



**PENENTUAN SUDUT ROTASI OPTIK SPESIFIK BAHAN MADU
MENGUNAKAN POLARIMETER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S-1)
dan untuk mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh :

Muhammad Shofi Makhafidz

NIM 121810201075

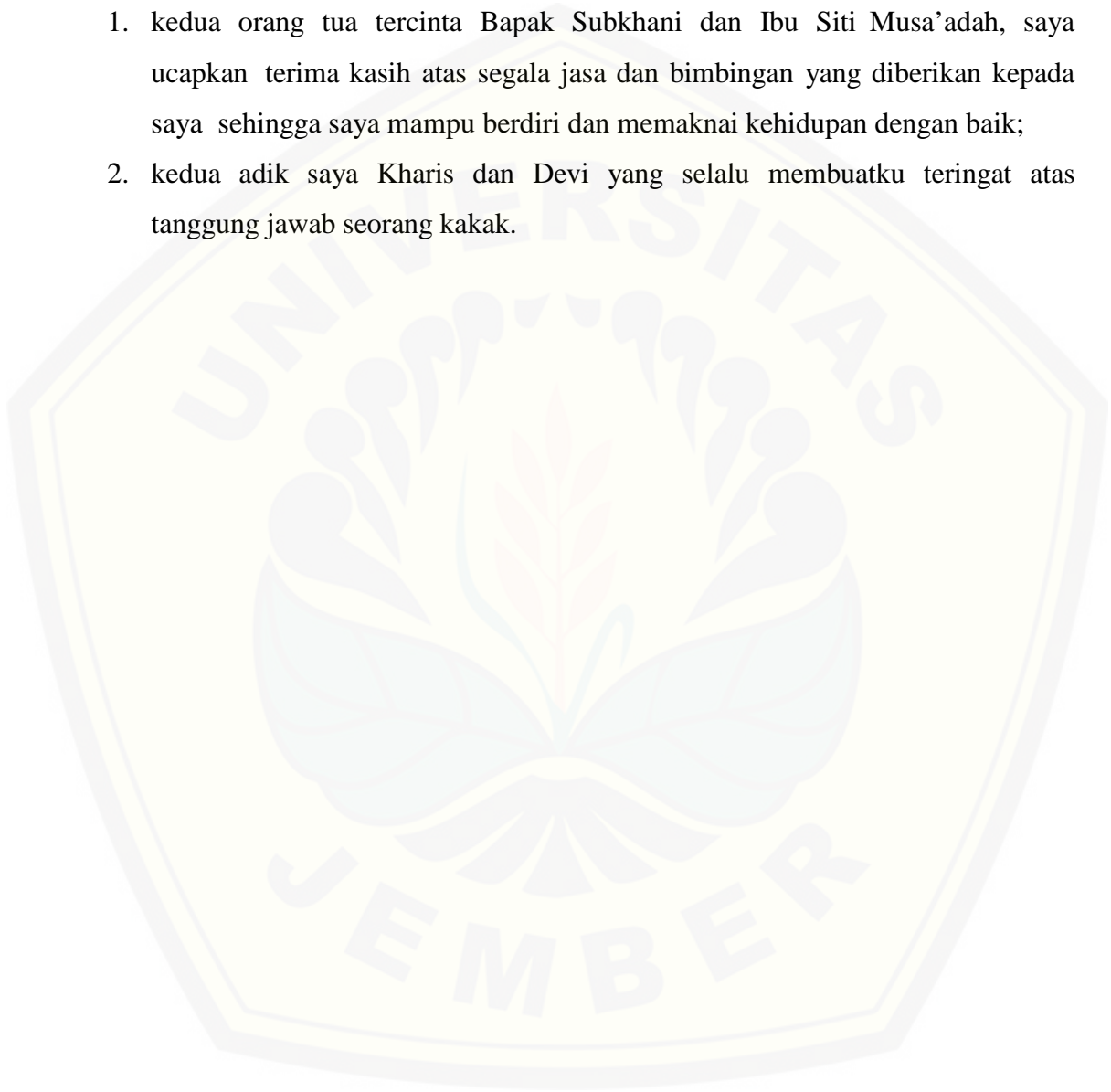
**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2018

LEMBAR PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. kedua orang tua tercinta Bapak Subkhani dan Ibu Siti Musa'adah, saya ucapkan terima kasih atas segala jasa dan bimbingan yang diberikan kepada saya sehingga saya mampu berdiri dan memaknai kehidupan dengan baik;
2. kedua adik saya Kharis dan Devi yang selalu membuatku teringat atas tanggung jawab seorang kakak.

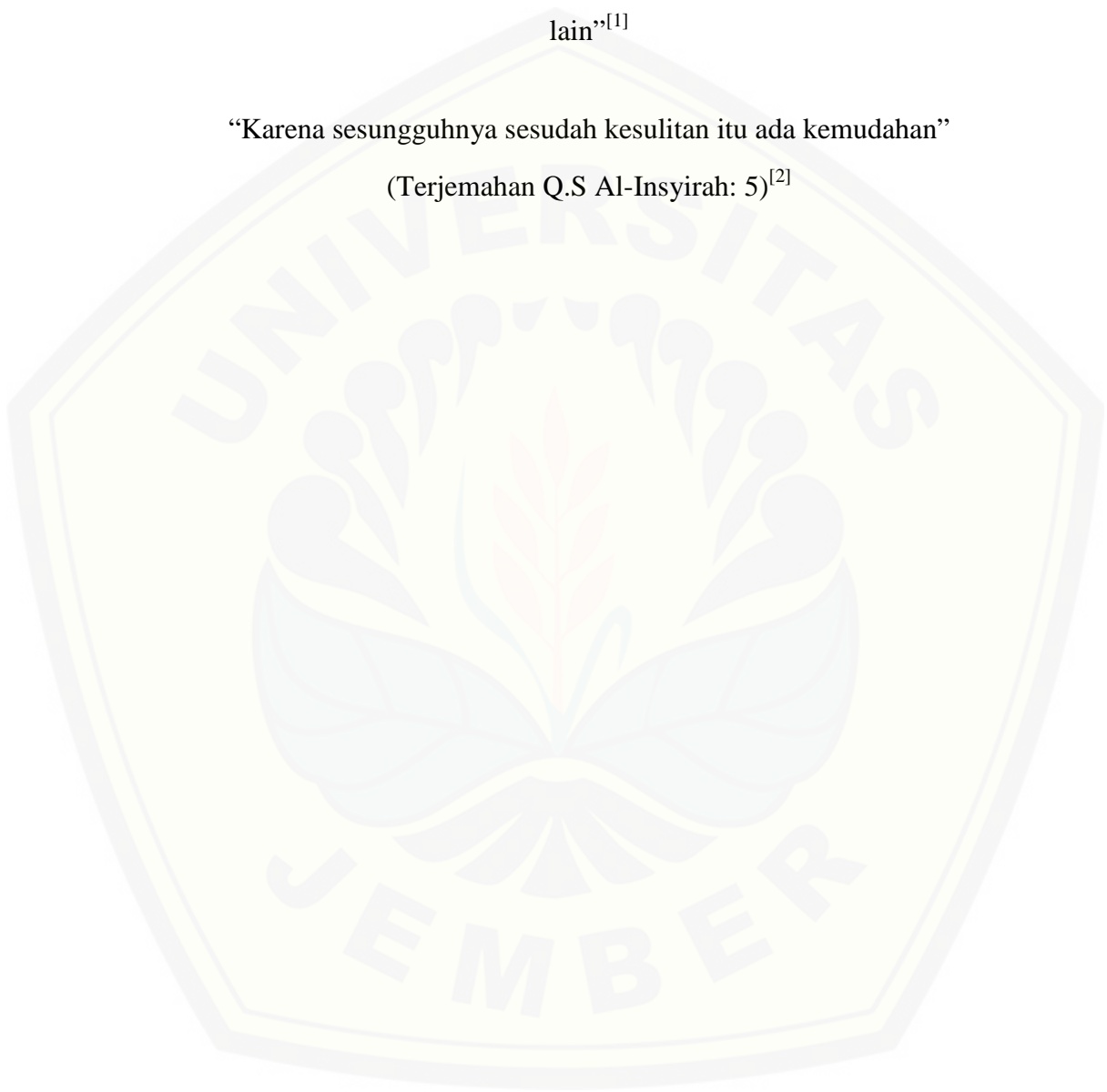


MOTTO

“Lebih baik menjadi diri sendiri dari pada kamu harus berusaha menjadi orang lain”^[1]

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Terjemahan Q.S Al-Insyirah: 5)^[2]



^[1] Rosmawati. 2017. *Buku Motivasi Remaja*. Bandung: Pustaka Setia.

^[2] Departemen Agama Republik Indonesia. 2010. *Mushaf Al-Azhar : Al Qur'an dan Terjemah*. Bandung: Hilal.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Shofi Makhafidz

NIM : 121810201075

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul : *“Penentuan sudut Rotasi Optik Spesifik Bahan Madu Menggunakan Polarimeter”* adalah benar-benar hasil karya ilmiah sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa, dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Januari 2018

Yang Menyatakan,

Muhammad Shofi Makhafidz

NIM 121810201075

SKRIPSI

**PENENTUAN SUDUT ROTASI OPTIK SPESIFIK BAHAN MADU
MENGUNAKAN POLARIMETER**

Oleh

Muhammad Shofi Makhafidz

NIM 121810201075

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Misto, M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Supriyadi, S.Si, M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Penentuan Sudut Rotasi Optik Spesifik Bahan Madu Menggunakan Polarimeter*”, karya Muhammad Shofi Makhafidz telah diuji dan disahkan pada :

hari/tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji

Ketua,

Anggota I

Ir. Misto, M.Si

Supriyadi, S.Si, M.Si

NIP 195911211991031002

NIP 198204242006041003

Anggota II

Anggota III

Drs. Yuda C. Hariadi, M.Sc, Ph.D

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si

NIP 196203111987021001

NIP 197003271997022001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Drs. Sujito, Ph.D

NIP 1961102041987111001

RINGKASAN

Penentuan Sudut Rotasi Optik Spesifik Bahan Madu Menggunakan Polarimeter; Muhammad Shofi Makhafidz; 121810201075; 2018; 39 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Madu merupakan cairan kental yang memiliki warna kuning kecoklatan dan rasa manis. Madu memiliki kandungan gula yang tinggi berupa fruktosa 38,19%, glukosa 31%, dan sukrosa 1,31%. Berdasarkan komposisi tersebut, fruktosa dan glukosa yang terdapat dalam madu memberikan kontribusi pada sifat optik aktif yang dimiliki oleh madu. Sifat optik aktif merupakan kemampuan suatu zat tertentu untuk memutar bidang cahaya terpolarisasi yang dapat diukur menggunakan polarimeter. Polarimeter merupakan perangkat untuk analisa yang didasari oleh pengukuran sudut putaran sinar monokromatis karena cahaya itu terpolarisasi linier oleh bahan yang bersifat optik aktif. Sifat optik aktif dari suatu bahan dapat diketahui dari besarnya sudut rotasi optik spesifik α . Peneliti melakukan penelitian untuk mengetahui sifat optik yang terdapat pada madu. Dikarenakan sebagian besar komposisi penyusun madu adalah gula (glukosa dan sukrosa). Sehingga peneliti berusaha mencari bagaimana sifat optik aktif yang dimiliki oleh madu berdasarkan sudut rotasi optik spesifik yang dihasilkan oleh madu. Penelitian dilakukan dengan menggunakan perubahan konsentrasi yang bertujuan untuk mengetahui perubahan sudut putar bidang polarisasi θ dan sudut rotasi optik spesifik α yang dihasilkan.

Penelitian dilakukan menggunakan polarimeter yang terdiri dari laser HeNe, polariser, wadah sampel (dengan panjang 2 dm), dan analiser. Selain itu juga ditambahkan sebuah *converter* yang dibuat dalam bentuk rangkaian *transimpedance amplifier* dengan menggunakan IC lf357 dan foto dioda bpw 34. *Converter* tersebut digunakan untuk mengubah intensitas keluaran dari laser HeNe menjadi besaran tegangan. Nilai tegangan yang diperoleh akan digunakan untuk menghitung besarnya sudut putar bidang polarisasi θ , sehingga dapat ditentukan

besarnya sudut rotasi optik spesifik α .

Setelah dilakukan penelitian diperoleh besarnya intensitas laser HeNe dalam bentuk tegangan dengan intensitas awal laser sebesar 1,43 volt. Penelitian dilakukan dengan menggunakan empat buah jenis madu yang terdiri dari madu A, madu B, madu C, dan madu D. Hasil penelitian yang diperoleh merupakan besarnya sudut putar bidang polarisasi yang berbanding lurus dengan konsentrasi. Hal ini ditunjukkan dengan adanya suatu pola linier pada grafik hubungan antara sudut putar bidang polarisasi dengan konsentrasi, dimana kelinieran yang diperoleh pada masing-masing jenis madu rata-rata diatas 90% mendekati linier. Dengan data paling linier terletak pada madu C dengan kelinieran mencapai 97,76% dan untuk kelinieran terendah terletak pada madu A yaitu sebesar 91,21%. Sedangkan untuk madu B dan madu D masing-masing sebesar 95,43% dan 93,07%. Selain itu, untuk sudut rotasi optik spesifik yang diperoleh pada masing-masing madu juga berbanding lurus dengan konsentrasi madu yang digunakan, dengan kelinieran data yang diperoleh rata-rata diatas 90% mendekati linier. Dengan data paling linier terletak pada madu C dengan kelinieran mencapai 97,21% dan untuk kelinieran terendah terletak pada madu A yaitu sebesar 92,42%. Sedangkan untuk madu B dan madu D masing-masing sebesar 96,11% dan 96,3%.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi berjudul *“Penentuan Sudut Rotasi Optik Spesifik Bahan Madu Menggunakan Polarimeter”*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S-1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan sepuh hati penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

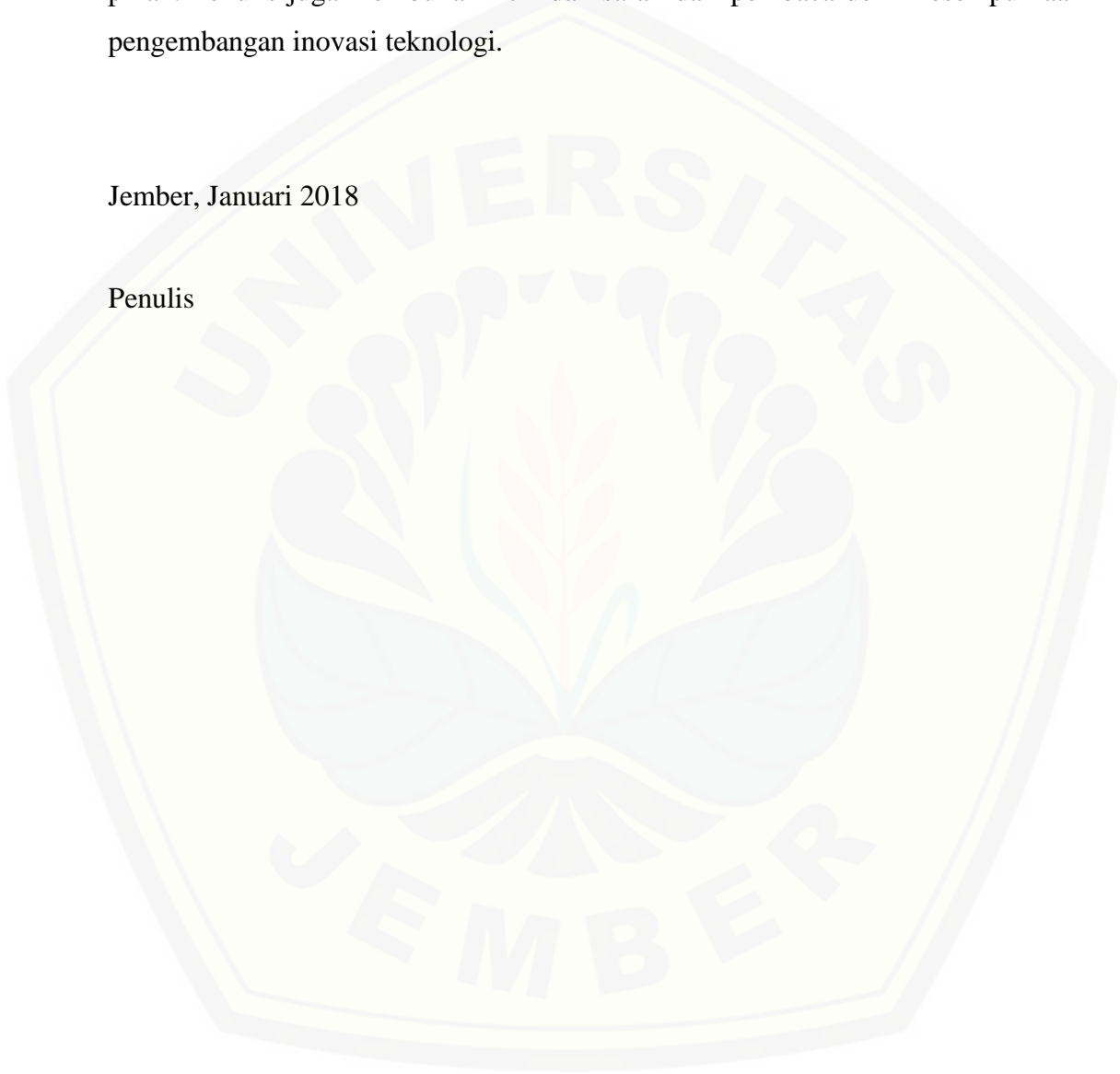
1. Ir. Misto, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Supriyadi, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah memberikan bimbingan dan dukungan sehingga terselesaikannya penelitian dalam skripsi ini;
2. Drs. Yuda C. Hariadi, M.Sc, Ph.D, selaku Dosen Penguji I dan Nurul Priyantari, S.Si, M.Si, selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan demi sempurnanya skripsi ini;
3. Dinas Pendidikan dan Pemerintah Daerah Kabupaten Banyuwangi yang telah memberikan beasiswa lewat program “Banyuwangi Cerdas” sehingga saya bisa menempuh proses pembelajaran di Universitas Jember;
4. segenap Dosen dan Karyawan Fakultas MIPA Universitas Jember yang selalu membantu dan mendukung;
5. Pak. Taufik, Pak. Edi, dan Pak. Budi yang telah memberikan bantuan selama penelitian;
6. seluruh teman yang membantu saya dalam proses selesainya skripsi ini, Kiki Amaliya Istikomah, Ahmad Ridlo Hanifudin Thahir, S.Si., Zainul Muzaki, S.Si., M. Syukron Ali, S.Si., dan seluruh teman yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu;
7. seluruh teman-teman seperjuangan di Jurusan Fisika angkatan 2012, Loretnz yang telah memberikan bantuan dan dukungannya;

8. keluarga besar SADEWO 44 yang selalu mewarnai hari-hari saya dengan berbagai canda tawa dan keluh kesah;
9. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap agar skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak. Penulis juga membuka kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan pengembangan inovasi teknologi.

Jember, Januari 2018

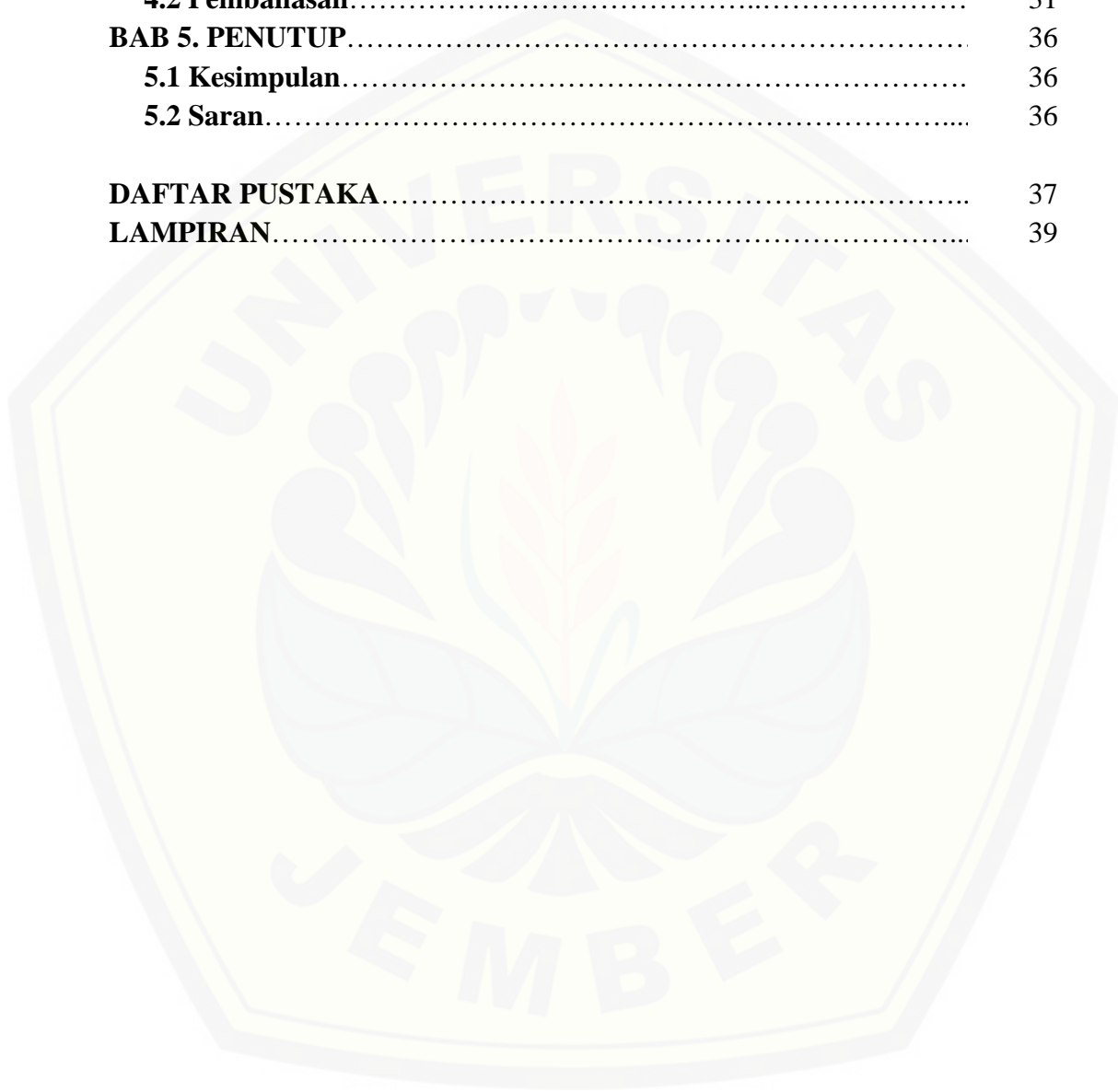
Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Polarisasi Cahaya	5
2.1.1 Pengertian Polarisasi.....	5
2.1.2 Aktivitas optik.....	8
2.2 Madu	10
2.2.1 Pengertian Madu.....	10
2.2.2 Manfaat Madu.....	11
2.3 Laser HeNe	12
2.4 <i>Transimpedance Amplifier</i>	13
BAB 3. METODE PENELITIAN	15
3.1 Rancangan Peneitian	15
3.2 Jenis dan Sumber Data	18
3.3 Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukuran	18
3.3.1 Variabel Bebas.....	18
3.3.2 Variabel Terikat.....	18
3.3.3 Variabel Kontrol.....	18
3.4 Metode Analisis Data	19

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Hasil Penelitian.....	21
4.1.1 Perhitungan Nilai Sudut Putar Bidang Polarisasi.....	21
4.1.2 Perhitungan Sudut Rotasi Optik Spesifik.....	26
4.2 Pembahasan.....	31
BAB 5. PENUTUP.....	36
5.1 Kesimpulan.....	36
5.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN.....	39



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Rotasi optik spesifik dari zat padat dan cair.....	8
Tabel 2.2 Rotasi optik spesifik dari larutan.....	9
Tabel 2.3 Hasil penetapan kadar glukosa, fruktosa, sakarosa dan sakari dari berbagai merek madu.....	10
Tabel 4.1 Hasil perhitungan nilai sudut putar bidang polarisi θ pada madu A	21
Tabel 4.2 Hasil perhitungan nilai sudut putar bidang polarisi θ pada madu B	22
Tabel 4.3 Hasil perhitungan nilai sudut putar bidang polarisi θ pada madu C	24
Tabel 4.4 Hasil perhitungan nilai sudut putar bidang polarisi θ pada madu D	25
Tabel 4.5 Hasil perhitungan sudut rotasi optik spesifik α dari madu A....	27
Tabel 4.6 Hasil perhitungan sudut rotasi optik spesifik α dari madu B....	28
Tabel 4.7 Hasil perhitungan sudut rotasi optik spesifik α dari madu C....	29
Tabel 4.8 Hasil perhitungan sudut rotasi optik spesifik α dari madu D....	30
Tabel 4.9 Nilai sudut rotasi optik glukosa.....	34

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Gelombang transversal dengan satu bidang getar	5
Gambar 2.2 Cahaya alami dipolarisasikan dengan polariser cahaya menghasilkan cahaya terpolarisasi	7
Gambar 2.3 Bidang getar cahaya polarisasi dengan sumbu analise membentuk sudut θ	7
Gambar 2.4 Skema umum <i>transimpedance amplifier</i>	13
Gambar 2.5 Rangkaian <i>transimpedance amplifier</i>	14
Gambar 3.1 Rancangan penelitian.....	15
Gambar 3.2 Desain alat untuk pengukuran rotasi optik spesifik madu....	17
Gambar 3.3 Wadah sampel.....	17
Gambar 3.4 Rangkaian <i>transimpedance amplifier</i>	17
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara konsentrasi larutan dengan nilai sudut putar bidang polarisasi pada madu A.....	22
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara konsentrasi larutan dengan nilai sudut putar bidang polarisasi pada madu B.....	23
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara konsentrasi larutan dengan nilai sudut putar bidang polarisasi pada madu C.....	25
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara konsentrasi larutan dengan nilai sudut putar bidang polarisasi pada madu D.....	26
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara konsentrasi larutan dan sudut rotasi optik spesifik pada madu A.....	27
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara konsentrasi larutan dan sudut rotasi optik spesifik pada madu B.....	29
Gambar 4.7 Grafik hubungan antara konsentrasi larutan dan sudut rotasi optik spesifik pada madu C.....	30
Gambar 4.8 Grafik hubungan antara konsentrasi larutan dan sudut rotasi optik spesifik pada madu D.....	31

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Tabel hasil pengukuran.....	39
A.1 Data hasil pengukuran pada larutan glukosa.....	39
A.2 Data hasil pengukuran pada larutan madu A.....	39
A.3 Data hasil pengukuran pada larutan madu B.....	40
A.4 Data hasil pengukuran pada larutan madu C.....	41
A.5 Data hasil pengukuran pada larutan madu D.....	41
B. Foto Penelitian.....	42
B.1 Perangkat polarimeter.....	42
B.2 Rangkaian <i>transimpedance amplifier</i> dan voltmeter.....	42
B.3 Proses pengukuran massa bahan.....	43
B.4 Pencampuran bahan dengan aquades.....	43
B.5 Persiapan pengambilan data.....	43
B.6 Pengambilan data.....	43

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Madu merupakan cairan kental yang memiliki warna kuning kecoklatan dan rasa manis. Madu dihasilkan oleh lebah madu yang berasal dari nektar bunga yang dikumpulkan oleh lebah madu, diubah dan disimpan dalam sarang lebah untuk dimatangkan. Lebah-lebah penghasil madu diantaranya seperti *Apis andreniformis*, *Apis cerana*, *Apis dorsat*, *Apis florum*, dan *Apis mellifera* (Faisal, 2015). Komposisi madu dipengaruhi dua hal, yaitu komposisi nektar yang dihasilkan dan berhasil dikumpulkan oleh lebah serta faktor eksternal seperti cuaca dan iklim. Selain itu, banyak tidaknya bunga dari tanaman lokal yang berada di sekitar lingkungan sarang lebah madu, derajat kematangan madu serta cara ekstraksinya juga turut mempengaruhi komposisinya. Madu memiliki kandungan gula yang tinggi berupa fruktosa 38,19%, glukosa 31%, dan sukrosa 1,31%. Berdasarkan komposisi tersebut, fruktosa dan glukosa merupakan kandungan gula yang lebih dominan yang terdapat dalam madu (Bagus, dkk. 2016). Fruktosa dan glukosa yang terdapat dalam madu memberikan kontribusi pada sifat optik aktif yang dimiliki oleh madu.

Menurut Kartina (2011), optik aktif merupakan kemampuan suatu zat tertentu untuk memutar bidang cahaya terpolarisasi pada saat cahaya melintas melalui kristal, zat cair, atau larutan. Ditinjau dari keaktifan optiknya, senyawa dibedakan atas dua yaitu senyawa yang bersifat optik aktif dan optik pasif. Jika cahaya terpolarisasi bidang dilewatkan pada suatu cairan yang mengandung senyawa optik aktif maka bidang polarisasi ini diputar ke kiri atau ke kanan. Tetapi jika senyawa cairan optik pasif, bidang polarisasi cahaya tidak akan diputar. Sifat optik aktif senyawa bergantung pada sudut putar jenis cahaya yang melaluinya. Makin besar sudut putar jenisnya maka senyawa itu makin bersifat optik aktif. Berbagai jenis cairan organik dan anorganik mempunyai sifat optik aktif yang berarti dapat memutar bidang polarisasi cahaya yang melaluinya. Besar

sudut putar jenis bergantung pada panjang lintasan cahaya yang melalui medium, dan konsentrasi zat aktif dalam cairan (Yusanti, 2011).

Sifat optik aktif suatu zat dapat diukur dengan menggunakan polarimeter. Menurut Wibowo, dkk (2016) polarimeter merupakan perangkat untuk analisa yang didasari oleh pengukuran sudut putaran sinar monokromatis karena cahaya itu terpolarisasi linier oleh bahan yang bersifat optik aktif. Prinsip kerja dari polarimeter sendiri yaitu memanfaatkan prinsip dari polarisasi cahaya dimana sumber cahaya yang digunakan ditembakkan pada sebuah polarisator. Setelah melewati polarisator, cahaya akan terpolarisasi linier dan dilewatkan pada polarisator kedua (analisisator) yang posisi sudutnya dapat diubah-ubah dengan cara diputar. Perubahan sudut analisisator tersebut dapat digunakan untuk menentukan intensitas cahaya yang dihasilkan (Atmajati, 2014).

Pengukuran rotasi optik spesifik sebelumnya pernah dilakukan oleh Atmajati (2014), dimana Atmajati melakukan pengukuran rotasi optik spesifik pada larutan galaktosa, fruktosa dan laktosa. Penelitian yang dilakukan oleh Atmajati hampir serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Nugroho (2009) yaitu tentang pengukuran aktivitas optik pada larutan gula. Selain itu, Dimins, dkk. (2008) juga melakukan penelitian mengenai rotasi optik dengan judul *Content of Carbohydrates and Specific Rotation of Honey*. Penelitian yang dilakukan oleh Dimins, dkk. menggunakan madu lokal yang ada di negaranya. Berdasarkan penelitian tersebut, peneliti melakukan penelitian tentang rotasi optik spesifik madu yang ada di Indonesia. Madu yang ada di Indonesia dan negara lain memiliki komposisi atau kadungan yang berbeda, terutama dari komposisi karbohidratnya seperti glukosa dan fruktosa yang merupakan unsur utama dalam madu yang dapat membuat cahaya terpolarisasi memutar bidang. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk mengetahui jenis-jenis madu yang belum diketahui jenisnya dengan melihat sudut rotasi optik yang dihasilkan oleh madu tersebut.

Penelitian mengenai penentuan sudut rotasi optik spesifik bahan madu coklat menggunakan polarimeter dilakukan dengan menambahkan variasi konsentrasi madu lokal yang dilarutkan dalam aquades. Penelitian tersebut

bertujuan untuk mencari besarnya sudut putar (α) atau sudut yang memutar bidang cahaya terpolarisasi dari madu lokal di Indonesia dan intensitas dari sumber cahaya yang melewati polarizer kedua (analizer). Nilai intensitas sebanding dengan hasil kali antara intensitas awal dengan cosinus kuadrat dari sudut polarisasi. Sebelum mencari nilai intensitas (I) harus ditentukan terlebih dahulu nilai intensitas awal (I_0). I_0 merupakan nilai intensitas yang diperoleh dari pengambilan data observasi menggunakan larutan aquades 100%.

Nilai intensitas yang diperoleh dalam penelitian akan diubah ke tegangan dengan menggunakan *converter* sehingga dapat diasumsikan bahwa nilai intensitas awal merupakan nilai tegangan awal (V_0) dan nilai intensitas yang diperoleh merupakan nilai tegangan (V). *Converter* dibuat dengan menggunakan rangkaian transimpedansi *amplifier*. Rangkaian tersebut dibuat dengan IC LF357 sebagai op-amp. IC LF357 merupakan salah satu IC yang menggunakan sistem input JEFT (*Junction Gate Field Transistor*). IC ini tergolong dalam transistor bipolar standar (BI-FET™ *Technology*) dengan bias masukan yang rendah baik itu tegangan maupun arusnya (Texas, 2015). Selain itu, dalam rangkain *converter* tersebut juga terdapat dioda BPW34, dioda tersebut termasuk dalam PIN *photodiode* yang sangat sensitif terhadap radiasi *infrared* (Vishay, 2011). Nilai tegangan yang diperoleh digunakan sebagai acuan untuk menentukan besarnya nilai sudut putar bidang polarisasi θ dari masing-masing bahan yang digunakan dalam penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan diatas, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah hubungan antara konsentrasi madu dengan sudut putar bidang polarisasi pada madu?
2. Bagaimanakah hubungan antara konsentrasi madu dengan sudut rotasi optik spesifik pada madu?

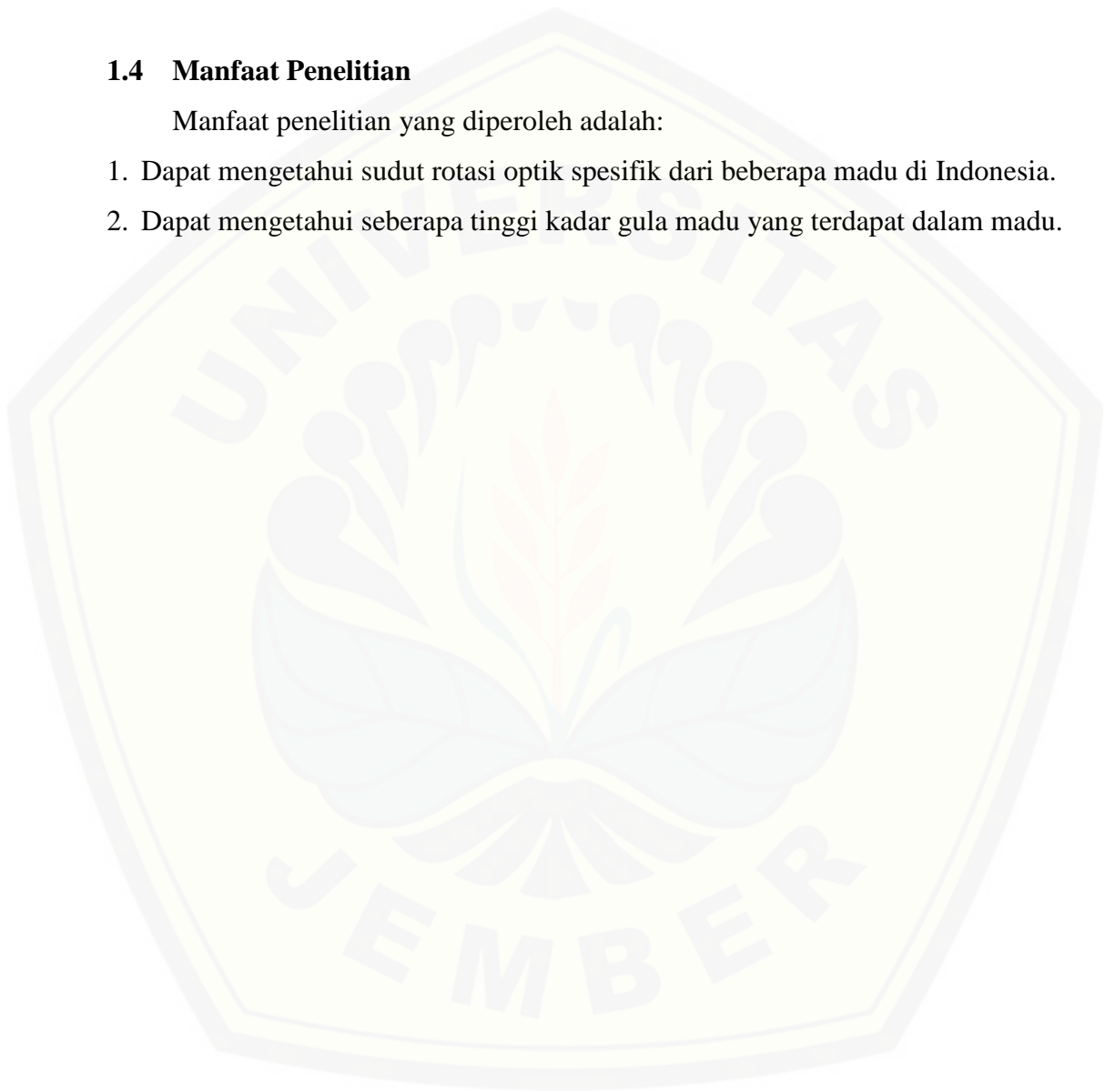
1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dengan dilakukanya penelitian ini yaitu untuk mengetahui nilai sudut rotasi optik spesifik dari madu dengan konsentrasi yang berbeda-beda menggunakan sumber cahaya laser HeNe.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diperoleh adalah:

1. Dapat mengetahui sudut rotasi optik spesifik dari beberapa madu di Indonesia.
2. Dapat mengetahui seberapa tinggi kadar gula madu yang terdapat dalam madu.

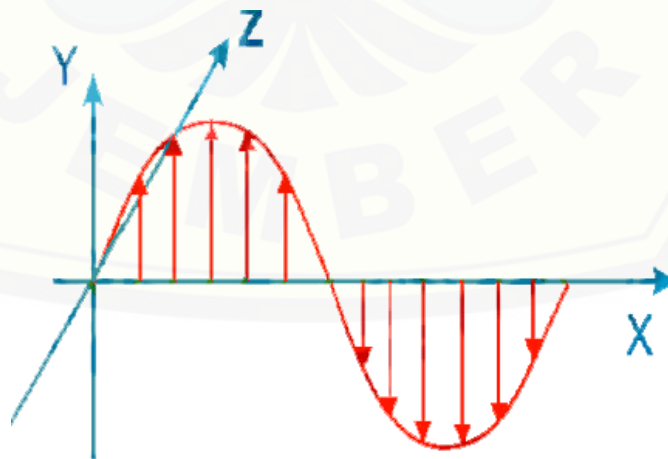


BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Polarisasi Cahaya

2.1.1 Pengertian Polarisasi

Cahaya seperti halnya semua radiasi elektromagnetik, dijelaskan oleh teori elektromagnet sebagai gelombang transversal yaitu gelombang yang memiliki vektor listrik dan vektor magnet yang keduanya saling bersilang tegak lurus satu sama lain, serta tegak lurus terhadap arah perambatannya. Pada Gambar 2.1 diperlihatkan gelombang transversal dengan satu bidang getar. Gelombang transversal mempunyai bidang getar yang sejajar sumbu Y dan merambat searah sumbu X . Cahaya yang tidak terpolarisasi memiliki arah getar ke segala arah. Cahaya dikatakan terpolarisasi jika merambat pada suatu arah getar tertentu, misalnya ke arah sumbu X saja. Arah polarisasi dari gelombang elektromagnetik biasa didefinisikan sebagai arah vektor dari medan listrik E . Cahaya yang dihasilkan oleh lampu pijar merupakan salah satu contoh dari aplikasi fisis gelombang elektromagnetik, dimana cahaya yang dihasilkan merupakan campuran acak gelombang terpolarisasi linier dalam semua arah transversal yang mungkin yaitu cahaya tak terpolarisasi atau cahaya alami (Halliday dalam Atmaji, 2014).

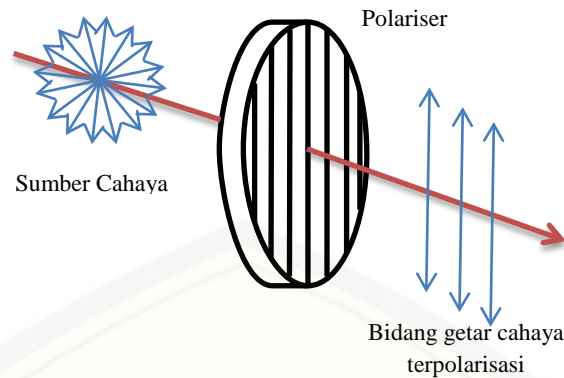


Gambar 2.1 Gelombang transversal dengan satu bidang getar (Sumber: Halliday dan Resnick dalam Ridwan, 2009)

Menurut Kristi, dkk. (2012) polarisasi merupakan pengkutuban yaitu perubahan arah getar dari cahaya yang semula acak menjadi satu arah getar. Polarisasi merupakan karakteristik dari gelombang transversal. Gelombang transversal adalah suatu gelombang yang memiliki arah getaran tegak lurus dengan arah perambatannya. Salah satu contoh gelombang transversal adalah gelombang tali. Seutas tali pada arah sumbu X kemudian digetarkan searah sumbu Y , tali tersebut membentuk gelombang transversal pada bidang ZY . Bila tali digetarkan searah sumbu Z , maka tali tersebut membentuk gelombang transversal pada bidang XZ . Bila getaran sebuah gelombang hanya searah sumbu Y , maka gelombang tersebut dikatakan terpolarisasi linier dalam arah Y . Bila getaran sebuah gelombang hanya searah sumbu Z , maka gelombang tersebut dikatakan terpolarisasi linier dalam arah Z (Kartina, 2011).

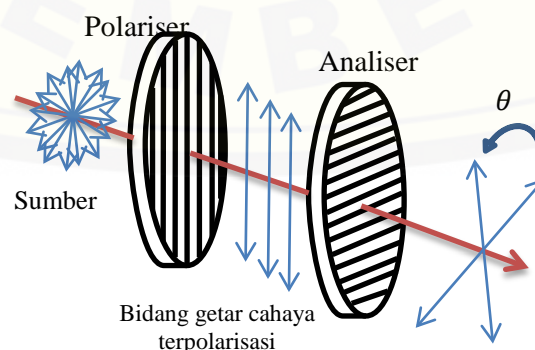
Cahaya di alam pada umumnya memiliki arah getar yang acak dan tidak terpolarisasi. Namun, cahaya tersebut dapat dibuat terpolarisasi dengan bantuan alat yaitu polarimeter. Polarimeter merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya putaran optik yang dimiliki suatu zat yang bersifat optik aktif. Di dalam polarimeter terdapat polariser dan analiser. Polariser merupakan sebuah elemen optik yang dirancang untuk menghasilkan cahaya terpolarisasi dari kondisi tertentu seperti kondisi linier, melingkar, dan lain sebagainya. Polariser dibuat dengan merancang elemen optik berdasarkan prinsip penyerapan (*absorpsi*), refraksi, dan refleksi. Selain polariser terdapat juga perangkat lain yang digunakan sebagai pengubah cahaya agar terpolarisasi yaitu analiser. Analiser merupakan polariser yang diletakkan setelah polariser. Analiser akan menerima cahaya terpolarisasi yang telah melewati polariser.

Peristiwa polarisasi cahaya merupakan suatu peristiwa penyaringan bidang getar. Bidang getar yang sejajar dengan arah sumbu optik polariser akan diteruskan dan bidang getar yang tegak lurus dengan sumbu optik polariser akan diserap (Tipler, 2001). Pada gambar 2.2 diperlihatkan peristiwa polarisasi cahaya. Bila cahaya tak terpolarisasi dilewatkan ke polariser cahaya dihasilkan cahaya polarisasi dengan satu bidang getar (Halliday dan Resnick, 1992).



Gambar 2.2 Cahaya alami dipolarisasikan dengan polariser cahaya menghasilkan cahaya terpolarisasi (Sumber: Halliday dan Resnick dalam Ridwan, 2009)

Analiser ditempatkan di depan polariser. Jika cahaya terpolarisasi dilewatkan ke analiser, maka akan dianalisa oleh analiser. Cahaya terpolarisasi dilewatkan ke analiser yang dirotasikan akan menghasilkan perubahan intensitas. Perubahan intensitas cahaya menghasilkan pola tertentu akibat adanya perubahan intensitas maksimum dan intensitas minimum yang terjadi secara berulang-ulang (Young dan Freedman, 2001). Intensitas maksimum terjadi apabila sudut yang dibentuk dari bidang getar cahaya polarisasi dengan sumbu optik yang terbaca oleh analiser sebesar 0° dan terjadi intensitas minimum bila bidang getar cahaya polarisasi dengan sumbu optik dari analiser terbentuk sudut sebesar 90° . Perubahan intensitas cahaya, dipengaruhi oleh perubahan sudut yang dibentuk antara bidang getar cahaya polarisasi dengan sumbu optik dan analiser (Rossi, 1951). Peristiwa terbentuknya sudut antara bidang getar polarisasi dengan penganalisa diperlihatkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Bidang getar cahaya polarisasi dengan sumbu analiser membentuk sudut θ (Sumber: Halliday dan Resnick dalam Ridwan, 2009)

2.1.2 Aktivitas Optik

Aktivitas optik adalah kemampuan suatu bahan tertentu untuk memutar bidang getar cahaya terpolarisasi. Suatu larutan yang terdiri bahan optik aktif dapat memutar bidang cahaya polarisasi. Terputarnya bidang cahaya polarisasi pada bahan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor tersebut yaitu konsentrasi bahan yang dilalui dan panjang sampel yang digunakan. Semakin besar konsentrasi yang digunakan untuk memperbesar terputarnya bidang cahaya polarisasi. Panjang sampel mempengaruhi terputarnya bidang cahaya polarisasi, semakin panjang tempat sampel semakin besar nilai terputarnya bidang cahaya polarisasi (Goldstein, 2003). Aktivitas optik dapat terjadi karena adanya sifat optik aktif dari suatu bahan. Sifat optik aktif yaitu kemampuan suatu bahan untuk memutar bidang cahaya terpolarisasi pada saat cahaya melewati *retarder* seperti kaca, kristal, zat cair, dan lain sebagainya.

Sifat optik aktif tersebut dapat diukur dengan menggunakan polarimeter, dimana polarimeter sendiri terdiri dari polariser dan analiser. Prinsip polarimeter sendiri menggunakan prinsip perputaran sudut optik akibat adanya cahaya yang terpolarisasi linier karena melewati bahan yang bersifat optik aktif. Sifat optik aktif disajikan dalam rotasi optik spesifik α , yang berhubungan dengan rotasi sudut, sebagaimana disajikan dalam persamaan berikut

$$\theta = \frac{\alpha}{l \cdot c} \quad (2.1)$$

dimana θ merupakan sudut rotasi dari bidang polarisasi ($^{\circ}$), α adalah sudut rotasi optik spesifik ($^{\circ}/cc$), l mewakili ketebalan dari bahan yang diuji (dm), dan c merupakan konsentrasi dari larutan (g/cc) (Cosutchi, 2007).

Tabel 2.1 dan 2.2 merupakan tabel rotasi optik spesifik dari beberapa bahan yang terdapat di alam, meliputi rotasi spesifik yang dimiliki oleh zat padat, zat cair, dan larutan.

Tabel 2.1 Rotasi optik spesifik dari zat padat dan zat cair

Bahan	Wujud Bahan	Rotasi α
HgS	Padat	+32.50 $^{\circ}/mm$
<i>Lead Hyposulfate</i>	Padat	+5.50 $^{\circ}/mm$
<i>Potassium Hyposulfate</i>	Padat	+8.40 $^{\circ}/mm$

Bahan	Wujud Bahan	Rotasi α
<i>Quartz</i>	Padat	+21.68 °/mm
NaBrO_3	Padat	+2.80 °/mm
NaClO_3	Padat	+3.13 °/mm
<i>Almy alcohol</i>	Cair	-5.70 °/dm
<i>Camphor</i>	Cair	+70.33 °/dm
<i>Menthol</i>	Cair	-49.70 °/dm
<i>Nicotine</i>	Cair	-162.00 °/dm
<i>Turpentine</i>	Cair	-37.00 °/dm

(Sumber: Guenther, 1990)

Tabel 2.2 Rotasi optik spesifik dari larutan

Subtansi	Bahan Pelarut	Rotasi α , °/dm
<i>Camphor</i>	Alkohol	+54.40
<i>Camphor</i>	Benzena	+56.00
<i>Camphor</i>	Eter	+57.00
Galaktosa	Air	+83.90
d-Glukosa (<i>dextrose</i>)	Air	+52.50
i-Glukosa	Air	-51.40
Laktosa	Air	+52.40
Maltosa	Air	+138.48
Nikotin	Air	-77
Nikotin	Benzena	-164
Sukrosa	Air	+66.412

(Sumber: Guenther, 1990)

Dari tabel 2.1 dan tabel 2.2 diatas, nilai rotasi optik yang dimiliki beberapa bahan tentunya berbeda-beda. Tanda positif (+) dan tanda negatif (-) menunjukkan sifat optik yang dimiliki beberapa bahan. Tanda positif menunjukkan sifat optik aktif yang berarti bahan tersebut dapat memutar bidang polarisasi ke arah kanan. Sedangkan tanda negatif menunjukkan sifat optik pasif yang berarti bahan tersebut dapat memutar bidang ke arah kiri. Mengacu pada nilai tersebut dapat dilihat bahwa zat padat memiliki nilai rotasi spesifik mayoritas positif yang berarti zat padat bersifat optik aktif. Berbeda dengan zat cair dan larutan yang nilai rotasi optik spesifiknya ada yang bernilai negatif yang berarti bahan tersebut memiliki sifat optik pasif.

Glukosa dan sukrosa yang terdapat dalam tabel 2.2 diatas merupakan salah satu alasan peneliti melakukan pengukuran sudut rotasi optik spesifik bahan madu cokelat menggunakan polarimeter. Karena madu memiliki komposisi glukosa dan

sukrosa yang cukup dominan sehingga memungkinkan bahwa madu memiliki sifat optik aktif.

2.2 Madu

2.2.1 Pengertian Madu

Madu adalah nektar atau eksudat gula dari tanaman yang dikumpulkan oleh lebah madu, diolah dan disimpan dalam sarang lebah *Apis Mellifera*. Komponen utama madu adalah fruktosa, glukosa, sedikit sakarosa, mineral, vitamin, dan berbagai enzim. Kandungan gizinya yang tinggi menyebabkan madu banyak dikonsumsi secara rutin baik oleh orang dewasa, anak-anak, dan juga bayi. Komposisi madu dipengaruhi oleh dua hal yaitu komposisi nektar yang dihasilkan dan berhasil dikumpulkan oleh lebah serta faktor seperti cuaca dan iklim. Selain itu banyak tidaknya bunga, derajat kematangan madu serta cara ekstraksinya juga turut mempengaruhi komposisinya (Maun, 1999).

Tabel 2.3 Hasil penetapan kadar glukosa, fruktosa, sakarosa dan sakarin dari berbagai merek madu

Sampel	Glukosa (% b/b)	Fruktosa (% b/b)	Sakarosa (% b/b)	Sakarin (% b/b)
1	31,03	32,55	Ttd	Ttd
2	25,73	18,57	7,25	Ttd
3	23,25	30,27	6,73	Ttd
4	25,96	19,62	5,56	15,55
5	15,37	20,14	8,05	23,92
6	30,54	34,67	7,02	Ttd
7	15,73	6,34	8,23	43,24
8	13,25	9,65	12,02	25,82
9	32,05	36,72	10,24	Ttd
10	15,31	22,52	7,85	Ttd
11	20,45	18,25	6,12	5,10
12	23,29	15,07	7,16	4,65
13	23,22	4,48	14,16	12,78
14	19,01	7,70	13,66	12,92
15	22,91	41,22	1,51	Ttd
16	31,70	35,30	Ttd	Ttd
17	30,55	34,68	1,44	Ttd
18	27,55	29,45	12,43	26,93
19	13,57	0,107	0,39	Ttd
20	25,13	25,59	20,81	12,49

Keterangan : ttd = tidak terdeteksi
(sumber: Maun, 1999).

Tabel 2.3 memperlihatkan bahwa kadar yang paling menonjol adalah fruktosa dan glukosa, kadar keduanya mencapai 85 - 95 % dari total karbohidrat pada madu. Selain karbohidrat, madu juga mengandung mineral seperti fosfor, kalium, natrium Fe, kalsium, dan berbagai *trace* mineral seperti sulfur, magnesium, mangan, silika dan tembaga. Kadar fruktosa dan glukosa yang tinggi tersebut merupakan salah satu unsur yang menyebabkan madu memiliki sifat optik aktif.

2.2.2 Manfaat Madu

Menurut Maun, dkk. (1999) madu merupakan makanan alami yang bernilai gizi tinggi sehingga disebut sebagai *natural healthy food*. Selain memiliki nilai gizi yang tinggi, madu juga merupakan salah satu sumber antioksidan. Konsumsi madu secara rutin dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dalam tubuh, baik pada manusia maupun hewan. Selain antioksidan madu juga memiliki aktivitas farmakologis lain, seperti antibakteri, antimutagenik dan antitumor, antiinflamasi, penurun kadar kolesterol, dan vasodilator. Aktivitas antioksidan madu bervariasi, tergantung pada sumber bunganya. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui kandungan fenolat dan aktivitas antioksidan dalam madu, tetapi kebanyakan penelitian masih dilakukan di luar negeri, sehingga komposisi dan kandungan dari madu jelas berbeda dengan madu Indonesia. Hal tersebut dikarenakan beberapa faktor seperti jenis bunga, kondisi cuaca dan iklim yang berbeda antara di Indonesia dan luar negeri. Sampai saat ini, penelitian mengenai kandungan antioksidan dalam madu di Indonesia masih sedikit. Beberapa jenis madu yang pernah diteliti di Indonesia diantaranya madu kelengkeng dan madu randu (Chayati, 2014).

Madu yang dihasilkan di beberapa negara memiliki kandungan kadar air yang berbeda. Madu yang dihasilkan di negara-negara Asia yang memiliki hutan tropis seperti Indonesia, Malaysia, Thailand, Filipina, dan Vietnam mempunyai kadar air yang cenderung tinggi. Akibatnya, madu itu mudah berbusa, cepat berubah warna, dan mudah berubah aroma. Sedangkan madu yang dihasilkan di negara-negara Eropa yang memiliki hutan sub-tropis mempunyai kadar air yang

cenderung rendah. Berdasarkan pengalaman konsumen, madu mempunyai beraneka rasa, aroma, khasiat dan manfaat, sesuai jenis nektar yang dihisap oleh lebah madu itu sendiri. Madu di pasar Indonesia, mempunyai nama berdasarkan nektar yang dihisap oleh lebah, misalnya madu bunga rambutan, madu bunga kelengkeng, madu bunga kopi, madu bunga kaliandra, dan lain-lain (Faisal, 2015).

2.3 Laser HeNe

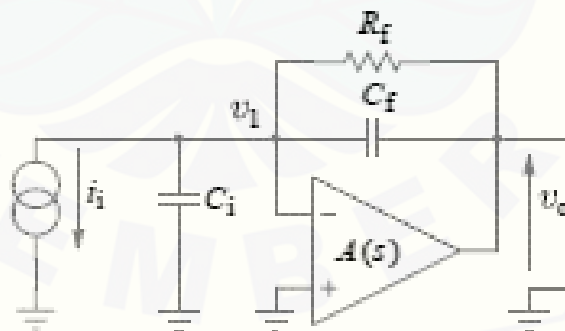
Laser pertama kali ditemukan oleh Theodore Maiman Pada tahun 1960. Kata laser merupakan singkatan dari *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, yang artinya penguatan intensitas cahaya oleh pancaran terangsang. Laser merupakan sumber cahaya koheren yang monokromatik dan amat lurus. Cara kerjanya mencakup optika dan elektronika. Para ilmuwan biasa menggolongkannya dalam bidang elektronika kuantum (Pikatan, 1991). Menurut Handayani (2014), laser HeNe merupakan jenis laser gas yang ditimbulkan oleh molekul dan atom netral. Laser ini dapat beresilasi pada panjang gelombang $0,633 \mu\text{m}$, $1,15 \mu\text{m}$ (laser gas yang pertama kali beresilasi), dan $3,39 \mu\text{m}$. Laser HeNe termasuk jenis laser yang dipompa secara elektris, yaitu sistem laser yang dipompa dengan lucutan listrik di antara dua buah elektroda. Sistemnya terdiri dari satu atau lebih jenis gas. Atom-atom gas itu mengalami tumbukan dengan elektron-elektron lucutan sehingga memperoleh tambahan energi untuk bereksitasi.

Laser HeNe merupakan laser gas yang paling populer dibandingkan dengan laser jenis gas yang lainnya. Laser ini banyak digunakan sebagai peralatan laboratorium dan pembaca harga (*barcode*) di pasar swalayan. Laser HeNe dihasilkan dengan spektrum tampak berwarna merah dengan panjang gelombang sebesar 6328 \AA . Laser HeNe pertama kali diciptakan oleh Javan dkk, dari *Bell Laboratories* pada tahun 1961. Sistem laser ini berbentuk tabung gas silindris dengan panjang 1 m dan diameter 17 mm. Kedua ujung tabung ditutup oleh dua cermin pantul yang sejajar, disebut cermin Fabry - Perot, sehingga tabung gas ini sekaligus berfungsi sebagai rongga resonansi optiknya. Dua buah elektroda dipasang di dekat ujung-ujungnya dan dihubungkan dengan sumber tegangan

tinggi untuk menimbulkan lucutan dalam tabung. Tekanan He dan Ne dalam tabung adalah sekitar 1 torr dan 0,1 torr, dengan kata lain atom He kira-kira 10 kali lebih banyak dibandingkan dengan atom Ne. Cacah He yang lebih banyak ini mampu mempertahankan inversi populasi secara terus menerus, sehingga laser yang dihasilkan juga bersifat kontinu, tidak terputus-putus sebagai pulsa seperti pada laser ruby. Sifat kontinu ini merupakan keunggulan laser gas dibanding laser ruby. Laser yang kontinu amat berguna untuk transmisi pembicaraan dalam komunikasi, musik atau gambar-gambar televisi. Efisiensi laser He-Ne ini juga rendah, hanya sekitar 1 %, keluaran lasernya hanya berorde miliwatt. Sedangkan laser CO_2 dapat menghasilkan laser kontinu berdaya beberapa kilowatt dengan efisiensi lebih tinggi (Pikatan, 1991).

2.4 Transimpedance Amplifier

Transimpedance Amplifier (TIA) merupakan sebuah *converter* arus menjadi tegangan. Pada Gambar 2.4 merupakan komponen penyusun TIA yang terdiri dari sebuah penguat pembalik yang menerima sinyal dari sumber impedansi yang tinggi seperti foto diode atau detektor semikonduktor untuk partikel radiasi dan mengubahnya menjadi tegangan *out put*.

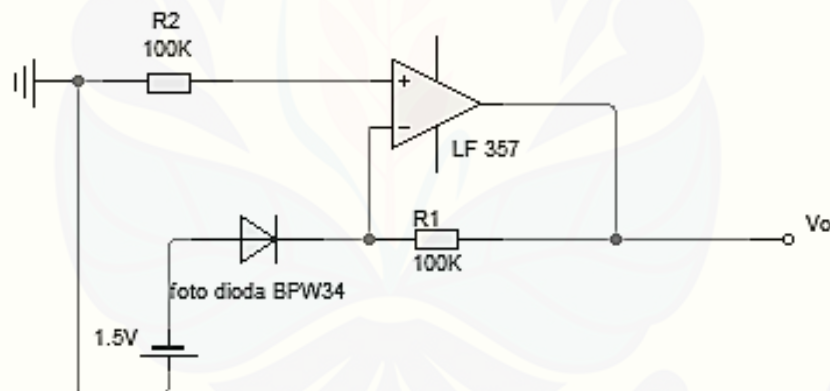


Gambar 2.4 Skema umum *transimpedance amplifier* (sumber: *Transimpedance amplifier analysis*, 2007)

Transimpedansi pada sumber DC dan frekuensi rendah adalah $v_o/i_i = R_f$. Namun, sumber signal impedansi yang tinggi juga tidak dapat diabaikan karena memiliki nilai kapasitansi C_i , yang menghalangi jalannya arus bolak balik dalam *amplifier* saat frekuensi tinggi. Oleh karena itu, arus bolak balik harus distabilkan

terlebih dahulu dengan menambahkan kapasitansi C_f dengan nilai yang disesuaikan. Dengan adanya C_f dan karena keterbatasan *amplifier* sendiri, maka respon dari sistem akan berkurang pada frekuensi yang tinggi (Margan, 2007).

Rangkaian TIA dapat digunakan sebagai salah satu detektor intensitas cahaya. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menambahkan komponen fotodiode. Fotodiode digunakan sebagai perubahan besaran optik (intensitas cahaya) menjadi besaran arus. Pada penelitian ini, digunakan sebuah PIN fotodiode BPW 34. Fotodiode tersebut dikombinasikan dengan menggunakan IC op-amp LF 357 pada rangkaian TIA. IC op-amp LF 357 memiliki impedansi masukan yang tinggi yaitu sebesar $Z_{in} = 10^{12} \Omega$ dengan tegangan bias 9 Volt. Rangkaian tersebut dibuat seperti pada Gambar 2.5. Tegangan V_o keluaran yang dihasilkan merupakan perkalian antara kuat arus yang dihasilkan dan tahanan R_1 . Keluaran dari rangkaian TIA (V_o) dapat dilihat menggunakan voltmeter.

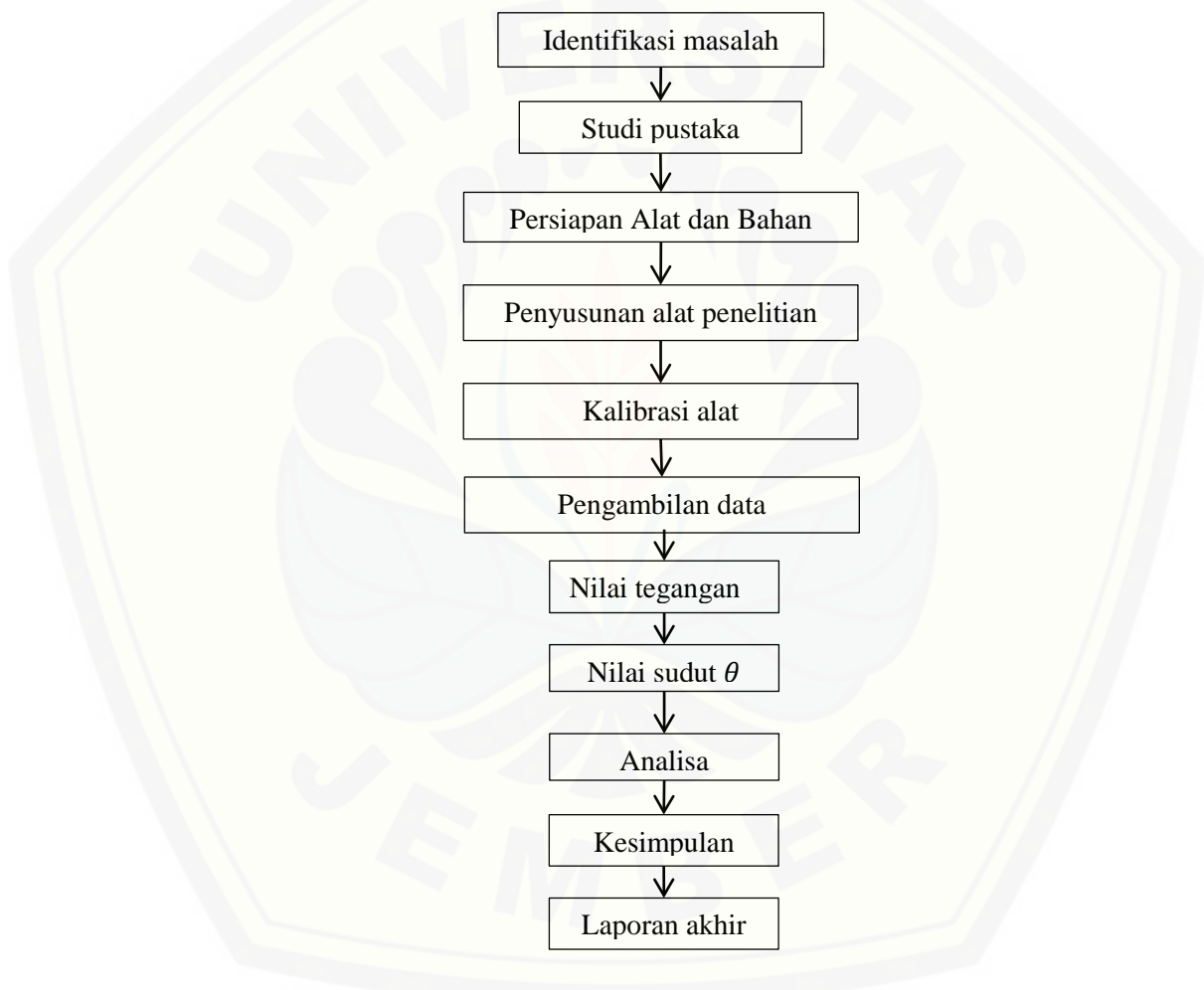


Gambar 2.5 Rangkaian *transimpedance amplifier* (sumber: *Transimpedance amplifier analysis*, 2007)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian merupakan hal-hal yang dilakukan peneliti secara menyeluruh dalam penelitian. Rancangan penelitian terstruktur sebagaimana skema pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Rancangan penelitian

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian yaitu mengidentifikasi masalah yang diteliti terkait dengan sudut rotasi optik spesifik yang dimiliki oleh madu. Perumusan masalah tersebut didasarkan pada studi literatur dan hasil-hasil

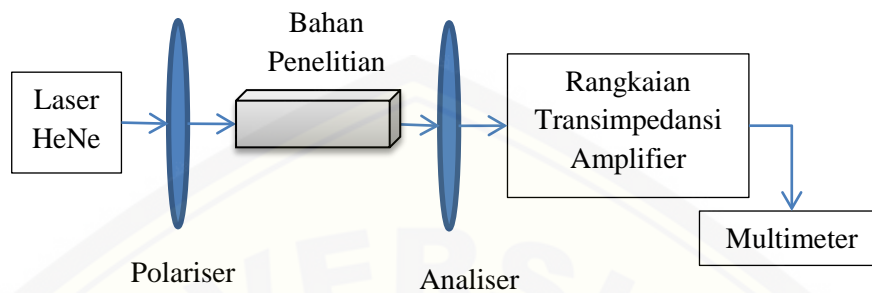
penelitian terdahulu. Penelitian dilakukan dengan menggunakan polarimeter. Polarimeter terdiri dari beberapa alat yaitu polariser, analiser, sumber laser HeNe, dan wadah sampel (Gambar 3.2). Wadah sampel yang digunakan berdimensi 20 cm x 0,7 cm x 1 cm (Gambar 3.3). Selain itu, terdapat suatu rangkaian *transimpedance amplifier* (Gambar 3.4) yang merupakan rangkaian pengkonversi intensitas ke tegangan. Rangkaian tersebut menggunakan IC LF357 sebagai op-amp dengan pin fotodiode BPW 34 sebagai penerima sumber cahaya yang dikonversi ke tegangan.

Sampel dalam penelitian ini adalah madu. Terdapat empat jenis madu yang berbeda, yaitu madu A, madu B, madu C, dan madu D. Madu tersebut dilarutkan dalam aquades sehingga larutan ini bersifat optik aktif. Madu ditimbang dengan massa mulai dari 0,5 gram, 1,00 gram, 1,5 gram, dan seterusnya. Kemudian madu yang telah ditimbang dimasukkan dalam gelas ukur, ditambah dengan aquades sampai volume total 100 cc sehingga dapat diketahui konsentrasi dari larutan. Konsentrasi larutan diperoleh dari banyaknya madu yang terlarut dalam 100 cc larutan, dalam artian besarnya konsentrasi sama dengan banyaknya massa madu dibagi dengan 100 cc volume total larutan. Larutan ini dimasukkan dalam wadah sampel dengan panjang 20 cm.

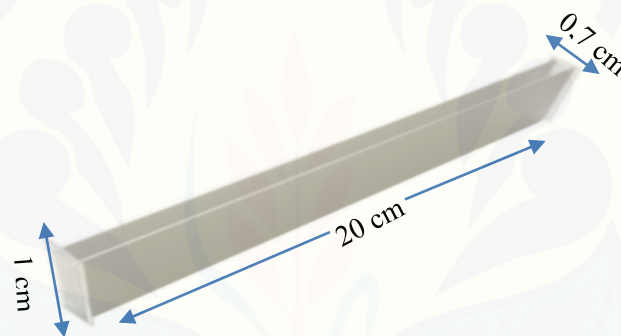
Setelah alat tersusun maka dilakukan pengkalibrasian alat untuk mengetahui keakuratan alat yang digunakan. Kalibrasi dilakukan untuk menentukan besarnya intensitas laser HeNe dengan memasang polariser, wadah sampel (tanpa aquades), dan analiser diperoleh nilai tegangan sebesar 1,43 volt. Setelah itu mengukur tegangan keluaran dengan mengisi wadah sampel dengan aquades. Hasilnya diperoleh nilai tegangan sebesar 1,43 volt dengan memutar analiser sebesar 15° dan mencatatnya sebagai V_0 . Langkah selanjutnya yaitu melakukan pengukuran tegangan keluaran dari larutan glukosa. Pengambilan nilai tegangan dari glukosa ini digunakan sebagai data pembandingan antara nilai sudut rotasi optik spesifik glukosa secara perhitungan dari penelitian dengan data teori yang sudah ada.

Data yang diperoleh nantinya diolah dan dianalisa, kemudian dibahas dan dikaji untuk menjawab rumusan masalah. Langkah terakhir yang dilakukan yaitu penarikan kesimpulan dari permasalahan yang telah ditentukan. Rangkaian

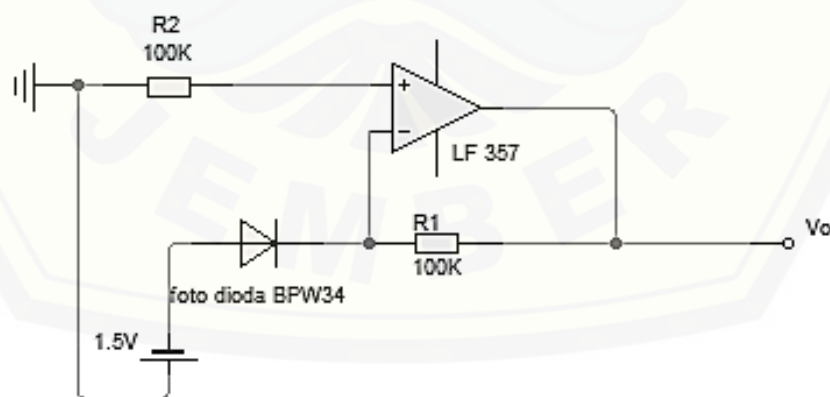
penelitian tersebut selanjutnya dikemas secara sistematis dalam bentuk karya ilmiah tertulis dan dapat dipertanggungjawabkan dalam bentuk laporan tugas akhir.



Gambar 3.2 Desain alat untuk pengukuran rotasi optik spesifik madu



Gambar 3.3 Wadah sampel



Gambar 3.4 Rangkaian *transimpedance amplifier*

3.2 Jenis dan Sumber Data

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental dan diperoleh jenis data kuantitatif. Data kuantitatif merupakan jenis data yang dapat

diukur atau dihitung secara langsung dan dinyatakan dalam bentuk bilangan atau angka. Data kuantitatif yang diperoleh berupa nilai sudut putar bidang polarisasi yang diperoleh dengan metode pengambilan data secara manual, nilai tegangan yang diperoleh dengan metode pengambilan data menggunakan rangkaian *transimpedance amplifier* dan nilai sudut rotasi optik spesifik yang diperoleh dari perhitungan. Data tersebut diperoleh dari pengambilan data dalam eksperimen yang dilakukan oleh peneliti, sehingga data tersebut tergolong dalam data primer.

3.3 Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukuran

Untuk menghindari adanya perbedaan persepsi atau pemahaman yang kurang tepat, maka dilakukan pendiskripsian variabel. Terdapat 3 variabel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol.

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu nilai konsentrasi (c) dari larutan madu. Konsentrasi dihitung berdasarkan massa (m) dari madu yang ditambah aquades sampai volume 100 cc. Dalam penelitian ini digunakan variasi massa bahan dengan kelipatan 0,5 gram.

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu besarnya nilai tegangan (V) yang diukur dalam penelitian, besarnya nilai sudut putar bidang polarisasi (θ) dan besarnya nilai sudut rotasi optik spesifik (α) yang diperoleh dari perhitungan.

3.3.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Panjang lintasan (l) atau panjang dari wadah sampel yaitu sebesar 20 cm.
- b. Suhu dan kelembaman, dalam penelitian suhu dan kelembaman yang digunakan mengikuti suhu dan kelembaman pada ruang Laboratorium Fisika Modern Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember.
- c. Intensitas (I) awal dari sumber cahaya yang digunakan yang dinyatakan dalam tegangan yaitu sebesar 1,43 V.
- d. Panjang gelombang (λ) dari laser HeNe yaitu sebesar 638,2 nm.

3.4 Metode Analisis Data

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengambilan data untuk penentuan nilai sudut rotasi optik spesifik madu lokal di Indonesia menggunakan polarimeter maka perlu dilakukan pengolahan data dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I = I_0 \cos^2 \theta \quad 3.1$$

Setelah dilakukannya observasi dengan menggunakan larutan aquades dapat diketahui bahwa ketika intensitas cahaya (I) yang dihasilkan maksimum maka nilai tegangan (V) yang dihasilkan juga maksimum, sehingga dapat diasumsikan bahwa $I \approx V$, sehingga

$$V = V_0 \cos^2 \theta \quad 3.2$$

$$\theta = \arccos \sqrt{\frac{V}{V_0}} \quad 3.3$$

Setelah nilai θ diperoleh, maka sudut rotasi optik spesifik dapat ditentukan melalui persamaan:

$$\theta = \frac{\alpha}{l \cdot c} \quad 3.4$$

$$\alpha = \theta \cdot l \cdot c \quad 3.5$$

Keterangan:

θ = sudut putar bidang polarisasi ($^\circ$)

α = sudut rotasi optik spesifik ($^\circ$)

l = panjang lintasan atau wadah sampel (dm)

c = konsentrasi larutan atau sampel (g/cc)

I = Intensitas dari larutan aquades (Cd)

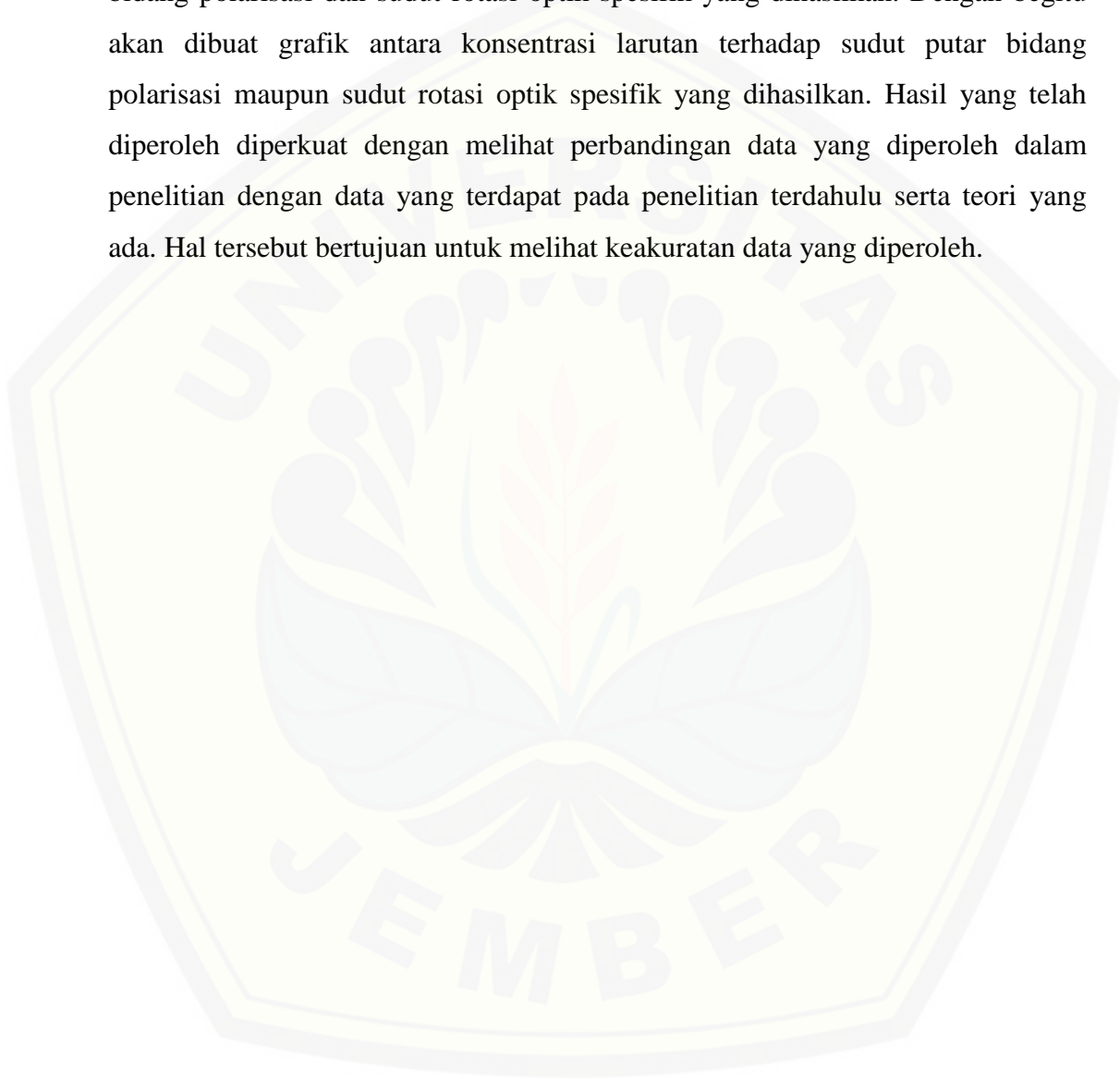
I_0 = Intensitas dari larutan madu (Cd)

V = tegangan keluaran dari larutan aquades (V)

V_0 = tegangan keluaran dari larutan madu (V)

Pengambilan data dilakukan sebanyak lima kali pengulangan untuk setiap variasi konsentrasi madu. Analisa data dilakukan dengan mengamati hubungan antara variasi konsentrasi bahan dengan besarnya sudut putar bidang polarisasi θ ,

dan hubungan antara konsentrasi dengan besarnya sudut rotasi optik spesifik α . Berdasarkan analisa data tersebut nantinya akan dapat diketahui besarnya nilai sudut rotasi optik spesifik dari beberapa madu yang dijadikan sampel dan pengaruh perubahan konsentrasi larutan yang digunakan terhadap sudut putar bidang polarisasi dan sudut rotasi optik spesifik yang dihasilkan. Dengan begitu akan dibuat grafik antara konsentrasi larutan terhadap sudut putar bidang polarisasi maupun sudut rotasi optik spesifik yang dihasilkan. Hasil yang telah diperoleh diperkuat dengan melihat perbandingan data yang diperoleh dalam penelitian dengan data yang terdapat pada penelitian terdahulu serta teori yang ada. Hal tersebut bertujuan untuk melihat keakuratan data yang diperoleh.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah menganalisa hasil yang diperoleh dalam penelitian dapat diambil sebuah kesimpulan bahwa:

- a. Makin besar konsentrasi madu menghasilkan sudut putar bidang polarisasi yang makin besar juga, sehingga hubungan kedua besaran tersebut berbanding lurus. Hal tersebut dibuktikan dengan kelinieran data rata-rata diatas 90%. Dengan data paling linier terletak pada madu C dengan kelinieran mencapai 97,76% dan untuk kelinieran terendah terletak pada madu A yaitu sebesar 91,21%. Sedangkan untuk madu B dan madu D masing-masing sebesar 95,43% dan 93,07%.
- b. Makin besar konsentrasi madu menghasilkan sudut rotasi optik spesifik yang makin besar juga, sehingga menghasilkan sebuah hubungan yang linier dengan kelinieran data rata-rata mencapai diatas 90%. Dengan data paling linier terletak pada madu C dengan kelinieran mencapai 97,21% dan untuk kelinieran terendah terletak pada madu A yaitu sebesar 92,42%. Sedangkan untuk madu B dan madu D masing-masing sebesar 96,11% dan 96,3%.

5.2 Saran

Untuk kedepannya diharapkan dapat dilakukan penelitian lebih lanjut agar dapat mengetahui kandungan apa saja yang dimiliki oleh madu dengan memanfaatkan sifat optik aktif yang dimiliki oleh madu. Karakteristik madu seperti kekentalan, masa jenis, warna dan sebagainya perlu diukur terlebih dahulu. Perhatikan juga kondisi atau perubahan dari intensitas laser HeNe dalam kondisi stabil agar hasil yang diperoleh bisa maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmajati, E.D. 2014. Pengukuran Rotasi Optik Spesifik Larutan Galaktosa, Fruktosa, dan Laktosa. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Sanata Darma.
- Bagus, R. dan Tasripan. 2016. Alat Uji Kualitas Madu Menggunakan Polarimeter dan Sensor Warna. *Jurnal Teknik ITS* 5(1): 2337-3539
- Chayati dan Miladiyah. 2014. Kandungan Komponen Fenolat, Kadar Fenolat Total, dan Aktivitas Antioksidan Madu dari Beberapa Daerah di Jawa dan Sumatera. *MGMI* 6(1): 11-24.
- Cosutchi dan Dorohoi. 2007. *The Specific Rotation Dependence On Wavelength For Optically Active Polymers*. Romania: Faculty of Physics Al. I. Cuza University.
- Diana, N. 2006. *Ppg Transimpedance Amplifier Circuit*. Malaysia: Faculty of Electronic and Computer Engineering Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia.
- Dimins, K. dan Cakste. 2008. Content of Carbohydrates and Spesific Rotation of Honey. *Foodbalt*.121-125.
- Faisal, M.S. 2015. *Madu dan Khasiatnya Suplemen Sehat Tanpa Efek Samping*. Yogyakarta: Penerbit Diandra Pustaka Indonesia (kelompok Penerbit Diandra).
- Goldstein, D. 2003. *Polarized Light Second Edition, Resived and Expanded*. New York: Marcel Dekker, inc.
- Gorda IW, I.G.Soma, dan Dharmayudha. 2011. *The Influence of honey in the incision wound recovery in mice (mus musculus)*. Jakarta: Asosiasi Farmakologi dan Farmasi Veteriner Indonesia.
- Guenther, R.D. 1990. *Modern Optics*.United States of America: Duke University.
- Halliday, D dan R.Resnick. 1984. *Fisika Jilid 2*. Jakarta : Erlanga.
- Handayani. 2014. Analisis pola interferensi celah banyak untuk menentukan panjang gelombang laser HeNe dan laser diode. *Jurnal fisika* 4(1).
- Kartina, T. 2011. *Polarisasi Cahaya*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Kraftmakher, Y. 2009. Measurement of Small Optical Polarization Rotations. *Eur. J. Phys* 30(1): 271-276.

- Kristi, H. dan Yuniati. 2012. *Pengaruh Kualitas Vco (Virgin Coconut Oil) Terhadap Nilai Konstanta Kerr dan Perubahan Sudut Polarisasi Cahaya*. Yogyakarta: Pusat Teknologi Akselerator Dan Proses Bahan – Batan.
- Margan, E. 2007. *Transimpedance Amplifier*. [serial online] www-f9.ijs.si/~margan/Articles/trans_z_amplifier.pdf [17 September 2016]
- Maun, S. 1999. Pemalsuan Madu dengan Sakarosa. *Jurnal Kedokteran Trisakti* 18(1).
- Nugroho, R. 2009. Pengukuran Aktivitas Optik pada Larutan Gula. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Sanata Darma.
- Pikatan, S. 1991. Laser. *Kristal*. 1-11. 4 juni 1991. Seminar intern FT. Ubayana.
- Rossi, B. 1957. *Optic*. Tokyo: Japan Publication Trading Company.
- Texas Instruments. 2015. *LFx5x JFET Input Operational*. [serial online] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lf357.pdf> [28 Agustus 2016].
- Tipler, P. A. 1991. *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 2 Edisi Ketiga*. Alih Bahasa oleh Bambang Soegijono. 2001. Jakarta: Erlangga.
- Vishay. 2011. *Silicon PIN Photodiode*. [serial online] <http://www.vishay.com/docs/81521/bpw34.pdf> [1 September 2016].
- Young, F, Sandin, dan Ford. 2003. *Sears dan Zemansky Fisika Universitas Edisi Sepuluh*. Jakarta: Erlangga.
- Yusanti, W. 2011. Perubahan Sudut Polarisasi Cahaya terhadap Variasi Medan listrik pada Madu. *Skripsi*. Semarang: Universitas Diponegoro.

LAMPIRAN

Lampiran A. Tabel hasil pengukuran

A.1 Data hasil pengukuran pada larutan glukosa

$l = 2 \text{ dm}$ (panjang wadah sampel)

% glukosa (gram)	C	V nol (aquades)					V nol rata-rata	V (20 gram glukosa)					V rata-rata	cos θ	θ	α	α teori
		V1	V2	V3	V4	V5		V1	V2	V3	V4	V5					
20,00	0,2	1,44	1,43	1,42	1,44	1,42	1,43	0,24	0,25	0,26	0,23	0,25	0,246	0,41	65,50	52,40	52,50
2,5	0,025	1,44	1,43	1,42	1,44	1,42	1,43	0,03	0,02	0,04	0,03	0,02	0,028	0,14	81,96	8,20	
7	0,07	1,44	1,43	1,42	1,44	1,42	1,43	0,07	0,09	0,80	0,07	0,08	0,222	0,39	66,80	18,70	
9,5	0,095	1,44	1,43	1,42	1,44	1,42	1,43	0,12	0,13	0,11	0,10	0,12	0,116	0,28	73,45	27,91	
11	0,11	1,44	1,43	1,42	1,44	1,42	1,43	0,14	0,13	0,14	0,16	0,13	0,140	0,31	71,77	31,58	

A.2 Data hasil pengukuran pada larutan madu A

$l = 2 \text{ dm}$ (panjang wadah sampel)

Massa (gram)	C (gram/cc)	V (volt)					V rata-rata (volt)	(ΔV) (volt)	cos θ ($^\circ$)	Θ ($^\circ$)	$(\Delta \theta)$ ($^\circ$)	α ($^\circ$ cc/g dm)	$(\Delta \alpha)$ ($^\circ$ cc/g dm)
		V1	V2	V3	V4	V5							
0,50	0,005	1,29	1,27	1,26	1,28	1,27	1,274	0,006	0,944	19,286	0,368	0,386	0,007
1,00	0,010	1,25	1,26	1,24	1,26	1,24	1,250	0,005	0,935	20,780	0,302	0,833	0,012
1,50	0,015	1,24	1,24	1,25	1,22	1,23	1,236	0,006	0,930	21,612	0,333	1,299	0,020
2,00	0,020	1,21	1,22	1,21	1,23	1,22	1,218	0,004	0,923	22,646	0,237	1,815	0,019
2,50	0,025	1,19	1,21	1,18	1,20	1,21	1,198	0,007	0,915	23,753	0,353	2,380	0,035
3,00	0,030	1,18	1,19	1,20	1,20	1,19	1,192	0,004	0,913	24,077	0,225	2,895	0,027
3,50	0,035	1,09	1,11	1,09	1,10	1,11	1,100	0,005	0,877	28,711	0,238	4,027	0,033
4,00	0,040	0,84	0,80	0,82	0,83	0,81	0,820	0,008	0,757	40,778	0,320	6,537	0,051
4,50	0,045	0,64	0,60	0,62	0,59	0,63	0,616	0,010	0,656	48,979	0,420	8,834	0,076
5,00	0,050	0,34	0,32	0,35	0,33	0,34	0,336	0,006	0,485	61,005	0,270	12,225	0,054
5,50	0,055	0,20	0,18	0,19	0,17	0,20	0,188	0,007	0,363	68,741	0,389	15,153	0,086
6,00	0,060	0,17	0,15	0,19	0,16	0,14	0,162	0,010	0,337	70,331	0,604	16,913	0,145

Massa (gram)	C (gram/cc)	V (volt)					V rata-rata (volt)	(ΔV) (volt)	$\cos \theta$ (°)	Θ (°)	$(\Delta \theta)$ (°)	α (°cc/g dm)	$(\Delta \alpha)$ (°cc/g dm)
		V1	V2	V3	V4	V5							
6,50	0,065	0,11	0,13	0,11	0,14	0,12	0,122	0,007	0,292	73,017	0,465	19,022	0,121
7,00	0,070	0,10	0,11	0,09	0,08	0,09	0,094	0,006	0,256	75,144	0,459	21,082	0,129

A.3 Data hasil pengukuran pada larutan madu B

$l = 2 \text{ dm}$ (panjang wadah sampel)

Massa (gram)	C (gram/cc)	V (volt)					V rata-rata (volt)	(ΔV) (volt)	$\cos \theta$ (°)	Θ (°)	$(\Delta \theta)$ (°)	α (°cc/g dm)	$(\Delta \alpha)$ (°cc/g dm)
		V1	V2	V3	V4	V5							
0,50	0,005	1,02	1	1,01	0,98	1,02	1,006	0,008	0,839	32,992	0,366	0,661	0,004
1,00	0,010	0,99	0,97	0,99	0,98	0,98	0,982	0,004	0,829	34,036	0,181	1,364	0,004
1,50	0,015	0,94	0,95	0,94	0,96	0,97	0,952	0,007	0,816	35,321	0,277	2,123	0,008
2,00	0,020	0,95	0,93	0,93	0,94	0,93	0,936	0,004	0,809	35,998	0,189	2,886	0,008
2,50	0,025	0,9	0,92	0,91	0,9	0,92	0,910	0,005	0,798	37,087	0,208	3,716	0,010
3,00	0,030	0,87	0,89	0,9	0,87	0,89	0,884	0,007	0,786	38,164	0,277	4,589	0,017
3,50	0,035	0,81	0,85	0,87	0,8	0,84	0,834	0,014	0,764	40,210	0,585	5,640	0,041
4,00	0,040	0,86	0,83	0,79	0,81	0,82	0,822	0,013	0,758	40,697	0,525	6,524	0,042
4,50	0,045	0,77	0,79	0,76	0,81	0,76	0,778	0,011	0,738	42,473	0,436	7,660	0,039
5,00	0,050	0,74	0,76	0,74	0,75	0,74	0,746	0,004	0,722	43,758	0,179	8,769	0,018
5,50	0,055	0,72	0,7	0,74	0,73	0,72	0,722	0,007	0,711	44,720	0,297	9,858	0,033
6,00	0,060	0,68	0,7	0,69	0,71	0,68	0,692	0,007	0,696	45,922	0,261	11,043	0,031
6,50	0,065	0,46	0,44	0,45	0,46	0,43	0,448	0,007	0,560	55,964	0,282	14,579	0,037
7,00	0,070	0,35	0,34	0,3	0,34	0,36	0,338	0,011	0,486	60,911	0,544	17,089	0,076
7,50	0,075	0,3	0,32	0,3	0,33	0,31	0,312	0,007	0,467	62,154	0,316	18,683	0,047
8,00	0,080	0,26	0,28	0,25	0,29	0,28	0,272	0,008	0,436	64,143	0,421	20,566	0,067
8,50	0,085	0,21	0,25	0,22	0,23	0,22	0,226	0,008	0,398	66,575	0,413	22,680	0,070
9,00	0,090	0,2	0,18	0,18	0,22	0,18	0,192	0,009	0,366	68,505	0,519	24,710	0,093
9,50	0,095	0,15	0,13	0,16	0,12	0,13	0,138	0,008	0,311	71,902	0,554	27,377	0,105
10,00	0,100	0,1	0,14	0,12	0,13	0,1	0,118	0,009	0,287	73,306	0,653	29,380	0,131
10,50	0,105	0,11	0,09	0,08	0,09	0,1	0,094	0,006	0,256	75,144	0,459	31,623	0,096
11,00	0,110	0,06	0,09	0,05	0,06	0,07	0,066	0,008	0,215	77,594	0,706	34,209	0,155

A.4 Data hasil pengukuran pada larutan madu C

$l = 2 \text{ dm}$ (panjang wadah sampel)

Massa (gram)	C (gram/cc)	V (volt)					V rata-rata (volt)	(ΔV) (volt)	$\cos \theta$ (°)	Θ (°)	$(\Delta \theta)$ (°)	α (°cc/g dm)	$(\Delta \alpha)$ (°cc/g dm)
		V1	V2	V3	V4	V5							
0,50	0,005	1,25	1,22	1,26	1,25	1,24	1,244	0,008	0,933	21,140	0,447	0,424	0,004
1,00	0,010	1,23	1,22	1,24	1,23	1,24	1,232	0,004	0,928	21,845	0,242	0,876	0,005
1,50	0,015	1,19	1,21	1,2	1,2	1,21	1,202	0,004	0,917	23,534	0,228	1,415	0,007
2,00	0,020	1,19	1,21	1,19	1,21	1,20	1,200	0,005	0,916	23,644	0,273	1,895	0,011
2,50	0,025	1,04	1,02	1,03	1,04	1,04	1,034	0,004	0,850	31,751	0,200	3,181	0,010
3,00	0,030	0,99	1	1,01	0,98	0,99	0,994	0,006	0,834	33,516	0,248	4,030	0,015
3,50	0,035	0,93	0,94	0,93	0,92	0,95	0,934	0,006	0,808	36,082	0,240	5,061	0,017
4,00	0,040	0,9	0,89	0,91	0,88	0,89	0,894	0,006	0,791	37,751	0,236	6,052	0,019
4,50	0,045	0,6	0,63	0,59	0,61	0,59	0,604	0,008	0,650	49,465	0,339	8,921	0,031
5,00	0,050	0,58	0,6	0,57	0,59	0,6	0,588	0,007	0,641	50,116	0,266	10,043	0,027
5,50	0,055	0,56	0,53	0,55	0,53	0,53	0,540	0,007	0,615	52,084	0,292	11,481	0,032
6,00	0,060	0,46	0,49	0,48	0,45	0,48	0,472	0,008	0,575	54,934	0,351	13,210	0,042
6,50	0,065	0,33	0,36	0,34	0,32	0,34	0,338	0,007	0,486	60,911	0,349	15,868	0,045
7,00	0,070	0,26	0,25	0,27	0,23	0,25	0,252	0,007	0,420	65,179	0,392	18,286	0,055
7,50	0,075	0,23	0,21	0,24	0,23	0,22	0,226	0,006	0,398	66,575	0,314	20,012	0,047
8,00	0,080	0,2	0,18	0,21	0,19	0,2	0,196	0,006	0,370	68,271	0,333	21,890	0,053
8,50	0,085	0,19	0,17	0,2	0,18	0,17	0,182	0,007	0,357	69,099	0,390	23,540	0,066
9,00	0,090	0,14	0,16	0,13	0,14	0,15	0,144	0,006	0,317	71,498	0,378	25,790	0,068
9,50	0,095	0,11	0,12	0,14	0,11	0,12	0,120	0,006	0,290	73,161	0,435	27,856	0,083

A.5 Data hasil pengukuran pada larutan madu D

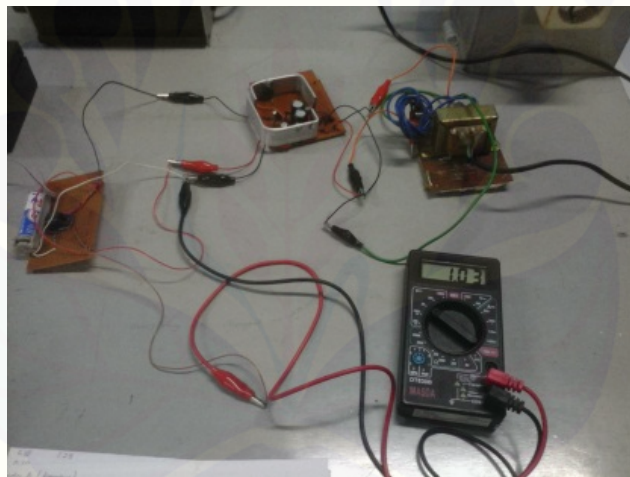
$l = 2 \text{ dm}$ (panjang wadah sampel)

Massa (gram)	C (gram/cc)	V (volt)					V rata-rata (volt)	(ΔV) (volt)	$\cos \theta$ (°)	Θ (°)	$(\Delta \theta)$ (°)	α (°cc/g dm)	$(\Delta \alpha)$ (°cc/g dm)
		V1	V2	V3	V4	V5							
0,50	0,005	0,78	0,8	0,79	0,82	0,84	0,806	0,012	0,751	41,344	0,487	0,829	0,010
1,00	0,010	0,62	0,64	0,59	0,61	0,64	0,620	0,011	0,658	48,818	0,429	1,957	0,017
1,50	0,015	0,58	0,54	0,52	0,56	0,54	0,548	0,011	0,619	51,754	0,470	3,111	0,028
2,00	0,020	0,38	0,42	0,37	0,45	0,36	0,396	0,019	0,526	58,249	0,842	4,669	0,067
2,50	0,025	0,14	0,14	0,12	0,09	0,13	0,124	0,010	0,294	72,874	0,768	7,302	0,077

Lampiran B. Foto Penelitian



(1) Perangkat Polarimeter



(2) Rangkaian tranimpedansi amplifier dan voltmeter



(3) Proses pengukuran massa bahan



(4) Pencampuran bahan dengan aquades



(5) Persiapan pengambilan data



(6) Pengambilan data