MS/m(mQmm ²)
Electrical Resistivity (Volume) at: 68°F (20°C) Annealed 68°F (20°C) Fully Cold Worked	0.6788 - 0.669 0.700	μΩ-in μΩ-in	1.7241 - 1.70 1.78	μΩ-cm μΩ-cm
Modulus of Elasticity (Tension) at: 68°F (20°C) Annealed	17 x 10 ³	Ksi	118,000	MPa
Modulus of Rigidity (Torsion) at: 20°C: 68°F (20°C) Annealed	6.4 x 10 ³	Ksi	44,000	MPa

(Copper, 2010)

Berdasarkan tabel diatas, konstanta tetapan fisika dari tembaga yaitu: massa jenis 8,92 g/cm³; resistivitas pada 20°C 1,7.10⁻⁸ μΩ.cm; koefisien suhu pada 20°C 426.10⁻⁵/°C; kalor jenis pada suhu 20°C adalah 0,386 J/g°C dan titik leleh 1083°C; titik didih 2595°C.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Jenis penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian *eksperimen*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui uji jenis kawat penghantar berdasarkan deret volta menggunakan kalorimeter.

3.2 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Dasar Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember. Waktu penelitian akan dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2016/2017.

3.3 Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis kawat. Kawat yang digunakan yaitu kawat kanthal A-1, ni200, dan tembaga.
- b. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kuat arus dan jumlah kalor yang dihasilkan
- c. Variabel kontrol dalam penelitian ini antara lain:
 - 1) Panjang kawat
 - 2) Diameter kawat
 - 3) Volume air
 - 4) Alat ukur

3.4 Definisi Operasional Variabel

Untuk menghindari perbedaan persepsi dan penafsiran yang kesalahan dalam penelitian ini, maka diperlukan adanya definisi operasional variabel. Adapun pengertian dari variabel-variabel tersebut, antara lain:

a. Jenis kawat

Logam pada umumnya adalah konduktor karena mudah memiliki elektron bebas. Elektron bebas adalah elektron yang terikat lemah pada inti atom. Letak elektron bebas jauh dari inti atom sehingga hanya mendapatkan gaya tarik yang kecil. Elektron bebas inilah yang akan mengalir dalam bahan kawat apabila ada perbedaan potensial di antara dua titik pada kawat. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik yakni bersumber dari kawat yang memiliki resistansi yang tinggi, sehingga saat terjadi panas tersebut tidak mudah leleh dan terbakar.

Adapun jenis kawat yang digunakan sebagai kawat penghantar pada penelitian ini terdapat tiga jenis yaitu:

- 1) Kawat Kanthal A-1, mengandung Cr 22%, Al 5,8%, dan Fe (balance).
- 2) Kawat Ni200, mengandung Ni 99%, Cu 0,25%, Fe 0,4%, Mg 0,35%, C 0,15%, Si 0,35% dan S 0,01%
- 3) Kawat Tembaga

b. Kuat arus

arus merupakan besaran skalar karena muatan dan waktu dalam persamaan itu adalah skalar (Halliday dkk, 2010:140). Arus listrik dalam sebuah kawat penghantar ditimbulkan oleh gerakan muatan listrik negatif atau elektron. Arah aliran elektron ini berlawanan dengan arah arus listrik dalam kawat penghantar. Tumbukan yang terjadi antar elektron menimbulkan getaran partikel suatu konduktor. Ketika konduktor diberi perlakuan seperti pemberian beda potensial, maka tumbukan elektron-elektron akan semakin keras. Secara otomatis kecepatan tumbukan bertambah dan getaran partikel menjadi besar. Hal ini menimbulkan panas yang disebabkan oleh arus.

3.5 Alat dan Bahan Penelitian

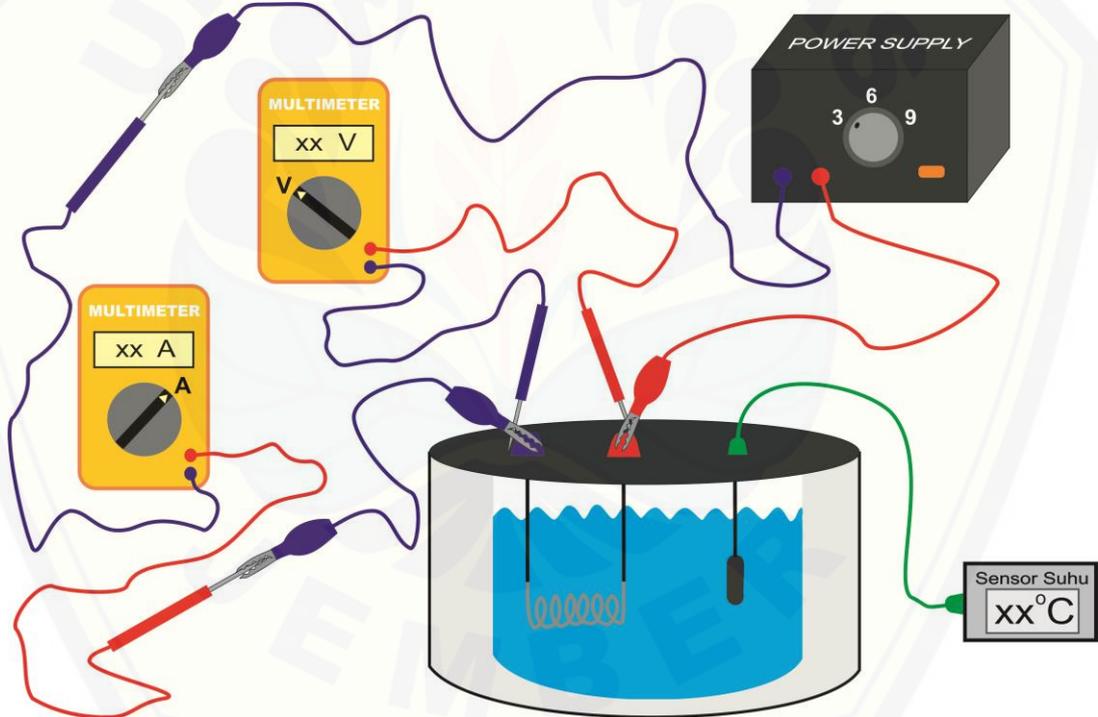
Seperangkat alat dan bahan penelitian yang digunakan untuk meneliti kemurnian pada kawat kanthal A-1, nikelin, dan tembaga sebagai elemen, sebagai berikut :

- a. Elemen pemanas dengan 3 jenis kawat

- b. kalorimeter
- c. Sensor suhu
- d. Stopwatch
- e. Kabel penghubung
- f. Multimeter
- g. Trafo
- h. Neraca

3.6 Desain Alat Penelitian

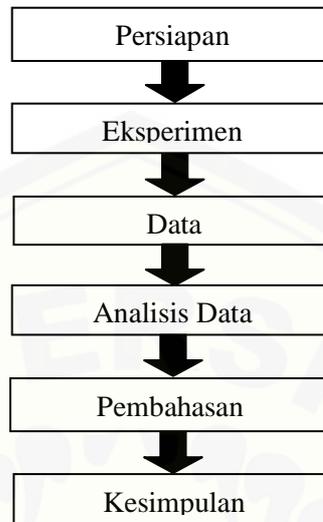
Pada penelitian yang akan dilakukan, peneliti menggunakan alat pengukur suhu yaitu termometer digital seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 desain alat untuk penelitian uji jenis kawat penghantar berdasarkan deret volta menggunakan kalorimeter

3.7 Alur Penelitian

Pada penelitian yang akan dilakukan, maka alur pelaksanaannya sebagai berikut:



Gambar 3.2 Bagan alur penelitian

3.8 Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian kestabilan kuat arus pada elemen pemanas menggunakan kalorimeter ini sebagai berikut:

a. Mempersiapkan alat dan bahan

Alat dan bahan yang telah disebutkan sebelumnya disediakan. Alat dan bahan yang digunakan harus sudah dalam kondisi baik.

b. Merangkai alat dan bahan

- 1) Menimbang massa kalorimeter kosong (bejana aluminium), kemudian mencatat massa kalorimeter kosong tersebut.
- 2) Menyediakan air sebanyak 200 ml hingga kumparan kawat tercelup. Kemudian timbang kembali bejana aluminium yang berisi air, sehingga diketahui massa air dalam bejana aluminium dan catat massa air.
- 3) Menyusun set alat percobaan seperti pada gambar 3.1
- 4) Mengukur temperatur awal air dan kalorimeter dan mencatat hasil pengukuran.

Tabel 3.2 Tabel penyajian data untuk perhitungan nilai resistansi kawat pada kawat Ni200

t (detik)	I (mA)	V (volt)	T_o (°C)	T₁ (°C)	ΔT (°C)	Q (kalori)

Tabel 3.3 Tabel penyajian data untuk perhitungan nilai resistansi kawat pada kawat Tembaga

t (detik)	I (mA)	V (volt)	T_o (°C)	T₁ (°C)	ΔT (°C)	Q (kalori)

- a. Menghitung besarnya energi kalor

$$Q = (m \cdot c + H) \Delta T$$

$$Q = (m_{air} \cdot c_{air} + m_{Al} \cdot c_{Al} + m_{El} \cdot c_{El}) \cdot \Delta T$$

- b. Menghitung kesalahan mutlak

1. kuat arus

a) Kesalahan mutlak $\Delta i = \sqrt{\frac{\sum (i - \bar{i})^2}{n - 1}}$

b) Kesalahan relatif $(I) = \frac{\Delta i}{\bar{i}} \times 100\%$

c) Keseksamaan = 100% - kesalahan relatif (I)

d) $H_p = \{\bar{i} \pm \Delta i\}$

2. Tegangan

a) Kesalahan mutlak $\Delta V = \sqrt{\frac{\sum (V - \bar{V})^2}{n - 1}}$

b) Kesalahan relatif (I) = $\frac{\Delta V}{\bar{V}} \times 100\%$

c) Keseksamaan = 100% - kesalahan relatif (I)

d) $H_p = \{\bar{V} \pm \Delta V\}$



BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kestabilan kuat arus terjadi pada kawat tembaga, karena dalam deret volta tembaga merupakan kedudukan yang paling kanan dari kandungan kawat lainnya, yang bersifat sulit melepaskan elektron. Sehingga kuat arus yang dihasilkan dihasilkan pada kawat tembaga bernilai kecil, hal ini mempengaruhi perubahan suhu yang rendah pada kawat tembaga dimana kuat arus dan kenaikan suhu berbanding lurus.
2. Jumlah kalor yang dihasilkan bergantung pada perubahan suhu, kalor jenis dan massa zat. Jumlah kalor pada kawat kanthal A-1 sebesar 359,320-314,405kalori. Jumlah kalor pada kawat ni200 sebesar 202,117-112,287kalori. kemudian jumlah kalor pada kawat tembaga sebesar 67,372-22,457kalori. Dari ketiga kawat jumlah kalor yang besar dihasilkan oleh kawat khantal A-1.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka saran yang dapat diberikan adalah:

1. Dari hasil penelitian diketahui bahwa kawat tembaga memiliki kestabilan kuat arus dan kawat kanthal A-1 memiliki kestabilan perubahan suhunya, sehingga hal ini dapat sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya.
2. Penelitian ini akan lebih akurat jika alat kalorimeter yang digunakan lebih baik.
3. Penelitian ini akan memiliki hasil yang lebih baik lagi jika alat ukur yang digunakan mempunyai ketelitian yang tinggi

DAFTAR PUSTAKA**BUKU**

- Giancoli Douglas C. 2001. *Fisika Edisi V*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Halliday david dan robert resnick, Jearl walker. 2010. *Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Halliday david dan robert resnick, Jearl walker. 2010. *Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Jati bambang murdaka ekda dan tri kuntoro priyambodo. 2008. *Fisika Dasar Untuk Mahasiswa Ilmu-Ilmu Eksakta Dan Teknik*. Yogyakarta: Penerbit C.V Andi Offset.
- Priyambodo Tri Kuntoro, bambang murdaka eka jati. 2009. *Fisika Dasar Untuk Mahasiswa Ilmu Komputer Dan Informatika*. Yogyakarta: Penerbit C.V Andi Offset.
- Tipler Paul A. 2001. *Fisika Untuk Sains Dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Tipler paul A. 1998. *Fisika Untuk Sains Dan Teknik Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sears dan Zemansky. 2003. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 2 Yaoung & Freedman*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

JURNAL

- Chemistry*, 4 (1): 54-61
- Hersandi, M. 2014. Pengaruh Bentuk Elemen Pemanas terhadap Jumlah Kalor yang Dihasilkan. *Jurnal pendidikan fisika*, ISSN 2301-9794
- Isnaini Vandri Ahmad. 2012. Pembuatan Alat Ukur Konduktivitas Panas Bahan Padat Untuk Media Praktek Pembelajaran Keilmuan Fisika. *Edu-Physic*, 3: 117-128
- Julianto Bangun, dan supriyadi. 2013. Pengaruh suhu terhadap hambatan rangkaian listrik. *Jurnal Fisika*, 3 (2): 102-104
- Kundari Anis Noor, dan Slamet Wiyuniati. 2008. Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga Dalam Limbah Pencuci PCB Dengan Zeolit. *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*. ISSN 1978-0176: 489-496
- Muku I Dewa Made Krishna. 2009. Kekuatan Sambungan Las Aluminium Seri 1100 denga Variasi Kuat Arus Listrik pada Proses Las Metal Inert Gas (MIG)". *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M*, 3 (1): 11-17

- Oktava Raden, dan Singgih Santoso. 2012. Pengaruh Cacah Kaca Penutup Terhadap Kenaikan Suhu Maksimum Air Tandon Pada Kolektor Surya Plat Datar. *Berkala Fisika Indoensia*, 4 (1): 33-42
- Pangaribuan Charles. 2016. Analisis Kekuatan kawat listrik ditinjau dari sifat-sifat mekanik. *Jurnal transukma (Tanah air struktur manajemen konstruksi)*, 1 (2): 165-176
- Putra candra adjiatma dan Pirim setiarso. 2015. Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi Kitosan untuk Analisis Logam Fe(II) Secara Siklik *Stripping Voltametri* dengan Ion Pengganggu Zn(II) dan Cd(II). *Journal of Rahmat Muhammad Rais*. 2015. Perancangan dan Pembuatan Tungku *Heat Treatent*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3 (2): 133-148
- Romah Elfi Nur, Tatun Hayattunufus. 2015. Design oven skala laboratorium untuk rekayasa minyak goreng bekas menjadi biooil. *Jurnal integrasi proses*, 5 (5):132-137
- Somantri sandi, Moh. Taufir, Sumaji. _____. Konsistensi hambatan kawat kumparan terhadap hukum ohm pada berbagai medium. *Prosiding pertemuan ilmiah XXV HFI jateng dan DIY*.

INTERNET

- Alloy Wire Internaisonal. 2016. Nickel® 200. <https://www.alloywire.com/products/nickel-200/>. (Diakses pada tanggal 6 Juni 2016)
- Bestekin. 2015. Deret Volta. <http://bestekin.com/2015/11/21/deret-volta/>. (diakses pada tanggal 24 Maret 2017)
- Copper Development Association. 2010. The Copper Advantage A Guide to Working with Copper and Copper Alloys. https://www.copper.org/publications/pub_list/pdf/a1360.pdf (Diakses pada tanggal 6 Juni 2016)
- Sandvik Technology Materials. 2012. Kathal. <http://www.kanthal.com/Global/Downloads/Materials%20in%20wire%20and%20strip%20form/Resistance%20heating%20wire%20and%20strip/S-KA026-B-ENG-2012-01.pdf> (Diakses pada tanggal 6 Juni 2016)
- Smallman R. E., dan R. J. Bishop. 2000. Metalurgi Fisik Modern Dan Rekayasa Mterial Edisi Keenam. Jakarta: Penerbit Erlangga. https://books.google.co.id/books?id=fwdVwrst04C&pg=PA425&dq=deret+elektrokimia&hl=en&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=deret%20elektrokimia&f=false (diakses pada tanggal 24 Maret 2017)
- Special Metals. 2006. Nickle. <http://www.specialmetals.com/assets/documents/alloys/nickelduranickel/nickel-200-201.pdf>. (Diakses pada tanggal 6 Juni 2016)

Hpalloys since 1984. _____. Nickel 201 Ni 201 CP UNS N02201. <https://m.hpalloy.com/nickel-alloy-201>. (Diakses pada tanggal 6 Juni 2016)

Wikipedia. 2016. Nikel. <https://id.wikipedia.org/wiki/Nikel>. (Diakses pada tanggal 6 juni 2016)





LAMPIRAN

MATRIK PENELITIAN

JUDUL	RUMUSAN MASALAH	VARIABEL	INDIKATOR	SUMBER DATA	METODE PENELITIAN
“Uji Jenis Kawat Penghantar Berdasarkan Deret Volta Menggunakan Kalorimeter”	<p>a. Bagaimana kestabilan nilai kuat arus pada kawat penghantar berdasarkan deret volta menggunakan kalorimeter?</p> <p>b. Bagaimana jumlah kalor yang dihasilkan pada kawat penghantar menggunakan kalorimeter?</p>	<p>a. Variabel bebas: Jenis Kawat Penghantar</p> <p>b. Variabel terikat: 1) Nilai kuat arus 2) Kalor yang dihasilkan</p> <p>c. Variabel kontrol: a. Panjang dan diameter kawat penghantar b. Alat ukur</p>	<p>a. Jenis kawat (Kanthal A-1, Ni200, dan Tembaga)</p> <p>b. Kalor yang dihasilkan</p>	<p>a. Data yang dihasilkan dari percobaan</p> <p>b. Bahan rujukan: Literatur yang digunakan</p>	<p>a. Jenis Penelitian: Penelitian <i>Eksperimen</i></p> <p>b. Tempat Penelitian Laboratorium Fisika Dasar</p> <p>c. Teknik Pengumpulan Data Pengumpulan data dari hasil percobaan</p>

TINGKAT KETELITIAN (*i*) HASIL EKSPERIMEN

Tingkat Ketelitian (*i*) Hasil Eksperimen pada Kanthal A-1

No.	Waktu <i>t</i> (menit)	Arus <i>i</i> (mA)	Rata-rata Arus <i>i</i> (mA)	Kesalahan Mutlak Δi (mA)	Kesalahan Relatif I (%)	Keseeksamaan K (%)	Hp (mA)
1.	5	11,70	11,60	0,10	0,86	99,14	11,60 ± 0,10
		11,60					
		11,50					
2.	10	11,50	11,53	0,06	0,52	99,48	11,53 ± 0,06
		11,60					
		10,50					
3.	15	11,50	11,50	0,10	0,87	99,13	11,50 ± 0,10
		11,60					
		11,40					
4.	20	11,30	1,20	0,10	0,89	99,11	11,20 ± 0,10
		11,10					
		11,20					
5.	25	11,50	11,40	0,12	1,05	98,95	11,40 ± 0,12
		11,50					
		11,30					
6.	30	11,30	11,30	0,07	0,62	99,38	11,30 ± 0,07
		11,40					
		11,30					

Tingkat Ketelitian (*i*) Hasil Eksperimen pada Ni200

No.	Waktu <i>t</i> (menit)	Arus <i>i</i> (mA)	Rata-rata Arus <i>i</i> (mA)	Kesalahan Mutlak Δi (mA)	Kesalahan Relatif I (%)	Keseeksamaan K (%)	Hp (mA)
1.	5	2,20	2,20	0,07	3,18	96,82	$2,20 \pm 0,07$
		2,20					
		2,10					
2.	10	2,30	2,20	0,16	7,27	92,73	$2,20 \pm 0,16$
		2,20					
		2,20					
3.	15	2,00	2,00	0,07	3,50	96,50	$2,00 \pm 0,07$
		2,00					
		2,10					
4.	20	2,00	2,00	0,00	0,00	100,0	$2,00 \pm 0,00$
		2,00					
		2,00					
5.	25	1,90	1,90	0,07	3,68	96,32	$1,90 \pm 0,07$
		1,90					
		2,00					
6.	30	1,90	1,90	0,07	3,68	96,32	$1,90 \pm 0,07$
		1,90					
		1,80					

Tingkat Ketelitian (*i*) Hasil Eksperimen pada Tembaga

No.	Waktu <i>t</i> (menit)	Arus <i>i</i> (mA)	Rata-rata Arus <i>i</i> (mA)	Kesalahan Mutlak Δi (mA)	Kesalahan Relatif I (%)	Keseeksamaan K (%)	Hp (mA)
1.	5	1,50	1,50	0,07	4,67	95,33	$1,50 \pm 0,07$
		1,40					
		1,50					
2.	10	1,40	1,40	0,07	5,00	95,00	$1,40 \pm 0,07$
		1,40					
		1,50					
3.	15	1,40	1,40	0,07	5,00	95,00	$1,40 \pm 0,07$
		1,50					
		1,40					
4.	20	1,40	1,40	0,00	0,00	100,0	$1,40 \pm 0,00$
		1,40					
		1,40					
5.	25	1,40	1,40	0,00	0,00	100,0	$1,40 \pm 0,07$
		1,40					
		1,40					
6.	30	1,40	1,40	0,07	5,00	95,00	$1,40 \pm 0,07$
		1,40					
		1,30					

TINGKAT KETELITIAN (V) HASIL EKSPERIMEN

Tingkat Ketelitian (V) Hasil Eksperimen pada Kanthal A-1

No.	Waktu t (menit)	Tegangan V (V)	Rata-rata Tegangan V (V)	Kesalahan Mutlak ΔV (V)	Kesalahan Relatif I (%)	Keseksamaan K (%)	Hp (V)
1.	5	11,90	11,80	0,07	0,59	99,41	$11,80 \pm 0,07$
		11,80					
		11,80					
2.	10	11,70	11,70	0,07	0,60	99,60	$11,70 \pm 0,07$
		11,70					
		11,60					
3.	15	11,70	11,70	0,00	0,00	00,00	$11,70 \pm 0,00$
		11,70					
		11,70					
4.	20	11,70	11,60	0,07	0,60	99,40	$11,60 \pm 0,07$
		11,60					
		11,60					
5.	25	11,70	11,70	0,07	0,60	99,40	$11,70 \pm 0,07$
		11,80					
		11,70					
6.	30	11,70	11,70	0,07	0,60	99,40	$11,70 \pm 0,07$
		11,80					
		11,70					

Tingkat Ketelitian (V) Hasil Eksperimen pada Ni200

No.	Waktu t (menit)	Tegangan V (V)	Rata-rata Tegangan V (V)	Kesalahan Mutlak ΔV (V)	Kesalahan Relatif I (%)	Keseaksamaan K (%)	Hp (V)
1.	5	<u>3,26</u> <u>3,24</u> 3,21	3,24	0,03	0,93	99,07	$3,24 \pm 0,03$
2.	10	<u>3,23</u> <u>3,24</u> 3,20	3,22	0,02	0,62	99,38	$3,22 \pm 0,02$
3.	15	<u>3,19</u> <u>3,15</u> 3,20	3,18	0,03	0,94	99,06	$3,18 \pm 0,03$
4.	20	<u>3,19</u> <u>3,20</u> 2,17	3,19	0,02	0,63	99,37	$3,19 \pm 0,02$
5.	25	<u>3,18</u> <u>3,17</u> 3,21	3,17	0,03	0,95	99,05	$3,17 \pm 0,03$
6.	30	<u>3,19</u> <u>3,14</u> 3,10	3,14	0,05	1,59	98,41	$3,14 \pm 0,05$

Tingkat Ketelitian (V) Hasil Eksperimen pada Tembaga

No.	Waktu t (menit)	Tegangan V (V)	Rata-rata Tegangan V (V)	Kesalahan Mutlak ΔV (V)	Kesalahan Relatif I (%)	Keseeksamaan K (%)	H_p (V)
1.	5	<u>1,30</u> <u>1,31</u> 1,27	1,29	0,02	1,55	98,45	$1,29 \pm 0,02$
2.	10	<u>1,21</u> <u>1,22</u> 1,27	1,23	0,03	2,44	97,56	$1,23 \pm 0,03$
3.	15	<u>1,28</u> <u>1,30</u> 1,29	1,29	0,01	0,78	99,22	$1,29 \pm 0,01$
4.	20	<u>1,30</u> <u>1,20</u> 1,27	1,26	0,05	3,97	96,03	$1,26 \pm 0,05$
5.	25	<u>1,29</u> <u>1,27</u> 1,25	1,27	0,02	1,57	98,43	$1,27 \pm 0,02$
6.	30	<u>1,21</u> <u>1,22</u> 1,23	1,22	0,01	0,82	99,18	$1,22 \pm 0,01$

JUMLAH KALOR YANG DIHASILKAN (Q) EKSPERIMEN

No.	Elemen Pemanas	Waktu (t) (Menit)	Arus i ($\bar{i} \pm \Delta i$) (mA)	Tegangan V ($\bar{V} \pm \Delta V$) (V)	Perubahan Suhu ΔQ ($^{\circ}\text{C}$)	Jumlah Kalor (Q) (kalori)
1.	Kanthal A-1	5	{11,60 \pm 0,10}	{11,80 \pm 0,07}	1,6	359,320
		10	{11,53 \pm 0,06}	{11,70 \pm 0,07}	1,6	359,320
		15	{11,50 \pm 0,10}	{11,70 \pm 0,00}	1,6	359,320
		20	{11,20 \pm 0,10}	{11,60 \pm 0,07}	1,4	314,405
		25	{11,40 \pm 0,12}	{11,70 \pm 0,07}	1,4	314,405
		30	{11,30 \pm 0,07}	{11,70 \pm 0,07}	1,4	314,405
2.	Ni200	5	{2,20 \pm 0,07}	{3,24 \pm 0,03}	0,9	202,117
		10	{2,20 \pm 0,16}	{3,22 \pm 0,02}	0,8	179,659
		15	{2,00 \pm 0,07}	{3,18 \pm 0,03}	0,7	157,202
		20	{2,00 \pm 0,00}	{3,19 \pm 0,02}	0,8	179, 659
		25	{1,90 \pm 0,07}	{3,17 \pm 0,03}	0,6	134,744
		30	{1,90 \pm 0,07}	{3,14 \pm 0,05}	0,5	112,287
3.	Tembaga	5	{1,50 \pm 0,07}	{1,29 \pm 0,02}	0,3	67,372
		10	{1,40 \pm 0,07}	{1,23 \pm 0,03}	0,1	22,457
		15	{1,40 \pm 0,07}	{1,29 \pm 0,01}	0,2	44,915
		20	{1,40 \pm 0,00}	{1,26 \pm 0,05}	0,1	22,457
		25	{1,40 \pm 0,07}	{1,27 \pm 0,02}	0,2	44,915
		30	{1,40 \pm 0,07}	{1,22 \pm 0,01}	0,1	22,457

Lampiran E

PERHITUNGAN JUMLAH KALOR YANG DIHASILKAN (Q)**EKSPERIMEN**

1. Jumlah kalor yang dihasilkan pada kanthal A-1 yang dilakukan secara eksperimen

Data yang diperoleh:

$$\begin{aligned} m_{air} &= 214g & c_{air} &= 1,00 \text{ kal/g}^\circ\text{C} \\ m_{Al} &= 48g & c_{Al} &= 0,220 \text{ kal/g}^\circ\text{C} \\ m_{El} &= 0,136g & c_{El} &= 0,46 \text{ J/gK} = 0,110 \text{ kal/g}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= m.c + H = (m_{air}.c_{air}) + (m_{Al}.c_{Al} + m_{El}.c_{El}) \\ C &= (214 \times 1,00) + (48 \times 0,220) + (0,136 \times 0,110) = 224,575 \text{ kal/g}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Persamaan untuk menghitung kalor yang dihasilkan,

$$Q = C.\Delta T$$

$$t = 5 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} Q &= C.\Delta T \\ Q &= 224,575 \times 1,6 \\ Q &= 359,32 \text{ kalori} \end{aligned}$$

$$t = 10 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} Q &= C.\Delta T \\ Q &= 224,575 \times 1,6 \\ Q &= 359,32 \text{ kalori} \end{aligned}$$

$$t = 15 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} Q &= C.\Delta T \\ Q &= 224,575 \times 1,6 \\ Q &= 359,32 \text{ kalori} \end{aligned}$$

$$t = 20 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} Q &= C.\Delta T \\ Q &= 224,575 \times 1,4 \\ Q &= 314,405 \text{ kalori} \end{aligned}$$

$$t = 25 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} Q &= C.\Delta T \\ Q &= 224,575 \times 1,4 \\ Q &= 314,405 \text{ kalori} \end{aligned}$$

$$t = 30 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} Q &= C.\Delta T \\ Q &= 224,575 \times 1,4 \\ Q &= 314,405 \text{ kalori} \end{aligned}$$

2. Jumlah kalor yang dihasilkan pada Ni200 yang dilakukan secara eksperimen

Data yang diperoleh:

$$\begin{aligned} m_{air} &= 214g & c_{air} &= 1,00 \text{ kal/g}^\circ\text{C} \\ m_{Al} &= 48g & c_{Al} &= 0,215 \text{ kal/g}^\circ\text{C} \\ m_{El} &= 0,133g & c_{El} &= 0,456 \text{ J/gK} = 0,109 \text{ kal/g}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$C = m.c + H = (m_{air} \cdot c_{air}) + (m_{Al} \cdot c_{Al} + m_{El} \cdot c_{El})$$

$$C = (214 \times 1,00) + (48 \times 0,220) + (0,133 \times 0,109) = 224,574 \text{ kal/}^\circ \text{C}$$

Persaman untuk menghitung kalor yang dihasilkan,

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$t = 5 \text{ menit}$$

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$Q = 224,574 \times 0,9$$

$$Q = 202,117 \text{ kalori}$$

$$t = 20 \text{ menit}$$

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$Q = 224,574 \times 0,8$$

$$Q = 179,659 \text{ kalori}$$

$$t = 10 \text{ menit}$$

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$Q = 224,574 \times 0,8$$

$$Q = 179,659 \text{ kalori}$$

$$t = 25 \text{ menit}$$

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$Q = 224,574 \times 0,6$$

$$Q = 134,744 \text{ kalori}$$

$$t = 15 \text{ menit}$$

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$Q = 224,574 \times 0,7$$

$$Q = 157,202 \text{ kalori}$$

$$t = 30 \text{ menit}$$

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$Q = 224,574 \times 0,5$$

$$Q = 112,287 \text{ kalori}$$

3. Jumlah kalor yang dihasilkan pada Tembaga yang dilakukan secara eksperimen

Data yang diperoleh:

$$m_{air} = 214 \text{ g}$$

$$m_{Al} = 48 \text{ g}$$

$$m_{El} = 0,147 \text{ g}$$

$$c_{air} = 1,00 \text{ kal/g}^\circ \text{C}$$

$$c_{Al} = 0,215 \text{ kal/g}^\circ \text{C}$$

$$c_{El} = 0,386 \text{ J/gK} = 0,093 \text{ kal/g}^\circ \text{C}$$

$$C = m.c + H = (m_{air} \cdot c_{air}) + (m_{Al} \cdot c_{Al} + m_{El} \cdot c_{El})$$

$$C = (214 \times 1,00) + (48 \times 0,220) + (0,147 \times 0,093) = 224,574 \text{ kal/}^\circ \text{C}$$

Persaman untuk menghitung kalor yang dihasilkan,

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$t = 5 \text{ menit}$$

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$Q = 224,574 \times 0,3$$

$$Q = 67,372 \text{ kalori}$$

$$t = 10 \text{ menit}$$

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$Q = 224,574 \times 0,1$$

$$Q = 22,457 \text{ kalori}$$

$t = 15 \text{ menit}$

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$Q = 224,574 \times 0,1$$

$$Q = 22,457 \text{ kalori}$$

$t = 20 \text{ menit}$

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$Q = 224,574 \times 0,2$$

$$Q = 44,915 \text{ kalori}$$

$t = 25 \text{ menit}$

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$Q = 224,574 \times 0,2$$

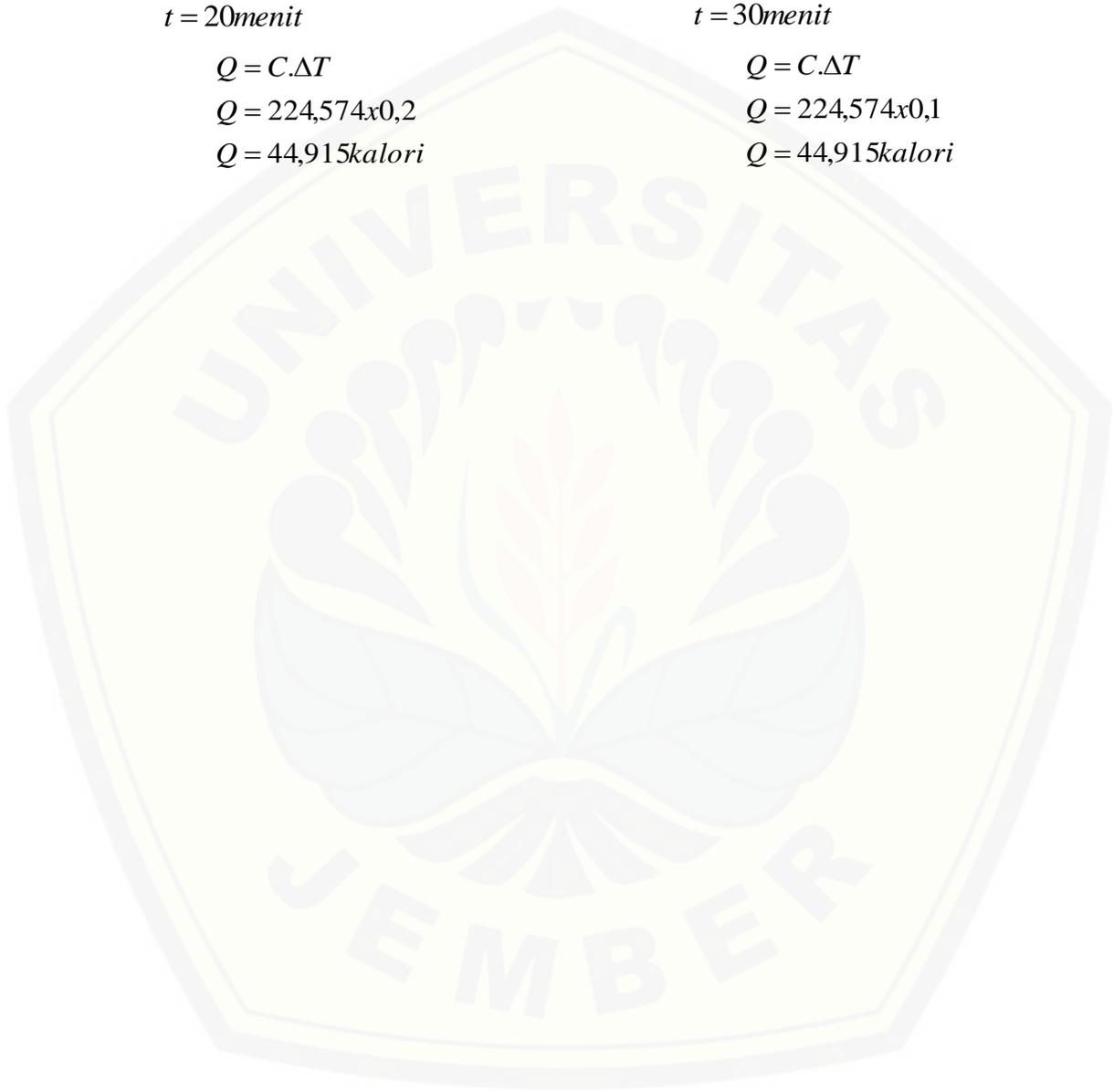
$$Q = 44,915 \text{ kalori}$$

$t = 30 \text{ menit}$

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$Q = 224,574 \times 0,1$$

$$Q = 22,457 \text{ kalori}$$



*Lampiran F***FOTO KEGIATAN PENELITIAN**

Gambar 1. Pengukuran massa kalorimeter kosong (bejana aluminium)



Gambar 2. merangkai alat dan bahan sesuai desain penelitian

