



**UJI KARAKTERISTIK SENSOR SUHU LM35 PADA BAHAN KOMPOSIT
SEBAGAI DESAIN AWAL PEMBUATAN ALAT PENGUKUR
KONDUKTIVITAS PANAS**

SKRIPSI

Oleh :

**Septian Hadinata
NIM 091810201018**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh rasa syukur dan terima kasih sebesar-besarnya untuk :

1. Para guru yang telah mendidik saya sejak dibangku taman kanak-kanak hingga sekolah menengah atas;
2. Semua Dosen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang saya hormati dan saya banggakan;
3. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

SKRIPSI

**UJI KARAKTERISTIK SENSOR SUHU LM35 PADA BAHAN
KOMPOSIT SEBAGAI DESAIN AWAL PEMBUATAN ALAT
PENGUKUR KONDUKTIVITAS PANAS**

Oleh

Septian Hadinata

NIM 091810201018

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama

: Drs. Sujito, Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota

: Endhah Purwandari, S.Si, M.Si.

RINGKASAN

Uji Karakteristik Sensor Suhu LM35 pada Bahan Komposit sebagai Desain Awal Pembuatan Alat Pengukur Konduktivitas Panas; Septian Hadinata; 091810201018; 2016; 35 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan teknologi menjadi pemicu untuk meningkatkan taraf hidup untuk menjadi lebih modern dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia. Sehingga akan memicu pula secara signifikan perkembangan alat yang akan digunakan manusia dalam meningkatkan peran dalam kehidupannya. Semakin pesatnya kemajuan teknologi akan memudahkan pengguna dalam melakukan sesuatu kegiatan. Salah satunya adalah teknologi sensor suhu. Dari berbagai macam sensor suhu, ada salah satu sensor suhu yang memiliki karakteristik yang unik diantaranya: memiliki keluaran impedansi rendah, mampu bekerja pada sumber tegangan kecil, memiliki linieritas pembacaan suhu yang tinggi sehingga mudah diaplikasikan dengan berbagai rangkaian pengendali yaitu sensor suhu LM35. Dengan memanfaatkan teknologi sensor IC LM35 yang akan diaplikasikan dalam pembuatan sistem alat pengukur konduktivitas panas bahan komposit, bertujuan untuk mengetahui karakteristik sensor dalam mengukur perubahan suhu pada proses konduksi panas bahan komposit.

Proses pembuatan alat pengukur konduktivitas panas yang dibuat dalam penelitian ini meliputi rangkaian sensor suhu dengan IC LM35 sebagai pendeteksi suhu, sumber panas, isolator panas dan sistem pendingin. Masing-masing komponen diintegrasikan sehingga membentuk kesatuan alat konduksi panas. Digunakan bahan komposit serat ampas tebu dengan *nata de coco* sebagai matriks dengan untuk mengetahui karakteristik sensor IC LM35 dalam mengukur perubahan suhu pada proses konduksi panas bahan komposit. Bahan komposit yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dengan perlakuan sebagai berikut:

fraksi massa yang digunakan 40% serat dan 60% matriks *nata de coco*, kandungan kadar air komposit dibuat 0% dan dimensi yang digunakan adalah $p \times l \times t = 1,5 \times 1,5 \times 5$ cm.

Dari hasil pengujian karakteristik IC LM35 sebagai pendeteksi suhu yang diaplikasikan pada sistem alat konduksi panas bahan komposit, didapatkan hasil rata-rata dari 10 kali pengulangan yang dibaca sensor pada setiap titik pengujian dengan *range* jarak yang telah ditentukan terhadap jarak sumber panasnya, menunjukkan keteraturan hasil yang didapat dan masing-masing pengukuran tidak menunjukkan perubahan pembacaan suhu yang berubah secara drastis. Hal ini diperkuat dengan pengujian kesesuaian IC LM35 dalam mendeteksi suhu yang dikalibrasi dengan termometer, sehingga akan diketahui tingkat presisi pengukuran IC LM35 sebagai pendeteksi perubahan suhu. Dari hasil yang diperoleh pada uji kesesuaian sensor dalam membaca perubahan suhu pada bahan komposit adalah sebagai berikut: T1 ($9,92 \pm 1,60$) mV/ $^{\circ}$ C, T2 ($9,90 \pm 2,10$) mV/ $^{\circ}$ C dan T3 ($10 \pm 2,06$) mV/ $^{\circ}$ C. Adanya kesesuaian dengan perubahan tegangan sebesar 10 mV setiap perubahan 1 $^{\circ}$ C, hal ini yang selanjutnya diharapkan dapat diaplikasikan untuk penentuan nilai konduktivitas panas bahan.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa IC LM35 dapat diaplikasikan untuk pengukuran perubahan suhu dalam proses konduksi panas pada sebuah bahan komposit dengan cara ditanamkan pada setiap titik yang ditentukan dan diposisikan sejajar dengan arah rambatan panas. Adapun pembacaan suhu ketiga sensor yang telah dikalibrasi dengan termometer, menghasilkan T1 ($10,0 \pm 1,0$) mV/ $^{\circ}$ C, sensor T2 ($10,0 \pm 0,9$) mV/ $^{\circ}$ C, dan T3 ($9,9 \pm 1,0$) mV/ $^{\circ}$ C yang sesuai dengan referensi yaitu setiap perubahan 10 mV menunjukkan perubahan suhu sebesar 1 $^{\circ}$ C, sehingga hasil pengukuran sensor yang diaplikasikan untuk menganalisis konduksi panas pada bahan komposit ampas tebu dengan *nata de coco* (yang telah diuji kesesuaiannya dengan menggunakan termometer) menunjukkan hasil yang sesuai dengan nilai konversi sensor IC LM35.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN BIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Serat ampas tebu	6
2.2 Matriks dengan <i>nata de coco</i> (Selulosa Bakteri)	7
2.3 Sensor Suhu LM35DZ	8
2.4 Rangkaian sensor suhu	9
2.5 Hantaran kalor	11
2.6 Konduktivitas termal	12
2.7 Komposit	13

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan	15
3.2.1 Alat	15
3.2.2 Bahan	16
3.3 Rancangan Penelitian	17
3.4 Prosedur Penelitian	19
3.4.1 Pembuatan sistem alat pengukur konduktivitas panas bahan berbasis IC LM35	19
3.4.2 Kalibrasi rangkaian sensor suhu dengan ICLM35 Sebagai detektor panas dalam menganalisis perubahan suhu benda	20
3.4.3 Pembuatan Komposit Serat Ampas tebu	22
3.4.2.1 Perlakuan Serat Ampas Tebu	22
3.4.2.2 Sintesis Bahan Komposit	22
3.4.4 Perlakuan Kadar Air Bahan Komposit Ampas Tebu	25
3.4.5 Penyusunan Alat Pengukur Konduksi Panas Berbasis IC LM35	26
3.4.6 Tahap karakteristik sensor suhu IC LM35 sebagai pendeteksi Suhu dalam proses konduksi panas bahan komposit	27
3.5 Analisis data	28
3.5.1 Kalibrasi rangkaian sensor suhu berbasis IC LM35	28
3.5.2 Karakterisasi konduksi panas bahan uji	28
3.5.3 Karakteristik pembacaan sensor IC LM35 dengan pada bahan komposit	28

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Desain Awal Sistem Alat Pengukur Konduktivitas Panas	30
4.2 Bahan Komposit Hasil Sintesis	32
4.3 Karakteristik Sensor Suhu LM35 sebagai Pendeteksi Suhu pada	

Bahan Komposit	33
BAB V PENUTUP	
4.1 Kesimpulan	37
4.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	41

DAFTAR GAMBAR

2.1	Struktur dari Selulosa Bakteri/ <i>nata de coco</i>	7
2.2	Sensor LM35DZ	9
2.3	Rangkaian sensor dan pengkondisi sinyal	10
2.4	Distribusi suhu konduksi keadaan tetap melalui dinding datar	12
3.1	Diagram alir penelitian	17
3.2	Rangkaian sensor suhu LM35 dengan op-amp CA3140 sebagai penguat tegangan	18
3.3	Kayu isolasi panas	19
3.4	<i>Cooler</i> sebagai pembeda suhu dalam sistem alat pengukur konduksi panas bahan	19
3.5	Batangan besi yang dilubangi untuk peletakan kepala sensor dan termometer	20
3.6	Kepala sensor dan termometer diletakkan pada lubang yang disediakan	21
3.7	Nata de coco setelah diblender	23
3.8	Desain cetakan komposit ampas tebu	23
3.9	Simulasi campuran serat ampas tebu dengan bubur nata de coco di dalam cetakan	24
3.10	Proses pengepresan komposit dengan hot press machine	24
3.11	Konstruksi sistem alat pengukur konduksi panas bahan	26
3.12	Bahan uji dan lubang penempatan kepala sensor	26
4.1	Tiga bagian utama rangkaian pengukur suhu bahan komposit	31
4.2	Sampel bahan komposit dengan tiga buah lubang yang menjadi tempat dari 3 Kepala sensor	33
4.3	Komposit	34
	(a) Komposit ampas tebu sebelum dioven	34
	(b) Komposit ampas tebu setelah dioven	34
4.4	Grafik hubungan antara suhu sensor dengan posisi sensor	36

DAFTAR TABEL

4.1	Skala konversi tiga sensor suhu yang diaplikasikan dalam pengukuran perubahan suhu pada besi	32
4.2	Hasil hasil uji kesesuaian sensor IC LM35 dalam mendeteksi konduksi panas pada bahan komposit yang dikalibrasi dengan termometer	35
4.3	Hasil pengukuran suhu di menit ke-10 pada ketiga sensor IC LM35DZ untuk 3 replika sampel bahan komposit	36

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lahan penanaman tebu sangat mudah sekali dijumpai di Indonesia karena tebu merupakan bahan penghasil kebutuhan pokok manusia yaitu gula. Namun demikian, di dalam proses ekstraksi tebu menjadi nira, akan meninggalkan residu berupa ampas. Ampas yang dihasilkan pada proses penggilingan mencapai 32% dari total tebu yang digiling (Rahman dan Kamiel, 2011). Dengan demikian, apabila proses penggilingan dilakukan dalam skala besar, maka akan menghasilkan limbah ampas tebu yang cukup melimpah.

Pada umumnya, terdapat dua jenis ampas tebu yang dihasilkan dalam proses penggilingan tebu meliputi ampas berbentuk serat ataupun bisa dalam bentuk blotong. Ampas tebu yang berbentuk serat (yang telah dikeringkan terlebih dahulu) dimanfaatkan oleh pabrik / industri gula sebagai bahan bakar ketel uap dalam proses pemanasan nira sebagai pengganti kayu bakar karena mudah terbakar, adapun ampas tebu berbentuk blotong banyak dimanfaatkan sebagai pupuk organik, bahan pembuatan briket dan campuran pakan ternak karena teksturnya lembek mirip tanah liat dan cepat terdekomposisi menjadi kompos (Kuswurj, 2012). Baik serat ampas tebu maupun blotong, keduanya mudah sekali terserang jamur sehingga cepat membusuk jika disimpan terlalu lama. Oleh karena itu, adanya pengolahan lebih lanjut terhadap ampas tebu, khususnya ampas dalam bentuk serat perlu dilakukan guna meningkatkan daya guna dari serat ampas tebu.

Serat ampas tebu termasuk ke dalam serat alam / organik sehingga bersifat mudah terurai secara alami oleh tanah. Mengingat tingginya pencemaran tanah yang diakibatkan oleh sampah bahan anorganik, maka sifat yang demikian menjadi pertimbangan utama bagi perkembangan teknologi penghasil bahan/materi yang ramah lingkungan (Yudo dan Jatmiko, 2008). Salah satu teknologi yang

dikembangkan saat ini adalah pembuatan bahan komposit dengan komponen utama berasal dari serat alam. Dalam hal ini, serat ampas tebu diharapkan dapat menjadi alternatif pilihan pengganti serat sintesis anorganik, seperti fiber dan karbon yang bersifat sulit terdegradasi secara alami oleh tanah. Dengan demikian, pemanfaatan serat ampas tebu sebagai salah satu komponen bahan komposit yang bersifat *biodegradable* menjadi kajian yang menarik untuk dikembangkan.

Bahan komposit merupakan bahan padatan yang dihasilkan dari gabungan dua atau lebih material, dimana ada perbedaan sifat mekanik yang dimiliki masing-masing material penyusunnya, sehingga dari penggabungan ini sifat material itu menghasilkan sifat yang baru dan diharapkan lebih baik dari sifat material dasarnya (Holila, 2012). Komposisi dari komposit sendiri terdiri dari matriks dan penguat. Masing-masing komposisi akan saling mendukung fungsinya, matriks sebagai pengikat serat agar menjadi satu kesatuan dan penguat merupakan bahan utama yang sepenuhnya akan menopang segala aktifitas mekanik suatu bahan komposit.

Dilakukan analisis karakteristik pengaplikasian pendeteksi suhu dalam sebuah bahan uji dengan menempatkan beberapa titik detektor panas pada badan bahan uji, sehingga dapat diidentifikasi perubahan suhu yang terjadi pada bahan uji yang dialiri panas secara kontinyu.

Pengukuran konduksi panas bahan yang telah dilakukan dengan menggunakan *heat conduction apparatus* maupun rancang bangun pengukuran buatan, hanya mendeteksi panas yang mengalir pada material yang dibaca sebagai gradien perubahan panas. Dengan membangun suatu sistem rekayasa pengukuran, yang terdiri atas *heater* (pemanas), isolator (sebagai penghambat suhu lingkungan mempengaruhi sistem), pendeteksi suhu (sensor suhu atau termometer) dan bahan uji, seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Mainil (2012) dan Halaudin (2006). Kedua peneliti tersebut membangun suatu sistem rekayasa pengukuran dengan menggunakan susunan komposisi tersebut. Dalam hal ini, peneliti akan membangun sebuah sistem pengukuran konduktivitas panas sederhana berbasis sensor suhu LM35

dengan memanfaatkan konfigurasi sistem pengukuran buatan. Akan dianalisis bagaimana mekanisme kerja dan karakteristik yang dihasilkan oleh pendeteksi suhu yaitu sensor suhu LM35 sebagai desain awal pembuatan alat pengukur konduktivitas panas bahan.

Piranti LM35 adalah sebuah sensor suhu yang memiliki sensitivitas suhu dengan faktor skala linier $10 \text{ mVolt}^{\circ}\text{C}$, jangkauan operasi suhu 0°C sampai $+100^{\circ}\text{C}$, mampu bekerja pada arus rendah ($< 60 \mu\text{A}$) (Permana, 2009). Aplikasi sensor suhu LM35 sudah banyak diaplikasikan pada rangkaian sederhana maupun kompleks seperti rangkaian pendeteksi suhu ruangan, pengukur suhu tubuh, otomatisasi pemanas air, rangkaian alarm kebakaran/pendeteksi kebakaran. Dengan demikian, pengaplikasian sensor suhu jenis LM35 bisa dijadikan sebagai alat pendeteksi konduksi panas dalam desain awal pembuatan alat pengukur konduktivitas panas bahan.

Pada pengujian konduksi panas bahan komposit ampas tebu dengan *nata de coco* sebagai matriks, dipilih produk komposit tersebut yang memiliki komposisi perbandingan penguat dan matrik dengan sifat mekanik yang tangguh untuk diidentifikasi kemampuan hantaran panasnya. Produk penelitian komposit ampas tebu dengan *nata de coco* yang telah dilakukan dengan uji sifat mekanik (uji tarik dan dampak) bahan oleh (Sujito *et al*, 2014), pada komposisi perbandingan 40% serat ampas tebu : 60% *nata de coco* dengan orientasi serat searah masing-masing pengujian menunjukkan nilai yang optimum, oleh karena itu komposisi perbandingan 40% serat dan 60% matrik akan dipakai dalam penelitian ini.

Bahan komposit yang diperlukan dalam penelitian ini adalah bahan komposit berbahan dasar ampas tebu yang disintesis dengan *nata de coco*, bermassa total 10 gram dengan komposisi perbandingan 40% serat tebu dan 60% *nata de coco*, orientasi massa serat searah, perlakuan kadar air 0% dan berdimensi tinggi 5 cm, lebar 1,5 cm, panjang 1,5 cm. Desain yang disiapkan sebagai alat pengukur konduktivitas panas bahan yaitu memanfaatkan kompor listrik sebagai pemanas,

isolator kayu, desain *cooler* (pendingin) dari kaca, pendeteksi suhu berupa sensor suhu LM35 yang terintegrasi dengan rangkaian penguat tegangan dan pengondisi sinyal. Kegiatan penelitian ini menggunakan bahan komposit ampas tebu dengan *nata de coco* sebagai matriks, yang dianalisis karakteristik pengukuran yang ditunjukkan oleh sensor suhu LM35 yang telah ditentukan letaknya pada badan bahan uji, sehingga hasil yang didapat berupa tegangan keluaran pada setiap titik yang diidentifikasi konduksi panasnya. Proses identifikasi pada masing-masing titik sensor, dilakukan selama rentang waktu tertentu untuk mendapatkan karakteristik data.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara memanfaatkan sensor suhu LM35 sebagai pengukur suhu dalam disain awal pembuatan alat pengukur konduktivitas panas bahan komposit?
2. Bagaimana karakteristik pengukuran yang ditunjukkan oleh sensor suhu LM35 sebagai pendeteksi suhu yang diaplikasikan pada sistem alat konduksi panas bahan komposit, ampas tebu dan *nata de coco*?

1.3 Tujuan

1. Memanfaatkan sensor suhu LM35 sebagai pengukur suhu dalam disain awal pembuatan alat pengukur konduktivitas panas bahan komposit.
2. Mengetahui karakteristik sensor suhu LM35 sebagai pendeteksi suhu dalam mengukur perubahan suhu pada proses konduksi panas bahan komposit.

1.4 Batasan Masalah

1. Bahan uji yang digunakan adalah bahan komposit berbasis ampas tebu dan *nata de coco* sebagai matriks dengan komposisi perbandingan 40% serat ampas tebu: 60% *nata de coco*.
2. Jenis sensor suhu LM35 yang digunakan adalah LM35DZ.
3. Kondisi bahan uji adalah kering tanur (kadar air 0%).

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan referensi tambahan dan edukasi mengenai pemanfaatan sensor suhu LM35,
2. Memberikan pengetahuan mengenai karakterisasi pembacaan sensor suhu LM35 sebagai pendeteksi suhu terhadap bahan komposit berpenguat ampas tebu yang kemudian selanjutnya dapat diaplikasikan sebagai alat pengukur konduktivitas panas bahan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Serat Ampas Tebu

Serat ampas tebu (bagasse) merupakan limbah organik yang banyak dihasilkan di pabrik-pabrik pengolahan gula tebu yang merupakan bahan sisa berserat dari batang tebu yang telah mengalami ekstraksi niranya dan banyak mengandung parenkim serta tidak tahan disimpan dalam waktu yang lama karena mudah terserang jamur (Asbahani, 2013). Serat ampas tebu tergolong serat alam yang memiliki beberapa kelebihan, sebagaimana serat alam pada umumnya yaitu:

1. Serat alam merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui/produk organik alami.
2. Mempunyai massa yang ringan (densitasnya kurang dari setengah densitas serat gelas).
3. Sangat murah bila dibanding dengan serat gelas.
4. Jumlahnya berlimpah.
5. Mempunyai sifat hambatan panas dan sifat akustik yang baik (dikarenakan strukturnya berbentuk pipa).

(Mujtahid, 2010).

Serat ampas tebu tidak membahayakan kesehatan serta lingkungan, karena dapat terdegradasi secara alami oleh tanah (*biodegradability*). Biodegradasi merupakan peristiwa terurainya senyawa menjadi senyawa lain yang lebih sederhana yang terjadi karena sebab-sebab alami, seperti proses fotodegradasi (degradasi yang melibatkan cahaya dan kalor), degradasi kimiawi (hidrolisis), degradasi oleh bakteri dan jamur, degradasi enzimatik, dan degradasi mekanik (angin, abrasi), atau gabungan dari beberapa sebab (Nurhayati, 2008).

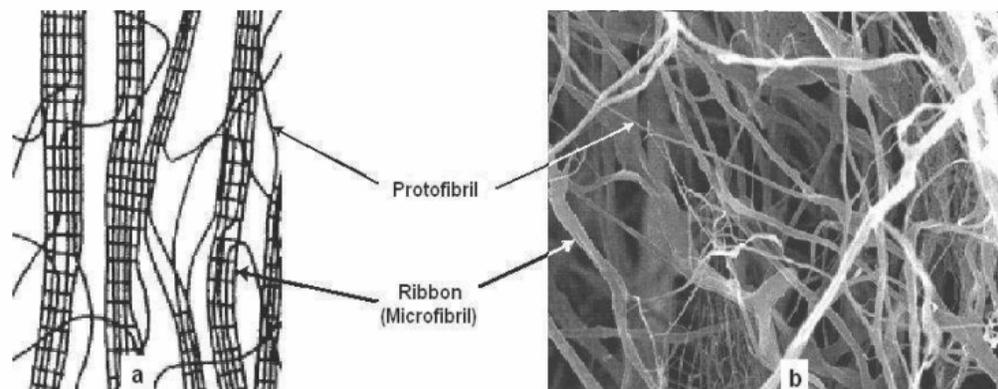
Pemanfaatan serat ampas tebu sebagai serat penguat komposit cukup membantu permasalahan lingkungan akibat kegiatan pasca panen dan pengolahan

hasil pertanian/perkebunan. Selama ini pemanfaatan ampas tebu hanya sebagai bahan bakar (*boiler*) pada proses pemasakan gula, pupuk organik dan pakan ternak yang memiliki nilai ekonomis yang rendah (Yudo dan Jatmiko, 2008).

2.2 Matriks dengan *Nata De Coco* (Selulosa Bakteri)

Nata De Coco merupakan hasil proses fermentasi air kelapa dengan menggunakan bantuan bakteri *Acetobacter Xylinum*. Biasanya *nata de coco* ini digunakan oleh manusia sebagai bahan makanan/dapat dikonsumsi. Melalui penelitian lebih lanjut *nata de coco* mampu digunakan sebagai material tambahan yang lebih bermanfaat sebagai bahan alternatif, lebih tepatnya digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan material komposit (Indriyati *et al*, 2006).

Gugus fungsional dari rantai serat *nata de coco* (selulosa bakteri) merupakan gugus hidroksil, dimana gugus ini dapat berinteraksi dengan gugus -O, -N, -S dan membentuk ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen juga dapat terbentuk apabila gugus -OH dari selulosa bertemu dengan air yang menyebabkan selulosa bersifat hidrofilik pada permukaannya, sehingga struktur rantai selulosa bakteri ini distabilkan oleh ikatan hidrogen disepanjang rantai. Struktur jaringan pada selulosa bakteri memiliki *protofibril* yang saling mengikat satu sama lain membentuk *microfibril* dengan diameter 20-50 nm, ketebalan 3-4 nm, lebar 80 nm dan panjang 1-9 μm . Dengan spesifikasi ukuran dimensi pita seperti itu membuat selulosa bakteri sangat baik untuk membentuk struktur jaringan padat dan memiliki kuat tarik yang tinggi (Darmansyah, 2010).



Gambar 2.1 Struktur dari Selulosa Bakteri/*Nata De Coco*. (a) Model skematik dari mikrofibril selulosa dan *ribbon*, (b) Struktur jaringan dari selulosa bakteri dalam larutan air (Darmansyah, 2010:11)

2.3 Sensor Suhu LM35DZ

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu LM35 memiliki keakuratan tinggi jika dibandingkan dengan sensor suhu lain, sensor ini memiliki keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus. Secara prinsip, sensor ini akan melakukan penginderaan setiap perubahan 1°C dengan menunjukkan tegangan keluaran sebesar 10 mV (Utomo *et al*, 2011).

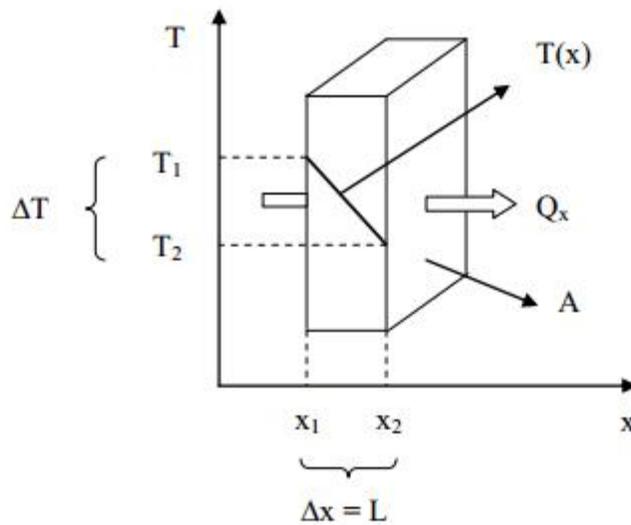
Komponen utama yang digunakan pada rangkaian sensor suhu ini adalah sebuah sensor berbentuk IC (*Integrated Circuit*) dengan tipe LM35DZ. Sensor LM35DZ merupakan sensor yang memiliki kemampuan penginderaan suhu dari 0°C sampai 100°C yang terkonversi dalam besaran tegangan dan bekerja pada arus kurang dari $60\mu\text{A}$. (Setiandito *et al*, 2011). Meskipun sensor LM35 mampu bekerja dengan tegangan masukan tunggal antara 5 Volt - 30 Volt tetapi besar catuan yang biasa dipakai dalam aplikasinya sebagai rangkaian sensor suhu adalah 5 Volt dengan besar arus yang digunakan $\leq 60\mu\text{Ampere}$. Nilai arus yang minimal dimaksudkan untuk mencegah pemanasan diri (*selfheating*) pada sensor (Prasetyo *et al*, 2012). Terdapat

Dua buah resistor $150\text{ k}\Omega$ yang dipasang paralel untuk membentuk hambatan total $75\text{ k}\Omega$ dan diseri dengan kapasitor $1\text{ }\mu\text{F}$, rangkaian ini merupakan rangkaian yang direkomendasi oleh pabrik pembuat sensor LM35 (Rahmawati *et al*, 2012). Resistor $1,5\text{ k}\Omega$ dipasangkan secara paralel dengan sebuah kapasitor 100 nF yang membentuk sebuah rangkaian *passive low pass filter*, dimana rangkaian ini adalah sebuah rangkaian yang meloloskan frekuensi rendah saja (dibawah frekuensi *cut off*). Tujuan rangkaian sensor ini dipasangkan dengan *passive low pass* adalah untuk mencegah *noise* yang terjadi pada rangkaian ADC ini, salah satunya dapat disebabkan oleh tegangan sumber pada sensor LM35 yang tidak stabil. Rangkaian pengondisi sinyal (*Signal Conditioning circuit*) yang terdiri dari IC Op-Amp CA 3140 dengan 8 kaki fungsional, potensio $10\text{ k}\Omega$ dan resistor $2\text{ k}\Omega$ merupakan rangkaian untuk penguat tegangan. Rangkaian penguat yang dipilih adalah penguat tak pembalik, dengan tegangan masukan diumpankan pada pin $V+$ (tak pembalik) pada Op-Amp supaya nilai polarisasi penguatnya sama dengan polarisasi masukan yang diberikan. Sebuah potensio $10\text{ k}\Omega$ dan resistor $2\text{ k}\Omega$ diparalel pada pin $V-$ (pembalik) Op-Amp, dengan faktor penguatannya ditentukan menggunakan potensio (Setiandito *et al*, 2011).

atas menunjukkan bahwa perpindahan panas dapat terjadi karena adanya perbedaan suhu antara sisi satu dengan sisi lainnya (Kurniawan, 2003).

2.6 Konduktivitas Termal

Konduktivitas panas adalah sifat termal suatu benda untuk merambatkan panas melalui luas penampang tertentu dalam suatu unit waktu karena adanya perbedaan suhu (Manalu dan Abdullah, 1998). Konduktivitas adalah sifat dari bahan yang menentukan aliran panas persatuan waktu dengan konduksi melalui satuan tebal dari bahan dengan perbedaan suhu pada kedua sisinya (Asih, 2012). Jika sebuah bahan dengan luas penampang A dan tebal Δx (lihat gambar 2.4) mempunyai 2 sisi yang berbeda suhunya (dengan $T_2 < T_1$), maka akan terjadi perpindahan dari sisi yang memiliki suhu tinggi menuju sisi lain yang suhunya lebih rendah.



Gambar 2.4 Distribusi suhu konduksi keadaan tetap melalui dinding datar (Mujtahid, 2010)

Energi ΔQ mengalir di dalam arah tegak lurus pada permukaan dimana perubahan tersebut selama waktu Δt , dapat ditunjukkan dengan persamaan,

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \dots\dots\dots(2.1)$$

Perpindahan kalor dengan cara konduksi diperkenalkan pertama kali oleh ilmuwan Perancis J.B.J Fourier pada tahun 1882, menyatakan bahwa $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ sebagai laju aliran panas dengan cara konduksi dalam satu satuan bahan adalah sama dengan hasil kali tiga buah besaran yaitu:

1. k (Konduktivitas Panas) $J/s. m.^{\circ}C$
2. A (Luas penampang bahan) m^2
3. $\Delta T/\Delta x$ (gradient suhu pada penampang bahan, yaitu laju perubahan suhu T terhadap jarak dalam arah aliran x) $^{\circ}C/m$

Bila di dalam suatu sistem terdapat *gradient temperature*, atau bila dua sistem yang temperaturnya berbeda disinggungkan, maka akan terjadi perpindahan energi. Eksperimental alat uji konduktivitas termal bahan menggunakan beberapa specimen berbeda untuk mendapatkan harga konduktivitas termal bahan serta memahami fenomena-fenomena yang terjadi dalam perpindahan panas konduksi (Kurniawan, 2003).

2.7 Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material secara makroskopik menjadi suatu bahan yang berguna secara makro, dimana ada perbedaan sifat mekanik, bentuk maupun komposisi yang dimiliki masing-masing material penyusunnya (Holila, 2012). Jadi, material komposit merupakan perpaduan dari material yang dipilih berdasarkan sifat fisik masing-masing material penyusunnya untuk dikombinasikan agar menghasilkan material dengan sifat yang baru dan diharapkan lebih baik dari sifat material dasarnya.

Material komposit terdiri atas gabungan matriks dan penguat (*reinforcement*). Matriks merupakan material yang ada di dalam material komposit/bagian dari penyusun komposit itu sendiri. Fungsi dari matriks dalam material komposit adalah sebagai bahan pengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari perusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matriks sehingga matriks dan serat saling berhubungan (Porwanto *et al*, tanpa tahun). Jadi, Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat serat agar menjadi satu struktur komposit. Matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari polimer, logam, maupun keramik. Penguat atau *reinforcement* merupakan material utama dari sebuah bahan komposit karena penguat berfungsi sebagai penanggung beban utama dalam menentukan karakteristik bahan komposit (Narulita, N. 2011).

Bahan komposit pada penelitian ini menggunakan serat ampas tebu sebagai penguat utama dan *nata de coco* sebagai resin. Ada beberapa penelitian mengenai pemanfaatan serat ampas tebu sebagai bahan utama pembuatan komposit adalah pembuatan komposit serat ampas tebu dengan resin *poly lactat acid* (PLA) dengan pengujian kekuatan *bending* (Wulantika, 2014) dan tarik (Agustin, 2014), dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa dengan bertambahnya fraksi massa serat ampas tebu pada orientasi serat searah akan meningkatkan kekuatan fisis masing – masing pengujian sedangkan pada orientasi serat acak, terjadi penurunan sifat fisis seiring bertambahnya fraksi massa serat, pembuatan komposit serat ampas tebu dengan resin *nata de coco* dengan pengujian kekuatan *bending* dan tarik, dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa dengan bertambahnya fraksi massa serat ampas tebu pada orientasi serat searah akan meningkatkan kekuatan fisis masing – masing pengujian tetapi akan terjadi penurunan sifat fisis setelah mencapai nilai optimum penambahan fraksi serat sedangkan pada orientasi serat acak, akan terjadi penurunan sifat fisis seiring bertambahnya fraksi massa serat (Sujito *et al*, 2014).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian meliputi tiga kegiatan utama yaitu pembuatan sistem alat pengukur konduktivitas panas berbasis sensor suhu LM35 sebagai pendeteksi suhu, pembuatan bahan komposit serat ampas tebu dengan *nata de coco* sebagai matriks dan karakterisasi sensor suhu LM35 sebagai pendeteksi suhu dalam proses konduksi panas bahan komposit, yang kesemuanya dilakukan di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember. Adapun waktu penelitian dilakukan mulai dari bulan Juli 2015 sampai dengan Mei 2016.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Kompor listrik, digunakan untuk sumber panas,
- b) Penggaris, digunakan untuk mengukur serat ampas tebu,
- c) Neraca *ohaus*, digunakan untuk menimbang massa komposit ampas tebu, serat tebu, dan NaOH,
- d) Desain kayu mahoni, digunakan sebagai isolator panas untuk sistem alat pengukur konduksi panas,
- e) Desain kaca bentuk balok, digunakan sebagai *cooler* dengan cara mengalirkan air ke dalam balok kaca,
- f) Termometer, digunakan untuk mengetahui suhu air dalam *cooler*,
- g) Rangkaian sensor suhu, digunakan untuk mendeteksi perubahan suhu pada bahan uji (bahan komposit ampas tebu),

- h) Desikator Portabel (didesain dari kotak kaca tertutup yang diisi dengan silika), digunakan untuk mengondisikan bahan uji agar kadar air tetap sesuai dengan perlakuan yang diinginkan,
- i) Multimeter / voltmeter, digunakan untuk pembacaan *output* sensor suhu LM35,
- j) *Hot Press*, digunakan untuk menekan komposit saat proses sintesis komposit sekaligus mereduksi kandungan air,
- k) Gelas ukur, digunakan untuk mengukur banyaknya aquades yang digunakan,

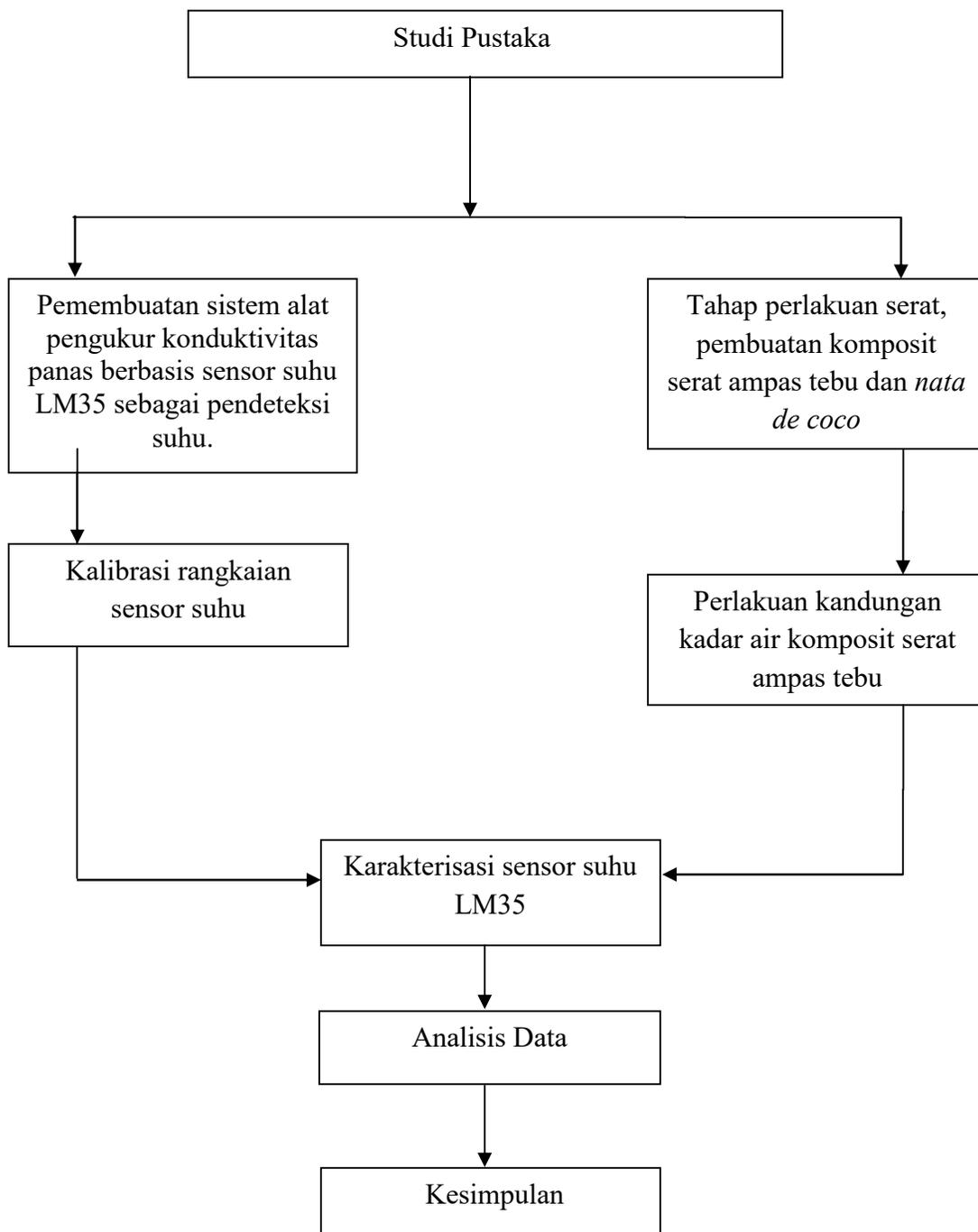
3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a) LM35DZ, digunakan sebagai sensor suhu,
- b) Op-Amp CA3140, resistor $2k\Omega$ dan potensio bernilai $10k\Omega$ (sebagai komponen penguat sinyal), resistor $1,5k\Omega$ dan kapasitor $1nF$ (sebagai komponen *passive low pass*) dan 2 resistor $150k\Omega$ dan kapasitor $1\mu F$,
- c) Adaptor 5 Volt, digunakan untuk tegangan masukan pada rangkaian sensor suhu,
- d) Aluminium foil, digunakan untuk membungkus bahan uji yang akan disimpan dalam desikator portable,
- e) Serat Tebu, serat tebu berasal dari tebu yang telah digiling sehingga menyisakan ampas berserat,
- f) *Nata de coco*, digunakan sebagai matriks komposit,
- g) NaOH, digunakan untuk proses alkalisasi serat ampas tebu,
- h) Aquades, digunakan untuk menetralkan serat ampas tebu setelah alkalisasi,

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang dilakukan dibagi menjadi beberapa tahapan meliputi, tahap pembuatan sistem alat pengukur konduktivitas panas berbasis sensor suhu LM35 sebagai pendeteksi panas, tahap kalibrasi rangkaian sensor suhu LM35, tahap pembuatan bahan komposit serat ampas tebu dengan *nata de coco* sebagai matriks, tahap perlakuan kandungan kadar air bahan komposit ampas tebu dengan *nata de coco*, tahap pengujian karakterisasi sensor suhu LM35 sebagai pendeteksi suhu dalam proses konduksi panas bahan komposit ampas tebu, tahap analisis data, dan kesimpulan hasil kegiatan penelitian. Rancangan kegiatan penelitian dapat digambarkan melalui diagram alir penelitian pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan sistem alat pengukur konduktivitas panas bahan berbasis sensor suhu LM35

Dalam penelitian akan dibuat sebuah sistem alat pengukur konduktivitas panas bahan dengan sensor suhu LM35 sebagai pendeteksi suhu. Adapun komponen yang perlu dipersiapkan adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan 3 rangkaian sensor suhu menggunakan LM35 (masing-masing rangkaian sesuai dengan skema Gambar 2.3) dan masing-masing rangkaian diintegrasikan secara paralel dengan catu daya 5 volt.
2. Pembuatan kayu isolasi panas berbentuk silinder dengan tinggi 5 cm, tebal kayu 2,5 cm, diameter 10 cm dan kayu isolasi dilubangi pada bagian porosnya dengan diameter 2 cm sampai dasar, sebagai tempat bahan uji dan sensor Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kayu isolasi panas

3. Pembuatan *cooler* (pendingin), dibuat dari bahan kaca dalam bentuk akuarium mini dengan dimensi $p = 15$ cm, $l = 9$ cm, dan $t = 5$ cm serta dibuat lubang di bagian dasar untuk sistem sirkulasi air Gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Cooler* sebagai pembeda suhu dalam sistem alat pengukur konduksi panas bahan

4. Sumber panas, sumber panas yang dipergunakan dalam penelitian ini berupa kompor listrik

3.4.2 Kalibrasi rangkaian sensor suhu LM35 sebagai pendeteksi perubahan suhu

Dalam pengujian ini akan diidentifikasi tingkat presisi rangkaian sensor suhu LM35 yang telah berhasil dibuat dalam membaca perubahan suhu yang terjadi pada suatu benda. Perbandingan yang digunakan dalam proses identifikasi ini adalah termometer. Adapun tahapan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan batangan besi yang telah dilubangi sebelumnya dengan 3 lubang untuk kepala sensor ditata sejajar seperti pada Gambar 3.4 dan 1 lubang untuk termometer, kompor listrik, dan ketiga rangkaian sensor suhu LM35;



Gambar 3.4 Batangan besi yang dilubangi untuk peletakan kepala sensor dan termometer

2. Memasukkan 3 kepala sensor dan 1 termometer dalam lubang batangan besi yang disiapkan, kemudian diletakkan diatas kompor listrik seperti pada Gambar 3.5;



Gambar 3.5 Kepala sensor dan termometer diletakkan pada lubang yang disediakan

3. Menghidupkan kompor listrik selama 20 detik;
4. Menunggu hingga suhu kompor stabil setelah proses poin 3;

5. Pengambilan data pada masing-masing sensor dilakukan pada suhu kompor stabil hingga suhu kompor sama dengan suhu ruangan (kondisi suhu ruangan saat pengambilan data);

3.4.3 Pembuatan komposit serat ampas tebu

3.4.2.1 Perlakuan serat ampas tebu

Serat yang digunakan adalah serat ampas tebu yang diperoleh dari limbah penggilingan PG Bumi Asih Wonokusumo, Bondowoso. Perlakuan serat ampas tebu dilakukan sebagai berikut:

1. Serat tebu dipisahkan dari ampas tebu dan kemudian dipotong-potong berukuran 5 cm;
2. Serat tebu yang sudah dipersiapkan kemudian direndam di dalam larutan NaOH (5%) selama 1 jam (proses alkalisasi) untuk menghilangkan lapisan lignin yang menempel pada serat ampas tebu;
3. Serat yang telah dialkalinisasi kemudian dibasuh dengan aquades hingga benar-benar bersih dan kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari ± 6 jam ;

3.4.2.2 Sintesis bahan komposit

Tahap sintesis komposit serat ampas tebu dilakukan dengan orientasi serat searah serat dengan matriks menggunakan *nata de coco*. Adapun perbandingan massa yang dipergunakan yaitu 40% serat : 60% matriks dengan massa total 10 gram. Tahap sintesis komposit serat tebu dengan matrik *nata de coco* adalah sebagai berikut:

1. Lembaran *nata de coco* padat berdiameter ± 30 cm dengan ketebalan $\pm 1,5$ cm berumur 10 hari, dikeringkan terlebih dahulu sampai berbentuk lembaran tipis;

2. Serat ampas tebu dan lembaran *nata de coco* ditimbang terlebih dahulu dengan massa masing-masing 4 gram serat ampas tebu dan 6 gram lembaran kering *nata de coco*;
3. Lembaran *nata de coco* yang sudah ditimbang kemudian diblender hingga benar-benar hancur dan lembut menyerupai bubur Gambar 3.6, lalu disaring untuk dibuang airnya;



Gambar 3.6 *Nata de coco* setelah diblender

4. Serat tebu dengan ukuran panjang 5 cm ditata dengan orientasi arah serat searah kemudian disiram secara perlahan dan rata dengan bubur *nata de coco* tadi hingga benar-benar tercampur merata;
5. Campuran bubur *nata de coco* dan serat ampas tebu tadi diangin – anginkan supaya lebih padat dan tidak lembek;
6. Setelah itu, dimasukkan ke dalam cetakan pelat besi berdimensi $p \times l \times t = 5 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \times 7 \text{ cm}$ seperti pada Gambar 3.7;



Gambar 3.7 Desain cetakan komposit ampas tebu

7. Cetakan diletakkan pada mesin pengepres bersuhu tinggi. Suhu pengepresan dinaikkan 120°C ;
8. Saat suhu telah mencapai 120°C , tutup cetakan lalu ditekan / dipres hingga kedalaman 5,5 cm selama 5 menit ± 10 MPa seperti pada Gambar 3.8;



Gambar 3.8 Proses pengepresan komposit dengan *hot press machine*

9. Setelah dipres, cetakan dikeluarkan dari mesin pengepres dan dibiarkan dingin hingga temperatur ruang;
10. Komposit ampas tebu yang telah dipres dibungkus dengan aluminium foil.

3.4.4 Perlakuan kadar air bahan komposit ampas tebu

Kondisi kelembaban udara juga mempengaruhi kadar air dalam bahan komposit yang disintesis dari ampas tebu dan *nata de coco*. Semakin besar kadar air maka akan berpengaruh pada nilai konduktivitasnya, kadar air adalah persentase kandungan air pada suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah atau berat kering. Bahan dikondisikan dalam keadaan kering mutlak / kering tanur bertujuan agar proses konduksi panas murni didistribusikan oleh bahan penyusun utamanya yaitu serat ampas tebu dan *nata de coco* tanpa adanya pengaruh dari kadar air. Kering tanur adalah kondisi dimana suatu benda tidak memiliki kandungan kadar air di dalamnya, sehingga membuat bobotnya lebih ringan. Cara yang paling efektif untuk mengkondisikan suatu bahan agar dalam keadaan kering tanur adalah dioven dengan suhu tertentu (yang disesuaikan dengan jenis dan sifat bendanya).

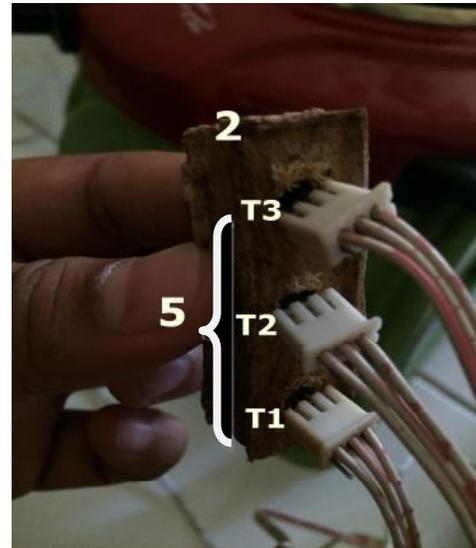
Dalam penelitian ini, bahan komposit hasil sintesis dikondisikan pada keadaan kering tanur / kadar air 0%. Sebelum proses pengovenan, ketiga sampel terlebih dahulu ditimbang untuk mendapatkan massa awal bahan (sebelum tahap pengovenan) yang digunakan sebagai acuan perubahan massa. Setelah tahap penimbangan, sampel komposit dioven dengan suhu 103⁰C dengan penimbangan dilakukan setiap selang 1 jam sampai didapat massa yang relatif tetap (tidak ada perubahan massa). Setelah tahap pengovenan yang kemudian diberi label (1,2,3) sebagai identitas sampel, kemudian dibungkus dengan aluminium foil dan disimpan dalam desikator portabel, agar sampel tidak terkontaminasi oleh kadar air lingkungan.

3.4.5 Penyusunan alat pengukur konduktivitas panas berbasis sensor suhu LM35

Simulasi penyusunan alat pengukur konduksi panas dilakukan secara 1 dimensi / sejajar vertikal dengan urutan seperti dijelaskan pada Gambar 3.9



Gambar 3.9 Konstruksi sistem alat pengukur konduktivitas panas bahan



Gambar 3.10 Bahan uji dan lubang penempatan kepala sensor

Keterangan Gambar 3.9 dan 3.10:

1. *Cooler* (pendingin) terbuat dari kaca berbentuk balok yang teraliri air sebagai beda suhu yang lebih dingin terhadap sumber panas (*heater*).
2. Bahan uji komposit berdimensi panjang x lebar x tinggi masing-masing adalah 1,5 cm x 1,5 cm x 5 cm.
3. Kayu pengisolasi dengan diameter 10 cm x tinggi 5 cm dan diameter lubang pada poros silinder kayu berdiameter 2 cm, ditunjukkan pada Gambar 3.2.
4. Kompor listrik, sebagai sumber panas (*heater*).

5. Kode T1, T2, T3 adalah titik peletakan kepala sensor suhu (kepala sensor dimasukkan pada lubang bahan uji yang telah dibuat seperti pada gambar 3.10).

3.4.6 Tahap karakteristik sensor suhu LM35 sebagai pendeteksi suhu dalam proses konduksi panas bahan komposit

Tahapan – tahapan dalam pengujian karakteristik sensor suhu LM35 sebagai pendeteksi suhu dalam proses konduksi panas bahan uji adalah sebagai berikut:

1. Menghidupkan kompor listrik selama 30 detik, lalu tunggu ± 8 menit agar suhu permukaan lempengan kompor suhunya stabil pada suhu ± 44 °C;
2. Menyiapkan bahan uji / bahan komposit berlabel I dengan posisi *standby* pemasangan masing-masing kepala sensor masuk kedalam lubang bahan yang telah disediakan;
3. Merangkai dengan segera komponen seperti kayu pengisolasi, dan *cooler* sesuai Gambar 3.9 setelah menit ke-8;
4. Mengeset menit ke-0 dilakukan setelah menit ke-8 pemanasan kompor stabil pada poin 1;
5. Pengambilan data pembacaan sensor T1, T2, dan T3 dilakukan setiap menit sampai menit ke-10;
6. Untuk menjaga kompor tetap panas, kompor dihidupkan kembali pada menit ke-5 selama 5 detik;
7. Setelah selesai proses poin 1 sampai 6, dinginkan kompor sebelum digunakan pengukuran kembali;
8. Hasil pembacaan keluaran sensor LM35 (berupa satuan tegangan) dikonversikan ke dalam satuan suhu celcius (°C).

3.5 Analisis Data

3.5.1 Kalibrasi rangkaian sensor suhu berbasis LM35

Analisis pembacaan sensor suhu menggunakan LM35 dilakukan untuk mengkonversi data tegangan keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian ke dalam bentuk data suhu. Hal ini dilakukan dengan melakukan pengukuran suhu terhadap sebuah benda konduktor dengan variasi panas. Perubahan suhu setiap derajat celcius akan disesuaikan dan disetarakan dengan perubahan tegangan keluaran dari sensor. Terdapat 3 buah sensor dan 1 buah termometer yang digunakan di dalam penelitian ini yang diset seperti pada Gambar 3.5. Oleh karenanya, akan dihasilkan 3 buah konversi data, yang masing-masing mewakili ketiga sensor tersebut. Untuk meningkatkan presisi data yang diperoleh, maka dilakukan masing-masing pengamatan sebanyak 3 kali. Hasil dari kalibrasi ini selanjutnya akan digunakan sebagai acuan dalam mengkonversi skala satuan tegangan (mV) ke satuan suhu ($^{\circ}\text{C}$).

3.5.2 Karakterisasi konduksi panas bahan uji

Karakterisasi konduksi panas bahan dilakukan secara bertahap dari total 3 buah bahan uji, data yang diperoleh berupa data tegangan (miliVolt) yang terbaca oleh *display* (voltmeter) pada masing-masing titik pengukuran yang ditanamkan kepala sensor suhu LM35 seperti pada Gambar 3.10. Dilakukan beberapa pengulangan pengujian agar data yang dihasilkan menunjukkan karakteristik dalam setiap pengulangannya.

3.5.3 Karakteristik pembacaan sensor suhu LM35 pada bahan komposit.

Adapun analisis terhadap proses konduksi panas pada bahan komposit dari ampas tebu dan *nata de coco* disampaikan dalam bentuk grafik hasil pengukuran suhu yang terbaca pada sensor suhu LM35. Pada pengujian karakteristik ini dilakukan untuk menganalisa tingkat akurasi sensor jika diaplikasikan dalam membaca perubahan panas bahan komposit jika dikalibrasikan dengan termometer. Hal ini dilakukan dengan melakukan pengukuran suhu terhadap sebuah sistem pada variasi

panas mulai dari 30°C (suhu ruang pada saat pengambilan data) hingga 44°C. Perubahan suhu setiap derajat Celcius akan disesuaikan dan disetarakan dengan perubahan tegangan keluaran dari sensor. Terdapat 3 buah sensor yang digunakan di dalam penelitian ini. Untuk menjaga tingkat presisi data, maka dilakukan masing-masing pengukuran suhu sebanyak 3 kali pengulangan.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Telah diperoleh bahan komposit berpenguat serat ampas tebu dengan *nata de coco* yang disintesis dengan menggunakan metode *hot press machine* dan membuat desain awal alat pengukur konduktivitas panas bahan. Berdasarkan analisis data dan pembahasan terhadap hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. IC LM35 dapat diaplikasikan untuk pengukuran perubahan suhu dalam proses konduksi panas pada sebuah bahan komposit dengan cara ditanamkan pada setiap titik yang ditentukan dan diposisikan sejajar dengan arah rambatan panas. Adapun pembacaan suhu ketiga sensor yang telah dikalibrasi dengan termometer, menghasilkan T1 ($10,0 \pm 1,0$) $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, sensor T2 ($10,0 \pm 0,9$) $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, dan T3 ($9,9 \pm 1,0$) $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ yang sesuai dengan referensi yaitu setiap perubahan 10 mV akan menunjukkan perubahan suhu sebesar 1°C .
2. Hasil pengukuran sensor yang diaplikasikan untuk menganalisis konduksi panas pada bahan komposit ampas tebu dengan *nata de coco* (yang telah diuji kesesuaiannya dengan menggunakan termometer) menunjukkan hasil yang sesuai dengan nilai konversi sensor suhu LM35.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan sumber panas dengan konsumsi daya yang lebih kecil dan relatif lebih konstan agar tingkat pengukuran konduksi panas jauh lebih presisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, R.D. 2014. "Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas Bahan Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu dan Matrik Asam Polilaktat." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Asbahani. 2013. Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu sebagai Karbon Aktif untuk Menurunkan Kadar Besi pada Air Sumur. *Jurnal Teknik Sipil UNTAN*, **13** (1).
- Darmansyah. 2010. "Evaluasi Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Material Komposit Serat/Resin Berbahan Dasar Serat *Nata De Coco* dengan Penambahan Nano filler." Tidak Diterbitkan. Depok: Universitas Indonesia.
- Halaudin. 2006. Pengukuran Termal Bata Merah Pejal. *Jurnal Gradien*. **2** (2): 152-155.
- Holila, H. 2012. "Pengaruh Perlakuan Permukaan Serat Manila terhadap Sifat Mekanik Bahan Komposit dengan Matriks Resin Polyester." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.
- Indriyati, Indrarti, L., dan Rahimi, E. 2006. Pengaruh Carboxymethyl Cellulose (CMC) dan Gliserol terhadap Sifat Mekanik Lapisan Tipis Komposit Bakterial Selulosa. *Indonesian Journal Of Materials Science*, **8** (1): 40-44.
- Kurniawan, M. Ilham. 2003. "Pengkajian Sifat Konduktivitas Panas Polyester dengan Bahan Pengisi Al₂O₃ DAN CaCO₃." Tidak Diterbitkan. Jember: Universitas Jember.
- Kuswurj, R. 2012. Sugar Cane Processing and Technology: Blotong dan Pemanfaatannya. [serial online]. <http://www.risvank.com/2012/01/25/blotong-dan-pemanfaatannya>. [14 Juni 2014].
- Mainil, A.K. 2012. "Kaji Eksperimental Alat Uji Konduktivitas Termal Bahan. Tidak Diterbitkan." Laporan Penelitian. Bengkulu: Universitas Tarumanegara.
- Manalu, L.P., dan Abdullah, K. 1998. Penentuan Difusivitas Panas dan Konduktivitas Wortel. *Buletin Keteknik Pertanian*, **12** (2).
- Mujtahid, 2010. "Pengaruh Ukuran Serbuk Aren terhadap Kekuatan Bending, Densitas dan Hambatan Panas Komposit Semen-Serbuk Aren (*Arenga Pinata*)." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

- Narulita, N. 2011. "Sifat Mekanik dan Biodegradabilitas Bahan Komposit dengan Matriks Modifikasi Serbuk Kedelai dan Penguat Serat Ampas Tebu." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas jember
- Nurhayati, L. 2008. "Aplikasi Poli(Asam Laktat) sebagai Mikrosfer Pengungkung Obat Selekoksisib." Tesis. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Permana, B. 2009. "Sistem Pengukuran Konduktivitas Panas pada Logam Berbasis Mikrokontroler." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Porwanto, D.A., dan Johar, Lizda. Tanpa Tahun. "Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Bambu dan Serat Gelas Sebagai Alternatif Bahan Baku Industri." Tidak Diterbitkan. Artikel Ilmiah. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- Prasetyo, Edi., W, Kusnanto Mukti., dan H, Fatimah N. 2012. "Pendeteksi Kebakaran dengan Menggunakan Sensor Suhu LM35." Tidak Diterbitkan. Makalah. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Rahman, M.B.N dan Kamiel, B.P. Kamiel. 2011. Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Sifat-sifat Tarik Komposit Diperkuat Unidirectional Serat Tebu dengan Matrik Poliester. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, **14** (2): 133-138.
- Rahmawati, A., Winardi, S., dan Trisianto, D. 2012. Rancang Bangun Alat Pengukur Suhu Tubuh dengan Tampilan Digital dan Keluaran Suara Berbasis Mikrokontroler AVR ATMEGA 8535. *Jurnal Monitor*, **1** (1).
- Setiandito, Y., Fauzi, V.A., dan Julius. 2011. "Komponen Sistem Kontrol: Sensor Suhu LM35." Tidak Diterbitkan. Makalah. Bandung: Universitas Kristen Maranatha.
- Sujito, 2014. "Pengembangan Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berpenguat Serat Ampas Tebu dan Resin *Biodegradable*." Tidak Diterbitkan. Jember: Lembaga Penelitian Universitas Jember.
- Utomo, A.T., Syahputra, R., dan iswanto. 2011. Implementasi Mikrokontroler sebagai Pengukur Suhu Delapan Ruangan. *Jurnal Teknologi*, **4** (2): 153-159.
- Wulantika, N. 2014. "Kekuatan dan Modulus Bending Bahan Komposit Ramah Lingkungan Berpenguat Serat Ampas Tebu dengan Matriks Asam Polilaktat." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Universitas Jember.

Yudo, H. dan Jatmiko, S. 2008. Analisa Teknis Kekuatan Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu (*Baggase*) Ditinjau Dari Kekuatan Tarik dan Impak. *Kapal*, **5** (2).

LAMPIRAN A
DATA KALIBRASI SENSOR SUHU LM35

Tabel A.1 Data pengukuran tegangan keluaran dari LM35 dan pengukuran suhu oleh termometer untuk ketiga sensor yang digunakan

No	Suhu (⁰ C)	Tegangan keluaran LM35 (mV)		
		Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3
1	44	441	441	440
2	43	430	430	430
3	42	420	420	420
4	41	411	411	410
5	40	400	400	400
6	39	390	390	391
7	38	380	380	380
8	37	371	371	370
9	36	360	361	360
10	35	350	350	350
11	34	340	340	340
12	33	330	330	330
13	32	320	320	320
14	31	310	311	310
15	30	300	300	300
16	29	291	290	291

Tabel A.2 Penentuan skala konversi dari tegangan keluaran LM35 ke suhu pada sensor 1

No	Interval suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Tegangan keluaran LM35 (mV)		
		V1	V2	ΔV
1	44 - 43	$441 \pm 0,58$	$430 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
2	43 - 42	$430 \pm 0,58$	$420 \pm 1,00$	$10 \pm 1,16$
3	42 - 41	$420 \pm 1,00$	$411 \pm 0,58$	$9 \pm 1,16$
4	41 - 40	$411 \pm 0,58$	$400 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
5	40 - 39	$400 \pm 0,58$	$390 \pm 1,00$	$10 \pm 1,16$
6	39 - 38	$390 \pm 1,00$	$380 \pm 0,58$	$10 \pm 1,16$
7	38 - 37	$380 \pm 0,58$	$371 \pm 0,58$	$9 \pm 0,82$
8	37 - 36	$371 \pm 0,58$	$360 \pm 1,00$	$11 \pm 1,16$
9	36 - 35	$360 \pm 1,00$	$350 \pm 1,16$	$10 \pm 1,53$
10	35 - 34	$350 \pm 1,16$	$340 \pm 0,58$	$10 \pm 1,29$
11	34 - 33	$340 \pm 0,58$	$330 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
12	33 - 32	$330 \pm 0,58$	$320 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
13	32 - 31	$320 \pm 0,58$	$310 \pm 1,00$	$10 \pm 1,16$
14	31 - 30	$310 \pm 1,00$	$300 \pm 0,58$	$10 \pm 1,16$
15	30 - 29	$300 \pm 0,58$	$291 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
Rata-rata skala konversi tegangan keluaran ke suhu				$(10 \pm 1,04)$ $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$

Tabel A.3 Penentuan skala konversi dari tegangan keluaran LM35 ke suhu pada sensor 2

No	Interval suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Tegangan keluaran LM35 (mV)		
		V1	V2	ΔV
1	44 - 43	$441 \pm 0,58$	$430 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
2	43 - 42	$430 \pm 0,58$	$420 \pm 1,16$	$10 \pm 1,29$
3	42 - 41	$420 \pm 1,16$	$411 \pm 0,58$	$10 \pm 1,29$
4	41 - 40	$411 \pm 0,58$	$400 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
5	40 - 39	$400 \pm 0,58$	$390 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
6	39 - 38	$390 \pm 0,58$	$380 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
7	38 - 37	$380 \pm 0,58$	$371 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
8	37 - 36	$371 \pm 0,58$	$361 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
9	36 - 35	$361 \pm 0,58$	$350 \pm 1,16$	$10 \pm 1,29$
10	35 - 34	$350 \pm 1,16$	$340 \pm 0,58$	$10 \pm 1,29$
11	34 - 33	$340 \pm 0,58$	$330 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
12	33 - 32	$330 \pm 0,58$	$320 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
13	32 - 31	$320 \pm 0,58$	$311 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
14	31 - 30	$311 \pm 0,58$	$300 \pm 1,00$	$10 \pm 1,16$
15	30 - 29	$300 \pm 1,00$	$290 \pm 0,58$	$10 \pm 1,16$
Rata-rata skala konversi tegangan keluaran ke suhu				$(10 \pm 0,98)$ $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$

Tabel A.4 Penentuan skala konversi dari tegangan keluaran LM35 ke suhu pada sensor 3

No	Interval suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Tegangan keluaran LM35 (mV)		
		V1	V2	ΔV
1	44 - 43	$440 \pm 0,58$	$430 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
2	43 - 42	$430 \pm 0,58$	$420 \pm 1,16$	$9 \pm 1,29$
3	42 - 41	$420 \pm 1,16$	$410 \pm 0,58$	$11 \pm 1,29$
4	41 - 40	$410 \pm 0,58$	$400 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
5	40 - 39	$400 \pm 0,58$	$391 \pm 0,58$	$9 \pm 0,82$
6	39 - 38	$391 \pm 0,58$	$380 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
7	38 - 37	$380 \pm 0,58$	$370 \pm 0,58$	$11 \pm 0,82$
8	37 - 36	$370 \pm 0,58$	$360 \pm 0,58$	$9 \pm 0,82$
9	36 - 35	$360 \pm 0,58$	$350 \pm 1,16$	$10 \pm 1,29$
10	35 - 34	$350 \pm 1,16$	$340 \pm 1,16$	$10 \pm 1,29$
11	34 - 33	$340 \pm 1,16$	$330 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
12	33 - 32	$330 \pm 0,58$	$320 \pm 0,58$	$10 \pm 0,82$
13	32 - 31	$320 \pm 0,58$	$310 \pm 1,00$	$10 \pm 0,82$
14	31 - 30	$310 \pm 1,00$	$300 \pm 0,58$	$10 \pm 1,16$
15	30 - 29	$300 \pm 0,58$	$291 \pm 0,58$	$10 \pm 1,16$
Rata-rata skala konversi tegangan keluaran ke suhu				$(9,93 \pm 1,04)$ $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$

LAMPIRAN B

DATA HASIL PENGUKURAN SUHU PADA BAHAN KOMPOSIT

Tabel B.1 Hasil pengukuran suhu pada setiap menit pengamatan sensor 1 untuk 3 replika sampel

Massa (gram)	Suhu bahan pada menit ke- (⁰C)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5,34	33,6	34,1	34,6	35,0	35,3	35,6	35,9	36,1	36,2	36,3
5,65	33,3	33,9	34,4	34,8	35,1	35,4	35,7	35,9	36,1	36,2
5,96	33,3	33,9	34,4	34,9	35,2	35,4	35,7	35,9	36,1	36,2

Tabel B.1 Hasil pengukuran suhu pada setiap menit pengamatan sensor 2 untuk 3 replika sampel

Massa (gram)	Suhu bahan pada menit ke- (⁰C)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5,34	32,1	32,2	32,3	32,4	32,6	32,7	32,8	33,0	33,1	33,2
5,65	31,7	31,8	32,0	32,1	32,2	32,3	32,5	32,7	32,8	32,9
5,96	31,8	31,9	32,0	32,2	32,3	32,5	32,6	32,7	32,9	33,0

Tabel B.1 Hasil pengukuran suhu pada setiap menit pengamatan sensor 3 untuk 3 replika sampel

Massa (gram)	Suhu bahan pada menit ke- (⁰C)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5,34	31,4	31,3	31,3	31,2	31,2	31,3	31,3	31,3	31,4	31,4
5,65	31,2	31,1	31,1	31,1	31,1	31,1	31,1	31,2	31,3	31,3
5,96	31,3	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,3	31,4	31,4

Tabel B.4 Rata-rata pengukuran suhu sampel dari 3 posisi sensor suhu LM35 pada pengamatan $t=10$ menit

Sensor	Jarak sensor ke permukaan sumber panas (cm)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)
1	1,0	$36,3 \pm 0,9$
2	2,5	$33,0 \pm 0,8$
3	4,0	$31,4 \pm 0,8$

LAMPIRAN C
 DATA UJI KARAKTERISTIK PEMBACAAN SENSOR SUHU LM35
 TERHADAP PENGUKURAN KONDUKSI PANAS KOMPOSIT

Tabel C.1 Data pengukuran tegangan keluaran dari LM35 dan pengukuran suhu oleh termometer untuk ketiga sensor yang digunakan

No	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Tegangan keluaran LM35 (mV)		
		Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3
1	44	431	430	431
2	43	420	420	420
3	42	410	410	410
4	41	400	401	402
5	40	391	392	392
6	39	380	380	380
7	38	370	371	372
8	37	361	361	361
9	36	350	351	351
10	35	340	341	340
11	34	330	330	330
12	33	321	321	322
13	32	310	310	311
14	31	302	301	300

Tabel C.2 Penentuan skala konversi dari tegangan keluaran LM35 ke suhu pada sensor 1

No	Interval suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Tegangan keluaran LM35 (mV)		
		V1	V2	ΔV
1	44 - 43	$431 \pm 1,00$	$420 \pm 1,00$	$11 \pm 1,41$
2	43 - 42	$420 \pm 1,00$	$410 \pm 1,00$	$10 \pm 1,41$
3	42 - 41	$410 \pm 1,00$	$400 \pm 1,53$	$10 \pm 1,83$
4	41 - 40	$400 \pm 1,53$	$391 \pm 1,00$	$9 \pm 1,83$
5	40 - 39	$391 \pm 1,00$	$380 \pm 1,00$	$11 \pm 1,41$
6	39 - 38	$380 \pm 1,00$	$370 \pm 1,00$	$10 \pm 1,41$
7	38 - 37	$370 \pm 1,00$	$361 \pm 1,53$	$9 \pm 1,83$
8	37 - 36	$361 \pm 1,53$	$350 \pm 1,53$	$10 \pm 2,16$
9	36 - 35	$350 \pm 1,53$	$340 \pm 1,00$	$10 \pm 1,83$
10	35 - 34	$340 \pm 1,00$	$330 \pm 0,58$	$10 \pm 1,16$
11	34 - 33	$330 \pm 0,58$	$321 \pm 1,16$	$9 \pm 1,29$
12	33 - 32	$321 \pm 1,16$	$310 \pm 1,00$	$11 \pm 1,53$
13	32 - 31	$310 \pm 1,00$	$302 \pm 1,00$	$8 \pm 1,41$
Rata-rata skala konversi tegangan keluaran ke suhu				$(9,92 \pm 1,60)$ $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$

Tabel C.3 Penentuan skala konversi dari tegangan keluaran LM35 ke suhu pada sensor 2

No	Interval suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Tegangan keluaran LM35 (mV)		
		V1	V2	ΔV
1	44 - 43	$430 \pm 1,00$	$420 \pm 1,53$	$10 \pm 1,83$
2	43 - 42	$420 \pm 1,53$	$410 \pm 1,53$	$10 \pm 2,16$
3	42 - 41	$410 \pm 1,53$	$401 \pm 1,53$	$10 \pm 2,16$
4	41 - 40	$401 \pm 1,53$	$392 \pm 2,00$	$9 \pm 2,52$
5	40 - 39	$392 \pm 2,00$	$380 \pm 1,53$	$12 \pm 2,52$
6	39 - 38	$380 \pm 1,53$	$371 \pm 2,00$	$9 \pm 2,52$
7	38 - 37	$371 \pm 2,00$	$361 \pm 1,53$	$10 \pm 2,52$
8	37 - 36	$361 \pm 1,53$	$351 \pm 1,53$	$10 \pm 2,16$
9	36 - 35	$351 \pm 1,53$	$341 \pm 1,53$	$10 \pm 2,16$
10	35 - 34	$341 \pm 1,53$	$330 \pm 0,58$	$10 \pm 1,63$
11	34 - 33	$330 \pm 0,58$	$321 \pm 1,00$	$9 \pm 1,16$
12	33 - 32	$321 \pm 1,00$	$311 \pm 1,53$	$10 \pm 1,83$
13	32 - 31	$311 \pm 1,53$	$301 \pm 0,58$	$9 \pm 1,63$
Rata-rata skala konversi tegangan keluaran ke suhu				$(9,90 \pm 2,10)$ $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$

Tabel C.4 Penentuan skala konversi dari tegangan keluaran LM35 ke suhu pada sensor 3

No	Interval suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Tegangan keluaran IC LM35 (mV)		
		V1	V2	ΔV
1	44 - 43	$431 \pm 2,08$	$420 \pm 1,16$	$11 \pm 2,38$
2	43 - 42	$420 \pm 1,16$	$410 \pm 1,00$	$10 \pm 1,53$
3	42 - 41	$410 \pm 1,00$	$402 \pm 1,53$	$8 \pm 1,83$
4	41 - 40	$402 \pm 1,53$	$392 \pm 1,16$	$10 \pm 1,92$
5	40 - 39	$392 \pm 1,16$	$380 \pm 1,16$	$11 \pm 1,63$
6	39 - 38	$380 \pm 1,16$	$372 \pm 2,08$	$9 \pm 2,38$
7	38 - 37	$372 \pm 2,08$	$361 \pm 1,53$	$10 \pm 2,58$
8	37 - 36	$361 \pm 1,53$	$351 \pm 1,53$	$10 \pm 2,16$
9	36 - 35	$351 \pm 1,53$	$340 \pm 1,53$	$11 \pm 2,16$
10	35 - 34	$340 \pm 1,53$	$330 \pm 0,58$	$10 \pm 1,63$
11	34 - 33	$330 \pm 0,58$	$322 \pm 1,00$	$8 \pm 1,16$
12	33 - 32	$322 \pm 1,00$	$311 \pm 2,08$	$11 \pm 2,31$
13	32 - 31	$311 \pm 2,08$	$300 \pm 1,53$	$10 \pm 2,58$
Rata-rata skala konversi tegangan keluaran ke suhu				$(10 \pm 2,06)$ $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$