
PERANCANGAN ALAT PRAKTIKUM KONDUKTIVITAS TERMAL

Fajar Sidik Irianto^{1*}, M.Dzulfikar²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim
Jl. Menoreh Tengah X/22, sampaangan, semarang 50236
E-mail: rian.dyah1992@gmail.com

Abstrak

Alat praktikum merupakan penunjang dalam pembelajaran dan sebagai miniatur dari peralatan yang sebenarnya. Peralatan buatan pabrik tergolong harganya mahal, untuk menghemat biaya tersebut dan menanamkan kreatifitas maka dirancang sendiri alat tersebut dengan tidak meninggalkan dari kegunaan dan fungsi alat tersebut. Tujuan dari perancangan alat praktikum ini adalah untuk mengetahui nilai konduktivitas termal tembaga dengan cara perpindahan panas konduksi. Hasil dari pengujian, harga konduktivitas termal lebih rendah dari referensi yaitu 385 W/m⁰C, rata-rata hasil pengujian dengan variasi tegangan 100V, 150V, dan 200V. Didapatkan hasil 338,669 W/m⁰C pada pengujian dengan tegangan 100V, 316,06 W/m⁰C pada pengujian 150V, dan 329,687 W/m⁰C pada tegangan 200V, jadi nilai rata-rata pada semua variasi tegangan adalah 328,138 W/m⁰C.

Kata kunci : alat praktikum, perancangan, konduktivitas termal.

PENDAHULUAN

Alat praktikum merupakan penunjang dalam pembelajaran dan sebagai miniatur dari peralatan yang sebenarnya. Peralatan buatan pabrik tergolong harganya mahal, untuk menghemat biaya tersebut dan menanamkan kreatifitas maka dirancang sendiri alat tersebut dengan tidak meninggalkan dari kegunaan dan fungsi alat tersebut. Salah satu praktikum yang dilaksanakan di laboratorium teknik mesin Universitas Wahid Hasyim Semarang adalah menghitung nilai konduktivitas termal pada perpindahan panas konduksi. Dengan demikian diperlukan alat praktikum untuk mensimulasi nilai konduktivitas termal pada perpindahan panas konduksi. Alat praktikum ini sangat sulit didapat dan tentunya harganya yang relatif mahal, sehingga diupayakan untuk merancang alat praktikum ini dengan harga yang lebih terjangkau dan tetap sesuai standart teknik mesin. Tidak tersedianya alat praktikum untuk mencari nilai konduktivitas termal pada perpindahan panas konduksi dengan harga yang terjangkau dan dapat digunakan sesuai standart proses pembelajaran teknik mesin. Adapun tujuan dari perancangan alat ini adalah untuk merancang alat praktikum konduktivitas termal.

Karena banyaknya kemungkinan variabel yang dapat mempengaruhi perancangan ini, maka perancangan ini dibatasi pada: bahan material pengantar panas menggunakan tembaga yang berbentuk silinder, karena tembaga merupakan pengantar panas yang baik, alat pemanas menggunakan kawat nikelin, alat pengukur suhu menggunakan termokopel, alat pengukur kuat arus listrik menggunakan amperemeter, alat pengukur tegangan listrik menggunakan voltmeter, analisa hanya mencakup perubahan suhu, tidak ekspansi muai, dianggap tidak ada muai.

Kalor atau panas adalah merupakan tenaga yang ditransfer dari satu benda ke benda lain karena beda temperatur. Dalam abad ke-17, Galileo, Newton dan ilmuwan lain umumnya mendukung teori ahli atom Yunani Kuno yang menganggap kalor merupakan wujud gerakan molekuler. Pada abad berikutnya metode-metode dikembangkan untuk melakukan pengukuran jumlah kalor yang meninggalkan atau masuk ke suatu benda secara kuantitatif, dan ditemukan bahwa bila dua benda dalam kontak termis maka jumlah kalor yang meninggalkan suatu benda sama dengan jumlah kalor yang memasuki benda lainnya.

Perpindahan kalor ada tiga jenis yaitu perpindahan kalor secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduktivitas atau kehantaran termal, k , adalah suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuannya untuk mengantarkan panas. Konduksi termal adalah suatu fenomena transport dimana perbedaan temperature menyebabkan transfer energi termal dari satu daerah benda panas ke daerah yang sama pada temperature yang lebih rendah.

METODE PENELITIAN

Dalam perancangan alat penelitian untuk mengetahui nilai konduktivitas termal pada perpindahan panas konduksi ini ada beberapa metode yang digunakan, metode-metode yang digunakan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Rancangan konseptual

Rancangan konseptual adalah suatu rancangan awal yang berupa gambar sketsa dasar perancangan yang didasari pada pemahaman konsep-konsep mekanik untuk memecahkan masalah. Tahap ini dihadapi dengan masalah yang dihadapi, kemudian menumbuhkan struktur fungsi dan menentukan pemecahan masalah yang paling tepat.

2. Rancangan Bangun

Dari rancangan konseptual tersebut, sketsa gambar yang telah jadi kemudian dianalisa tata letak dan pemasangan alat-alat, komponen dan perencanaan bagaimana alat-alat tersebut diproduksi.

3. Rancangan detail

Setelah tahapan-tahapan diatas terpenuhi, maka perancangan detail dapat dilakukan dari penyiapan daftar elemen dan dokumentasi produksi dan penyiapan gambar kerja disertai dengan komponen yang sudah diperhitungkan keamanannya.

4. Pembuatan alat

Sebelum membuat benda rancangan detail, menentukan prototype pertama kali yaitu pemilihan bahan yang akan digunakan dan selain itu dilanjutkan sesuai dengan rancangan pekerjaan yang telah dirancang sebelumnya. perakitan masing-masing komponen disesuaikan dengan perancangan detail yang telah dibuat.

5. Pengujian alat

Langkah-langkah dalam pengujian perancangan alat praktikum adalah langkah untuk mengetahui alat perancangan tersebut sudah sesuai apa yang diharapkan dan sesuai standart teknik mesin.

6. Analisis hasil

Menganalisa hasil pengujian dari perancangan alat praktikum konduktivitas termal dan menentukan kesimpulan dari perancangan alat praktikum konduktivitas termal tersebut.

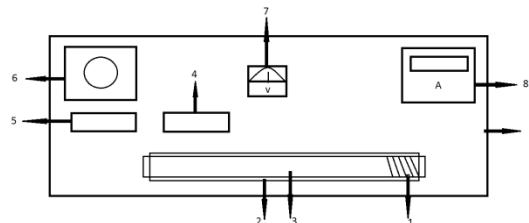
Metode Pengujian

Pengujian alat praktikum konduktivitas termal ini dilakukan untuk mengetahui nilai konduktivitas termal pada material tembaga yang dipanaskan, pengujian dilakukan dengan perbedaan tegangan, yaitu dengan tegangan 100V, 150V, 200V.

Pengujian nilai konduktivitas termal ini dilakukan dengan cara memanaskan material tembaga dengan kawat nikelin yang sudah dililitkan pada ujung tembaga tersebut, lalu tunggu sampai panas tersebut stabil, untuk mengetahui panas tersebut stabil digunakan alat pengukur suhu (termometer digital) yang telah dipasang pada ujung-ujung tembaga tersebut.

Perancangan Alat

Dari berbagai alat perancangan, alat ini untuk mengetahui nilai konduktivitas termal suatu material didalam perpindahan panas secara konduksi. Alat untuk mengetahui nilai konduktivitas termal ini dirancang dengan menggunakan tembaga karena tembaga merupakan suatu bahan pengantar panas yang baik, tembaga ini berbentuk silinder dengan panjang 0,015 m dan berdiameter 0,01905 m yang digunakan sebagai material pengantar panas secara konduksi, pada masing-masing ujung material tembaga tersebut dipasangi thermocouple untuk mengetahui suhu masing-masing ujung tembaga, dan pada tengah-tengah material tembaga dipasangi material peredam panas yang berfungsi untuk menjaga panas agar tidak keluar dari material tembaga tersebut. Untuk memanaskan material tembaga tersebut digunakan pemanas elektrik pada salah satu ujung material tembaga tersebut.



Gambar 1. Rancangan Alat Percobaan

Keterangan:

1. Kawat nikelin (pemanas)
2. Isolasi peredam panas
3. Material penghantar panas (tembaga)
4. Termometer digital (T1)
5. Termometer digital (T2)
6. Dimmer
7. Voltmeter
8. Amperemeter
9. Papan triplek (alas)

Pengambilan data

Alat uji konduktivitas termal ini dirancang untuk mengetahui nilai konduktivitas termal pada perpindahan panas konduksi, dan pengambilan data dilakukan sebagai berikut:

1. Hidupkan pemanas.
2. Atur tegangan pada dimmer dengan tegangan yang telah ditentukan.
3. Tunggu hingga panas stabil.
4. Ambil data setiap 5 menit sebanyak 10 kali.
5. Catat suhu pada termometer digital T1.
6. Catat suhu pada termometer digital T2.
7. Catat volt meter dan amperemeter.
8. Ulangi langkah ke 2 dan seterusnya dengan variasi tegangan 100V, 150V, dan 200V.
9. Selesai.

Asumsi

Pengujian alat menggunakan asumsi sebagai berikut:

1. Kalor mengalir sepanjang batang tembaga dan tidak ada kalor yang keluar dari batang tembaga.
2. Kondisi lingkungan tidak berpengaruh terhadap temperatur maupun tegangan dan arus listrik.
3. Analisa hanya mencakup perubahan suhu, tidak ekspansi muai.
4. Dianggap tidak ada pemuaian.
- 5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian alat praktikum konduktivitas termal, dengan variasi tegangan 100V, 150V, dan 200V dapat dilihat pada tabel 1., 2., dan 3.

Data pada tabel 1, 2, dan 3 digunakan untuk menghitung nilai konduktivitas termal.

Perhitungan pengujian dengan tegangan 100 V sebagai contoh digunakan data pada nomor 1. Mencari luas penampang menggunakan rumus:

$$A = \pi \cdot r^2$$

Mencari nilai kalor menggunakan persamaan :

$$Q = I \cdot V$$

Mencari nilai konduktivitas termal menggunakan persamaan II.4:

$$k = - \frac{Q \cdot L}{A \cdot \Delta T}$$

Selengkapnya hasil perhitungan konduktivitas termal disajikan pada tabel 4 dan 6.

Tabel 1. Data hasil pengujian pada tegangan 100V

No.	Temperatur (°C)			Arus I
	T1	T2	ΔT	
1.	45,1	43,8	1,3	0,039
2.	45,8	44,5	1,3	0,039
3.	46,2	45,0	1,2	0,039
4.	46,5	45,3	1,2	0,039
5.	46,8	45,6	1,2	0,039
6.	47,3	46,1	1,2	0,040
7.	47,7	46,5	1,2	0,040
8.	47,9	46,8	1,3	0,040
9.	48,1	46,9	1,2	0,040
10.	48,2	47,0	1,2	0,040

Tabel 2. Data hasil pengujian pada tegangan 150V

No.	Temperatur (°C)			Arus I
	T1	T2	ΔT	
1.	51,3	49,0	2,3	0,047
2.	53,9	51,5	2,4	0,047
3.	55,6	53,2	2,4	0,047
4.	57,3	54,9	2,4	0,047
5.	58,3	56,0	2,3	0,047
6.	59,4	57,1	2,3	0,047
7.	60,1	57,8	2,3	0,047
8.	61,2	58,8	2,4	0,047
9.	62,1	59,8	2,3	0,047
10.	62,9	60,5	2,4	0,047

Tabel 3. Data hasil pengujian pada tegangan 200V

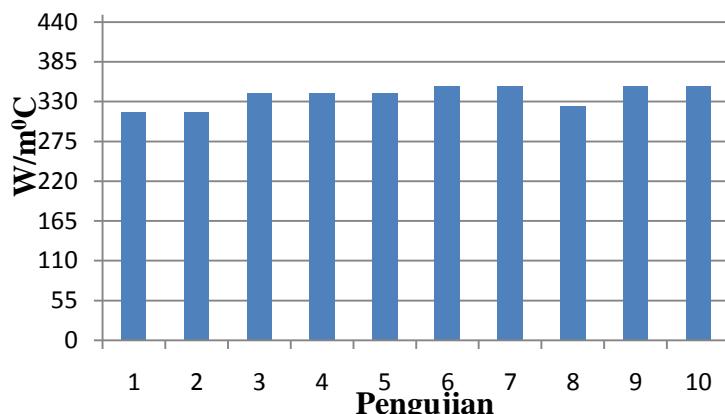
No.	Temperatur (°C)			Arus I
	T1	T2	ΔT	
1.	77,1	73,3	3,8	0,061
2.	78,9	75,2	3,7	0,061
3.	80,9	77,1	3,8	0,061
4.	82,6	78,7	3,9	0,061
5.	83,9	80,1	3,8	0,061
6.	85,5	81,5	4	0,061
7.	86,4	82,4	4	0,061
8.	87,1	83,1	4	0,061
9.	87,9	83,9	4	0,061
10.	88,5	84,5	4	0,061

Dari tabel 4 dapat dilihat hasil perhitungan dengan tegangan 100V didapat nilai rata-rata k 338,669 W/m^0C , dari pengujian tersebut terdapat nilai kesalahan pengujian sebesar 12% dengan ketepatan 88%.

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa nilai pengujian konduktivitas termal berbeda-beda, dengan nilai terendah 315,92 W/m⁰C dan nilai tertinggi 351,02 W/m⁰C.

Dari tabel 5 dapat dilihat hasil perhitungan dengan tegangan 150V didapat nilai rata-rata k 316,06 W/m⁰C, dari pengujian tersebut terdapat nilai kesalahan pengujian sebesar 17,90% dengan ketepatan 82,1%.

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai pengujian konduktivitas termal berbeda-beda, dengan nilai terendah 309,34 W/m⁰C dan nilai tertinggi 322,79 W/m⁰C.



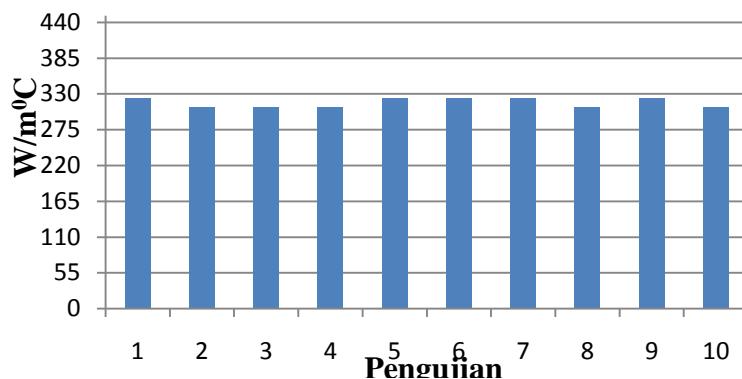
Gambar 1. Konduktivitas termal pada tegangan 100V

Dari tabel 6 dapat dilihat hasil perhitungan dengan tegangan 200V didapat nilai rata-rata k 329,68 W/m⁰C, dari pengujian tersebut terdapat nilai kesalahan pengujian sebesar 14,36% dengan ketepatan 85,64%.

Tabel 4. Hasil perhitungan dengan tegangan 100V

No.	ΔT (0 C)	I (A)	k (W/m ⁰ C)
1.	1,3	0,039	315,92
2.	1,3	0,039	315,92
3.	1,2	0,039	342,25
4.	1,2	0,039	342,25
5.	1,2	0,039	342,25
6.	1,2	0,040	351,02
7.	1,2	0,040	351,02
8.	1,3	0,040	324,02
9.	1,2	0,040	351,02
10.	1,2	0,040	351,02
Rata-rata k			338,669
Error %			12%
Standart Deviasi			14,52

Dari gambar .3 dapat dilihat bahwa nilai pengujian konduktivitas termal berbeda-beda, dengan nilai terendah 321,19 W/m⁰C dan nilai tertinggi 347,23 W/m⁰C.



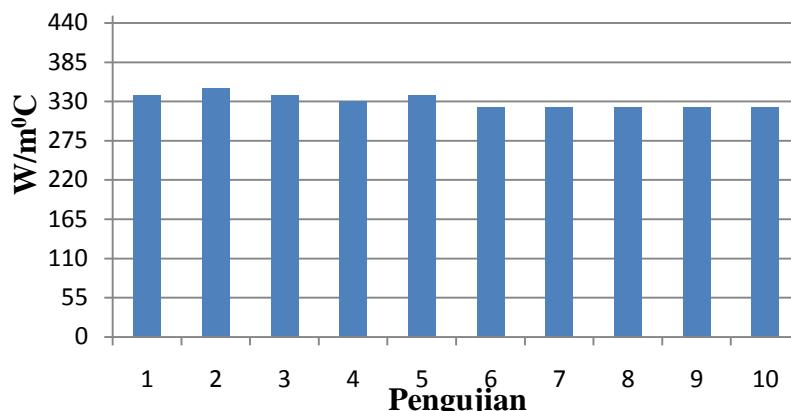
Gambar 2. Konduktivitas termal pada tegangan 150V

Dari Tabel 7 dapat dilihat rata-rata konduktivitas termal pada semua tegangan 100V, 150V, dan 200V adalah $328,138 \text{ W/m}^0\text{C}$, nilai kesalahan rata-rata 14,76% dengan ketepatan rata-rata 85,24%, hasil rata-rata nilai konduktivitas termal lebih rendah dari referensi.

Tabel 5.hasil perhitungan dengan tegangan 150V

No.	ΔT (^0C)	I (A)	k (W/m ^0C)
1.	2,3	0,047	322,79
2.	2,4	0,047	309,34
3.	2,4	0,047	309,34
4.	2,4	0,047	309,34
5.	2,3	0,047	322,79
6.	2,3	0,047	322,79
7.	2,3	0,047	322,79
8.	2,4	0,047	309,34
9.	2,3	0,047	322,79
10.	2,4	0,047	309,34
Rata-rata k			316,06
Error %			17,90%
Standart Deviasi			7,08

Menurut Holman (1993) nilai k tembaga adalah $385\text{W/m}^0\text{C}$, kesalahan disini dikarenakan adanya pengaruh dari suhu lingkungan , masih ada panas yang keluar walaupun tembaga sudah diinsulasi, selain itu tembaga tidak diuji komposisinya apakah tembaga murni atau tembaga campuran.



Gambar 3. Konduktivitas termal pada tegangan 200V

Tabel 6.hasil perhitungan dengan tegangan 200V

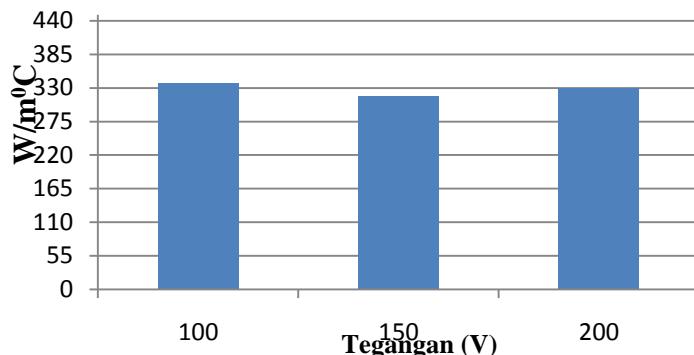
No.	ΔT (°C)	I (A)	k (W/m°C)
1.	3,8	0,061	338,09
2.	3,7	0,061	347,23
3.	3,8	0,061	338,09
4.	3,9	0,061	329,42
5.	3,8	0,061	328,09
6.	4	0,061	321,19
7.	4	0,061	321,19
8.	4	0,061	321,19
9.	4	0,061	321,19
10.	4	0,061	321,19
Rata-rata k			329,68
Error %			14,36%
Standart Deviasi			9,89

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata pengujian konduktivitas termal berbeda-beda, dengan nilai terendah 316,06 W/m⁰C pada pengujian 150V dan nilai tertinggi 338,669 W/m⁰C pada pengujian dengan tegangan 100V.

Tabel 7 Rata-rata konduktivitas termal pada tegangan 100V,150V, dan 200V.

No.	Tegangan (V)	Rata-rata k (W/m°C)
1.	100	338,669
2.	150	316,06
3.	200	329,687
Rata-rata k		
Error %		
Standart Deviasi		

Alat ukur yang dipakai untuk mengetahui nilai suhu disini menggunakan termometer digital, alat ukur ini terbilang belum presisi untuk membaca nilai suhu, sedangkan untuk membaca nilai arus digunakan ampere meter, ampere meter ini tidak dikalibrasi, dan untuk membaca tegangan digunakan voltmeter, voltmeter ini tidak dikalibrasi dan tidak presisi karena menggunakan voltmeter analog.



Gambar 4 Rata-rata konduktivitas termal pada tegangan 100V, 150V, dan 200V.

Dengan demikian alat praktikum konduktivitas termal belum dapat digunakan dengan maksimal, dikarenakan tingkat kesalahan pada alat ini masih terbilang tinggi, untuk mengurangi nilai kesalahan pada alat praktikum ini diperlukan perbaikan dan pengujian komposisi bahan , sehingga alat praktikum ini dapat digunakan untuk praktikum dan bekerja dengan maksimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dengan variasi tegangan 100V, 150V, dan 200V, didapatkan hasil $338,669 \text{ W/m}^0\text{C}$ pada pengujian dengan tegangan 100 V (Tabel 4), $316,06 \text{ W/m}^0\text{C}$ pada pengujian dengan tegangan 150V (Tabel 5), dan $329,687 \text{ W/m}^0\text{C}$ pada pengujian dengan tegangan 200V (Tabel 6), dari hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa alat yang dirancang memiliki kesamaan dengan teori, bahwa nilai konduktivitas termal dari hasil perhitungan lebih rendah dari referensi. Menurut Holman (1993) nilai k tembaga adalah $385 \text{ W/m}^0\text{C}$.

Kesalahan pada pengujian dengan tegangan 100V adalah 12% dengan ketepatan 88%, nilai $k= 338,669 \text{ W/m}^0\text{C}$ pada pengujian dengan tegangan 150V adalah 17,90% dengan ketepatan 82,1%, nilai $k= 316,06 \text{ W/m}^0\text{C}$ dan pada pengujian dengan tegangan 200V adalah 14,36% dengan ketepatan 85,64%, nilai $k= 329,687 \text{ W/m}^0\text{C}$. Rata-rata kesalahan dari hasil pengujian adalah 14,76% dan rata-rata ketepatan 85,24%, kesalahan terjadi karna pengaruh oleh suhu lingkungan, masih ada panas yang keluar walaupun tembaga sudah diinsulasi, selain itu tembaga yang diuji tidak diketahui komposisinya apakah tembaga murni atau tembaga campuran, karena tidak dilakukan pengujian bahan. Dengan demikian alat praktikum konduktivitas termal belum dapat digunakan dengan maksimal, dikarenakan tingkat kesalahan pada alat ini masih terbilang tinggi, untuk mengurangi nilai kesalahan pada alat praktikum ini diperlukan perbaikan dan pengujian komposisi bahan , sehingga alat praktikum ini dapat digunakan untuk praktikum dan bekerja dengan maksimal.

SARAN

Perbaikan perlu ditingkatkan kembali agar alat rancangan praktikum konduktivitas termal dapat digunakan dengan hasil yang lebih maksimal dan bermanfaat serta dapat diandalkan dalam praktikum menentukan nilai konduktivitas termal pada perpindahan kalor konduksi, pengujian bahan perlu dilakukan agar dapat diketahui komposisi bahan tembaga tersebut apakah bahan tembaga tersebut murni atau campuran, melakukan perubahan rancangan agar bahan bisa diganti-ganti dengan bahan-bahan yang lain seperti alumunium ataupun perak.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim., Pengertian termokopel dan prinsip kerjanya. teknikelektronika.com/pengertian-termokopel-dan-prinsip-kerjanya diakses pada 24 april 2016
- Anonim., (2004), Perpindahan panas konduksi. Diakses dari <https://seputarpendidikan003.blogspot.com> diakses pada 20 april 2016
- Agus, H., (2015), Perpindahan Panas, Innosain, Yogyakarta
- Bhara., (2014), Fungsi & pengertian amperemeter, voltmeter, ohmmeter alat ukur listrik ilmu fisika. Diakses dari www.organisasi.org pada 24 april 2016
- Holman, J.P., (1996), Heat Transfer Tenth Editioan, John Wiley & Sons,Canada

-
- Holman, J.P., (1993), Perpindahan Kalor, Erlangga, Jakarta
Holman, J.P., (1994), Perpindahan Kalor, Erlangga, Jakarta
Holman, J.P., dan Jasjfi, E., (1984), Metode Pengukuran Teknik, Erlangga, Jakarta
Kanginan, M., (2004), Fisika SMA 3A. Erlangga. Jakarta
Racmat, B., (2016), Pengertian konduktivitas termal,
https://id.wikipedia.org/wiki/konduktivitas_termal diakses pada 19 april 2016
Sularso, (1991), Dasar teori dan pemilihan elemen mesin, Erlangga, Jakarta
Timoshenko, G.,(2000), Mekanika Bahan, Erlangga, Jakarta
Tipler, A.P., (1998), Fisika Untuk Sains Dan Teknik, Erlangga, Jakarta.