



**PENGARUH VARIASI UKURAN PARTIKEL KOPI  
TERHADAP NILAI KONDUKTIVITAS TERMAL KOMPOSIT  
DENGAN Matrik POLYESTER ETERSET 2504 APT**

**SKRIPSI**

Oleh

**Rezky Agus Setiawan  
101910101042**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**



**PENGARUH VARIASI UKURAN PARTIKEL KOPI  
TERHADAP NILAI KONDUKTIVITAS TERMAL KOMPOSIT  
DENGAN Matrik POLYESTER ETERSET 2504 APT**

**SKRIPSI**

diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik (S1) Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Jember

Oleh  
**Rezky Agus Setiawan**  
**101910101042**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**

## PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya, atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta segala nikmat dan kesehatan yang diberikan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul :”Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Kopi terhadap nilai Konduktivitas Termal Komposit dengan Matrik Polyester Eterset 2504 APT”.

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program studi Strata Satu (S-1) di jurusan teknik mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis telah banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak hingga selesainya skripsi ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada :

1. Keluarga besar tercinta, terutama Ayah saya Nunung Taufik Hidayat, Ibu saya Sri Lasmini, Kakak saya Fefrida Irma Kusumawati dan sekeluarga terima kasih atas semua doa, motivasi, bimbingan, pengorbanan dan kasih sayang yang tiada henti tercurahkan selama ini.
2. Semua guru dari taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi, terima kasih untuk semua ilmu yang telah diberikan.
3. Rekan-rekan Mec-X yang telah memberikan dukungan dan motivasi khususnya anggota riset team bulet serta rekan-rekan YAJ yang bersedia meluangkan waktu saat suka dan duka.
4. Almamater yang tercinta Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

**MOTTO**

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S. Al-Insyiroh : 6)

“Sesuatu yang belum dikerjakan seringkali tampak mustahil, kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik”

(Evelyn Underhill)

“Jangan tunda sampai besok apa yang bisa engkau kerjakan hari ini”

“Tugas kita bukanlah berhasil, tugas kita adalah untuk mencoba karena di dalam mencoba itulah kita menemukan dan belajar membangun kesempatan untuk berhasil”

(Mario Teguh 2009)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Rezky Agus Setiawan**

NIM : **101910101042**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul :”Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Kopi terhadap nilai Konduktivitas Termal Komposit dengan Matrik Polyester Eterset 2504 APT” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada substansi 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 mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 27 Mei 2016

Yang menyatakan,

Rezky Agus Setiawan

NIM 101910101042

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI UKURAN PARTIKEL KOPI  
TERHADAP NILAI KONDUKTIVITAS TERMAL KOMPOSIT  
DENGAN Matrik POLYESTER ETERSET 2504 APT**

Oleh

Rezky Agus Setiawan

101910101042

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Dedi Dwi Laksana, S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Hary Sutjahjono, S.T.,M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Kopi terhadap nilai Konduktivitas Termal Komposit dengan Matrik Polyester Eterset 2504 APT” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Jum’at, 27 Mei 2016

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.  
NIP. 19691201 199602 1 001

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.  
NIP. 19681205 199702 1 002

Anggota I,

Anggota II,

Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.  
NIP. 19680617 199501 1 001

Imam Sholahuddin, S.T., M.T.  
NIP. 19811029 200812 1 003

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM  
NIP. 19661215 199503 2 001

## RINGKASAN

PENGARUH VARIASI UKURAN PARTIKEL KOPI TERHADAP NILAI KONDUKTIVITAS TERMAL KOMPOSIT DENGAN Matrik POLYESTER ETERSET 2504 APT; Rezky Agus Setiawan; 101910101042; 2016; 64 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk mengetahui perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu akibat adanya perbedaan temperatur. Konduktivitas termal merupakan sifat termofisik yang berupa sifat transpor untuk transfer kalor. Nilai konduktivitas termal menunjukkan seberapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu serta memahami fenomena-fenomena yang terjadi dalam perpindahan panas konduksi.

Dalam penelitian ini difokuskan terhadap nilai konduktivitas termal komposit partikel kopi dengan variasi ukuran mesh 20, 40, 60, 80 dan 100. Serta memberikan informasi tentang morfologi material komposit sesudah pengujian termal.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Terapan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Jember. Waktu penelitian berlangsung selama bulan November 2015 sampai dengan bulan Februari 2016. Metode pembuatan komposit menggunakan *hand lay up*. Variabel yang digunakan meliputi variasi ukuran partikel kopi mesh 20, 40, 60, 80 dan 100. Pengujian yang dilakukan dengan metode konduktivitas termal pada komposit partikel kopi. Pengambilan data dilakukan dengan metode pengamatan selama 60 menit.



Pada penelitian ini digunakan parameter utama dan pendukung. Parameter utama yang diamati nilai konduktivitas termal komposit partikel kopi. Parameter pendukung yang diamati adalah morfologi material komposit. Data hasil penelitian membandingkan pengaruh variasi ukuran partikel kopi terhadap nilai konduktivitas termal komposit beserta morfologi material komposit.

Dari penelitian diperoleh hasil nilai konduktivitas termal komposit minimum pada ukuran partikel kopi yang lolos ayakan mesh 20 yaitu sebesar 0,006 W/m°C, nilai konduktivitas termal komposit optimum pada ukuran partikel kopi yang lolos ayakan mesh 60 yaitu sebesar 0,013 W/m°C. Sedangkan nilai konduktivitas termal komposit pada ukuran partikel kopi yang lolos ayakan mesh 100 mengalami penurunan yaitu sebesar 0,008 W/m°C. Dari analisa data, dapat disimpulkan bahwa semakin kecil ukuran partikel kopi maka konduktivitas termal semakin menurun yang menandakan kemampuan menghambat panas konduksi meningkat.

Dengan morfologi material komposit sesudah pengujian terdapat efek yang ditimbulkan yaitu retak permukaan dan perubahan warna. Untuk komposit dengan ukuran partikel kopi yang lolos ayakan mesh 20 tidak mengalami retak permukaan, komposit dengan ukuran partikel kopi yang lolos ayakan mesh 40 mengalami retak permukaan namun tidak mengalami perubahan diameter, komposit dengan ukuran partikel kopi yang lolos ayakan mesh 60 mengalami retak permukaan di ikuti dengan perubahan diameter sebesar 0,55 mm, komposit dengan ukuran partikel kopi yang lolos ayakan mesh 80 mengalami retak permukaan di ikuti dengan perubahan diameter sebesar 0,85 mm dan komposit dengan ukuran partikel kopi yang lolos ayakan mesh 100 mengalami retak permukaan di ikuti dengan perubahan diameter sebesar 1 mm. Untuk segi warna komposit partikel kopi mengalami perubahan warna menjadi kehitaman karena partikel kopi mengalami pirolisis.

## SUMMARY

EFFECT OF VARIATION OF COFFEE ON VALUE OF PARTICLE SIZE TO THERMAL CONDUCTIVITY WITH MATRIX COMPOSITE POLYESTER ETERSET APT 2504; Rezky Agus Setiawan; 101910101042; 2016; 64 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Heat transfer is a science to determine heat transfer occurs in certain conditions due to temperature differences. The thermal conductivity is the nature of the form termofisik transport properties for heat transfer. Thermal conductivity value indicates how quickly heat flux in that particular material and understand the phenomena that occur in the conduction heat transfer.

In this study focused on the value of the thermal conductivity of the composite particles of coffee with a variety of mesh sizes 20, 40, 60, 80 and 100. As well as providing information about the morphology of the composite material after thermal testing.

Research conducted at the Laboratory of Applied Technology Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember. When the study took place during the months of November 2015 to February 2016. The method of making composite using hand lay up. Variables used include variations in particle size coffee mesh 20, 40, 60, 80 and 100. The tests performed by the method of thermal conductivity in the composite particles of coffee. Data collection was performed by the method of observation for 60 minutes.

In this experiment, the main parameters and supporters. The main parameters of the observed value of the thermal conductivity of composite particles of coffee. Supporting parameters were observed morphology of composite material. Data from the study comparing the effect of variations in particle size of coffee on the value of thermal conductivity composites composite materials and their morphology.

From the research results minimum composite thermal conductivity values on the particle size of coffee that passes sieve mesh 20 that is equal to  $0.006 \text{ W / m}^\circ\text{C}$ , composite thermal conductivity values optimum particle size of the coffee that passes sieve mesh 60 that is equal to  $0.013 \text{ W / m}^\circ\text{C}$ . While the value of thermal conductivity composites in the coffee particle size that passes a sieve mesh of 100 decrease in the amount of  $0.008 \text{ W / m}^\circ\text{C}$ . From the data analysis, it can be concluded that the smaller the particle size of the coffee, the thermal conductivity decreases indicating increased ability to inhibit heat conduction.

With the morphology of composite materials after testing found that the effects of surface cracks and discoloration. For composites with particle sizes of coffee that passes sieve mesh 20 is not fractured surfaces, composites with particle size of coffee that passes sieve mesh 40 fractured surfaces but does not change the diameter, the composite with a particle size of coffee that passes sieve mesh 60 fractured surfaces in follow with the change in diameter of 0.55 mm, the composite with a particle size of coffee that passes sieve mesh 80 fractured surface followed by changes in the diameter of 0.85 mm and a composite with a particle size of coffee that passes 100 mesh sieve fractured surface followed by a change diameter of 1 mm. For terms composite color coffee particles undergo color changes to black as coffee particles undergoes pyrolysis.

## PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Kopi terhadap nilai Konduktivitas Termal Komposit dengan Matrik Polyester Eterset 2504 APT”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tulisan ini terutama kepada:

1. Keluarga besar tercinta terutama Ayahanda Nunung Taufik Hidayat, Ibunda Sri Lasmini dan kakak Fefrida Irma Kusumawati telah memberikan doa, motivasi, bimbingan, pengorbanan dan kasih sayang yang tiada henti tercurahkan selama ini;
2. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM., selaku Dekan Fakultas Teknik yang telah memimpin dan membimbing selama masa perkuliahan;
3. Bapak Dedi DwiLaksana, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam penulisan skripsi ini;
4. Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc. dan Bapak Imam Sholahuddin, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Skripsi yang telah memberikan banyak saran dan kritik untuk penulisan skripsi ini;
5. Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama menjadi mahasiswa;
6. Semua teman dan sahabat yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan ide khususnya team riset;
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Mei 2016

Penulis



**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	ix
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan dan Manfaat</b> .....	3
<b>1.5 Hipotesa</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Material Komposit</b> .....	4
2.1.1 Kelebihan dan Kekurangan Bahan Komposit .....	5
2.1.2 Klasifikasi Material Komposit .....	6
2.1.3 Jenis-Jenis Material Komposit .....	7
2.1.4 Metode Pembentukan Komposit .....	8
<b>2.2 Polyester</b> .....	11
<b>2.3 Kopi</b> .....	13

<b>2.4 Konduktivitas Termal</b> .....	14
<b>2.5 Karakteristik Pengujian</b> .....	18
2.5.1 Pengujian Termal Material Komposit.....	18
2.5.1 Pengujian Morfologi.....	20
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	21
<b>3.1 Tempat dan Waktu Penelitian</b> .....	21
<b>3.2 Alat dan Bahan</b> .....	21
<b>3.3 Prosedur Penelitian</b> .....	22
3.3.1 Langkah-Langkah Pembuatan Spesimen.....	22
3.4.2 Langkah-Langkah Pengujian Spesimen.....	24
<b>3.4 Diagram Alir Penelitian</b> .....	25
<b>BAB 4. HASIL DAN PENELITIAN</b> .....	26
<b>4.1 Pembuatan Spesimen</b> .....	26
<b>4.2 Data Hasil Pengujian</b> .....	27
4.2.1 Analisa Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Kopi terhadap Nilai Konduktivitas Termal Komposit.....	28
4.2.2 Analisa Pengaruh Variasi Ukuran Partikel terhadap Morfologi Material Komposit dengan Partikel Kopi.....	30
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	36
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	36
<b>5.2 Saran</b> .....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	37
<b>LAMPIRAN</b> .....	39

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Komposisi Komposit.....	5
Gambar 2.2 Komposit Serat.....	7
Gambar 2.3 Komposit Laminat.....	8
Gambar 2.4 Komposit Partikel.....	8
Gambar 2.5 Metode <i>Hand Lay-up</i> .....	9
Gambar 2.6 Metode <i>Spray Lay-up</i> .....	10
Gambar 2.7 Metode <i>Filament Winding</i> .....	10
Gambar 2.8 Metode <i>Vacuum Bag</i> .....	11
Gambar 2.9 Metode <i>Pressure Bag</i> .....	11
Gambar 2.10 Resin <i>Polyester</i> eterset 2504 APT.....	12
Gambar 2.11 Kopi Robusta.....	14
Gambar 2.12 Perpindahan Panas Konduksi Satu Dimensi .....	15
Gambar 2.13 Nilai Konduktivitas Termal Beberapa Bahan Referensi .....	18
Gambar 2.14 Skema Pengujian Spesimen .....	19
Gambar 2.15 Skema Perangkat Pengujian .....	19
Gambar 3.1 Sketsa Alat Uji Konduktivitas Termal .....	22
Gambar 3.2 Sketsa Profil Spesimen.....	23
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian .....	25
Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengujian Konduktivitas Termal berbagai Variasi Mesh Partikel Kopi .....	28
Gambar 4.2 Foto Makro Spesimen sesudah Pengujian dengan Ukuran Partikel Kopi yang lolos ayakan (a) mesh 20, (b) mesh 40, (c) mesh 60, (d) mesh 80 dan (e) mesh 100.....	30
Gambar 4.3 Foto Mikro Struktur Komposit Resin Murni .....	32
Gambar 4.4 Foto Mikro Struktur Komposit Ukuran Partikel Kopi Mesh 20 ..	33
Gambar 4.5 Foto Mikro Struktur Komposit Ukuran Partikel Kopi Mesh 40 ..	33

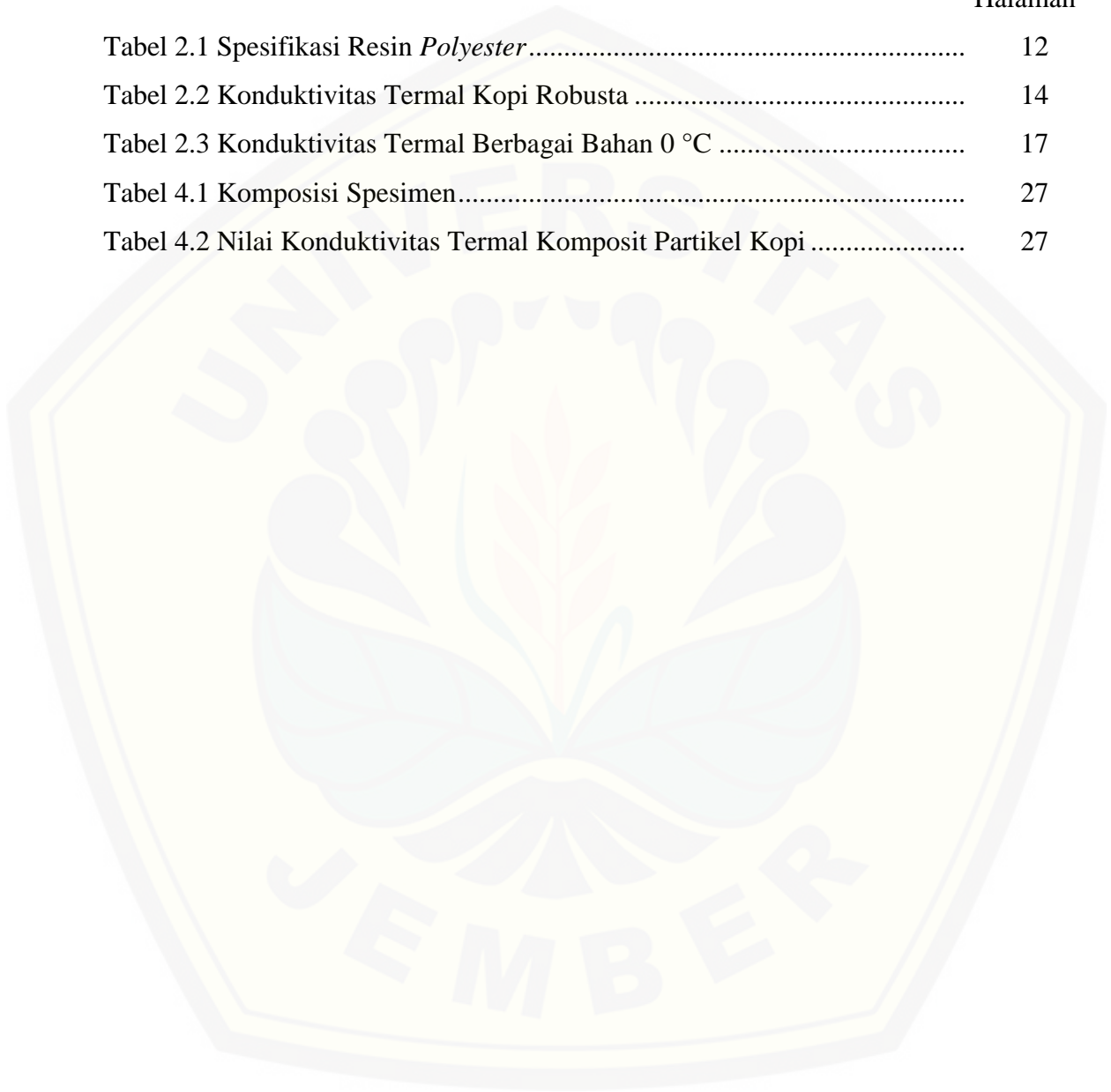


Gambar 4.6 Foto Mikro Struktur Komposit Ukuran Partikel Kopi Mesh 60 ..	34
Gambar 4.7 Foto Mikro Struktur Komposit Ukuran Partikel Kopi Mesh 80 ..	35
Gambar 4.8 Foto Mikro Struktur Komposit Ukuran Partikel Kopi Mesh 100	35



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi Resin <i>Polyester</i> .....	12
Tabel 2.2 Konduktivitas Termal Kopi Robusta .....	14
Tabel 2.3 Konduktivitas Termal Berbagai Bahan 0 °C .....	17
Tabel 4.1 Komposisi Spesimen.....	27
Tabel 4.2 Nilai Konduktivitas Termal Komposit Partikel Kopi .....	27



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat dalam bidang industri otomotif sekarang ini, penggunaan komponen logam pada berbagai jenis komponen mulai berkurang. Hal ini diakibatkan oleh beratnya komponen yang terbuat dari materil logam, proses pembentukan yang relatif sulit, dapat mengalami korosi dan biaya produksinya mahal. Oleh karena itu, banyak dikembangkan material pengganti logam yang memiliki sifat material sesuai dengan logam salah satunya komposit polimer.

Bahan komposit polimer tersusun oleh polimer sebagai matriks dan bahan jenis logam atau keramik yang dicampurkan sebagai pengisi. Beberapa alasan dipergunakan bahan pengisi dalam komposit antara lain memperbaiki konduktivitas dan difusivitas termal, meningkatkan konduktivitas listrik dan permeabilitas magnetik, mereduksi terjadinya *creep*, mereduksi internal *stress*, memperbaiki penampilan produk akhir dan memperbaiki sifat mekanik (Mashuri, 2007).

Kopi merupakan salah satu minuman paling populer di dunia yang dikonsumsi oleh berbagai kalangan masyarakat. Kopi juga merupakan salah satu komoditas andalan perkebunan penghasil devisa ekspor, sumber pendapatan petani, penghasil bahan baku industri, serta penciptaan lapangan kerja dan pengembangan wilayah. Produktivitas kopi di Indonesia cukup tinggi sebesar 792 kg biji kering per hektar per tahun, membuat Indonesia menduduki posisi ke empat di dunia dalam hal produksinya (Fuferti dkk, 2013).

Tujuh kecamatan di Kabupaten Jember yang memproduksi kopi cukup tinggi adalah Kecamatan Ledokombo, Kecamatan Sumberjambe, Kecamatan Jelbuk, Kecamatan Silo, Kecamatan Panti, Kecamatan Tanggul dan Kecamatan Sumberbaru. Daerah tersebut dapat disebut sebagai daerah sentra produksi kopi di Kabupaten Jember. Nilai rata-rata produksi komoditas kopi yang terdapat pada daerah tersebut

selama kurun waktu lima tahun secara berturut-turut adalah 200,7 ton, 221,2 ton, 127,8 ton, 901,6 ton, 182,6 ton, 97,4 ton, dan 140,7 ton (Haryati, 2008).

Di kabupaten Jember dengan jumlah produksi kopi yang semakin tahun meningkat dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan panel komposit. Penggunaan serbuk kopi dengan warna dan tekstur alami dapat digunakan untuk panel komposit serta dengan keunggulan lainnya. Aplikasi panel komposit dalam bentuk panel komposit sering digunakan sebagai bahan interior-eksterior otomotif, papan dinding dan pintu, serta produk-produk kerajinan tangan lainnya.

Berdasarkan penelitian terdahulu, yang dilaporkan oleh (Maiwita, dkk., 2014) bahwa nilai konduktivitas termal terendah pada papan partikel dengan perbandingan komposisi ampas tebu dan serbuk gergaji 100%:0% sebesar  $0,08 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ . Selain itu menurut hasil penelitian (Wibowo dkk, 2008) bahwa nilai konduktivitas termal terendah papan partikel sekam padi pada kepadatan 5 dengan ketebalan 1 cm sebesar  $0,0798 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan hasil penelitian (Handani, dkk., 2010) bahwa papan sekam padi dengan diameter sekam kecil dari 1 mm dan kadar resin  $\pm 20 \%$  menghasilkan nilai konduktivitas termal terendah sebesar  $0,187 \text{ J/s m K}$ .

Berdasarkan latar belakang di atas perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan komposit yang memiliki nilai konduktivitas termal yang baik untuk dijadikan bahan isolator serta meningkatkan mutu melalui penentuan variasi pengaruh ukuran serbuk kopi robusta.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi ukuran partikel kopi terhadap nilai konduktivitas termal komposit?
2. Bagaimana pengaruh variasi ukuran partikel kopi terhadap morfologi material komposit?

### 1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan permasalahan yang akan dianalisa dalam penelitian ini, maka akan dibatasi permasalahan yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Menggunakan matrik polyester eterset 2504 APT.
2. Menggunakan kopi robusta.
3. Standar pengujian menggunakan ASTM E 1225-99.
4. Porositas dalam komposit partikel kopi diabaikan.

### 1.4 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel kopi terhadap nilai konduktivitas termal komposit.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran partikel kopi terhadap morfologi material komposit.

Sedangkan manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Menambah referensi tentang nilai konduktivitas termal komposit partikel kopi robusta dengan variasi ukuran partikel.
2. Sebagai bahan pembuatan panel komposit untuk interior-eksterior otomotif dan ruang hunian dengan keunggulan warna dan tekstur alami.

### 1.5 Hipotesa

Hipotesa pada penelitian ini ialah semakin kecil ukuran partikel kopi robusta maka semakin baik material komposit menghambat panas dan sebaliknya nilai konduktivitas termal semakin menurun.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

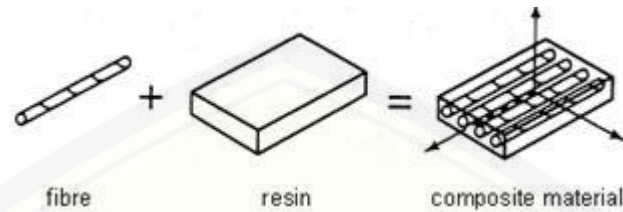
### 2.1 Material Komposit

Komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Jadi material komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan dimana material yang satu berperan sebagai penguat dan yang lainnya sebagai pengikat. Secara sederhana dapat didefinisikan komposit terdiri dari dua material yang berbeda propertiesnya dan perbedaannya itu dilihat secara mikroskopis. Komposit disusun dari dua komponen yaitu matrik atau resin dan *reinforcement* atau penguat atau ada juga yang menyebut *filler*. Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda (Junus, 2011). Komposit polimer mulai fenomenal sejak tahun 1960-an dan sekarang telah berkembang pada aplikasi pesawat terbang, pesawat antariksa, perahu, kapal, mobil otomotif, infrastruktur sipil, peralatan olahraga dan produk konsumen. Penggunaan komposit diberbagai bidang tergantung pada karakteristik fisik, termal, kimia dan mekanisnya. Kelebihan komposit terhadap berbagai paduan logam diantaranya ringan, kekakuan spesifik yang tinggi dan kekuatan spesifik, ketahanan lelah yang baik, tahan korosi, isolasi panas, perambatan panas yang rendah.

Komposisi komposit dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Penguat (*reinforcement*), yaitu memiliki sifat kurang *ductile* dan cenderung getas tetapi lebih kaku serta lebih kuat.
2. Matrik, yaitu bagian yang umumnya lebih *ductile* tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah. Matrik diartikan sebagai material pengikat

antar serat atau partikel. Matrik berfungsi sebagai penahan, pelindung, pembagi serta mempengaruhi penampilan dari suatu material.



Gambar 2.1 Komposisi Komposit (Junus, 2011)

### 2.1.1. Kelebihan dan Kekurangan Bahan Komposit

Bahan komposit mempunyai beberapa kelebihan apabila dibandingkan dengan bahan konvensional seperti logam, yaitu :

#### a. Kelebihan bahan komposit

1. Dapat menggabungkan dua atau lebih material sehingga dihasilkan material baru dengan sifat mekanik yang dikehendaki (*tailorability*).
2. Bahan komposit mempunyai *density* yang jauh lebih rendah berbanding dengan bahan konvensional.
3. Mempunyai rintangan terhadap *fatigue* yang baik terutama komposit yang menggunakan serat karbon.
4. Memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) dan kekakuan jenis (*modulus Young/density*) yang lebih tinggi daripada logam.
5. Massa jenis rendah (ringan).
6. Mampu menjadi isolator panas, suara dan listrik yang baik.
7. Perbandingan kekuatan dan berat yang menguntungkan.
8. Koefisien pemuaian yang rendah.
9. Tahan terhadap cuaca.
10. Tahan terhadap korosi.
11. Harga lebih murah.
12. Mudah diproses (*machineability* tinggi).

b. Kekurangan bahan komposit yaitu tidak tahan terhadap beban *shock* (kejut) dan *crash* (tabrak) dibandingkan dengan logam.

#### 2.1.2. Klasifikasi Material Komposit

Secara garis besar material komposit dapat dibagi berdasarkan struktur komposit (Schwanartz, 1996), yaitu :

a. *Polymer Matrix Composite*

Terdiri dari serat penguat dan matriks dari bahan polimer. Serat penguat memiliki kekuatan dan modulus yang tinggi, sedangkan matriks untuk melindungi serat dari lingkungan luar dan sebagai bahan pengikat antar serat penguat.

b. *Metal Matrix Composite*

Terdiri dari *metal alloy* sebagai matriks yang diperkuat dengan serat kontinu, *whisker* (serat-seratnya pendek yang berbentuk kristal tunggal), atau partikel, karena komposit ini menggunakan metal sebagai matriks, maka jenis ini memiliki ketahanan yang tinggi terhadap temperatur, tetapi memiliki berat yang tinggi.

c. *Ceramic Matrix Composite*

Serat penguatnya dapat berupa serat kontinu, diskontinyu, ataupun berbentuk partikel yang tersusun dari bahan keramik ataupun grafit.

d. *Carbon Matrix Composite*

Terdiri dari serat karbon sebagai penguat dan *carbonaceous* (mengandung zar arang) sebagai matriks. Komposit jenis ini digunakan untuk beban atau kekuatan yang tinggi, dimana ketahanan terhadap suhu yang tinggi dan perubahan suhu yang mendadak sangat dibutuhkan.



### 2.1.3. Jenis-Jenis Material Komposit

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya (Pradana, 2014), yaitu:

#### 1. Komposit Serat (*Fibrous Composites*)

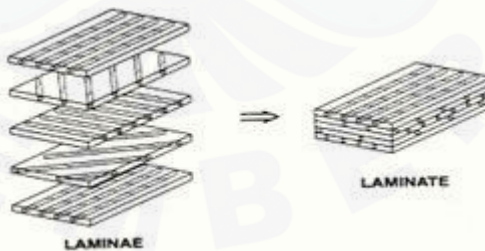
Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat/fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramide)*, dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.



Gambar 2.2 Komposit Serat (Pradana, 2014)

#### 2. Komposit Laminat (*Laminated Composites*)

Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.

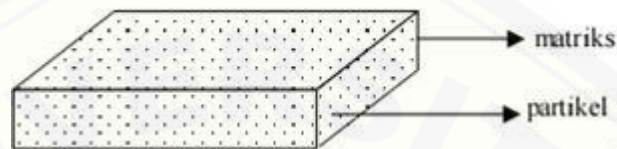


Gambar 2.3 Komposit Laminat (Pradana, 2014)

#### 3. Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Merupakan komposit yang menggunakan partikel sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya. Partikel ini berbentuk beberapa

macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak, tetapi rata-rata berdimensi sama. Bahan komposit partikel umumnya digunakan sebagai pengisi dan penguat bahan komposit keramik (ceramic matrix composites). Komposit berpenguat partikel dapat dilihat pada (Gambar 2.4).



Gambar 2.4 Komposit Partikel (Pradana, 2014)

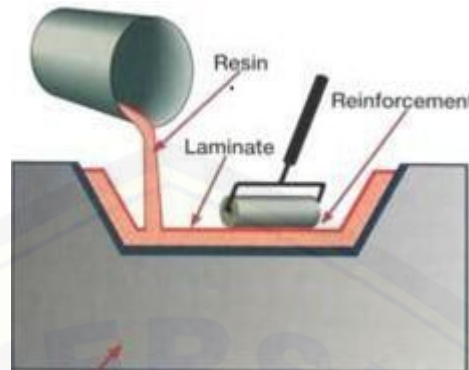
#### 2.1.4. Metode Pembuatan Komposit

Secara garis besar metode pembuatan material komposit terdiri dari dua cara, yaitu proses cetakan terbuka (*open-mold process*) dan proses cetakan tertutup (*closed-mold process*). Dalam penelitian ini digunakan proses cetakan terbuka (*open-mold process*). Ada beberapa jenis dari proses cetakan terbuka (*open-mold process*) (Fajri, 2016), yaitu:

1. *Hand Lay-up*

Proses ini dilakukan dalam kondisi dingin dengan memanfaatkan keterampilan tangan. Serat bahan komposit ditata sedemikian rupa mengikuti bentuk cetakan, kemudian dituangkan resin sebagai pengikat antara satu lapisan serat dengan lapisan yang lain. Demikian seterusnya, sehingga sesuai dengan ukuran dan bentuk yang telah ditentukan. Ada dua cara aplikasi resin yaitu:

- *Manual resin application*, proses pengaplikasian antara resin dan fiber dilakukan secara manual dengan tangan.
- *Mechanical resin application*, proses pengaplikasian antara resin dan fiber menggunakan bantuan mesin dan berlangsung secara kontinyu.

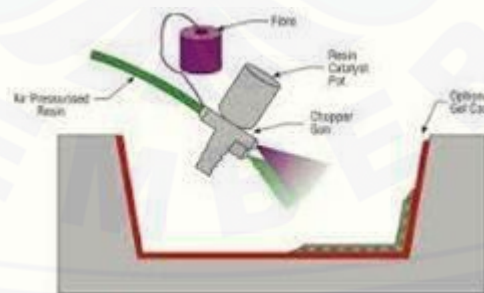


Gambar 2.5 Metode *Hand Lay-Up* (Fajri, 2016)

## 2. *Spray Lay-up*

Proses ini menggunakan alat pemotong fiber yang biasanya serat panjang membentuk serat menjadi lebih pendek.

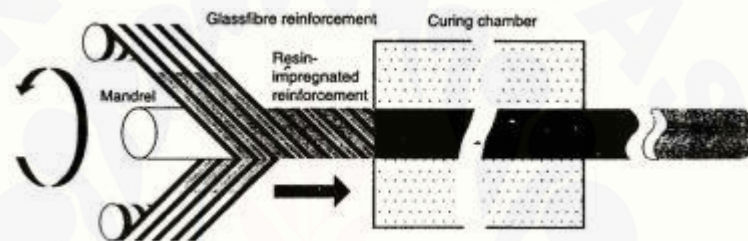
- *Atomized spray-up*, pada teknik pabrikasinya sistem pada metode ini tidak kontinyu, biasanya digunakan untuk membuat material komposit dengan ukuran yang lebih kecil.
- *Non atomized application*, untuk metode ini pada pengaplikasiannya menggunakan mesin potong fiber, pelaminasi resin dan tekanan dari roller yang berjalan kontinyu. Metode ini lebih menguntungkan bila digunakan untuk pembuatan material komposit yang berdimensi besar mengingat prosesnya yang kontinyu.



Gambar 2.6 Metode *Spray Lay Up* (Fajri, 2016)

### 3. *Filament Winding*

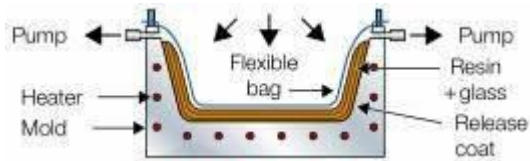
Proses ini melalui metode yang memanfaatkan sistem gulungan benang pada sebuah sumbu putar. Serat komposit dibuat dalam bentuk benang digulung pada sebuah mandril yang dibentuk sesuai dengan bentuk rancangan benda teknik, misalnya berbentuk tabung, kemudian resin yang berfungsi sebagai matrik dituangkan bersamaan dengan proses penggulungan serat tersebut, sehingga keduanya merekat dan saling mengikat antara satu lapisan gulungan dengan gulungan berikutnya, sampai membentuk benda teknik yang direncanakan.



Gambar 2.7 Metode *Filament Winding* (Fajri, 2016)

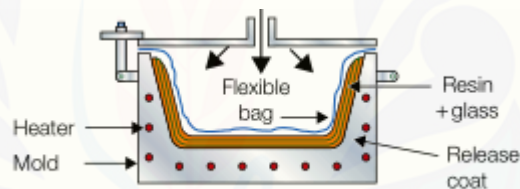
### 4. *Vacuum Bag*

Pada proses ini digunakan pompa *vacuum* untuk menghisap udara yang ada dalam wadah tempat diletakkannya komposit yang akan dicetak. Dengan divakumkannya udara dalam wadah, maka udara yang ada diluar penutup plastic akan menekan kearah dalam. Hal ini akan menyebabkan udara yang terperangkap dalam spesimen komposit akan dapat diminimalkan. Apabila dibandingkan dengan *hand lay up*, metode ini memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, *adhesi* lebih baik pada antar lapisan, dan kontrol lebih baik pada resin atau rasio kaca. Aplikasi dari metode ini adalah pembuatan kapal pesiar, komponen mobil balap dan perahu.

Gambar 2.8 Metode *Vacuum Bag* (Fajri, 2016)

### 5. *Pressure Bag*

*Pressure bag* memiliki kesamaan dengan metode *vacuum bag*, namun cara ini tidak memakai pompa vakum tetapi menggunakan udara atau uap bertekanan yang dimasukkan melalui suatu wadah elastis. Wadah elastis ini yang akan berkontak pada komposit yang akan dilakukan proses. Biasanya tekanan besar tekanan yang di berikan pada proses ini adalah sebesar 30 sampai 50 psi. Aplikasi dari metoda *vacuum bag* ini adalah pembuatan tangki, wadah dan turbin angin.

Gambar 2.9 Metode *Pressure Bag* (Fajri, 2016)

## 2.2 Polyester

*Polyester* adalah resin termoset yang berbentuk cair dengan viskositas yang relatif rendah dan paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, dengan penambahan katalis *polyester* akan mengeras pada suhu kamar. Resin *polyester* banyak mengandung monomer stiren sehingga suhu deformasi termal lebih rendah dari pada resin termoset lainnya dan ketahanan panas jangka panjang adalah kira-kira 110°C-140°C, ketahanan dingin resin ini relatif baik (Winata, 2016).

Jenis dari resin *polyester* yang digunakan sebagai matrik komposit adalah tipe yang tidak jenuh (*unsaturated polyester*) yang merupakan termoset yang dapat mengalami pengerasan (*curing*) dari fasa cair menjadi fasa padat saat mendapat perlakuan yang tepat. Berbeda dengan tipe *polyester* jenuh (*saturated polyester*)

seperti *terylene*, yang tidak bisa mengalami curing dengan cara seperti ini. Resin *unsaturated polyester* merupakan matrik thermosetting yang paling banyak digunakan dalam pembuatan komposit GFRP (*Glass Fiber Reinforced Plastic*) karena dapat digunakan untuk pembuatan komposit dengan *metode hand lay up* hingga metode yang lebih kompleks seperti *filament winding*, *resin injection molding*, maupun *resin transfer molding*.



Gambar 2.10 Resin *Polyester* ETERSET 2504 APT

Tabel 2.1 Spesifikasi Resin *Polyester* (<http://www.substech.com>)

Termoset				
Unsaturated Polyester (UP)				
Sifat	Nilai dalam Satuan Metrik		Nilai dalam Satuan US	
Densitas	$1,12 \times 10^3$	$\text{kg/m}^3$	70,0	$\text{lb/ft}^3$
Modulus Elastisitas	3,4	Gpa	493	Ksi
Kekuatan Tarik	60	Mpa	8700	Psi
Penguluran	2	%	2	%
Kekuatan Lendut	113	Mpa	16400	Psi
Ekspansi Termal	$31 \times 10^{-6}$	$^{\circ}\text{C}^{-1}$	$17 \times 10^{-6}$	$\text{in}/(\text{in} \cdot ^{\circ}\text{F})$
Konduktivitas Termal	0,17	W/m.K	1,18	$\text{BTU} \cdot \text{in}/(\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^{\circ}\text{F})$
Temperatur Kerja Maksimum	170	$^{\circ}\text{C}$	325	$^{\circ}\text{F}$

Resin *unsaturated polyester* merupakan resin cair dengan viskositas rendah, dan akan mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis. Resin yang akan digunakan adalah resin *polyester* eterset 2504 APT dengan nilai konduktivitas termal  $0,0017 \text{ W/m}^0\text{C}$ . Dengan menggunakan katalis sebagai campuran resin sebanyak 1%.

### 2.3 Kopi

Kopi merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang sudah lama dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomis yang lumayan tinggi. Konsumsi kopi dunia mencapai 70% berasal dari spesies kopi arabika dan 26% berasal dari spesies kopi robusta. Kopi berasal dari Afrika, yaitu daerah pegunungan di Etopia. Namun, kopi sendiri baru dikenal oleh masyarakat dunia setelah tanaman tersebut dikembangkan di luar daerah asalnya, yaitu Yaman di bagian selatan Arab, melalui para saudagar Arab (Rahardjo, 2012).

Sistematika tanaman kopi robusta adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Sub kingdom	: <i>Tracheobionita</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Sub Kelas	: <i>Astridae</i>
Ordo	: <i>Rubiaceace</i>
Genus	: <i>Coffea</i>
Spesies	: <i>Coffea robusta</i>

Kopi robusta berasal dari Kongo dan masuk ke Indonesia pada tahun 1900. Jenis ini mempunyai sifat unggul karena cepat berkembang bahkan merupakan jenis yang mendominasi kerkebunan kopi di Indonesia sampai sekarang. (Lilis, 2001)

Beberapa sifat penting kopi robusta :

- Tidak mudah terkena penyakit HV.
- Tumbuh sangat baik pada ketinggian 400-700m dpl, tetapi masih toleran terhadap ketinggian kurang dari 400 m dpl, dengan temperatur 21-24°C.

- Menghendaki daerah yang mempunyai bulan kering 3-4 bulan secara berurutan, dengan 3-4 kali hujan kiriman.
- Produksi lebih tinggi daripada kopi arabika dan liberika.
- Kualitas buah lebih rendah dibandingkan dengan kopi arabika tetapi lebih tinggi dibandingkan liberika.
- Rendemen  $\pm 22\%$ .



Gambar 2.11 Kopi Robusta

Tabel 2.2 Konduktivitas Termal Kopi Robusta (Lilis, 2001)

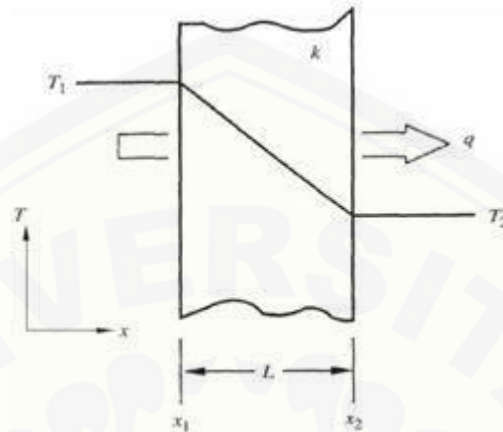
Parameter	
Jenis Kopi	Konduktivitas Termal (W/m <sup>0</sup> C)
Kopi Robusta	0,001161

#### 2.4 Konduktivitas Termal

Konduktivitas termal merupakan sifat termofisik yang berupa sifat transpor untuk transfer kalor. Konduktivitas termal merupakan suatu nilai konstanta dari suatu bahan yang menunjukkan kemampuan untuk mentransfer kalor dan dapat memberikan keterangan ketahanan panas dari suatu benda. Persamaan Fourier merupakan persamaan dasar tentang konduktivitas termal, yang mana dengan persamaan tersebut dapat dilakukan perhitungan dalam percobaan untuk menentukan konduktivitas termal suatu benda. Nilai konduktivitas termal menunjukkan seberapa



cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu serta memahami fenomena-fenomena yang terjadi dalam perpindahan panas konduksi.



Gambar 2.12 Perpindahan Panas Konduksi Satu Dimensi (Holman, 1993)

Persamaan dasar untuk konduksi satu dimensi dalam keadaan tunak (*steady*) ditulis :

$$q = -k A \frac{dT}{dx} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$q$  = Laju Perpindahan Panas (kJ / det, W)

$k$  = Konduktivitas Termal (W/m°C)

$A$  = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

$dT$  = Perbedaan Temperatur (°C, °F)

$dx$  = Perbedaan Jarak (m / det)

Dimana tanda minus diselipkan agar memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah dalam skala suhu.

Konduktivitas termal merupakan properti dari suatu material yang menentukan kemampuan suatu benda menghantarkan panas. Materi yang memiliki konduktivitas termal rendah dapat disebut dengan isolator yang baik.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai konduktivitas termal suatu material, yaitu sebagai berikut (Hidayat, 2000) :

1. Kandungan Uap Air

Konduktivitas termal air sebesar 25 kali konduktivitas udara tenang. Oleh karena itu, apabila suatu benda berpori diisi air, maka akan berpengaruh terhadap nilai konduktivitas termalnya. Konduktivitas termal yang rendah pada bahan isolator adalah selaras dengan kandungan udara dalam bahan tersebut.

2. Suhu

Pengaruh suhu berbanding terbalik terhadap konduktivitas termal, secara umum apabila suhu meningkat maka konduktivitas termalnya juga akan menurun.

3. Kepadatan dan Porositas

Konduktivitas termal berbeda pengaruh terhadap kepadatan apabila pori-pori bahan semakin banyak maka konduktivitas termal rendah. Perbedaan konduktivitas termal bahan dengan kepadatan yang sama, akan tergantung kepada perbedaan struktur yang meliputi : ukuran, distribusi, hubungan pori/lubang.

Tabel 2.3 Konduktivitas Termal Berbagai Bahan 0 °C

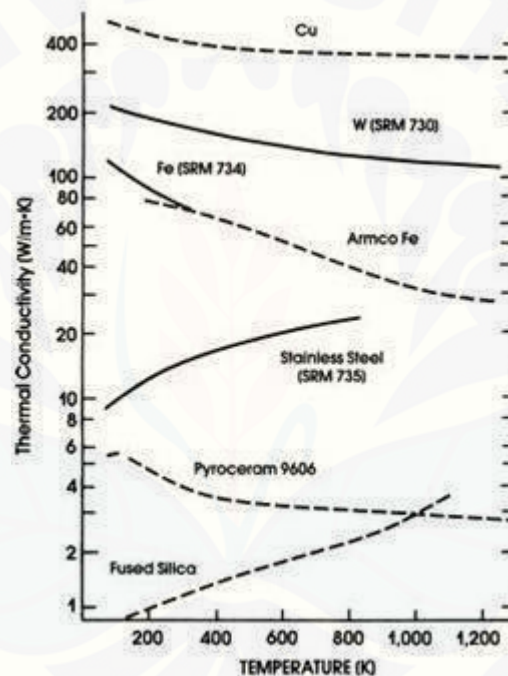
<b>Konduktivitas Termal, k</b>		
Bahan	W/m°C	Btu/h.ft.°F
<b>Logam</b>		
Perak (murni)	410	237
Kuningan	1,09	223
Aluminium (murni)	202	117
Stainless Steel	0,24	54
Besi (murni)	73	42
Baja Karbon, 1% C	43	25
Timbal (murni)	35	20,3
Baja Karbon-Nikel (18% cr, 8% ni)	16,3	9,4
<b>Bukan Logam</b>		
Kuarsa (sejajar sumbu)	41,6	24
Magnesit	4,15	2,4
Marmar	2,08-2,94	1,2-1,7
Batu pasir	1,83	1,06
Kaca, jendela	0,78	0,45
Kayu maple atau ek	0,17	0,096
Serbuk gergaji	0,059	0,034
Wol kaca	0,038	0,022
<b>Zat Cair</b>		
Air-raksa	8,21	4,74
Air	0,556	0,327
Amonia	0,540	0,312
Minyak lumas, SAE 50	0,147	0,085
Freon 12, 22 FCCI	0,073	0,042
<b>Gas</b>		
Hidrogen	0,175	0,101
Helium	0,141	0,081
Udara	0,024	0,0139
Uap air (jenuh)	0,0206	0,0119
Karbon dioksida	0,0146	0,00844

(Holman, 1993)

## 2.5 Karakteristik Pengujian

### 2.5.1. Pengujian Termal Material Komposit

Standart pengujian sifat termal pada komposit bermatrik polimer menggunakan ASTM E 1225-99. Metode pengujian ini menjelaskan teknik *steady state* untuk menentukan nilai konduktivitas termal. Metode pengujiannya dengan menggunakan material logam sebagai bahan referensi yang menghimpit spesimen selama kisaran suhu antara 90 dan 1300 K. Bahan referensi dan komposit berbentuk tabung dengan dimensi sesuai rencana penelitian.

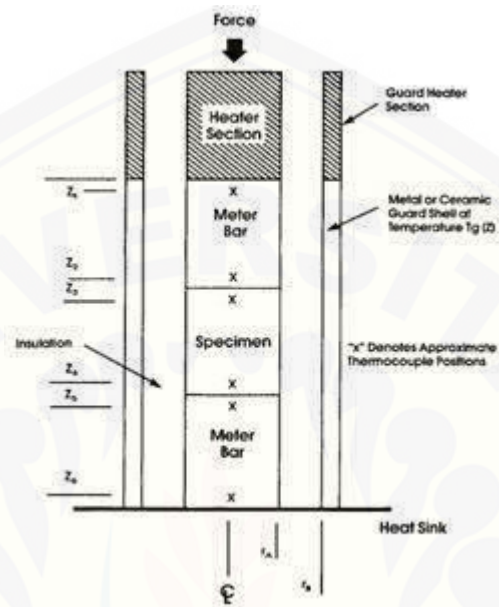


Gambar 2.13 Nilai Konduktivitas Termal Beberapa Bahan Referensi (ASTM E 1225-99)

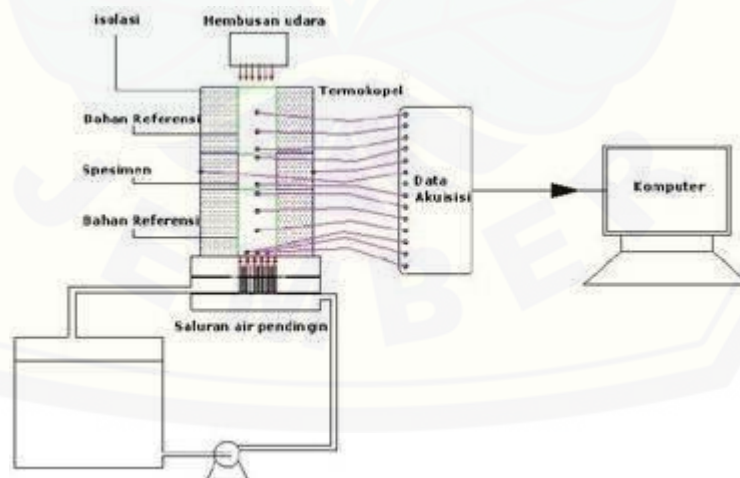
Metode komparatif pengukuran konduktivitas termal sangat berguna untuk bahan rekayasa termasuk keramik, polimer, logam dan paduan, refraktori, karbon dan grafit termasuk bentuk dan kombinasi masing-masing komposit.

Bahan referensi adalah material pembanding untuk mencari nilai konduktivitas termal komposit. Dalam teknik ini, sampel disisipkan diantara dua bahan referensi dengan sistem pemanas diletakkan di atas dari bahan referensi atas

dan sistem pendingin diletakkan di bawah dari bahan referensi bawah. Sebuah sistem penjagaan digunakan untuk mencegah kerugian panas radial dari sampel kolom.



Gambar 2.14 Skema Pengujian Spesimen (ASTM E 1225-99)



Gambar 2.15 Skema Perangkat Pengujian (Mainil, 2012)

Menurut ASTM E 1225-99 menghitung laju kalor pada bahan referensi sebagai berikut :

- Untuk bahan referensi meter bar atas (*top bar*)

$$q'_T = k_T \cdot \frac{T_2 - T_1}{Z_2 - Z_1} \quad (2.2)$$

- Untuk bahan referensi meter bar bawah (*bottom bar*)

$$q'_B = k_B \cdot \frac{T_6 - T_5}{Z_6 - Z_5} \quad (2.3)$$

Dari kedua persamaan di atas, untuk menghitung nilai konduktivitas termal spesimen menggunakan rumus Persamaan 2.4 di bawah ini:

- $k'_S = \frac{(q'_T + q'_B)(Z_4 - Z_3)}{2(T_4 - T_3)} \quad (2.4)$

### 2.5.2. Pengujian Morfologi

Pengujian morfologi menggunakan foto makro dengan kamera digital 13 MP dan foto mikro dengan perbesaran 50 x. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan tampilan tentang fenomena-fenomena yang terjadi dalam perpindahan panas konduksi.

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

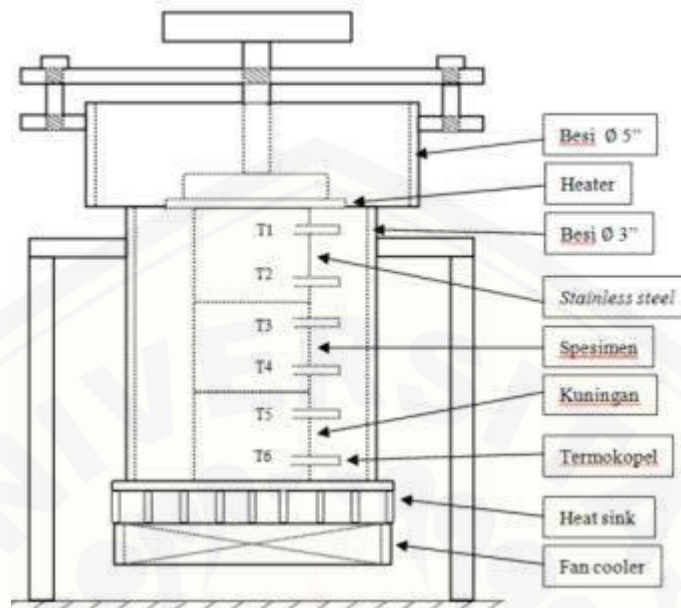
#### 3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Terapan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Jember. Waktu penelitian berlangsung selama bulan November 2015 sampai dengan bulan Februari 2016.

#### 3.2 Alat Dan Bahan

Alat digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pipa besi ( $\emptyset$  3" dan  $\emptyset$  5") dan pipa PVC ( $\emptyset$  1,5")
2. Ayakan mesh (20, 40, 60, 80, 100)
3. Lumpang besi
4. Gelas ukur
5. Timbangan digital
6. Plastik mika
7. Bahan referensi dari material *stainless steel* dan kuningan
8. *Heat sink*
9. *Heater*
10. Termokopel
11. *Fan cooler*
12. Travo 110/220 V
13. Data loggen ADAM 4018 8CH



Gambar 3.1 Sketsa Alat Uji Konduktivitas Termal

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kopi robusta
2. Resin *polyester* eterset 2504 APT
3. Katalis
4. Gypsum
5. Lem alteco
6. *Wax mold*
7. *Pasta processor*

### 3.3 Prosedur Penelitian

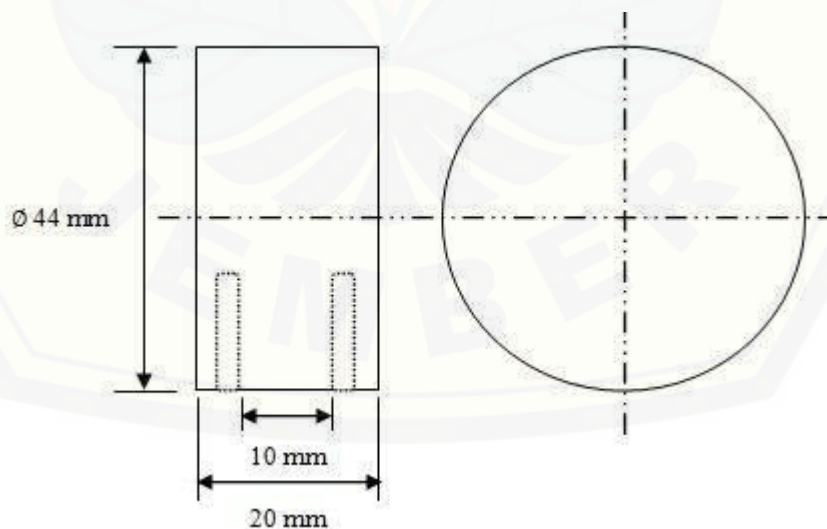
#### 3.3.1 Langkah - Langkah Pembuatan Spesimen

Proses pembuatan spesimen yang harus dilakukan memerlukan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Hancurkan biji kopi robusta dan ayak dengan ayakan mesh 20, 40, 60, 80 dan 100.



2. Potong pipa PVC dan plastik mika sesuai rencana penelitian, selanjutnya tempelkan plastik mika sebagai tutup salah satu lubang pipa PVC memakai lem alteco.
3. Olesi cetakan dengan *wax mold* untuk memudahkan pengambilan.
4. Ukur dan timbang resin dan serbuk kopi sesuai kebutuhan, tambahkan katalis 1%. Awalnya aduk campuran resin dan katalis sampai tercampur merata, selanjutnya tuangkan serbuk kopi sedikit demi sedikit sambil diaduk perlahan sampai seluruh serbuk kopi tercampur merata.
5. Tuang adonan komposit dengan metode *hand lay-up*.
6. Ulangi proses diatas untuk ukuran mesh selanjutnya.
7. Proses pengeringan dilakukan sampai benar-benar kering yaitu sekitar 5 jam bahkan lebih.
8. Copot plastik mika dari pipa PVC dan dorong spesimen sampai terlepas dari cetakan.
9. Potong spesimen sesuai dimensi penelitian dan bor sisi samping sebagai tempat termokopel.
10. Spesimen siap untuk di uji.



Gambar 3.2 Sketsa Profil Spesimen

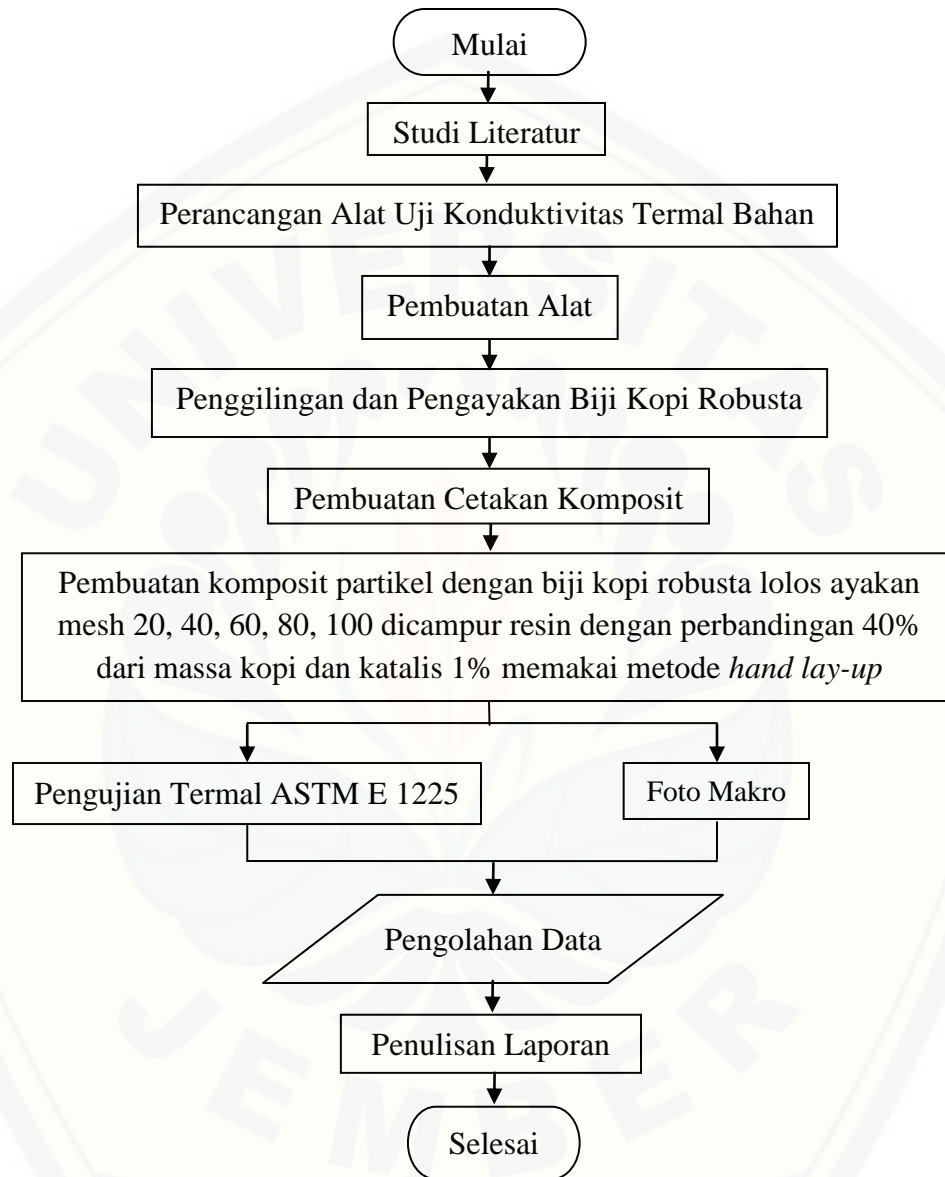
### 3.3.2 Langkah – Langkah Pengujian Spesimen

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian terhadap spesimen untuk mengetahui nilai konduktivitas termal komposit partikel kopi. Langkah - langkah pengujian sesuai dengan ASTM E 1225-99 adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat uji hasil rancangan, pasang beberapa perangkat lainnya dari travo 110/220 V, data loggen ADAM 4018 8CH dan laptop.
2. Buka aplikasi pengujian termal pada laptop.
3. Siapkan spesimen yang akan diuji dan oleskan pasta *processor* pada permukaan spesimen yang bertujuan mengurangi tahanan kontak termal.
4. Pasang termokopel pada *stainless steel*, spesimen dan kuningan, selanjutnya susun ketiga bahan tersebut didalam alat uji sesuai Gambar 3.1.
5. Pasang heater dan kunci alat uji sebagai tanda siap memulai pengujian.
6. Jalankan aplikasi pengujian termal pada laptop selanjutnya sambungkan *heater* ke listrik.
7. Proses pengujian sesuai Gambar 2.15 dan dilakukan selama 60 menit.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Untuk prosedur penelitian disajikan dalam bentuk *flow chart* sebagai berikut:



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai komposit partikel kopi robusta dengan variasi ukuran partikel dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengaruh variasi ukuran partikel kopi pada komposit adalah semakin kecil ukuran partikel kopi dalam komposit, maka semakin menurun nilai konduktivitas termalnya.
2. Morfologi material komposit sesudah pengujian pada spesimen dengan ukuran partikel kopi lolos ayakan mesh 20 menghasilkan morfologi material komposit yang baik.

### 5.2 Saran

Adapun saran yang disarankan peneliti terkait dengan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan komposit sebaiknya menggunakan mesin vakum untuk meminimalisir gelembung udara yang terperangkap pada komposit agar di dapat nilai konduktivitas termal yang lebih signifikan.
2. Perlu pengkajian lebih lanjut mengenai partikel organik lainnya selain kopi agar di dapat sifat material dengan konduktivitas termal yang rendah sebagai bahan isolator.
3. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai variasi ukuran partikel kopi agar di dapat nilai konduktivitas termal beserta morfologi material yang lebih kompleks.

**DAFTAR PUSTAKA**

- ASTM E 1225-99. 1993. *Standard Test Method for Thermal Conductivity of Solids by Means of the Guarded – Comparative - Longitudinal Heat Flow Technique*. American Society For Testing And Materials.
- Fajri, A.N., 2016. *Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat terhadap Sifat Mekanik Komposit Polyester Serat Kulit Batang Pisang Kepok*. Universitas Jember.
- Fuferti, M.A., Syakbaniah dan Ratnawulan. 2013. *Perbandingan Karakteristik Fisis Kopi Luwak (Civet coffee) dan Kopi Biasa Jenis Arabika*. Pillar Of Physics, vol. 2. hal 68-75.
- Handani, Sri, dkk. 2010. *Sifat Isolator Panas Papan sekam Padi dengan Variasi Resin dan Ukuran Partikel*. Jurnal Ilmu Fisika. vol 2. no 2.
- Haryati, N. 2008. *Kontribusi Komoditas Kopi Terhadap Perekonomian Wilayah Kabupaten Jember*. Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian Universitas Jember. Jember. Vol. 2 No. 1.
- Hidayat, Syarif . 2000. *Pusat Pengembangan Bahan Ajar*. Fisika Bangunan. UMB.
- Holman, J. P. 1993. *Heat Transfer*, Jakarta, Erlangga.
- Junus, S. 2011. *Komposit Proses, Fabrikasi, Dan Aplikasi*, Jember, Jember University Press.
- Khusna, Dwi dan Joko Susanto. 2015. *Pemanfaatan Limbah Padat Kopi Sebagai Bahan Bakar Alternatif Dalam Bentuk Bricket Berbasis Biomass*. Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. Surabaya.
- Lilis. 2001. *Kasus Fisika Pangan Dua Jenis Kopi (Coffea sp.) yang Diukur Beberapa Sifat Fisiknya*. Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lestari, F.P. 2008. *Pengaruh Temperatur Sinter dan Fraksi Volume Penguat Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terhadap Karakteristik Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Produk Metalurgi Serbuk*. FT Universitas Indonesia.
- Mainil, A.K. 2012. *Kaji Eksperimental Alat Uji Konduktivitas Termal Bahan*. Program Studi Teknik Mesin dan Teknik Industri Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara. Bengkulu.

- Maiwita, F. , Yenni Darvina dan Yulkifli. 2014. *Pengaruh Variasi Ampas Tebu dan Serbuk Gergaji pada Papan Partikel terhadap Konduktivitas Termal*. Pillar Of Physics, Vol 1, hal 41-48.
- Mashuri. 2007. *Efek Termal Dan Bahan Penggandeng (Coupling Agent) Silane Terhadap Kestabilan Mekanik Bahan Komposit poliester Dengan Pengisi Partikulit Sic*. Jurusan Fisika, FMIPA - ITS. Surabaya.
- Pradana, A. W. 2014. *Pengaruh Variasi Panjang Serat Dan Variasi Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Mekanik Pada Komposit Serat Daun Nanas*. Universitas Jember.
- Pratama, N., Djusmaini Djamas dan Yenni Darvina. 2016. *Pengaruh Variasi Ukuran Partikel Terhadap Nilai Konduktivitas Termal Papan Partikel Tongkol Jagung*. Pillar Of Physics, Vol. 7, hal 25-32.
- Rahardjo, Pudji. 2012. *Kopi Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- R. Kochetov, T. Andritsch, U. Lafont, P.H.F. Morshuis, S.J. Picken, and J.J. Smit, "Thermal behavior of epoxy resin filled with high thermal conductivity nanopowders," *IEEE El. Ins. Conf., Montreal, QC, Canada*, pp. 524-528, 2009.
- Schawatz, M. M. 1996. *Composit Material*. New York: McGraw-Hill.
- Tran Doang Hung, P. L., Dora Kroisova, Oleg Bortnovsky, Nguyen Thang Xiem. (2011). *New generation of geopolymer composite for fire resistance*: InTech.
- Wibowo, Hary, dkk. 2008. *Pengaruh Kepadatan Dan Ketebalan Terhadap Sifat Isolator Panas Papan Partikel Sekam Padi*. Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, IST AKPRIND Yogyakarta.
- Winata, P.Y. 2016. *Analisa Variasi Orientasi Serat terhadap Sifat Mekanik Komposit dengan Matrik Polyester berpenguat Serat Batang Pisang Kepok*. Universitas Jember.
- Zhongli, P., Ruihong, Z. dkk. 2007. *Physical Properties of Thin Particleboard Made from Saline Eucalyptus*. Elsevier.

LAMPIRAN

Lampiran A

A.1 Perhitungan Pembuatan Komposit

$$\text{Kopi mesh 20} \longrightarrow \rho = \frac{m}{v} = \frac{18,43 \text{ g}}{50 \text{ cm}^3} = 0,368 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Kopi mesh 40} \longrightarrow \rho = \frac{m}{v} = \frac{19,14 \text{ g}}{50 \text{ cm}^3} = 0,382 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Kopi mesh 60} \longrightarrow \rho = \frac{m}{v} = \frac{20,78 \text{ g}}{50 \text{ cm}^3} = 0,415 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Kopi mesh 80} \longrightarrow \rho = \frac{m}{v} = \frac{21,14 \text{ g}}{50 \text{ cm}^3} = 0,422 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Kopi mesh 100} \longrightarrow \rho = \frac{m}{v} = \frac{22,08 \text{ g}}{50 \text{ cm}^3} = 0,441 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\begin{aligned} V \text{ komposit} &= \pi \times r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 22 \times 22 \times 20 \\ &= 30395,2 \text{ mm}^2 \\ &= 30,395 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Mesh 20

$$\begin{array}{l} \text{Presentase} \longrightarrow 60\% \text{ resin} \quad : \quad 40\% \text{ partikel} \\ \rho = 1,12 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad \quad \quad \rho = 0,368 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ komposit} &= 60\% \times \rho \text{ resin} + 40\% \times \rho \text{ partikel} \\ &= 0,6 \times 1,12 + 0,4 \times 0,368 \\ &= 0,672 + 0,147 \\ &= 0,819 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ komposit} &= V \text{ komposit} \times \rho \text{ komposit} \\ &= 30,395 \text{ cm}^3 \times 0,819 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \\ &= 24,894 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ resin} &= 60\% \times V \text{ komposit} \\ &= 0,6 \times 30,395 \text{ cm}^3 \\ &= 18,237 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ resin} &= V \text{ resin} \times \rho \text{ resin} \\ &= 18,237 \text{ cm}^3 \times 1,12 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \\ &= 20,425 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ partikel} &= 40\% \times V \text{ komposit} \\ &= 0,4 \times 30,395 \text{ cm}^3 \\ &= 12,158 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ partikel} &= V \text{ partikel} \times \rho \text{ partikel} \\ &= 12,158 \text{ cm}^3 \times 0,368 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \\ &= 4,474 \text{ gram} \end{aligned}$$

Mesh 40

$$\begin{array}{l} \text{Presentase} \longrightarrow 60\% \text{ resin} \quad : \quad 40\% \text{ partikel} \\ \rho = 1,12 \frac{g}{cm^3} \quad \quad \quad \rho = 0,382 \frac{g}{cm^3} \end{array}$$

$$\rho \text{ komposit} = 60\% \times \rho \text{ resin} + 40\% \times \rho \text{ partikel}$$

$$= 0,6 \times 1,12 + 0,4 \times 0,382$$

$$= 0,672 + 0,152$$

$$= 0,825 \frac{g}{cm^3}$$

$$m \text{ komposit} = V \text{ komposit} \times \rho \text{ komposit}$$

$$= 30,395 \text{ cm}^3 \times 0,825 \frac{g}{cm^3}$$

$$= 25,076 \text{ gram}$$

$$V \text{ resin} = 60\% \times V \text{ komposit}$$

$$= 0,6 \times 30,395 \text{ cm}^3$$

$$= 18,237 \text{ cm}^3$$

$$m \text{ resin} = V \text{ resin} \times \rho \text{ resin}$$

$$= 18,237 \text{ cm}^3 \times 1,12 \frac{g}{cm^3}$$

$$= 20,425 \text{ gram}$$

$$V \text{ partikel} = 40\% \times V \text{ komposit}$$

$$= 0,4 \times 30,395 \text{ cm}^3$$

$$= 12,158 \text{ cm}^3$$

$$m \text{ partikel} = V \text{ filler} \times \rho \text{ partikel}$$

$$= 12,158 \text{ cm}^3 \times 0,382 \frac{g}{cm^3}$$

$$= 4,644 \text{ gram}$$

Mesh 60

$$\begin{array}{l} \text{Presentase} \longrightarrow 60\% \text{ resin} \quad : \quad 40\% \text{ partikel} \\ \rho = 1,12 \frac{g}{cm^3} \quad \quad \quad \rho = 0,415 \frac{g}{cm^3} \end{array}$$

$$\rho \text{ komposit} = 60\% \times \rho \text{ resin} + 40\% \times \rho \text{ partikel}$$

$$= 0,6 \times 1,12 + 0,4 \times 0,415$$

$$= 0,672 + 0,166$$

$$= 0,838 \frac{g}{cm^3}$$

$$m \text{ komposit} = V \text{ komposit} \times \rho \text{ komposit}$$

$$= 30,395 \text{ cm}^3 \times 0,838 \frac{g}{cm^3}$$

$$= 25,471 \text{ gram}$$

$$V \text{ resin} = 60\% \times V \text{ komposit}$$

$$= 0,6 \times 30,395 \text{ cm}^3$$

$$= 18,237 \text{ cm}^3$$

$$m \text{ resin} = V \text{ resin} \times \rho \text{ resin}$$

$$= 18,237 \text{ cm}^3 \times 1,12 \frac{g}{cm^3}$$

$$= 20,425 \text{ gram}$$

$$V \text{ partikel} = 40\% \times V \text{ komposit}$$

$$= 0,4 \times 30,395 \text{ cm}^3$$

$$= 12,158 \text{ cm}^3$$

$$m \text{ partikel} = V \text{ partikel} \times \rho \text{ partikel}$$

$$= 12,158 \text{ cm}^3 \times 0,415 \frac{g}{cm^3}$$

$$= 5,045 \text{ gram}$$



Mesh 80

$$\begin{array}{l} \text{Presentase} \longrightarrow 60\% \text{ resin} \quad : \quad 40\% \text{ partikel} \\ \rho = 1,12 \frac{g}{cm^3} \quad \quad \quad \rho = 0,422 \frac{g}{cm^3} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ komposit} &= 60\% \times \rho \text{ resin} + 40\% \times \rho \text{ partikel} \\ &= 0,6 \times 1,12 + 0,4 \times 0,422 \\ &= 0,672 + 0,168 \\ &= 0,841 \frac{g}{cm^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ komposit} &= V \text{ komposit} \times \rho \text{ komposit} \\ &= 30,395 \text{ cm}^3 \times 0,841 \frac{g}{cm^3} \\ &= 25,562 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ resin} &= 60\% \times V \text{ komposit} \\ &= 0,6 \times 30,395 \text{ cm}^3 \\ &= 18,237 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ partikel} &= 40\% \times V \text{ komposit} \\ &= 0,4 \times 30,395 \text{ cm}^3 \\ &= 12,158 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ resin} &= V \text{ resin} \times \rho \text{ resin} \\ &= 18,237 \text{ cm}^3 \times 1,12 \frac{g}{cm^3} \\ &= 20,425 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ partikel} &= V \text{ partikel} \times \rho \text{ partikel} \\ &= 12,158 \text{ cm}^3 \times 0,422 \frac{g}{cm^3} \\ &= 5,130 \text{ gram} \end{aligned}$$

Mesh 100

$$\begin{array}{l} \text{Presentase} \longrightarrow 60\% \text{ resin} \quad : \quad 40\% \text{ partikel} \\ \rho = 1,12 \frac{g}{cm^3} \quad \quad \quad \rho = 0,441 \frac{g}{cm^3} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ komposit} &= 60\% \times \rho \text{ resin} + 40\% \times \rho \text{ partikel} \\ &= 0,6 \times 1,12 + 0,4 \times 0,441 \\ &= 0,672 + 0,176 \\ &= 0,848 \frac{g}{cm^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ komposit} &= V \text{ komposit} \times \rho \text{ komposit} \\ &= 30,395 \text{ cm}^3 \times 0,848 \frac{g}{cm^3} \\ &= 25,775 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ resin} &= 60\% \times V \text{ komposit} \\ &= 0,6 \times 30,395 \text{ cm}^3 \\ &= 18,237 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ partikel} &= 40\% \times V \text{ komposit} \\ &= 0,4 \times 30,395 \text{ cm}^3 \\ &= 12,158 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ resin} &= V \text{ resin} \times \rho \text{ resin} \\ &= 18,237 \text{ cm}^3 \times 1,12 \frac{g}{cm^3} \\ &= 20,425 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m \text{ partikel} &= V \text{ partikel} \times \rho \text{ partikel} \\ &= 12,158 \text{ cm}^3 \times 0,441 \frac{g}{cm^3} \\ &= 5,361 \text{ gram} \end{aligned}$$

**A.2 Tabel Perhitungan Konduktivitas Termal Komposit Partikel Kopi**

T (s)	Ref. Stainless Steel			Ref. Kuningan			Uji Komposit (tanpa partikel kopi)		
	T1 (°C)	T2 (°C)	q'T (W)	T5 (°C)	T6 (°C)	q'B (W)	T3 (°C)	T4 (°C)	k's(W/m°C)
100	51.1	46	-1.224	30.1	30.1	0	32.9	29.8	0.1974194
200	71.3	65.8	-1.32	29.8	30.3	0.545	40.9	30.1	0.0358796
300	89.5	83.8	-1.368	29.8	30.3	0.545	50.2	30.8	0.0212113
400	104.8	99.5	-1.272	30.1	30.5	0.436	60.2	32.4	0.015036
500	119	113.4	-1.344	30.3	30.8	0.545	70	34.1	0.0111281
600	132.4	126.8	-1.344	30.8	31	0.218	79.5	36.2	0.0130023
700	144.2	138.8	-1.296	31	31.5	0.545	88.4	38.3	0.007495
800	155	149.2	-1.392	31.7	31.7	0	96.8	40.4	0.0123404
900	164	158.8	-1.248	32	32.4	0.436	104.4	42.5	0.006559
1000	172.7	167.2	-1.32	32.4	32.7	0.327	111.6	44.6	0.0074104
1100	180	174.6	-1.296	32.9	33.1	0.218	117.6	46.7	0.0076023
1200	186.5	181.2	-1.272	33.6	33.6	0	123.2	48.6	0.0085255
1300	192.5	187.2	-1.272	34.3	34.3	0	128.7	50.6	0.0081434
1400	198	192.7	-1.272	34.5	34.8	0.327	132.9	52	0.0058405
1500	202.8	197.5	-1.272	35	35.2	0.218	137.1	53.7	0.0063189
1600	207.1	201.9	-1.248	35.5	35.7	0.218	140.9	55.1	0.0060023
1700	210.9	205.7	-1.248	36.2	36.2	0	144.2	56.5	0.0071152
1800	213.8	209	-1.152	36.7	36.7	0	147.1	57.6	0.0064358
1900	216.4	211.1	-1.272	37.1	37.1	0	149.7	58.8	0.0069967
2000	219.5	214.2	-1.272	37.6	37.6	0	151.9	59.7	0.006898
2100	222.3	217.1	-1.248	38.1	37.8	-0.327	154	60.6	0.0084315
2200	225	220	-1.2	38.3	38.3	0	156.1	61.1	0.0063158
2300	227.3	222.3	-1.2	39	38.5	-0.545	158	62	0.0090885
2400	229.2	224.2	-1.2	39.2	39.2	0	160	62.7	0.0061665
2500	231.1	225.9	-1.248	39.7	39.5	-0.218	161.4	63.4	0.0074796
2600	232.8	227.8	-1.2	40.2	39.7	-0.545	163.1	64.4	0.0088399
2700	234.2	229.2	-1.2	40.2	40	-0.218	164	64.6	0.0071328
2800	235.7	230.7	-1.2	40.6	40.4	-0.218	165.3	65.3	0.00709
2900	236.9	231.9	-1.2	40.6	40.6	0	166.2	65.8	0.0059761
3000	238	233	-1.2	40.9	40.9	0	167.2	66	0.0059289
3100	239	234	-1.2	41.1	40.9	-0.218	167.9	66.5	0.0069921
3200	239	234.2	-1.152	41.1	41.1	0	168.6	66.7	0.0056526
3300	239	234.2	-1.152	41.3	41.3	0	168.9	66.9	0.0056471
3400	240	235	-1.2	41.6	41.3	-0.327	169.1	67.2	0.0074926
Rerata								0.0070032	

T (s)	Ref. Stainless Steel			Ref. Kuningan			UjiKomposit (mesh 20 A)		
	T1 (°C)	T2 (°C)	q <sup>T</sup> (W)	T5 (°C)	T6 (°C)	q <sup>B</sup> (W)	T3 (°C)	T4 (°C)	k's (W/m <sup>2</sup> C)
100	47.9	43.2	-1.128	29.4	29.6	0.218	33.6	30.3	0.137878788
200	66.5	61.6	-1.176	29.1	29.6	0.545	41.8	30.1	0.026965812
300	82.9	78.1	-1.152	28.9	29.4	0.545	51.6	30.5	0.014383886
400	97.5	92.5	-1.2	28.9	29.4	0.545	61.1	31.7	0.011139456
500	111.6	106.7	-1.176	28.9	29.4	0.545	70.6	33.1	0.008413333
600	125.4	120.2	-1.248	29.1	29.4	0.327	80	34.8	0.010188053
700	137.8	132.7	-1.224	29.4	29.8	0.436	88.8	36.7	0.00756238
800	148.8	143.8	-1.2	29.6	29.8	0.218	97.2	38.5	0.008364566
900	158.3	153.5	-1.152	29.8	30.3	0.545	105.1	40.6	0.004705426
1000	166.7	161.6	-1.224	30.3	30.8	0.545	111.8	42.3	0.004884892
1100	174.4	169.6	-1.152	30.5	31	0.545	117.9	44.1	0.004112466
1200	180.9	176.3	-1.104	31	31.5	0.545	123.2	46	0.003620466
1300	187.4	182.6	-1.152	31.2	31.7	0.545	128.2	47.6	0.003765509
1400	193.4	188.6	-1.152	31.7	32	0.327	132.7	49	0.004928315
1500	198.5	193.9	-1.104	32.2	32.4	0.218	136.7	50.4	0.005133256
1600	201.9	197.8	-0.984	32.4	32.9	0.545	140.2	51.8	0.002483032
1700	205.2	200.7	-1.08	32.7	33.1	0.436	143.3	53	0.003565891
1800	209.2	204.7	-1.08	32.9	33.6	0.763	146.1	54.1	0.001722826
1900	212.8	208.3	-1.08	33.4	33.8	0.436	148.8	55.3	0.00344385
2000	215.9	211.4	-1.08	33.6	34.3	0.763	151.4	56.2	0.001664916
2100	218.5	214	-1.08	33.8	34.3	0.545	153.5	56.9	0.002769151
2200	220.7	216.4	-1.032	34.3	34.8	0.545	155.7	57.9	0.002489775
2300	222.8	218.5	-1.032	34.5	35	0.545	157.3	58.6	0.002467072
2400	223.8	219.7	-0.984	34.8	35.2	0.436	158.8	59.3	0.002753769
2500	224.5	220.4	-0.984	34.8	35.5	0.763	159.7	59.7	0.001105
2600	225	220.9	-0.984	35.2	35.7	0.545	160.4	60.2	0.002190619
2700	226.1	221.6	-1.08	35.5	35.7	0.218	161.2	60.6	0.004284294
2800	228	223.5	-1.08	35.5	36.2	0.763	162.1	60.9	0.001566206
2900	229.7	225.4	-1.032	35.7	36.2	0.545	163.1	61.3	0.002391945
3000	231.1	226.9	-1.008	36	36.2	0.218	164	61.6	0.003857422
3100	232.8	228.3	-1.08	36	36.4	0.436	165	61.8	0.003120155
3200	233.8	229.5	-1.032	36.2	36.7	0.545	166	62.3	0.00234812
3300	235	230.4	-1.104	36.4	36.7	0.327	166.9	62.5	0.003721264
3400	235.9	231.6	-1.032	36.4	36.9	0.545	167.4	62.7	0.002325692
							Rerata		0.003325404

T (s)	Ref. Stainless Steel			Ref. Kuningan			Uji Komposit (mesh 20 B)		
	T1 (°C)	T2 (°C)	q'T (W)	T5 (°C)	T6 (°C)	q'B (W)	T3 (°C)	T4 (°C)	k's (W/m°C)
100	52.5	45.8	-1.608	27	26.8	-0.218	33.6	27.5	0.149672131
200	74.4	67.2	-1.728	27	26.8	-0.218	45.1	27.5	0.055284091
300	94.5	87	-1.8	27	26.8	-0.218	58.1	28	0.033521595
400	110	104.6	-1.296	27	26.8	-0.218	69.7	28.9	0.018553922
500	127.2	121.4	-1.392	27.2	26.8	-0.436	82	30.1	0.01761079
600	142.1	136.7	-1.296	27.5	27	-0.545	93.6	31.5	0.014822866
700	155.2	149.7	-1.32	27.7	27.2	-0.545	103.9	33.1	0.013170904
800	166.7	161.4	-1.272	28.2	27.7	-0.545	113.2	34.8	0.01158801
900	177.3	172	-1.272	28.4	28	-0.436	121.6	36.4	0.010023474
1000	185.5	180.7	-1.152	28.9	28.4	-0.545	129.1	38.1	0.009324176
1100	193.2	188.4	-1.152	29.4	28.9	-0.545	135.5	39.5	0.008838542
1200	200.9	196.1	-1.152	29.8	29.1	-0.763	141.6	41.1	0.009527363
1300	207.3	202.6	-1.128	30.3	29.6	-0.763	147.1	42.5	0.009039197
1400	213.8	208.8	-1.2	30.5	30.1	-0.436	152.1	43.9	0.007560074
1500	219.5	214.2	-1.272	31.2	30.5	-0.763	156.9	45.3	0.009117384
1600	224.5	219	-1.32	31.5	30.8	-0.763	160.9	46.5	0.009104021
1700	229	223.5	-1.32	32	31.2	-0.872	164.8	47.6	0.009351536
1800	233	227.8	-1.248	32.4	31.7	-0.763	168.1	48.8	0.008428332
1900	236.9	231.6	-1.272	32.7	32	-0.763	171.3	50	0.008388293
2000	240	235	-1.2	33.1	32.4	-0.763	173.9	50.6	0.00796026
2100	242.8	238	-1.152	33.4	32.9	-0.545	176.3	51.6	0.00680433
2200	245.6	240.4	-1.248	33.8	33.1	-0.763	178.5	52.3	0.007967512
2300	247.2	242.5	-1.128	34.1	33.6	-0.545	180.2	53	0.006576258
2400	249.1	244	-1.224	34.5	33.8	-0.763	182.1	53.7	0.007737539
2500	251.2	246.1	-1.224	34.8	34.1	-0.763	183.6	54.4	0.007689628
2600	253.1	248.2	-1.176	34.8	34.3	-0.545	185	54.6	0.006598926
2700	255	249.8	-1.248	35.2	34.3	-0.981	186.5	55.3	0.008494665
2800	256.2	251.2	-1.2	35.2	34.8	-0.436	187.9	55.8	0.006192279
2900	257.1	252.2	-1.176	35.5	34.8	-0.763	189.1	56	0.007283997
3000	257.6	252.9	-1.128	35.7	35	-0.763	189.8	56.5	0.007093023
3100	258.5	253.6	-1.176	36	35.2	-0.872	190.8	56.7	0.007636092
3200	259	254.3	-1.128	36.2	35.5	-0.763	191.3	56.9	0.00703497
3300	260	255.2	-1.152	36.4	36	-0.436	192.2	57.4	0.005890208
3400	259.2	254.8	-1.056	36.2	35.7	-0.545	192.5	57.6	0.005934025
							Rerata		0.015288836

T (s)	Ref. Stainless Steel			Ref. Kuningan			Uji Komposit (mesh 20 C)		
	T1 (°C)	T2 (°C)	q <sup>T</sup> (W)	T5 (°C)	T6 (°C)	q <sup>B</sup> (W)	T3 (°C)	T4 (°C)	k's (W/m°C)
100	51.6	43.2	-2.016	28.2	28	-0.218	31	28.4	0.429615385
200	73.4	63.9	-2.28	28	27.7	-0.327	40	28.2	0.110466102
300	93.4	83.6	-2.352	28	27.5	-0.545	50.9	28.4	0.064377778
400	100.9	100.2	-0.168	28	27.5	-0.545	62.7	29.1	0.010610119
500	109	114.4	1.296	28	27.7	-0.327	73.7	30.3	-0.011163594
600	136.2	129.6	-1.584	28.2	28	-0.218	84.3	31.5	0.017064394
700	149.2	143	-1.488	28.4	28.2	-0.218	94	32.9	0.01396072
800	160.7	155	-1.368	28.7	28.4	-0.327	102.7	34.1	0.012354227
900	171.3	165.5	-1.392	29.1	28.9	-0.218	111.1	35.7	0.010676393
1000	180.4	175.1	-1.272	29.6	29.4	-0.218	118.3	37.1	0.009174877
1100	188.6	183.3	-1.272	30.1	29.8	-0.327	124.9	38.5	0.009253472
1200	196.1	191	-1.224	30.5	30.1	-0.436	131	40	0.009120879
1300	202.6	197.8	-1.152	31	30.5	-0.545	136.7	41.3	0.00889413
1400	208.3	203.3	-1.2	31.5	31	-0.545	141.4	42.5	0.008822042
1500	213.5	208.5	-1.2	32	31.5	-0.545	145.7	43.7	0.008553922
1600	217.1	212.6	-1.08	32.4	32	-0.436	149.7	44.8	0.007225929
1700	220.9	216.1	-1.152	32.9	32.4	-0.545	153	45.8	0.007915112
1800	225	220	-1.2	33.1	32.7	-0.436	155.9	46.7	0.007490842
1900	228.5	223.8	-1.128	33.6	32.9	-0.763	158.8	47.4	0.008487433
2000	231.9	227.1	-1.152	33.8	33.4	-0.436	161.4	48.3	0.007020336
2100	235	230.2	-1.152	34.3	33.6	-0.763	164	49	0.008326087
2200	237.6	232.8	-1.152	34.5	34.1	-0.436	166.2	49.5	0.00680377
2300	240	235.4	-1.104	35	34.3	-0.763	168.4	50.4	0.007911017
2400	241.6	237.3	-1.032	35.2	34.5	-0.763	169.8	50.6	0.007529362
2500	243.5	239.2	-1.032	35.5	34.8	-0.763	171.5	51.1	0.007454319
2600	245.1	240.9	-1.008	35.7	35	-0.763	173	51.6	0.007294069
2700	246.8	242.3	-1.08	35.7	35.2	-0.545	174.4	51.8	0.006627243
2800	247	242.8	-1.008	36	35.2	-0.872	175.4	52.3	0.007636068
2900	248.4	244	-1.056	36.2	35.5	-0.763	176.1	52.5	0.007358414
3000	250.1	245.6	-1.08	36.4	35.7	-0.763	176.8	52.7	0.007425463
3100	251.7	247.2	-1.08	36.7	36	-0.763	178	53	0.007372
3200	253.1	248.7	-1.056	36.7	36	-0.763	179.2	53.4	0.00722973
3300	254.1	249.6	-1.08	36.9	36.2	-0.763	180	53.7	0.00729612
3400	255.2	250.8	-1.056	37.1	36.2	-0.981	180.7	53.9	0.008032334
								Rerata	0.025124015











T (s)	Ref. Stainless Steel			Ref. Kuningan			Uji Komposit (mesh 60 B)		
	T1 (°C)	T2 (°C)	q <sup>T</sup> (W)	T5 (°C)	T6 (°C)	q <sup>B</sup> (W)	T3 (°C)	T4 (°C)	k's (W/m°C)
100	53.9	46.9	-1.68	27.2	26.5	-0.763	32.2	27.7	0.271444444
200	76.5	68.8	-1.848	27.5	26.5	-1.09	40.9	28	0.113875969
300	96.1	88.6	-1.8	27.5	26.8	-0.763	51.6	28.7	0.055960699
400	113.7	106.2	-1.8	27.5	26.8	-0.763	62.5	30.1	0.039552469
500	129.6	122.1	-1.8	28	27	-1.09	73.2	32	0.035072816
600	144.2	136.9	-1.752	28.2	27.5	-0.763	83.1	33.8	0.025507099
700	157.1	150	-1.704	28.4	28	-0.436	92.5	36	0.018938053
800	168.6	161.4	-1.728	28.7	28.2	-0.545	100.9	38.1	0.018097134
900	179	172	-1.68	29.1	28.2	-0.981	109	40	0.019282609
1000	186.9	180.4	-1.56	29.4	28.7	-0.763	116	42	0.015695946
1100	194.6	187.9	-1.608	29.8	29.1	-0.763	122.1	43.9	0.015159847
1200	201.9	195.4	-1.56	30.1	29.1	-1.09	127.5	45.8	0.01621787
1300	209	202.3	-1.608	30.3	29.4	-0.981	132.7	47.4	0.01517585
1400	215	208.5	-1.56	30.8	29.8	-1.09	137.6	49	0.014954853
1500	220.2	214	-1.488	31	29.8	-1.308	141.6	50.6	0.015362637
1600	225.2	218.8	-1.536	31.2	30.1	-1.199	145.7	52	0.01459445
1700	229	223	-1.44	31.7	30.8	-0.981	149.2	53.4	0.012635699
1800	232.1	226.1	-1.44	32	31	-1.09	152.3	54.8	0.012974359
1900	234.7	229	-1.368	32.2	31.7	-0.545	155	56	0.009661616
2000	237.3	231.4	-1.416	32.4	31.7	-0.763	157.1	56.9	0.010873253
2100	240.9	235	-1.416	32.7	32	-0.763	159	57.9	0.010776459
2200	244	238	-1.44	32.9	32	-0.981	161.2	58.8	0.011821289
2300	246.8	240.7	-1.464	33.1	32	-1.199	162.8	59.3	0.012864734
2400	249.4	243.2	-1.488	33.4	32.4	-1.09	164.8	60	0.012299618
2500	251.2	245.4	-1.392	33.4	32	-1.526	166.2	60.4	0.01379017
2600	252.9	247	-1.416	33.6	32.2	-1.526	167.7	61.1	0.01379925
2700	255	249.1	-1.416	33.8	32.4	-1.526	169.1	61.6	0.013683721
2800	256.7	250.8	-1.416	34.1	33.1	-1.09	170.3	62.3	0.011601852
2900	258.1	252.2	-1.416	34.3	33.4	-0.981	171.3	62.5	0.011015625
3000	259.7	253.6	-1.464	34.3	33.1	-1.308	172.5	63	0.012657534
3100	260.6	255	-1.344	34.5	33.1	-1.526	173.4	63.2	0.013021779
3200	261.6	256	-1.344	34.5	33.6	-0.981	174.4	63.7	0.010501355
3300	260.9	255.7	-1.248	34.8	33.6	-1.308	174.9	63.9	0.011513514
3400	261.6	256	-1.344	34.8	33.6	-1.308	175.4	64.1	0.011913747
Rerata									0.027126421

T (s)	Ref. Stainless Steel			Ref. Kuningan			Uji Komposit (mesh 60 C)			
	T1 (°C)	T2 (°C)	qT (W)	T5 (°C)	T6 (°C)	qB (W)	T3 (°C)	T4 (°C)	k's (W/m°C)	
100	53.2	46.7	-1.56	30.8	29.4	-1.526	33.8	31.2	0.593461538	
200	76.2	69.3	-1.656	30.5	29.4	-1.199	42.7	31	0.122008547	
300	97.2	90.2	-1.68	30.5	29.4	-1.199	53.9	31.5	0.064263393	
400	114.6	107.9	-1.608	30.8	29.4	-1.526	65.3	32.4	0.047629179	
500	130.8	123.7	-1.704	30.8	29.4	-1.526	75.8	33.6	0.038270142	
600	145.9	139.2	-1.608	31.2	29.6	-1.744	86.3	35.2	0.032798434	
700	159.2	152.6	-1.584	31.2	30.1	-1.199	95.9	36.9	0.023584746	
800	170.8	164.3	-1.56	31.7	30.5	-1.308	104.4	38.8	0.021859756	
900	181.2	174.9	-1.512	32.2	30.8	-1.526	112.3	40.4	0.021126565	
1000	190.6	184.3	-1.512	32.4	31.2	-1.308	119.5	42.3	0.018264249	
1100	199	192.7	-1.512	32.9	31.7	-1.308	126.1	43.9	0.017153285	
1200	206.1	200	-1.464	33.4	32	-1.526	132	45.8	0.017343387	
1300	212.8	206.9	-1.416	33.8	32.4	-1.526	137.4	47.4	0.016344444	
1400	218.5	212.6	-1.416	34.3	32.9	-1.526	142.3	48.8	0.01573262	
1500	224	218	-1.44	34.5	33.1	-1.526	146.9	50.4	0.015367876	
1600	228.5	223	-1.32	35.2	33.4	-1.962	150.9	51.8	0.016559031	
1700	231.4	226.1	-1.272	35.5	33.8	-1.853	154.2	53	0.015439723	
1800	235	229.2	-1.392	36	34.3	-1.853	156.9	54.1	0.015783074	
1900	238.3	232.8	-1.32	36.2	34.8	-1.526	159.5	55.1	0.013630268	
2000	241.4	235.9	-1.32	36.7	35	-1.853	162.1	56	0.014952875	
2100	244.2	239	-1.248	36.9	35.5	-1.526	164.3	56.9	0.012914339	
2200	246.8	241.4	-1.296	37.4	35.7	-1.853	166.2	57.6	0.014498158	
2300	248.9	243.5	-1.296	37.4	36.2	-1.308	167.9	58.3	0.011879562	
2400	250.8	245.4	-1.296	37.8	36.4	-1.526	169.6	59	0.012757685	
2500	252.4	247	-1.296	38.1	36.7	-1.526	170.8	59.5	0.012677448	
2600	253.8	248.4	-1.296	38.3	36.9	-1.526	172	60	0.012598214	
2700	254.8	249.6	-1.248	38.5	37.1	-1.526	173	60.4	0.01231794	
2800	255.5	250.3	-1.248	38.8	37.6	-1.308	173.7	60.9	0.011329787	
2900	256.4	251.2	-1.248	39	37.6	-1.526	174.9	61.1	0.012188049	
3000	256	251.2	-1.152	39.2	37.6	-1.744	175.4	61.3	0.012690622	
3100	256	250.8	-1.248	39.2	37.8	-1.526	175.6	61.6	0.012166667	
3200	256.7	251.7	-1.2	39.5	38.1	-1.526	175.9	61.8	0.011945662	
3300	257.6	252.4	-1.248	39.7	38.1	-1.744	176.1	62	0.013111306	
3400	258.1	252.9	-1.248	40	38.5	-1.635	176.3	62.3	0.012644737	
Rerata										0.038743921



T (s)	Ref. Stainless Steel			Ref. Kuningan			Uji Komposit (mesh 80 B)		
	T1 (°C)	T2 (°C)	q <sup>T</sup> (W)	T5 (°C)	T6 (°C)	q <sup>B</sup> (W)	T3 (°C)	T4 (°C)	k's (W/m°C)
100	54.8	48.1	-1.608	32.9	32.2	-0.763	35.2	32.7	0.4742
200	75.5	68.3	-1.728	32.7	32.2	-0.545	42.7	32.7	0.11365
300	94.3	87	-1.752	32.9	32.4	-0.545	52.7	33.1	0.058596939
400	110.6	103.7	-1.656	32.9	32.7	-0.218	63.4	34.1	0.031979522
500	126.5	119	-1.8	33.4	32.9	-0.545	74.4	35.5	0.030141388
600	140.7	133.4	-1.752	33.8	33.1	-0.763	84.3	36.9	0.026529536
700	153.3	146.1	-1.728	34.1	33.4	-0.763	93.6	38.5	0.022604356
800	164	157.3	-1.608	34.3	33.8	-0.545	102	40	0.017362903
900	174.4	167.4	-1.68	34.8	33.8	-1.09	110	41.8	0.020307918
1000	183.3	176.6	-1.608	35.2	34.3	-0.981	117.2	43.7	0.017612245
1100	191	184.3	-1.608	35.7	34.8	-0.981	123.5	45.3	0.016553708
1200	197.3	190.8	-1.56	36	35.2	-0.872	129.1	46.9	0.014793187
1300	204	197.5	-1.56	36.4	35.7	-0.763	134.3	48.3	0.013505814
1400	210.2	203.5	-1.608	37.1	36.2	-0.981	139.2	50	0.014512332
1500	215.4	208.8	-1.584	37.4	36.7	-0.763	143.5	51.1	0.012700216
1600	220.4	214	-1.536	37.8	36.9	-0.981	147.6	52.5	0.013233438
1700	224.7	218.3	-1.536	38.3	37.4	-0.981	151.4	53.7	0.012881269
1800	228.8	222.6	-1.488	38.5	37.8	-0.763	154.5	54.6	0.011266266
1900	232.6	226.1	-1.56	39	38.1	-0.981	157.6	55.8	0.012480354
2000	236.1	229.7	-1.536	39.5	38.5	-1.09	160	56.7	0.012710552
2100	239.2	233	-1.488	40	39	-1.09	161.6	57.6	0.012394231
2200	242.3	236.1	-1.488	40.2	39.2	-1.09	163.8	58.3	0.012218009
2300	245.1	239	-1.464	40.6	39.7	-0.981	166	59	0.011425234
2400	247.7	241.4	-1.512	40.9	40	-0.981	168.1	59.7	0.011499077
2500	249.8	243.7	-1.464	41.3	40.4	-0.981	170.1	60.4	0.011144029
2600	251.2	245.4	-1.392	41.6	40.4	-1.308	171.5	60.9	0.012206148
2700	251.7	245.8	-1.416	41.8	40.4	-1.526	173	61.3	0.013169203
2800	253.4	247	-1.536	41.8	40.6	-1.308	173.9	61.8	0.012685103
2900	254.8	248.4	-1.536	41.8	40.6	-1.308	175.1	62	0.012572944
3000	256.2	250.1	-1.464	42	40.9	-1.199	176.1	62.5	0.011720951
3100	257.4	251.2	-1.488	42.3	40.9	-1.526	177.1	62.7	0.013173077
3200	258.8	252.4	-1.536	42.5	41.1	-1.526	178	63.2	0.013336237
3300	259.5	253.4	-1.464	42.5	41.1	-1.526	179	63.4	0.012932526
3400	260.4	254.1	-1.512	42.5	41.3	-1.308	179.7	63.4	0.012123818
Rerata									0.032947722

T (s)	Ref. Stainless Steel			Ref. Kuningan			Uji Komposit (mesh 80 C)		
	T1 (°C)	T2 (°C)	q <sup>T</sup> (W)	T5 (°C)	T6 (°C)	q <sup>B</sup> (W)	T3 (°C)	T4 (°C)	k's (W/m°C)
100	51.8	44.4	-1.776	28	28.7	0.763	32.4	28.2	0.120595238
200	73.2	65.3	-1.896	28	28.4	0.436	42.3	28.2	0.05177305
300	92.5	84.7	-1.872	27.7	28.4	0.763	54.4	28.7	0.021575875
400	109.7	102	-1.848	28	28.7	0.763	66.5	29.6	0.014701897
500	124.4	117.2	-1.728	28.2	28.7	0.545	78.1	30.8	0.012505285
600	137.1	130.1	-1.68	28.4	28.9	0.545	88.1	32.4	0.01018851
700	150	142.6	-1.776	28.7	29.4	0.763	97.7	34.1	0.007963836
800	161.4	154.2	-1.728	29.1	29.8	0.763	106.7	36	0.006824611
900	171.5	164.5	-1.68	29.6	30.3	0.763	115.1	37.8	0.005931436
1000	180.2	173.4	-1.632	30.1	30.5	0.436	122.1	39.5	0.007239709
1100	188.6	181.6	-1.68	30.5	30.8	0.327	128.9	41.1	0.007705011
1200	195.9	189.1	-1.632	31	31.2	0.218	135	42.7	0.007659805
1300	202.6	196.1	-1.56	31.5	32	0.545	140.7	44.4	0.00526999
1400	208.8	202.3	-1.56	32	32.4	0.436	146.1	45.8	0.00560319
1500	214.2	207.8	-1.536	32.7	32.9	0.218	150.7	47.2	0.00636715
1600	219.5	213	-1.56	33.1	33.1	0	155.2	48.8	0.007330827
1700	223.8	217.3	-1.56	33.6	33.6	0	159	50	0.007155963
1800	228	221.6	-1.536	34.1	33.8	-0.327	162.4	50.9	0.00835426
1900	231.6	225.4	-1.488	34.3	34.3	0	165.5	52	0.006555066
2000	233.3	227.6	-1.368	34.5	34.3	-0.218	168.1	52.7	0.00687175
2100	235.4	229.5	-1.416	35	35	0	170.3	53.7	0.006072041
2200	237.8	231.9	-1.416	35.5	35.2	-0.327	172	54.6	0.007423339
2300	240	234	-1.44	35.7	35.7	0	173.9	55.3	0.006070826
2400	241.8	236.1	-1.368	36.2	36	-0.218	175.4	55.8	0.006630435
2500	243.7	238	-1.368	36.4	36.2	-0.218	176.8	56.2	0.006575456
2600	245.1	239.5	-1.344	36.7	36.4	-0.327	178.3	56.9	0.006882208
2700	246.3	240.4	-1.416	36.7	36.7	0	179.5	56.9	0.005774878
2800	247.7	241.8	-1.416	36.9	36.9	0	180.4	57.4	0.005756098
2900	249.1	243.2	-1.416	37.4	37.1	-0.327	181.4	57.9	0.00705668
3000	250.1	244.4	-1.368	37.6	37.4	-0.218	182.4	58.3	0.006390008
3100	251	245.4	-1.344	37.6	37.4	-0.218	183.3	58.6	0.006263031
3200	252.2	246.3	-1.416	37.8	37.6	-0.218	184.3	59	0.006520351
3300	252.2	246.8	-1.296	38.1	37.6	-0.545	185	59.3	0.007322991
3400	251.7	246.3	-1.296	38.1	37.6	-0.545	185.3	60.2	0.007358114
Rerata									0.012360851

T (s)	Ref. Stainless Steel			Ref. Kuningan			UjiKomposit(mesh 100 A)		
	T1 (°C)	T2 (°C)	q <sup>T</sup> (W)	T5 (°C)	T6 (°C)	q <sup>B</sup> (W)	T3 (°C)	T4 (°C)	k's (W/m°C)
100	50.6	44.4	-1.488	27.5	28	0.545	33.4	28.2	0.090673077
200	71.1	64.6	-1.56	27.5	27.7	0.218	44.8	28.2	0.040421687
300	88.6	82	-1.584	27.5	28	0.545	56.9	28.7	0.018421986
400	105.5	98.6	-1.656	27.5	28	0.545	68.6	29.4	0.014170918
500	120.4	113.7	-1.608	27.5	28	0.545	79.7	30.5	0.010802846
600	134.5	127.7	-1.632	28	28	0	90.2	32.2	0.014068966
700	146.9	140.2	-1.608	28.2	28.2	0	99.7	33.8	0.012200303
800	158	151.6	-1.536	28.7	28.4	-0.327	108.8	35.5	0.012708049
900	167.9	161.4	-1.56	29.1	29.1	0	116.7	37.6	0.009860936
1000	177.1	170.6	-1.56	29.6	29.4	-0.218	124.2	39.5	0.010495868
1100	184.8	178.5	-1.512	29.8	29.8	0	130.5	41.1	0.008456376
1200	192	185.5	-1.56	30.3	30.3	0	136.4	42.7	0.00832444
1300	198.7	192.5	-1.488	30.8	30.8	0	142.1	44.4	0.007615148
1400	204.5	198.3	-1.488	31.2	31	-0.218	146.9	46	0.008453915
1500	210	203.8	-1.488	31.7	31.5	-0.218	151.6	47.4	0.00818618
1600	214	208	-1.44	32.2	32	-0.218	155.9	48.8	0.00774043
1700	217.1	211.1	-1.44	32.4	32.2	-0.218	159	50	0.007605505
1800	221.1	215.2	-1.416	32.9	32.7	-0.218	161.9	51.3	0.00738698
1900	225	218.8	-1.488	33.4	32.9	-0.545	165	52.3	0.009019521
2000	228.3	222.3	-1.44	33.6	33.4	-0.218	167.9	53.2	0.00722755
2100	231.1	225.2	-1.416	34.1	33.6	-0.545	170.3	54.1	0.008438038
2200	234	228	-1.44	34.3	34.1	-0.218	172.7	54.8	0.007031383
2300	236.4	230.4	-1.44	34.8	34.3	-0.545	174.6	55.5	0.008333333
2400	238.8	232.8	-1.44	35	34.5	-0.545	176.8	56.2	0.008229685
2500	240.7	235	-1.368	35.5	34.5	-1.09	178.7	57.2	0.010115226
2600	242.3	236.6	-1.368	35.7	35	-0.763	180	57.6	0.008705065
2700	244	238.3	-1.368	36	35.2	-0.872	181.6	58.3	0.009083536
2800	245.1	239.5	-1.344	36.2	35.7	-0.545	182.6	58.8	0.007629241
2900	246.5	240.7	-1.392	36.4	35.7	-0.763	184	59.3	0.008640738
3000	246.1	240.7	-1.296	36.7	36.2	-0.545	184.5	59.7	0.007375801
3100	247	241.1	-1.416	36.9	36.2	-0.763	185.3	60	0.008695132
3200	248	242.3	-1.368	37.1	36.4	-0.763	186	60.2	0.008469793
3300	248.7	243	-1.368	37.4	36.4	-1.09	186.5	60.6	0.009761716
3400	249.1	243.5	-1.344	37.4	36.7	-0.763	186.9	60.9	0.008361111
							Rerata		0.012726779





T (s)	Ref. Stainless Steel			Ref. Kuningan			UjiKomposit (mesh 100 C)		
	T1 (°C)	T2 (°C)	q'T (W)	T5 (°C)	T6 (°C)	q'B (W)	T3 (°C)	T4 (°C)	k's (W/m°C)
100	53.2	46.7	-1.56	30.8	30.8	0	33.6	30.8	0.278571429
200	74.4	67.2	-1.728	30.8	30.8	0	41.3	30.8	0.082285714
300	92.9	86.1	-1.632	30.8	30.8	0	51.6	31.2	0.04
400	110	103	-1.68	31	31	0	62.7	32	0.027361564
500	125.1	118.1	-1.68	31	31.2	0.218	73.2	33.1	0.018229426
600	137.6	131	-1.584	31.5	31.5	0	82.9	34.5	0.016363636
700	149.5	142.8	-1.608	31.7	31.7	0	91.5	36	0.014486486
800	160.9	154.2	-1.608	32.2	32	-0.218	100	37.6	0.01463141
900	170.8	164.3	-1.56	32.7	32.4	-0.327	107.6	39.2	0.01379386
1000	180	173.4	-1.584	33.1	32.9	-0.218	114.6	40.9	0.012225237
1100	187.9	181.4	-1.56	33.6	33.4	-0.218	120.9	42.3	0.011310433
1200	194.9	188.6	-1.512	34.1	33.8	-0.327	126.3	43.9	0.011158981
1300	201.4	195.4	-1.44	34.5	34.5	0	131.7	45.3	0.008333333
1400	207.3	201.1	-1.488	35	35	0	136.4	46.7	0.008294314
1500	212.8	206.6	-1.488	35.7	35.5	-0.218	140.9	48.1	0.00919181
1600	217.6	211.6	-1.44	36.2	36	-0.218	144.7	49.3	0.008689727
1700	221.9	215.9	-1.44	36.7	36.4	-0.327	148.3	50.4	0.009024515
1800	224.7	219.2	-1.32	37.1	36.9	-0.218	151.6	51.6	0.00769
1900	227.1	221.6	-1.32	37.6	37.4	-0.218	154.2	52.5	0.007561455
2000	229.2	223.8	-1.296	38.1	37.6	-0.545	156.4	53.4	0.008936893
2100	230.9	225.7	-1.248	38.5	38.1	-0.436	158.3	54.4	0.008103946
2200	233.3	227.8	-1.32	39	38.5	-0.545	160	55.1	0.008889418
2300	235.9	230.2	-1.368	39.5	39	-0.545	161.4	55.8	0.009057765
2400	238.3	232.6	-1.368	39.7	39.5	-0.218	163.3	56.5	0.007425094
2500	240.2	234.7	-1.32	40.2	39.7	-0.545	164.8	57.2	0.008666357
2600	242.3	236.9	-1.296	40.4	40	-0.436	166.2	57.6	0.007974217
2700	244.4	238.8	-1.344	40.6	40.2	-0.436	167.9	58.1	0.008105647
2800	246.1	240.7	-1.296	41.1	40.4	-0.763	169.3	58.6	0.00929991
2900	247.2	241.8	-1.296	41.1	40.6	-0.545	170.3	59	0.00827044
3000	248.4	243	-1.296	41.6	41.1	-0.545	171.3	59.5	0.008233453
3100	249.6	244.2	-1.296	41.8	41.3	-0.545	172.5	59.7	0.008160461
3200	250.8	245.1	-1.368	42	41.3	-0.763	173.2	60.2	0.009429204
3300	251.7	246.1	-1.344	42.3	41.6	-0.763	174.2	60.4	0.009257469
3400	252.4	247	-1.296	42.7	42	-0.763	174.9	61.1	0.009046573
Rerata									0.021413535

Konduktivitas Termal Stainless Steel  $k_T = 0,24 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

Konduktivitas Termal Kuningan  $k_B = 1,09 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

Laju Kalor Stainless Steel  $q'_T = k_T \cdot \frac{T_2 - T_1}{Z_2 - Z_1}$

Laju Kalor Kuningan  $q'_B = k_B \cdot \frac{T_6 - T_5}{Z_6 - Z_5}$

Jarak pembacaan suhu tiap material :

$T_1 - T_2$  Stainless Steel  $Z_2 - Z_1 = 10 \text{ mm}$

$T_5 - T_6$  Kuningan  $Z_6 - Z_5 = 10 \text{ mm}$

$T_3 - T_4$  Spesimen  $Z_4 - Z_3 = 10 \text{ mm}$

Konduktivitas Termal Spesimen  $k'_S = \frac{(q'_T + q'_B)(Z_4 + Z_3)}{2(T_4 - T_3)}$

**A.3 Tabel Pengujian Konduktivitas Termal Komposit Partikel Kopi per Sampel**

No	Mesh	Kode Sampel	Konduktivitas Termal, k (W/m <sup>0</sup> C)
1	tanpa partikel kopi	1	0,007
2	20	a	0,003
		b	0,008
		c	0,008
3	40	a	0,009
		b	0,011
		c	0,012
4	60	a	0,013
		b	0,013
		c	0,014
5	80	a	0,012
		b	0,013
		c	0,007
6	100	a	0,008
		b	0,009
		c	0,009

**Lampiran B**

**B.1 Gambar Foto Penelitian**



Gambar partikel kopi



Gambar ayakan



Gambar kemasan kopi robusta



Gambar pembuatan alat uji konduktivitas termal



Gambar penggilingan dan pengayakan serbuk kopi



Gambar proses pembuatan spesimen



Gambar cetakan specimen



Gambar hasil specimen



Gambar pembubutan permukaan specimen



Gambar pengeboran spesimen



Gambar spesimen akhir



Gambar *stainless steel* dan kuningan



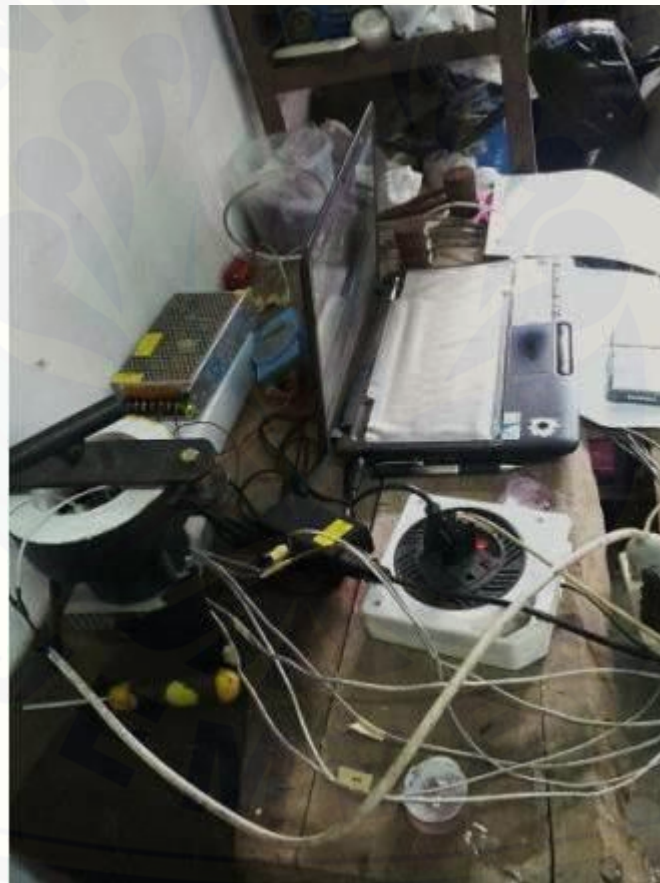
Gambar pengolesan pasta pada spesimen



Gambar rangkaian pengujian



Gambar posisi pengujian spesimen



Gambar proses pengujian