

PERENCANAAN ALAT UJI KONDUKTIVITAS TERMAL BAHAN

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin FT UNP*



Oleh:
RAHMAT SYUKRI
15067068 / 2015

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ALAT UJI KONDUKTIVITAS TERMAL BAHAN

Nama : Rahmat Syukri
NIM/TM : 15067068/2015
Program Studi : S1 Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, 16 Agustus 2019

Disetujui Oleh :
Pembimbing



Dr. Ir. Arwizet K, S.T., M.T.
NIP. 19690920 199802 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. Arwizet K, S.T., M.T.
NIP. 19690920 199802 1 001

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR



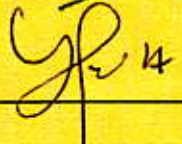
*Dinyatakan Lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*

PERENCANAAN ALAT UJI KONDUKTIVITAS TERMAL BAHAN

Nama : Rahmat Syukri
NIM/TM : 15067068/2015
Program Studi : S1 Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, 16 Agustus 2019

Tim Penguji

Nama		Tanda Tangan
1. Ketua	: Dr. Ir. Arwizet K, S.T., M.T.	1. 
2. Anggota	: Dr. Ambiyar, M.Pd.	2. 
3. Anggota	: Drs. Yufrizal A, M.Pd.	3. 

HALAMAN PERSEMBAHAN

Terimakasih ya allah atas rahmat dan kasih sayangmu kepada hamba, sehingga alhamdulillah hamba bisa menyelesaikan tugas akhir ini. Sungguh ya allah tidak ada satupun didunia ini yang terjadi tanpa atas seizin dan ridhamu. Karena hanya kepadamu hamba menyembah, hanya kepadamulah hamba mohon pertolongan, perlindungan, pengampunan dan engkaulah sebaik-baiknya tujuan untuk hidup di dunia ini.

Kepada kedua orang tua saya bapak Nurman dan almarhumah Nurasni, abang dan kakak kandung saya. Terimakasih atas semua yang telah kalian beri kepada anak dan adikmu ini. Semua yang kalian beri bukan hanya sebatas uang namun uangpun tak akan mampu membeli itu semua. Terkhusus untuk kakak saya Nadia Ariani mokasi ni atas pitih lanjo salamo ko wkwkwk.

Teruntuk dosen pembimbing saya bapak Dr. Ir. Arwizet K, S.T., M.T. saya ucapkan beribu terima kasih atas semua bimbingan dan arahan bapak selama ini. Semoga bapak selalu dalam keadaan sehat dan selalu menjadi sosok inspirasi bagi anak bimbingan maupun peserta didik bapak seterusnya.

.Untuak Abi, Ravi, Evan, Rebi, dan Momon Garage mokasi alah mangawanan malam-malam bagadang awak kawan. Jan pernah lupu nan, awak pernah ndk lalok untuak ba a caronyo skripsi ko ka salasai.

Dan untuk kawan-kawan selama di kuliah, teman-teman teknik mesin, dan keluarga besar UKKPK. Saya ucapkan terimakasih karena telah menemani di setiap waktu belajar saya di universitas negeri padang ini. sehingga sekarang saya bisa berubah menjadi power ranger menurut diri saya sendiri ☺.

*Solidarity Forever
Wish You All The Best And See You Next.*

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Rahmat Syukri
NIM/TM : 15067068/2015
Program Studi : S1 Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir yang berjudul **“Perencanaan Alat Uji Konduktivitas Termal Bahan”** merupakan karya saya sendiri dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Pada karya tulis saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis maupun di terbitkan orang lain kecuali kutipan dengan mengikuti tata cara penulisan karya ilmiah.

Padang, 16 Agustus 2019
Yang menyatakan



Rahmat Syukri
15067068/2015

ABSTRAK

Rahmat Syukri: Perencanaan Alat Uji Konduktivitas Termal Bahan.

Saat ini masih banyak bahan teknik yang belum diketahui nilai konduktivitas termal bahannya. Penelitian tentang nilai konduktivitas termal bahan teknik saat ini terhambat oleh tidak tersedianya alat uji konduktivitas termal bahan tersebut, terutama di Jurusan Teknik Mesin FT UNP. Hal ini menjadi faktor lambatnya perkembangan penelitian dibidang konduktivitas termal bahan ini. Tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah merencanakan suatu rekayasa alat konduktivitas termal bahan dan mengetahui beberapa nilai konduktivitas termal bahan teknik yang belum diketahui nilainya agar nantinya menjadi salah satu alternatif dalam bahan teknik.

Penelitian tentang alat uji konduktivitas termal bahan menggunakan metode eksperimen untuk merancang alat uji yang bekerja berdasarkan persamaan konduktivitas termal. Pada alat uji ini nilai konduktivitas termal bahan uji didapatkan dari analisis selisih kenaikan suhu masuk dan suhu keluar yang diterima suatu benda uji (dT) dengan nilai ketebalan bahan uji (dX), kalor (Watt), dan luas permukaan bahan uji (m^2). Sumber kalor alat uji ini berasal dari daya listrik PLN untuk menghidupkan elemen pemanas. Nilai suhu masuk dan keluar pada alat didapatkan dari indikator yang ditunjukkan termometer digital. Prinsip kerja alat ini untuk mendapatkan suhu sebelum dan setelah merambat pada bahan uji atau suhu masuk dan suhu keluar pada pengujian.

Hasil dari pengujian alat uji konduktivitas termal bahan yang sudah dibuat terhadap beberapa bahan uji mendapatkan hasil sebagai berikut kayu sebesar 4,14 W/m.⁰C, Komposit Serat Ijuk 3,74 W/m.⁰C, Komposit Serat Sabut kelapa 3,75 W/m.⁰C, Komposit Serat Ijuk dan Sabut kelapa 3,77 W/m.⁰C. Hasil pengujian dengan menggunakan rancangan alat konduktivitas termal yang dirancang telah akurat dikarenakan hanya terdapat perbedaan sebesar 3,78 W/m.⁰C pada kayu dan 3,54 W/m.⁰C pada komposit sesuai dengan penelitian relevan pada bahan sejenis. Hal ini dikarenakan faktor perbedaan jenis dan material pembentuk bahan uji.

Kata Kunci : Alat Uji, Nilai Konduktivitas Termal, Suhu, Bahan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Perencanaan Alat Uji Konduktivitas Termal Bahan”**. Shalawat beserta salam selalu dilimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan dalam setiap sikap dan tindakan sebagai seorang intelektual muslim.

Tujuan pembuatan tugas akhir ini merupakan persyaratan dalam menyelesaikan Strata Satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Pembuatan tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan, bantuan, bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak baik secara moril maupun materil. Maka dari itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Arwizet K., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ambiyar, M.Pd. selaku tim penguji yang telah mengkritik dan mengarahkan dalam pembuatan tugas akhir ini.
3. Bapak Drs. Yufrizal A., M.Pd. selaku tim penguji yang telah mengkritik dan mengarahkan dalam pembuatan tugas akhir ini.
4. Bapak/Ibu staf pengajar dan admisnistrasi kepegawaian jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
5. Teristimewa untuk orang tua penulis dan seluruh keluarga yang telah memberi semangat dan dorongan baik berupa materil maupun spiritual.

6. Rekan-rekan mahasiswa seperjuangan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

7. Semua pihak yang telah membantu dan berpartisipasi dalam penyusunan tugas akhir ini.

Pembuatan tugas akhir ini tidak lepas dari kekurangan oleh sebab itu sudilah kiranya pembaca yang budiman memberikan kritikan dan saran yang membangun untuk perbaikan dimasa yang akan datang. Semoga semua kritikan dan saran yang diberikan kepada penulis akan membuat hasil penelitian ini lebih berguna nantinya.

Padang, 16 Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II. KAJIAN TEORI	6
A. Bahan Teknik.....	6
B. Panas (<i>Heat</i>).....	8

C. Proses Perpindahan Panas.....	10
D. Konduktivitas Thermal Bahan	16
E. Mengukur Konduktivitas Thermal Bahan	17
F. Elemen Pemanas	17
G. Termometer.....	18
H. Resistor	20
I. Alat Uji Konduktivitas Termal	21
J. Penelitian Relevan	23
K. Rancangan Alat Konduktivitas Thermal.....	25
BAB III. METODE PENELITIAN	26
A. Jenis Penelitian	26
B. Waktu dan Tempat.....	26
C. Perencanaan Komponen Alat.....	27
D. Pembuatan.....	31
E. Perakitan	33
F. Pengujian	34
G. Analisis Data.....	35
H. Diagram Alur Penelitian	36
I. Jadwal Penelitian	37
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	37
A. Hasil Penelitian	38
B. Pembahasan.....	40
BAB IV. PENUTUP	45
A. Kesimpulan	45
B. Saran.....	46

DAFTAR PUSTAKA	47
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Klasifikasi Bahan Teknik.....	6
2.2 Perpindahan Panas Konduksi Pada Dinding.....	11
2.3 Perpindahan Panas Konveksi.....	13
2.4 Perpindahan Panas Konveksi Paksa & Bebas.....	14
2.5 Perpindahan Panas Radiasi.....	15
2.6 Skema Alat Uji Konduktivitas Termal.....	22
2.7 Rancangan Alat Uji Konduktivitas Termal.....	24
3.1 Papan Komposit.....	27
3.2 Baja Siku.....	27
3.3 PVC dan Dacron.....	28
3.4 Poros Ulir.....	28
3.5 Resistor.....	29
3.6 Elemen Pemanas.....	29
3.7 Aluminium.....	30
3.8 Termometer.....	30
3.9 Diagram Alur Penelitian.....	35
4.1 Alat Uji Konduktivitas Termal Yang Telah Dibuat.....	38
4.2 Grafik Perbandingan Nilai Konduktivitas Termal.....	42
4.3 Kenaikan Suhu T2 Terhadap Waktu.....	43

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Nilai Konduktivitas Bahan Teknik	17
3.1 Jadwal Penelitian	37
4.1 Bahan Spesimen Uji Alat Konduktivitas Termal.....	39
4.2 Hasil Pengujian Spesimen.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Hasil Pengujian	48
Lampiran 2. Gambar Alat Uji Konduktivitas Termal Bahan.....	50
Lampiran 3. Gambar Rangka	51
Lampiran 4. Gambar Rel dan Mor Poros Ulir	52
Lampiran 5. Gambar Landasan 1	53
Lampiran 6. Gambar Landasan 2.....	54
Lampiran 7. Gambar Cover Isolator 1	55
Lampiran 8. Gambar Cover Isolator 2	56
Lampiran 9. Gambar Alluminium 1.....	57
Lampiran 10. Gambar Alluminium 2.....	58
Lampiran 11. Gambar Poros Ulir.....	59
Lampiran 12. Gambar Penghubung	60
Lampiran 13. Gambar Meja.....	61
Lampiran 14. Lembaran Konsultasi.....	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bahan merupakan salah satu unsur pokok yang penting dan sering digunakan dalam banyak aspek kehidupan, salah satunya di dunia industri. Bahan yang digunakan di dunia industri atau manufaktur disesuaikan dengan karakteristik/sifat bahan tersebut. Sebagai contoh bahan tembaga dan karet untuk kabel, bahan baja untuk bodi mobil, dan sebagainya. Bahan-bahan yang digunakan pada banyak industri yang sesuai dengan karakteristik/sifat bahan tersebut dinamakan dengan bahan teknik.

Bahan teknik secara umum dibedakan antara dua yaitu bahan logam dan non logam. Bahan logam yang sering digunakan dalam dunia industri yaitu baja, aluminium, tembaga, kuningan, dan sebagainya. Sementara bahan non logam yang diperoleh dan digunakan secara langsung dari alam seperti kayu, batu, dan karet disebut bahan organik, dan bahan non logam yang didapatkan melalui proses kimia seperti polimer, polyethene, dan lain-lain dinamakan bahan anorganik (Ferdiansyah, 2013:5).

Setiap bahan teknik memiliki kemampuan dalam merespon aksi dari luar. Kemampuan itu seperti kemampuan menghantarkan listrik, kemampuan menahan getaran, ketahanan akan goresan, dan lain-lain yang menjadi karakteristik setiap bahan tersebut. Salah satu jenis kemampuan

suatu bahan yang perlu diperhitungkan adalah kemampuan suatu bahan dalam menghantarkan panas yang diterimanya. Kemampuan menghantarkan panas ini disebut konduktivitas termal. “Konduktivitas termal adalah kemampuan bahan dalam meneruskan panas dari suatu tempat ke tempat lainnya” (Arwizet, 2014:10).

Nilai konduktivitas termal suatu bahan dapat di terapkan dalam hal seperti kecilnya nilai konduktivitas termal suatu bahan yang diketahui dapat digunakan sebagai bahan untuk isolator panas, kecilnya nilai suatu nilai konduktivitas termal suatu bahan yang diketahui dapat digunakan untuk isolator arus listrik, dan besarnya nilai konduktivitas termal suatu bahan yang diketahui bisa digunakan untuk bahan konduktor listrik. Dari diketahuinya nilai konduktivitas termal bahan itulah, maka bahan tersebut juga dapat digolongkan menjadi bahan konduktor atau bahan isolator.

Saat ini permasalahan yang timbul dari konduktivitas termal suatu bahan adalah banyaknya bahan yang belum teridentifikasi nilai dari konduktivitas termal bahannya, baik bahan organik maupun anorganik. Atas dasar itulah perlu dilakukannya suatu pengujian untuk mengetahui nilai konduktivitas termal bahan yang belum teridentifikasi itu. Agar nantinya dapat menjadi alternatif bahan teknik baru yang fungsinya dapat menggantikan bahan yang umumnya digunakan, dan hal ini dapat menjadi terobosan baru ditengah krisis energi global karena terbatasnya sumber daya alam.

Dalam penelitian untuk meneliti tentang nilai konduktivitas termal suatu bahan yang ada. Penelitian saat ini terhambat oleh tidak tersedianya alat konduktivitas termal bahan untuk melakukan penelitian tersebut. Kendala lainnya yang timbul adalah besarnya biaya yang dibutuhkan dalam pembelian atau pengadaan alat uji konduktivitas termal ini. Hal ini yang menjadi penghambat lambatnya perkembangan penelitian di bidang konduktivitas termal bahan, salah satunya di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Pada permasalahan yang timbul di atas maka dari itu perlu adanya sebuah rekayasa alat konduktivitas termal yang mampu membantu penelitian dengan biaya yang murah. Dari uraian permasalahan tersebut penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang alat uji konduktivitas termal bahan dengan judul “Perencanaan Alat Uji Konduktivitas Termal Bahan”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas dapat diidentifikasi permasalahan yang timbul sebagai berikut :

1. Belum semua bahan teknik yang sudah teridentifikasi nilai konduktivitas termalnya.
2. Nilai konduktivitas termal beberapa bahan teknik perlu untuk diketahui besar nilainya.

3. Energi global yang menipis karena terbatasnya sumber daya alam yang ada.
4. Keperluan akan energi alternatif untuk mengatasi krisis energi global.
5. Tidak adanya alat uji konduktivitas termal bahan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

C. Batasan Masalah

Dari identifikasi masalah dan latar belakang di atas maka dapat dibatasi masalah penelitian sebagai berikut :

1. Perlu diketahuinya nilai konduktivitas termal beberapa bahan teknik.
2. Belum adanya alat uji konduktivitas termal bahan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka dapat difokuskan rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana perencanaan alat uji konduktivitas termal bahan ?
2. Berapa nilai konduktivitas termal bahan beberapa bahan teknik ?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Untuk merencanakan sebuah alat uji konduktivitas termal bahan.
2. Untuk Mengetahui nilai konduktivitas termal beberapa bahan teknik.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Penulis
 - a. Menjadi syarat untuk memperoleh gelar sarjana.
 - b. Menambah pengetahuan dan mengembangkan wawasan penulis mengenai ruang lingkup pembahasan alat uji konduktivitas termal bahan.
2. Bagi Mahasiswa dan Pembaca
 - a. Menjadi referensi untuk mengembangkan penelitian yang berkaitan dengan kajian alat uji konduktivitas termal bahan dilingkungan akademik khususnya di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
 - b. Membantu penelitian di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang dalam bidang penelitian nilai konduktivitas termal bahan.
 - c. Sebagai panutan pembuatan rekayasa alat uji konduktivitas termal bahan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan data data dari hasil pembuatan dan pengujian pada perencanaan alat uji konduktivitas termal bahan yang telah dilakukan, maka dari itu dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Kayu lebih cepat dalam menghantarkan panas daripada spesimen lainnya. Hal ini terlihat dari kenaikan suhu T2 terhadap waktu selama 6 menit sebesar $1,225\text{ }^{\circ}\text{C}$ lebih besar dari nilai spesimen lainnya yaitu komposit serat ijuk $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, Komposit serat sabut kelapa $0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$, Komposit Serat Ijuk dan sabut Kelapa $0,225\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. Nilai pengukuran konduktivitas termal bahan kayu sebesar $4,14\text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$, Komposit Serat Ijuk $3,74\text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$, Komposit Serat Sabut kelapa $3,75\text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$, Komposit Serat Ijuk dan Sabut kelapa $3,77\text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$. Hasil dari pengukuran bahan uji tersebut merupakan nilai konduktivitas termal bahan yang belum pernah diketahui. Dibandingkan dengan komposisi serupa pada penelitian relevan yang sudah ada bahwa pengukuran tersebut telah akurat hanya terdapat perbedaan sebesar $3,78\text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$ pada kayu dan $3,54\text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$ pada komposit. Hal ini disebabkan karna perbedaan karakteristik bahan, sumber daya panas tidak stabil, pengaruh suhu dari luar sistem, dan keakuratan sensor dalam sistem.

B. Saran

Penelitian yang telah dilakukan masih memiliki kekurangan dan kelemahan maka dari itu untuk saran pengembangan ke depannya adalah sebagai berikut :

1. Untuk sumber daya yang akan digunakan hendaknya gunakan sumber daya yang besarnya dapat terukur akurat dan stabil.
2. Penggunaan isolasi panas yang baik untuk menahan panas dalam sistem atau mencegah pengaruh dari luar agar pengujian tidak terpengaruh suhu dari luar.
3. Penggunaan sensor untuk mengukur suhu dalam sistem agar data dalam pengukuran suhu lebih akurat.
4. Besar panas pada sistem hendaknya dapat terukur akurat dengan bantuan indikator pengukuran khusus.

DAFTAR PUSTAKA

- Afdhal Kurniawan Mainil. 2012. *Kaji Eksperimental Alat Uji Konduktivitas Termal Bahan*. Bengkulu: unib.ac.id. Di download tanggal 21 Juli 2019.
- Antonius Dian Pratama. 2017. *Penentuan Nilai Koefisien Konduktivitas Termal Pada Beberapa Jenis Kayu Menggunakan Sensor Suhu dan Logger Pro*. Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma. (<https://repository.usd.ac.id>)
- Arwizet K. 2014. *Ilmu Perpindahan Panas*. Padang : UNP Press.
- Burmawi dkk. 2015. *Analisa Koefisien Perpindahan panas Material Komposit Serat TKKS dengan Resin Poliester Sebagai Matriks*. Padang : ejournal.bunghatta. Di download tanggal 16 Agustus 2019
- Djoko, Arisworo. 2006. *Ilmu Bahan Teknik*. Jakarta: Grafindo Persada.
- Ferdiansyah, Ervan. 2013. *Ilmu Bahan Teknik*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- J.P., Holman. 1994. *Perpindahan Panas*. Jakarta: Erlangga.
- Rafiuddin Syam. 2013. *Dasar-Dasar Teknik Sensor*. Makassar: Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Rinaldi, M. 2016. *Rancang Bangun Alat Uji Konduktivitas Thermal Material*. Medan: *Google Scholar*. Di download tanggal 30 Maret 2019.
- Willem. & Rinson. 2013. *Teknik Listrik Dasar Otomotif*. Malang: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Wirantana, M. (2013). *Rancang Bangun Alat Ukur Konduktivitas Termal Bahan Logam Berbasis Mikrokontroler* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia). Bandung: *Google Scholar*. Di download tanggal 30 Maret 2019.