

Perancangan dan Analisis Pengujian Konduktivitas Panas Pada Tipe Material Padat

Ardhi Saputra¹⁾, Samhuddin²⁾, La Hasanuddin³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo

^{2,3)}Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo

Jl. H.E.A Makadompit, Kampus Hijau Bumi Tridarma Andounohu, Kendari 93232

Email: ardhi032@gmail.com

Article Info

Available online Februari 18, 2022

Abstrak

Konduktivitas termal adalah kemampuan bahan dalam meneruskan panas dari suatu tempat ke tempat lainnya. Nilai konduktivitas termal penting untuk menentukan jenis dari penghantar panas yang baik dan penghantar panas yang tidak baik. Namun yang menjadi permasalahan adalah bagaimana mengetahui nilai konduktivitas termal berbagai material. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai konduktivitas berbagai material padat. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat Layout penelitian. Hasil penelitian yang dilakukan dari berbagai material padat berdasarkan nilai luas perpindahan panas yang paling tinggi terdapat pada komposit dengan nilai sebesar 24,0349 cm². Nilai terbesar pada laju aliran es yang melebur dengan temperatur diferensial terdapat pada sampel kuningan dengan nilai sebesar 0,075 gr/s dan terendah pada sampel komposit dengan nilai sebesar 0,017 gr/s. Nilai konduktivitas termal terbesar terdapat pada sampel besi dengan nilai sebesar 0,358147 W/mK dan terendah pada sampel komposit dengan nilai sebesar 0,107522 W/mK.

Kata kunci: Konduktivitas, laju perpindahan panas, temperatur

Abstract

Thermal conductivity is the ability of a material to transmit heat from one place to another. The value of thermal conductivity is important to determine the type of good heat conductor and bad heat conductor. But the problem is how to know the value of the thermal conductivity of various materials. This study aims to determine the value of the conductivity of various solid materials. The test is carried out using the research layout tool. The results of research conducted from various solid materials based on the value of the highest heat transfer area are found in composites with a value of 24.0349 cm². The largest value of the melting ice flow rate with differential temperature was found in the brass sample with a value of 0.075 gr/s and the lowest in the composite sample with a value of 0.017 gr/s. The highest thermal conductivity value is found in the iron sample with a value of 0.358147 W/mK and the lowest is in the composite sample with a value of 0.107522 W/mK.

Keywords: Conductivity, heat transfer rate, temperature

1. Pendahuluan

Konduktivitas termal adalah kemampuan bahan dalam meneruskan panas dari suatu tempat ke tempat lainnya. Proses perpindahan panas ini berlangsung dalam 3 mekanisme yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Nilai konduktivitas termal penting untuk menentukan jenis dari penghantar yaitu konduksi panas yang baik (konduktor) untuk nilai koefisien konduktivitas termal yang besar dan penghantar panas yang tidak baik (isolator) untuk nilai koefisien panas

yang kecil. Sebagian besar jenis logam merupakan konduktor, sedangkan kayu dan plastik merupakan contoh bahan yang termasuk isolator [1].

Setiap material yang ada di sekitar kita mempunyai daya hantar panas yang berbeda-beda. Sifat panas, atau yang biasa disebut dengan sifat termal, adalah respon dari suatu material terhadap penambahan energy secara termal atau dipanaskan. Konduktivitas termal suatu material ditentukan dari eksperimen. Oleh sebab itu

dilakukanlah perancangan dan pelaksanaan untuk menentukan nilai konduktivitas termal suatu material. Bahan atau material yang dipergunakan adalah logam besi, kuningan, kayu, kaca dan komposit.

Konduktivitas termal dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu suhu, kepadatan dan porositas, serta kandungan uap air. Pengaruh suhu terhadap konduktivitas termal kecil. Namun secara umum dapat dikatakan bahwa konduktivitas termal akan meningkat apabila suhu meningkat. Keadaan pori-pori bahan akan mempengaruhi konduktivitas termal. Semakin besar rongga akan semakin buruk konduktivitasnya. Kandungan uap air juga mempengaruhi konduktivitas termal. Mengetahui nilai konduktivitas termal suatu bahan merupakan salah satu parameter yang diperlukan dalam mengetahui sifat karakteristik suatu material. Perpindahan panas ini dapat diamati dan diukur dengan menggunakan alat uji konduktivitas termal bahan [2].

Melakukan penelitian tentang uji konduktivitas termal pada bahan masonite dengan stim generator TD 8556 bahan masonite ini memiliki koefisien konduktivitas termal $1,13 \times 10^{-4} \text{ cal.cm/cm}^2\text{.sec}^\circ\text{C}$. Percobaan konduktivitas termal bahan masonite dilakukan dengan melelehkan es di atas stim generator melalui bahan masonite sebagai alas silinder es sehingga di peroleh massa lelehan es per waktu pemanasa. Berdasarkan dari hasil percobaan didapat nilai konduktifitas termal bahan masonite sebesar $1,14 \times 10^{-4} \text{ cal.cm/cm}^2\text{.sec}^\circ\text{C}$ yang mendekati nilai riterartur sebesar $1,13 \times 10^{-4} \text{ cal.cm/cm}^2\text{.sec}^\circ\text{C}$ hasil ini menunjukkan bahwa bahan masonite adalah bahan isolator [3].

Besi adalah logam yang berasal dari bijih besi (tambang) yang banyak di gunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Dalam tabel priodik, besi mempunyai simbol Fe dan nomor atom 26. Besi juga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Besi dan unsur keempat banyak di bumi dan merupakan logam yang terpenting dalam industri. Besi murni bersifat agak lunak dan kenyal. Oleh karena itu, dalam industri, besi selalu dipadukan dengan baja. Baja adalah berbagai macam paduan logam yang dibuat dari besi tuang kedalamnya ditambahkan unsur-unsur lain seperti Mn, Ni, V, atau W tergantung keperluannya [4].

Kuningan adalah logam yang merupakan campuran dari tembaga (Cu) dan seng (Zn). Tembaga merupakan komponen utama dari

kuningan, dan kuningan biasanya diklasifikasikan sebagai paduan tembaga. Kuningan lebih kuat dan lebih keras dari pada tembaga, tetapi tidak sekuat atau sekeras baja. Kuningan sangat mudah untuk dibentuk kedalam berbagai bentuk, sebuah konduktor panas yang baik, dan umumnya tahan terhadap korosi dari air garam. Karena sifat-sifat tersebut kuningan kebanyakan digunakan untuk membuat pipa, tabung, sekrup, alat musik, dan aplikasi kapal laut [5].

Kaca adalah suatu bahan tebus cahaya (transparan) sebagian hasil pengolahan beberapa bahan dasar, seperti pasir kuarsa, soda abu, *dolomite*, dan lain-lain yang digunakan untuk berbagai keperluan dalam bangunan terutama untuk pintu dan jendela. Penggunaan kaca pada bangunan sebaiknya tidak berlebihan karena efeknya akan sangat merugikan bumi. Seperti yang diketahui bahwa kaca merupakan material padat yang bening dan transparan dan mudah pecah karena sifatnya yang sangat rapuh bila terkena benturan yang kuat [6].

Pegertian kayu adalah suatu bahan, yang diperoleh dari hasil pohon-pohon di hutan, yang merupakan bagian dari pohon tersebut, setelah diperhitungkan bagian-bagian mana yang lebih banyak dimanfaatkan untuk sesuatu tujuan penggunaan. Baik berbentuk kayu pertukangan, kayu industri maupun kayu bakar. Kayu merupakan hasil hutan dari kekayaan alam, merupakan bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai kemajuan teknologi. Kayu adalah salah satu bahan bangunan yang sudah lama dikenal oleh masyarakat dan ,merupakan bahan yang sangat sering dipergunakan, termasuk sebagai bahan kontruksi bangunan, yang berfungsi sebagai struktur dan non struktur bangunan [7].

Sifat kayu tidak terlepas darisifat "pohon", yang mempunyai arah serat vertikal dan sifat arah radial, dimana kayu tersusun dari dinding sel-sel senyawa kimia, berupa selulosa dan hemiselulosa. Bahan kayu bersifat anisotropik yaitu memperlihatkan sifat-sifat yang berlainan jika diujii menurut tiga arah utamanya (*longitudinal*, tangensial, dan radial), dan kayu merupakan satu bahan yang bersifat higroskopik yaitu dapat kehilangan atau bertambah kelembabannya akibat perubahan kelembapan dan suhu udara disekitarnya. Sifat kayu yang tidak terlepas dari sifat pohon, dapat dilihat dari karakteristik pohon yang dijadikan kayu sebagai bahan kontruksi, dimana bagian-bagian dari pohon terdiri dari kuli,

kambium, gubal kayu, hati, lingkaran, tumbuh dan jari-jari kayu [8].

Komposit merupakan suatu struktur yang tersusun atas beberapa bahan pembentuk tunggal yang digabungkan menjadi struktur baru dengan sifat yang lebih baik dibandingkan dengan masing-masing bahan pembentuknya. Salah satu keunggulan dari material komposit bila dibandingkan dengan material yang lainnya adalah penggabungan unsur-unsur yang unggul dari masing-masing unsur pembentuknya tersebut. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan dapat saling melengkapi kelemahan-kelemahan yang ada pada masing-masing material penyusunnya [9].

Konduktivitas panas suatu bahan adalah ukuran kemampuan untuk menghantarkan panas. Nilai konduktivitas termal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan. Misalnya selembar pelat memiliki tampang lintang A dan tebal Δx , kedua permukaannya dipertahankan pada suhu yang berbeda. Akan diukur panas Q yang mengalir tegak lurus terhadap permukaan selama waktu t. Eksperimen menunjukkan bahwa untuk beda suhu antara kedua permukaan sebesar ΔT , Q sebanding dengan waktu t dan tampang lintang A dan jika $\Delta T/\Delta x$, untuk t dan A yang diberikan. Maka

$$\frac{Q}{t} \propto A \frac{\Delta T}{\Delta x} \tag{1}$$

Keterangan:

- Q = Laju Perpindahan Kalor (w)
- t = Waktu (s)
- A = Luas Penampang (m²)
- ΔT = Perbedaan Suhu (°C)
- Δx = Jarak Antar Titik Perubahan Kalor (m)

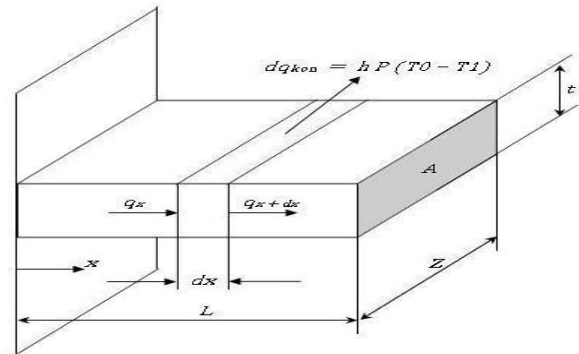
Jika tebal pelat tipis sekali mencapai infinitesimal dx maka beda suhu antara kedua permukaan dT sehingga diperoleh rumus untuk konduksi:

$$\frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \tag{2}$$

Keterangan:

- $\frac{dQ}{dt}$ = Laju perpindahan panas terhadap waktu (w)
- K = Konduktivitas termal (W/m °C)
- A = Luas penampang (M²)
- $\frac{dT}{dx}$ = Gradien suhu (°C/m)

Jika x bertambah maka suhu T semakin berkurang maka pada ruas kanan persamaan diberi tanda negatif (dQ/dt positif, jika dT/dx negatif).



Gambar 1. Volume unsur untuk analisis konduksi-kalor satu dimensi

Suatu sistem satu dimensi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 Menunjukkan bahwa jika sistem ini berada pada keadaan tunak (*steady state*), yaitu jika suhu tidak berubah menurut waktu, maka tidak perlu melakukan integrasi pada persamaan dan mensubstitusi nilai-nilai yang sesuai untuk memecahkan masalah tersebut. Bahan yang memiliki konduktivitas termal besar merupakan konduktor yang baik dan sebaliknya bahan yang memiliki konduktivitas kecil merupakan konduktor yang jelek [10].

Perpindahan panas pada umumnya terdiri dari tiga cara yaitu:

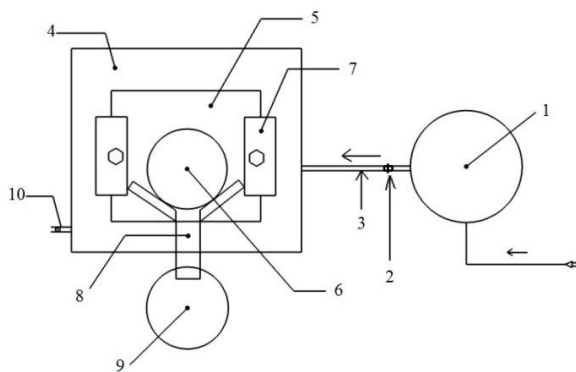
1. Konduksi adalah perpindahan kalor secara perambatan atau konduksi adalah perpindahan kalor dari suatu bagian benda padat ke bagian lain dari benda padat yang sama, atau dari benda padat yang satu ke benda padat yang lain karena terjadi persinggungan fisik atau menempel tanpa terjadinya perpindahan molekul-molekul dari benda padat itu sendiri.
2. Konveksi adalah perpindahan kalor secara aliran atau konveksi adalah perpindahan kalor yang dilakukan oleh molekul-molekul suatu fluida (cair atau gas). Molekul-molekul fluida tersebut dalam gerakannya melayang kesana-kemari membawa sejumlah kalor. Konveksi adalah perpindahan panas melalui media gas atau cairan seperti udara di dalam es dan air yang dipanaskan di dalam ceret. Udara bersinggungan dengan pipa-pipa Evaporator yang dingin di dalam lemari. Udara mengambil, udara akan merenggan

dan menjadi ringan, kemudian mengalir lagi dengan pipa evaporator.

3. Radiasi adalah perpindahan kalor secara pancaran atau radiasi adalah perpindahan kalor suatu benda ke benda yang lain melalui gelombang elektromagnetik tanpa medium perantara. Bila pancaran kalor menimpa suatu bidang, sebagai dari kalor pancaran yang diterima benda tersebut akan dipancarkan kembali (*re-radiated*), dipantulkan (*reflected*) dan sebagai dari kalor akan diserap [11].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Material dan Teknologi Mekanik Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah besi, kuningan, kayu, kaca, komposit *Fiberglass*, es. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah layout penelitian, *stopwatch*, jangka sorong, timbangan, gelas ukur. Dalam penelitian ini, yang diteliti adalah perancangan dan analisis pengujian Konduktivitas panas pada tipe material padat. Adapun gambar *LayOut* Penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. *Lay out* penelitian

Keterangan:

1. Ketel elektrik dimana untuk menghasilkan uap panas
2. Katup untuk membuka dan menutup uap yang mengalir ke dalam ruang uap
3. Saluran uap tempat mengalirnya uap dari ketel elektrik ke ruang uap
4. Ruang uap dimana tempat penampungan uap dan tempat pengujian material sampel
5. Sampel atau bahan yang akan di uji
6. Es balok silinder
7. Klem untuk menjepit material sampel
8. Saluran air dimana tempat mengalirnya air es yang mencair ke gelas ukur

9. Gelas ukur untuk menampung es yang mencair
10. Saluran buang uap kondensasi dimana tempat untuk mengeluarkan uap yang telah menjadi air.

Prosedur Penelitian

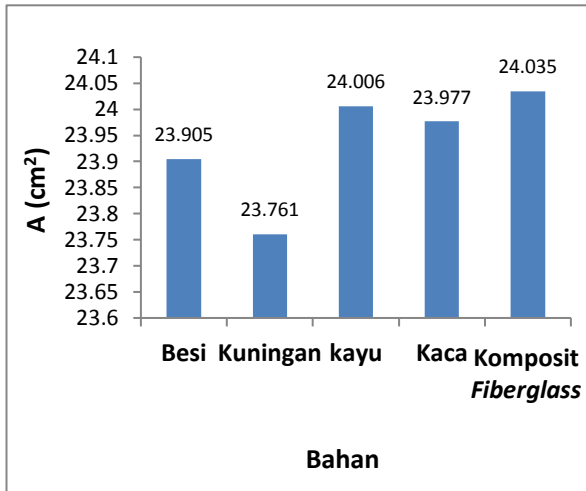
Adapun prosedur penelitian adalah sebagai berikut:

1. Air di isi dalam cetakan dan dibekukan dalam freezer
2. Material sampel diukur ketebalannya dan nilai ini dilambangkan dengan h .
3. Material sampel diletakan pada ruang uap.
4. Diameter balok es diukur dan nilai ini dilambangkan dengan d_1 , kemudian menempatkan es tersebut di atas sampel.
5. Es yang berada di atas sampel dibiarkan hingga es mulai mencair dan bersentuhan penuh dengan sampel
6. Dapatkan data untuk menentukan tingkat leleh es, sebagai berikut:
 - a. Massa wadah yang di gunakan untuk mengumpulkan es yang mencair ditentukan dan dicatat.
 - b. Es yang mencair dikumpulkan di dalam wadah untuk waktu yang di ukur t (10 menit).
 - c. Massa wadah yang berisi air yang mencair ditentukan dan dicatat.
 - d. Massa yang di ukur pertama dikurangi dengan yang kedua untuk menentukan M_{wa} , massa yang meleleh.
7. Uap dialirkan ke dalam ruang uap. Biarkan uap bekerja selama beberapa menit sampai suhu stabil sehingga aliran panas dalam keadaan stabil.
8. Wadah yang di gunakan dikosongkan untuk mengumpulkan es yang meleleh. Ulangi langkah 6, tetapi kali ini dengan uap mengalir ke ruang uap. Seperti sebelumnya, ukur data catat m_w , massa es yang mencair, dan t , waktu es mencair (10 menit)
9. Diameter balok es diukur kembali dan catat nilainya sebagai d_2 .
10. Melakuakukan kegiatan yang sama untuk sampel material yang lainnya.

3. Hasil dan Pembahasan

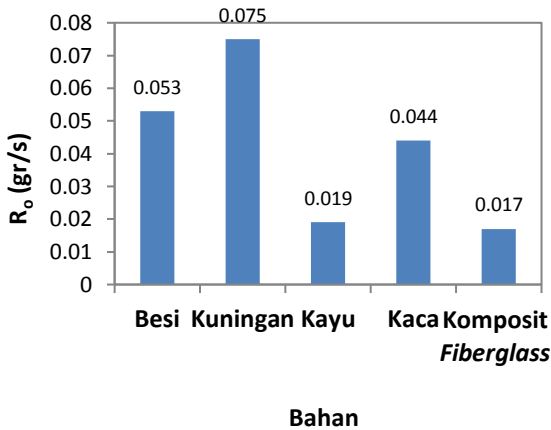
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat hasil yang diperoleh pada gambar 3. diagram Nilai Luas perpindahan panas. Gambar 4. diagram nilai laju es yang melebur pada beberapa

material. Gambar 5. diagram nilai konduktivitas termal.



Gambar 3. Nilai luas perpindahan panas

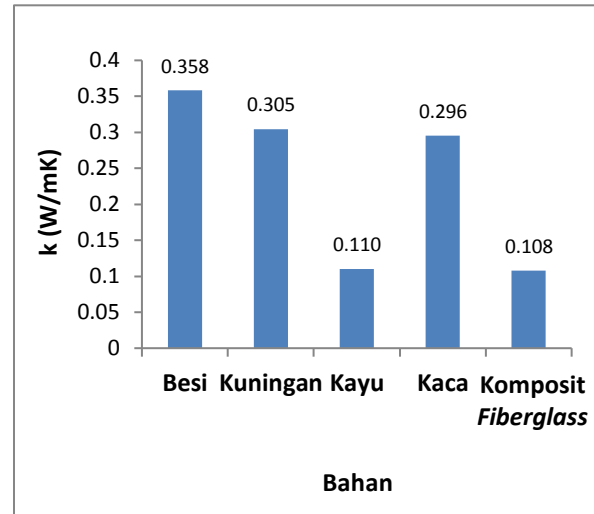
Berdasarkan diagram diatas dapat dilihat bahwa nilai terbesar nilai luas aliran panas antara es yang berkontak dengan permukaan sampel terdapat pada sampel komposit yaitu senilai 24,0349 cm² dibandingkan sampel lainnya. Dalam menentukan nilai konduktivitas termal dipengaruhi juga oleh luas aliran panas antara es dengan permukaan sampel. Hal ini dikarenakan semakin luas permukaan perpindahan panas maka semakin kecil nilai konduktivitasnya.



Gambar 4. Nilai laju es yang melebur pada beberapa material.

Berdasarkan diagram diatas dapat dilihat bahwa nilai terbesar pada laju aliran es yang melebur dengan temperatur diferensial terdapat pada sampel kuningan yaitu senilai 0,075 gr/s dan terendah pada sampel komposit yaitu senilai 0,017 gr/s. Banyaknya es yang melebur

menunjukkan seberapa besar panas yang ditransfer.



Gambar 5. Nilai konduktivitas termal

Berdasarkan diagram diatas dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas termal terbesar terdapat pada sampel besi yaitu nilai 0,358147 W/mK dan terendah pada sampel komposit yaitu senilai 0,107522 W/mK. Maka nilai konduktivitas termal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan. Dimana semakin besar nilai konduktivitas suatu bahan maka semakin baik perpindahan panasnya.

4. Kesimpulan

Rancang pengujian konduktivitas dapat digunakan untuk mengetahui konduktivitas panas beberapa material padat. Berdasarkan hasil penelitian dapat diperoleh nilai Konduktivitas termal besi dengan diameter 0,5 cm memiliki nilai konduktivitas termal berjumlah 0,358147 W/mK, pada pengujian material kuningan dengan diameter 0,3 cm memiliki nilai konduktivitas termal berjumlah 0,304582 W/mK, dan pada pengujian material kayu dengan diameter 0,42 cm memiliki nilai konduktivitas termal berjumlah 0,109836 W/mK, pada pengujian material kacadangan diameter 0,5 cm memiliki nilai konduktivitas termal berjumlah 0,295542 W/mK, dan pada pengujian material komposit dengan diameter 0,48 cm memiliki nilai konduktivitas termal berjumlah 0,107522 W/mK.

Daftar Pustaka

[1] Okzama and Arwizet, "Pembuatan Dan Pengujian Alat Uji Konduktivitas Termal Bahan," Universitas Negeri Padang Indonesia,

- pp. 906-913, 2019.
- [2] Nanda, Djusmaini and Yenni, "Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Terhadap Nilai Konduktivitas Termal Papan Partikel Tongkol Jagung," *Universitas Negri Padang*, pp. 25-32, 2016.
 - [3] M. Kartasamita and W. D. Laksanawati, "Uji konduktivitas termal pada bahan Masonite dengan stim generator TD 8556," *Jurnal Pendidikan Fisika Universitas muhammadiyah Metro*, pp. 69-77, 2015.
 - [4] Muhammad and R. Putra, *Bahan Teknik*, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, 2014.
 - [5] I. K. Suasarna, *Diklat Ilmu Material Teknik*, Denpasar: Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana, 2017.
 - [6] A. Sidharta and Indrawati, *Benda, Sifat Dan Kegunaanya*, Bandung, 2009.
 - [7] Yustadi, *Penyelesaian Kontruksi Kayu*, 1986.
 - [8] P3HH, *Petunjuk Praktis Sifat-sifat Dasar Jenis Kayu Indonesia*, 2008.
 - [9] H. M. Rifai and H. Subawi, *Pengenalan Teknik Komposit*, Yogyakarta: Deepublish, 2016, pp. 1-167.
 - [10] I. A. D. Astuti, "Penentuan Konduktivitas Termal Logam Tembaga, Kuningan, dan Besi dengan Metode Gandengan," *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika(SNFPP)*, pp. 30-34, 2015.
 - [11] Halauddin, "Pengukuran Konduktivitas termal Bata Merah Pejal," *Jurnal Gradien Vol. 2 NO. 2*, pp. 152-155, 2006.