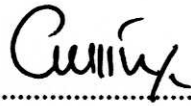


“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir)”

Tandatangan : 
Nama Penyelia : Md Isa Bin Ali
Tarikh : 15/12/05

**MEREKA DAN MENGUJI PERALATAN PENGUKURAN KEBERALIRAN
HABA**


ZULKIFFLI BIN BAKAR

**Laporan ini diserahkan kepada Fakulti Kejuruteraan Mekanikal sebagai memenuhi
sebahagian daripada syarat penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan
Mekanikal (Termal-Bendalir)**

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia**

November 2005

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya jelaskan sumbernya”

Tandatangan : 

Nama Penulis : Zulkifli Bin Bakar

Tarikh : 15/12/05

DEDIKASI

Kepada ibu, bapa, dan keluarga tercinta....

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, bersyukur kehadiran Ilahi dengan limpah kurniaNya dan keizinanNya dapatlah projek ini disiapkan dalam masa yang ditetapkan. Pertama sekali ucapan berbanyak terima kasih yang tidak terhingga buat ibu dan ayah yang tidak pernah jemu memberi dorongan dan sokongan serta membiayai semua perbelanjaan bagi menyiapkan projek ini.

Ribuan terima kasih serta setinggi-tinggi penghargaan buat penyelia iaitu En. Md Isa Bin Ali yang tidak pernah jemu memberikan tunjuk ajar serta bimbingan bagi memastikan projek ini siap dengan sempurna. Sekalung penghargaan buat semua pensyarah, juruteknik, dan staf Fakulti Kejuruteraan Mekanikal yang terlibat dalam memberi kerjasama bagi menjayakan projek ini.

Buat yang terakhir sekali, sekalung penghargaan ingin disampaikan kepada semua rakan-rakan seperjuangan yang banyak membantu dalam menyiapkan projek ini.

ABSTRAK

Tujuan projek ini adalah untuk mereka sebuah alat untuk mengukur nilai keberaliran haba bagi pelbagai jenis bahan. Bahan-bahan yang digunakan bagi menguji peralatan yang direka adalah tembaga, aluminium, keluli tahan karat dan keluli lembut.

Keempat-empat bahan berkenaan telah diuji dengan menggunakan radas yang telah dihasilkan bagi menentukan nilai-nilai keberaliran haba masing-masing. Hasil kajian mendapati bahawa dengan menggunakan alat yang direka tersebut didapati nilai keberaliran haba bagi tembaga adalah 335.7 W/m.K, aluminium adalah 222.22 W/m.K, keluli tahan karat adalah 13.04 W/m.K dan keluli lembut adalah 41.67 W/m.K. Keputusan yang telah diperolehi telah dibandingkan dengan nilai teori yang sedia ada bagi mendapatkan peratus ralat untuk menentukan ketepatan alat ini.

Secara keseluruhannya, projek ini dapat disiapkan dengan jayanya dan mencapai objektif yang dikehendaki. Peratusan ralat yang diperolehi amatlah rendah iaitu tidak melebihi 15 % bagi setiap bahan. Oleh itu, alat yang direka ini didapati sesuai digunakan untuk mengukur nilai keberaliran haba bagi sesuatu bahan.

ABSTRACT

The main purpose of this project is to design an apparatus to measure the thermal conductivity value for several materials. The materials used to test the apparatus are copper, aluminum, stainless steel and mild steel.

All the materials used have been tested by using the apparatus that have been design to determine the thermal conductivity. From the research that have been done, the values of the thermal conductivity are 335.7 W/m.K for cooper, 222.22 W/m.K for aluminium, 13.04 W/m.K for stainless steel and 41.67 W/m.K for mild steel. The results were compared to the theoretical value in order to obtain the error percentage for determining the accuracy of the apparatus.

Overall, this project has been done successfully and achieves the objective. The error percentages are small and not greater than 15 % for all materials. Therefore, the apparatus that have been design is suitable for measuring the thermal conductivity value for a certain material.

ISI KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	ISI KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI SIMBOL	xii
	SENARAI LAMPIRAN	xiii
1	PENGENALAN	1
	1.1 Pengenalan Projek	1
	1.2 Objektif	2
	1.3 Skop	3
	1.4 Kelebihan Projek	3
	1.5 Penyataan Masalah	3
2	KAJIAN LITERATURE	4
	2.1 Pengenalan	4
	2.2 Teori Keberaliran haba	9
	2.3 Pengenalan kepada Pengaliran Haba	10
	2.3.1 Keberaliran Haba Dan Rintangan Haba	11
	2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Nilai Keberaliran Haba	13
	2.4.1 Kelembapan	13
	2.4.2 Ketumpatan Dan Keliangan	14
	2.4.3 Suhu	14

	2.5 Nilai Keberaliran Haba Secara Teori	15
3	METODOLOGI	16
	3.1 Pengenalan	16
	3.2 Hukum Pengaliran Fourier	16
	3.2.1 Menentukan Nilai Keberaliran Haba	17
	3.2.2 Menentukan Ralat Yang Berlaku	18
	3.3 Penyediaan Peralatan	19
	3.3.1 Termos	19
	3.3.2 Paip Tembaga	19
	3.3.3 Termometer	20
	3.3.4 Termogandingan	20
	3.4 Konsep Ujikaji	23
	3.5 Prosedur Ujikaji	23
4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	25
	4.1 Keputusan	25
	4.2 Keputusan Bagi Tembaga	26
	4.2.1 Data Keputusan Bagi Tembaga	26
	4.2.2 Graf Kadar Alir Haba (q) Melawan $\left(2A \frac{dT}{dx}\right)$ Bagi Tembaga	27
	4.2.3 Ulasan Graf Bagi Tembaga	28
	4.3 Keputusan Bagi Aluminium	29
	4.3.1 Data Keputusan Bagi Aluminium	29
	4.3.2 Graf Kadar Alir Haba (q) Melawan $\left(2A \frac{dT}{dx}\right)$ Bagi Aluminium	30
	4.3.3 Ulasan Graf Bagi Aluminium	31
	4.4 Keputusan Bagi Keluli Tahan Karat	32
	4.4.1 Data Keputusan Bagi Keluli Tahan Karat	32
	4.4.2 Graf Kadar Alir Haba (q) Melawan $\left(2A \frac{dT}{dx}\right)$ Bagi Keluli Tahan Karat	33
	4.4.3 Ulasan Graf Bagi Keluli Tahan Karat	34

	4.5 Keputusan Bagi Keluli Lembut	35
	4.5.1 Data Keputusan Bagi Keluli Lembut	35
	4.5.2 Graf Kadar Alir Haba (q) Melawan $\left(2A \frac{dT}{dx}\right)$ Bagi Keluli Lembut	36
	4.5.3 Ulasan Graf Bagi Kluli Lembut	37
	4.6 Contoh Pengiraan	38
	4.7 Perbincangan Keseluruhan Ujikaji	39
5	ANALISIS RALAT	40
	5.1 Kehilangan Haba	40
	5.2 Tekanan Air	41
	5.3 Menentukan Peratusan Ralat	41
6	KESIMPULAN DAN CADANGAN	43
	6.1 Kesimpulan	43
	6.2 Cadangan	44
	RUJUKAN	45

	4.5 Keputusan Bagi Keluli Lembut	35
	4.5.1 Data Keputusan Bagi Keluli Lembut	35
	4.5.2 Graf Kadar Alir Haba (q) Melawan $\left(2A \frac{dT}{dx}\right)$ Bagi Keluli Lembut	36
	4.5.3 Ulasan Graf Bagi Kluli Lembut	37
	4.6 Contoh Pengiraan	38
	4.7 Perbincangan Keseluruhan Ujikaji	39
5	ANALISIS RALAT	40
	5.1 Kehilangan Haba	40
	5.2 Tekanan Air	41
	5.3 Menentukan Peratusan Ralat	41
6	KESIMPULAN DAN CADANGAN	43
	6.1 Kesimpulan	43
	6.2 Cadangan	44
	RUJUKAN	45

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Keputusan bagi bahan yang telah diuji.	5
2.2	Keputusan eksperimen yang diperolehi dibandingkan dengan nilai teori.	6
2.3	Keputusan perbandingan data teori dengan data ujikaji	8
2.4	Nilai teori keberaliran haba	15
4.1	Keputusan ujikaji bagi tembaga	26
4.2	Keputusan ujikaji bagi aluminium	29
4.3	Keputusan ujikaji bagi keluli tahan karat	32
4.4	Keputusan ujikaji bagi keluli lembut	35
5.1	Peratusan Ralat	42

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Graf suhu melawan keberaliran haba	5
2.2	Graf suhu melawan keberaliran haba	7
3.1	Pengaliran haba pada bahan uji.	17
3.2	Peralatan pengukuran keberaliran haba	20
3.3	Alat pengukuran keberaliran haba	21
3.4	Keratan rentas termos	22
4.1	Kadar alir haba (q) melawan $\left(2A \frac{dT}{dx}\right)$ bagi tembaga.	27
4.2	Kadar alir haba (q) melawan $\left(2A \frac{dT}{dx}\right)$ bagi aluminium.	30
4.3	Kadar alir haba (q) melawan $\left(2A \frac{dT}{dx}\right)$ bagi keluli tahan karat.	33
4.4	Kadar alir haba (q) melawan $\left(2A \frac{dT}{dx}\right)$ bagi keluli lembut.	36

SENARAI SIMBOL

SIMBOL	DEFINISI
A	Luas permukaan, m ²
k	Keberaliran haba, W/m.K
L	Panjang, m
q	Kadar alir haba, W
T	Suhu, K
t	Masa, s
dT	Perbezaan suhu, K
dx	Perbezaan jarak, m
\dot{m}	Kadar alir jisim air, kg/s
h	Pekali pemindahan haba, W/m ² .K
d	Diameter, m
R	Rintangan, Ω

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Rajah A1 : Kelengkapan Projek	46
	Rajah A2 : Kedudukan Alat Pemanas	47
	Rajah A3 : Pengaliran air masuk dan keluar	47

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pengenalan Projek

Keberaliran haba adalah satu faktor yang amat penting bagi sesuatu bahan untuk mengetahui kekuatan dan ketahanan bahan berkenaan. Dengan mengetahui tahap keberaliran haba sesuatu bahan, pilihan bahan yang terbaik boleh dibuat bagi menjimatkan kos dan masa.

Terdapat dua kaedah bagi mendapatkan nilai keberaliran haba iaitu dengan menjalankan eksperimen ataupun melalui simulasi. Dalam projek ini, kaedah yang akan digunakan adalah kaedah eksperimen yang menggunakan peralatan pengukuran keberaliran haba yang dicipta khas bagi projek ini. Di dalam menjalankan eksperimen aspek yang amat penting sekali adalah mendapatkan bacaan dengan tepat dan dari bacaan itu nilai-nilai yang dikehendaki boleh diperolehi melalui persamaan-persamaan yang tertentu.

Teknologi moden zaman sekarang telah banyak menemui bahan baru dan nilai keberaliran haba hanya dapat diperolehi dengan kaedah eksperimen. Penetapan data untuk nilai keberaliran haba sesuatu bahan mungkin dapat diperolehi tetapi nilai ini amat bergantung kepada beberapa faktor yang mempengaruhi sesuatu bahan dalam mendapatkan nilai keberaliran haba bagi sesuatu bahan. Faktor-faktor yang mempengaruhi sesuatu bahan adalah seperti kelembapan, ketumpatan dan suhu. Dengan ini, untuk menentukan nilai keberaliran haba sesuatu bahan adalah lebih sesuai dibuat melalui eksperimen.

Matlamat projek ini adalah untuk mencipta sebuah radas bagi menjalankan eksperimen untuk mendapatkan nilai keberaliran haba pada beberapa bahan yang terpilih. Konsep yang digunakan bagi projek ini adalah dengan menggunakan termos sebagai pengadang bagi bahan ujian terhadap udara luar. Bahan itu akan dikenakan aliran arus elektrik yang dibekalkan daripada bekalan elektrik supaya dapat memanaskan bahan uji berkenaan. Bahan berkenaan turut diletakkan termogandingan bagi mendapatkan bacaan.

1.2 Objektif

Antara objektif kajian adalah :-

- Mereka sebuah peralatan pengukuran keberaliran haba serta melakukan ujian ke atasnya.
- Mengukur nilai keberaliran haba bagi beberapa jenis bahan uji dengan menggunakan peralatan ini. Bahan-bahan yang diuji adalah tembaga, aluminium, keluli tahan karat dan keluli lembut.
- Membuat analisa ralat terhadap keputusan nilai keberaliran haba yang diperolehi dengan membanding nilai teori yang sedia ada bagi melihat keberkesanan alat yang direka.

1.3 Skop

Mereka sebuah peralatan pengukuran keberaliran haba dengan menggunakan konsep yang lebih mudah serta kos penghasilan yang murah. Tujuan utamanya adalah bagi mengukur nilai keberaliran haba pada pelbagai jenis bahan yang mana nilainya hampir sama dengan radas yang berada di pasaran dan peralatan berkenaan lebih mahal. Empat bahan telah dipilih sebagai bahan uji untuk menguji peralatan ini. Keempat-empat bahan berkenaan dipilih kerana bahan-bahan berkenaan biasa digunakan dan mudah diperolehi. Bahan-bahan ini juga mempunyai sifat keberaliran haba yang cukup tinggi.

1.4 Kelebihan Projek

Projek ini banyak kepentingannya dalam bidang kejuruteraan. Keberaliran haba pada sesuatu bahan adalah penting kerana ia dapat mengetahui tahap pengaliran haba sesuatu bahan. Dengan adanya alat ini nilai keberaliran haba yang dikehendaki dapat dihasilkan. Konsep yang digunakan ini akan menjimatkan kos kerana kos pembuatan alat ini adalah rendah.

1.5 Penyataan Masalah

Alat pengukuran keberaliran haba yang ada dipasaran adalah mahal. Kajian ini adalah bertujuan untuk mereka satu peralatan yang lebih murah dan ringkas serta mampu mengukur nilai keberaliran haba (k) sesuatu bahan.

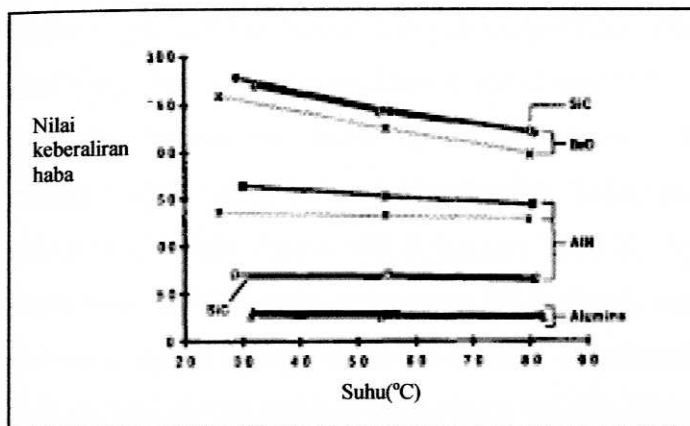
BAB 2

KAJIAN LITERATURE

2.1 Pengenalan

Terdapat beberapa kajian yang telah dijalankan bagi mendapatkan nilai keberaliran haba (k). Antara kajian-kajian tersebut adalah seperti berikut:-

Elizabeth S. Dettmer dan rakan-rakan, (1989), telah menjalankan eksperimen bagi mendapatkan nilai keberaliran haba bagi aluminium nitrida (AIN) dan silikon karbida (SIC). Peralatan yang digunakan bagi ujikaji yang mereka jalankan dinamakan '*guard hot plate*'. Peralatan yang digunakan itu disambung terus kepada komputer untuk membuat bacaan. Eksperimen ini dilakukan pada dua suhu yang berlainan iaitu pada suhu bilik dan pada suhu yang lebih tinggi. Keputusan yang diperolehi pada suhu bilik adalah silikon karbida mempunyai nilai keberaliran haba yang paling tinggi manakala aluminium nitrida pula berada pada keadaan yang rendah. Pada suhu tinggi pula, nilai keberaliran haba silikon karbida menurun mengikut kenaikan suhu. Ia adalah seperti dalam Rajah 2.1. Keputusan yang diperolehi ditunjukkan dalam Jadual 2.1. Secara keseluruhannya, silikon karbida hanya sesuai untuk pengkhususan elektronik sahaja. Manakala aluminium nitrida mempunyai banyak kelebihan kerana ia mempunyai nilai keberaliran haba yang tidak banyak perubahan pada suhu-suhu tertentu.



Rajah 2.1 : Graf suhu melawan keberaliran haba

Jenis bahan	Pengeluar	Keaslian	Keberaliran haba (W/m.K)	
			Oleh Pembekal	Nilai Yang Diukur
Al ₂ O ₂	Adoft Meller	100%/jernih	40	42
	MCR	99.6%/putih	37	31
	Coors	96%/putih	26	27
AlN	Toshiba	Kelabu	70	72
		Lut cahaya	170	171
	Tokuyama	Lut cahaya	140	154
	Soda	Lut cahaya	180	179
BeO	Brush Wellman	Putih	250	282
SiC	Hitachi	Kelabu	270	276

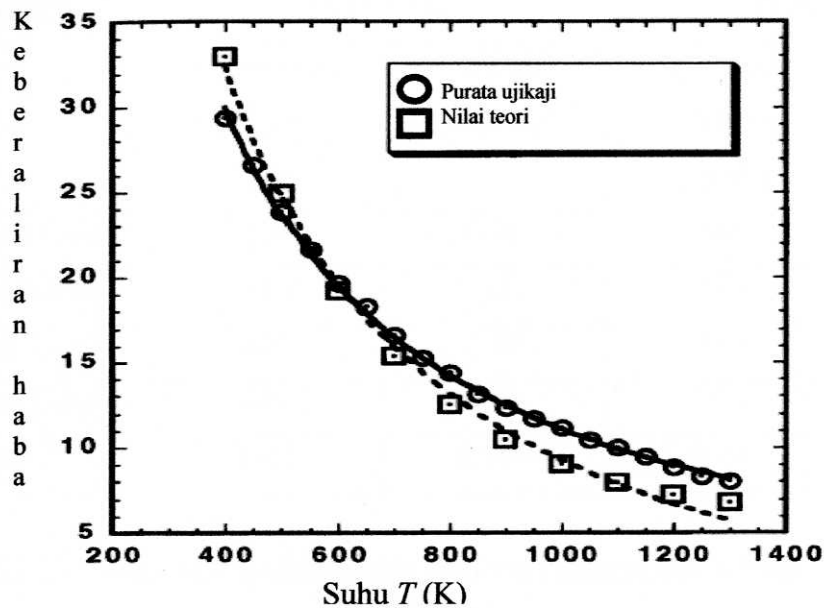
Jadual 2.1 : Keputusan bagi bahan yang telah diuji.

A.J. Slifka, dan rakan-rakan, (1998), dalam ujikaji mereka, menerangkan tentang pengukuran nilai keberaliran haba bagi magnesium oksida serta kestabilannya. Ujikaji mereka juga menggunakan peralatan yang diberi nama 'guarded hot plate' bagi mengukur keberaliran haba bagi sesuatu bahan yang berkenaan. Dalam ujikaji mereka tiga jenis bahan yang berlainan ketebalan

digunakan dalam mendapatkan nilai keberaliran haba k dan rintangan haba spesifik diantara permukaan. Keputusan yang diperolehi adalah seperti dalam Jadual 2.2 dan graf yang diperolehi ditunjukkan dalam Rajah 2.2. Daripada keputusan yang mereka perolehi, keberaliran haba untuk magnesium oksida dapat diperolehi dengan menggunakan teknik tahap kestabilannya. Tahap pengaliran haba yang telah diukur adalah pada suhu antara 400 K hingga 1300 K. Apa yang diperolehi adalah tahap kestabilan berlaku pada suhu yang lebih tinggi daripada suhu yang dikaji. Secara keseluruhannya ujikaji ini telah berjaya mendapatkan nilai keberaliran haba bagi magnesium oksida melalui eksperimen setelah dibandingkan dengan nilai teori yang sedia ada.

Keberaliran haba	Purata nilai ujikaji ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	Nilai teori ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)
400	29.4	33.0
450	26.6	
500	23.8	24.9
550	21.6	
600	19.7	19.2
650	18.3	
700	16.6	15.3
750	15.3	
800	14.3	12.5
850	13.1	
900	12.3	10.4
950	11.7	
1000	11.1	9.1
1050	10.5	
1100	10.0	7.9
1150	9.5	
1200	8.9	7.2
1250	8.3	
1300	8.1	6.8

Jadual 2.2 : Keputusan eksperimen yang diperolehi dibandingkan dengan nilai teori



Rajah 2.2 : Graf suhu melawan keberaliran haba

Chua Wei Kia, (1986), telah menjalankan satu ujikaji bagi menentu nilai keberaliran haba dan ketahanan bagi beberapa jenis bahan binaan bangunan yang sering digunakan. Antara bahan yang beliau uji adalah seperti kaca gentian (*fibreglass*), papan lapis (*plywood*), papan lembut (*softboard*) dan besi konkrit. Peralatan yang digunakan bagi ujikaji mereka adalah '*guard hot plate*'. Beliau mengambil masa selama enam jam untuk menjalankan ujikaji bagi setiap bahan. Keputusan yang beliau perolehi adalah seperti dalam Jadual 2.3. Nilai keberaliran haba yang diperolehi adalah amat memuaskan kerana nilainya hampir sama dengan nilai teori yang sedia ada.

Bahan Uji	Data Teori		Data Ujikaji	
	Ketumpatan jisim (kg/m ³)	Nilai k (W/m.K)	Ketumpatan jisim (kg/m ³)	Nilai k (W/m.K)
Habuk Gergaji	200	0.06	185	0.085
Kaca Gentian	260	0.052	150	0.083
Papan Lapis	841	0.20	530	0.376
Papan Lembut	460	0.13	260	0.186
Konkrit	1015	0.935	1081	1.262

Jadual 2.3 : Keputusan perbandingan data teori dengan data ujikaji.

2.2 Teori Keberaliran haba.

Definisi

Pengaliran haba adalah satu proses yang mana haba meresap melalui jasad atau badan pepejal atau melalui bendalir yang bergenang. Hukum yang menentukan mod pemindahan haba jenis ini boleh diungkapkan dalam sebutan matematik yang mudah dan dalam beberapa kes penyelesaiannya boleh diperolehi dengan cara analisa sahaja. Apabila penyelesaian secara analisa ini didapati terlalu rumit maka ia bolehlah diatasi dengan menggunakan kaedah bergraf, analog, dan juga kaedah berangka. [*Md Nujid Bin Ismail dan H.Y Wong, (1999)*]

Konsep asas pengaliran haba adalah mudah. Pada peringkat mikroskopik didapati bahawa fluks haba adalah berkadaran dengan kecerunan suhu, iaitu:-

$$\dot{q} = k \frac{dT}{dx} \quad (\text{W/m}^2) \quad (2.1)$$

Pemalar berkadaran k dikenali sebagai keberaliran haba. Ia adalah satu sifat pengangkutan bagi sesuatu bahan. Dalam bahan dwielektrik (bahan tak mengalirkan elektrik), tenaga haba dipindahkan dengan cara geseran kekisi, sedangkan bagi bahan pengalir elektrik yang baik seperti logam, sumbangan yang disebabkan oleh mekanisma geseran kekisi adalah kecil jika dibandingkan dengan bahan dwielektrik. Sebenarnya tenaga haba ini diangkut dengan cara pergerakan elektron bebas melalui kekisi. Walaupun pengetahuan mekanisma ini amat berguna dalam kajian ciri pengaliran sesuatu bahan tertentu, tetapi dalam penyelesaian masalah kejuruteraan yang bersangkutan dengan pengaliran haba ia tidaklah betapa penting sangat. Walau bagaimanapun, perlu dicatatkan disini bahawa terdapat satu hubungan antara keberaliran haba dengan keberaliran elektrik logam tulen seperti yang diterangkan oleh *Hukum Wildemann-Franz*, iaitu:-