



**PENENTUAN KADAR GULA MELALUI PENGUKURAN
SUDUT DEVIASI MENGGUNAKAN WADAH
PRISMA DAN ALAT BANTU KAMERA
ANALISIS IMAGE**

SKRIPSI

Oleh

**Siti Aisyah Sugiarti
NIM 141810201028**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**PENENTUAN KADAR GULA MELALUI PENGUKURAN
SUDUT DEVIASI MENGGUNAKAN WADAH
PRISMA DAN ALAT BANTU KAMERA
ANALISIS IMAGE**

SKRIPSI

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

Oleh
Siti Aisyah Sugiarti
NIM 141810201028

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh rasa cinta dan terimakasih yang sebesar- besarnya untuk:

1. Alm.Ibunda Jasmani dan ayahanda Sukardi tercinta, yang selalu memberi doa, restu, dukungan, pengorbanan dengan penuh cinta dan kasih sayang seta kesabaran dalam mendidik dan membimbing saya sedari kecil.
2. Kakak kandungku Wahyudi Wibowo, Ahmad Abdullah Hasan, dan Adikku Nurul Setiawati yang telah memberi dukungan, semangat, dan doa yang tulus.
3. Pahlawan tanpa tanda jasa sejak SD hingga perguruan tinggi yang telah mendidik saya dengan penuh rasa sayang, ikhlas, tanggung jawab dan amanah.
4. Seluruh keluarga besar yang selalu memberi dukungan, doa dan motivasi.
5. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya”

(terjemahan QS. Al-Baqarah: 286)



^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia 1998. *Al-Qu'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Siti Aisyah Sugiarti

NIM : 141810201028

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Penentuan Kadar Gula Melalui Pengukuran Sudut Deviasi Dengan Menggunakan Wadah Prisma Dan Alat Bantu Kamera Analisis Image” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

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

Jember, 30 Juli 2019

Yang menyatakan,

Siti Aisyah Sugiarti

NIM 141810201028

SKRIPSI

**PENENTUAN KADAR GULA MELALUI PENGUKURAN
SUDUT DEVIASI MENGGUNAKAN WADAH
PRISMA DAN ALAT BANTU KAMERA
ANALISIS IMAGE**

Oleh:

Siti Aisyah Sugiarti
NIM 141810201028

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Misto, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Tri Mulyono, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penentuan Kadar Gula Melalui Pengukuran Sudut Deviasi Menggunakan Wadah Prisma Dan Alat Bantu Kamera Analisis Image” telah diuji dan disahkan secara akademis pada:

Hari :
Tanggal :
Tempat : Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan
Alam Universitas Jember

Ketua

Anggota I

Ir. Misto, S.Si., M.Si.
NIP. 195911211991031002

Tri Mulyono, S.Si., M.Si.
NIP. 196810201998021002

Anggota II

Anggota III

Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D.
NIP. 196812191994021001

Endhah Purwandari, S.Si., M.Si.
NIP. 198111112005012001

Mengesahkan,
Dekan FMIPA Universitas Jember

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

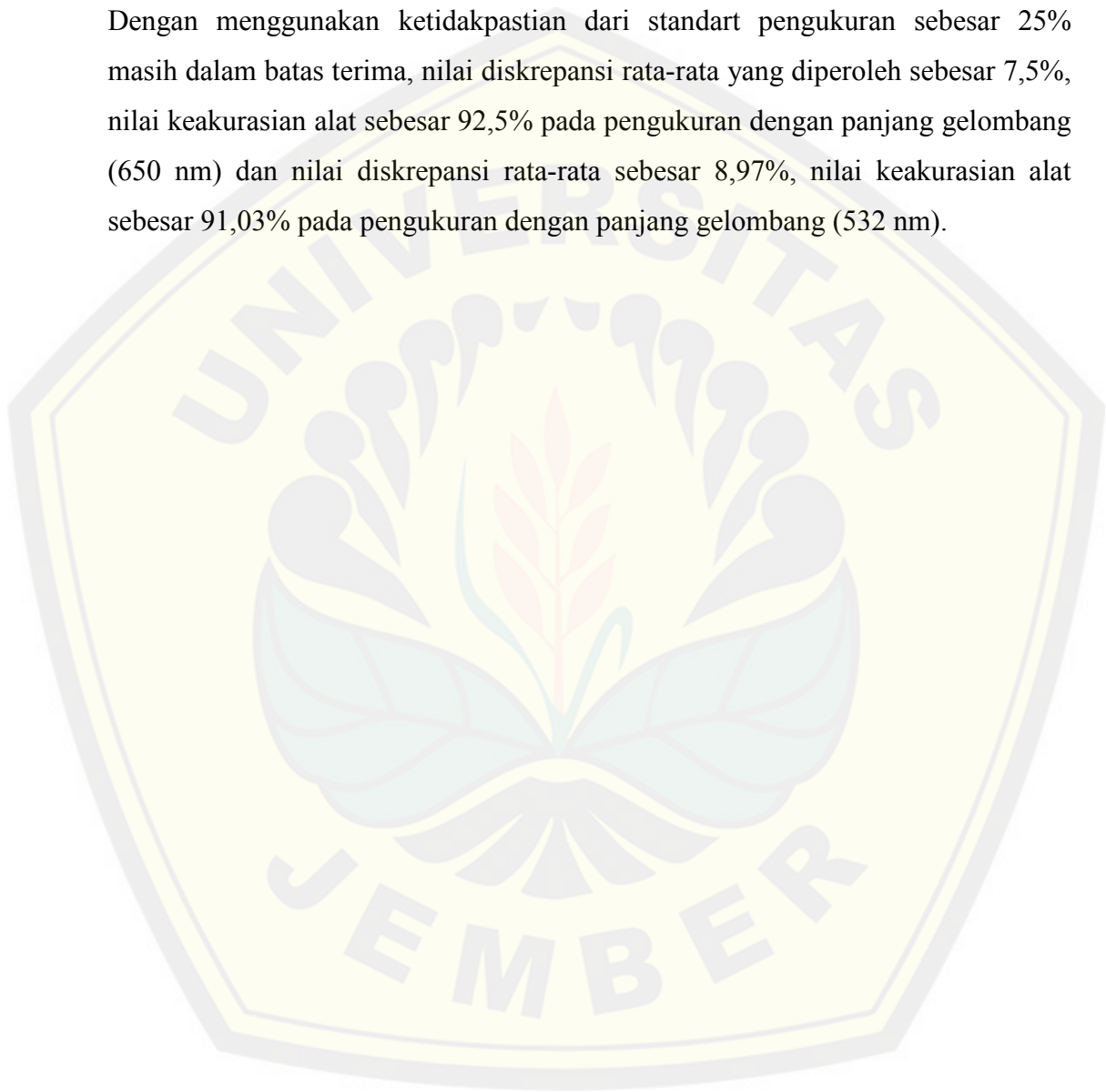
Penentuan Kadar Gula Melalui Sudut Deviasi Menggunakan Wadah Prisma dan Kamera Analisis Image, Siti Aisyah Sugiarti, 141810201028; 2019: 38 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Gula adalah bahan dasar pemanis, selain itu juga digunakan sebagai bahan pengawet makanan dan minuman yang diperoleh dari nira tebu, air bunga kelapa, aren, palem, kelapa atau lontar. Salah satu bahan pembuatan gula yaitu cairan sari tebu yang diolah dengan cara dikristalisasi, biasa dikenal sebagai gula pasir. Gula pasir adalah gula yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari karena rasanya manis, apabila dikonsumsi dengan jumlah yang benar gula tersebut akan diubah menjadi energi. Pada penelitian ini saya menggunakan gula pasir putih sebagai bahan yang akan ditentukan kadar atau konsentrasinya karena gula pasir termasuk zat optik aktif yang dapat memutar bidang polarisasi dari cahaya yang melewatinya. Bahan tersebut tetap optik aktif dalam semua keadaan meskipun dalam larutan. Sifat aktifitas optik ini yang dapat dipakai untuk dapat mengukur kadar gula dalam suatu larutan.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode refraktometri dalam penentuan indeks bias. Prisma digunakan untuk mengetahui indeks bias dari larutan gula dengan berbagai variasi konsentrasi mulai dari 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40%. Prisma pada penelitian terbuat dari kaca berbentuk segitiga dengan panjang sisi masing-masing 8 cm dan tebal 1 mm. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser pointer merah (650 nm) dan hijau (532 nm). Berdasarkan nilai indeks bias bahan yang telah diketahui konsentrasinya secara matematis, dapat diketahui nilai kadar gula (%) dari persamaan regresi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi yang dikenakan pada larutan gula menghasilkan perubahan nilai indeks bias. Berdasarkan grafik yang dilengkapi dengan *standart error bar* dapat diketahui bahwa perubahan konsentrasi yang diberikan pada larutan gula menghasilkan

perubahan nilai indeks bias. Nilai indeks bias berubah secara linier terhadap konsentrasi larutan gula. Dari grafik didapatkan persamaan regresi yang dapat digunakan untuk menghitung nilai kadar gula (%). Didapatkan nilai kadar gula dari persamaan regresi yang mendekati kadar gula yang dibuat secara matematis. Dengan menggunakan ketidakpastian dari standart pengukuran sebesar 25% masih dalam batas terima, nilai diskrepansi rata-rata yang diperoleh sebesar 7,5%, nilai keakurasian alat sebesar 92,5% pada pengukuran dengan panjang gelombang (650 nm) dan nilai diskrepansi rata-rata sebesar 8,97%, nilai keakurasian alat sebesar 91,03% pada pengukuran dengan panjang gelombang (532 nm).



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penentuan Kadar Gula Melalui Pengukuran Sudut Deviasi Menggunakan Wadah Prisma dan Kamera Analisis image”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusun skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan Pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Tri Mulyono, S.si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga untuk membimbing penulis hingga terselesaikannya skripsi ini;
2. Bapak Agung Tjahjo Nugroho, S.si., M.Phil., Ph.D. selaku Dosen Penguji I dan Ibu Endhah Purwandari, S.si., M.si. selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritik, dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Segenap dosen dan karyawan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah memberikan bantuan dan dukungan;
4. Kedua orang tua dan keluarga besarku yang selalu memberikan doa, motivasi, materi, dan dukungan kepada penulis;
5. Rizal Suhendra yang senantiasa memberikan semangat dan doa;
6. Susanti Wijaya, S.Pd., Fitria Suhadha, S.E., yang selalu memberikan semangat, support, motivasi, dan dukungan kepada penulis;
7. Nur Halifah, S.Si., Siti Laily Nur Hasanah, S.Si., Faisal Saputra, S.Si., Qhibtyatul Ni'mah, S.Si., Umi Lailatul Jamilah, S.Si., Novita Retno Putri, S.Si., Yuli Siska Wulandari, S.si., yang selalu memberi support, semangat, motivasi dan doa baik untuk kelancaran skripsi ini;

8. Sahabat-sahabatku Graphytasi'14 angkatan 2014 yang telah memberikan semangat dan meluangkan waktu untuk berdiskusi dalam segala hal;
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

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

Jember, 30 Juli 2018

Penulis



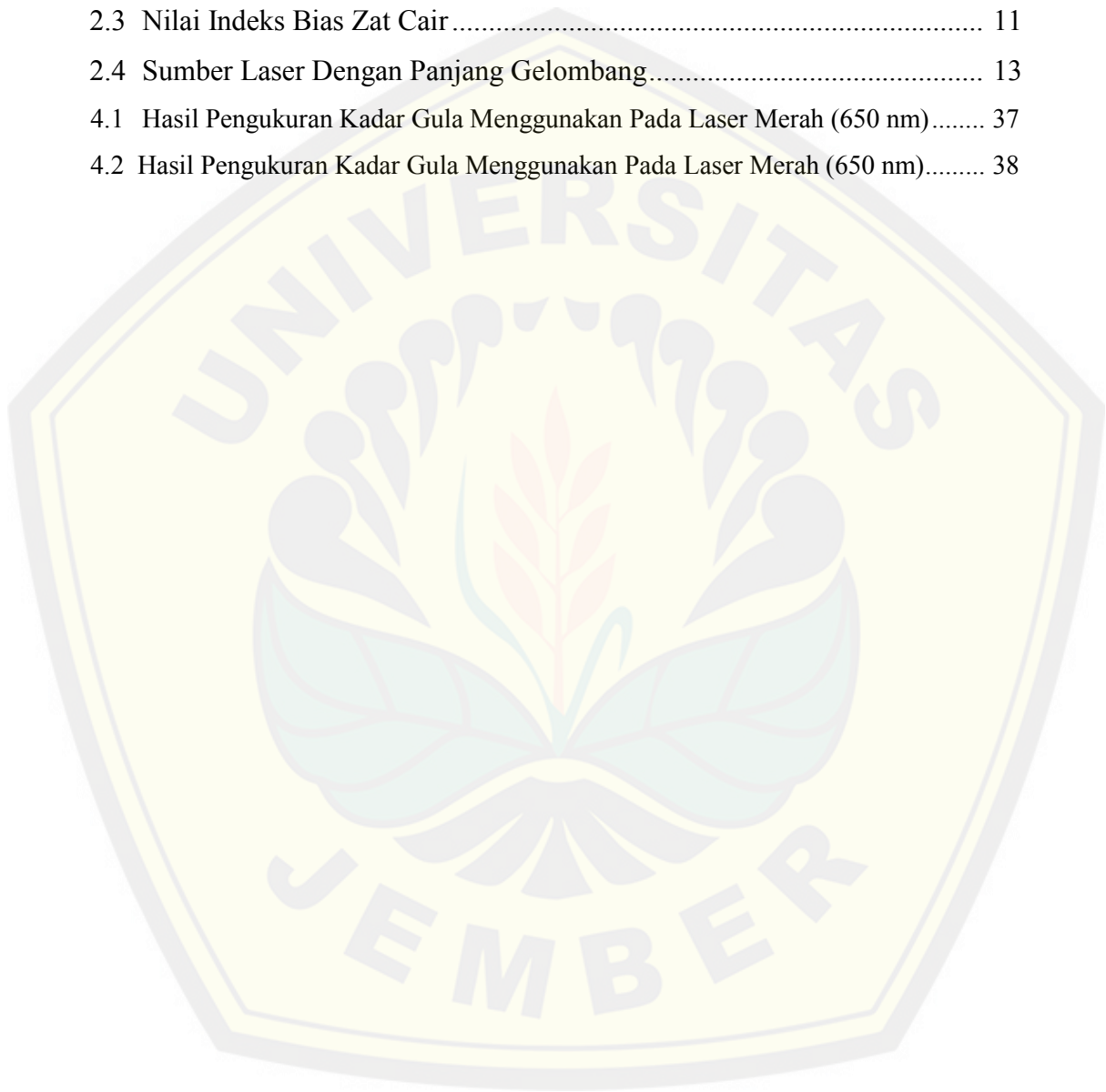
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Gula	5
2.2 Prisma	7
2.3 Cahaya	11
2.4 Sifat- sifat Cahaya.....	13
2.4.1 Cahaya dapat dipantulkan dan dibiaskan.....	13
2.4.2 Cahaya Dapat Diuraikan (Fenomena Dispersi)	14
2.4.3 Cahaya Melalui Celah Sempit (Difraksi).....	15
2.5 Indeks Bias.....	15
2.6 Kamera Analisis Image (Webcam).....	17
2.7 Software LabVIEW	18
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	23

3.1 Rancang Penelitian	23
3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian	24
3.3 Variabel Penelitian dan Skala Pengukuran	25
3.3.1 Variabel Penelitian	25
3.3.2 Skala Pengukuran	25
3.4 Kerangka Pemecahan Masalah	26
3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan	26
3.4.2 Pembuatan Sampel.....	26
3.4.3 Desain Penelitian	27
3.4.4 Kalibrasi Alat.....	28
3.4.5 Pengukuran Nilai Sudut Deviasi Dan Indeks Bias	28
3.5 Analisis Data	30
3.5.1 Pengujian Alat	30
3.5.2 Penentuan Keakurasian Alat	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Pengujian Alat	32
4.1.1 Software Pembaca Jarak pada Image.....	33
4.1.2 Hasil Sudut Deviasi	35
4.2 Pengukuran Indeks Bias pada Larutan Gula	33
4.3 Hasil Pengukuran Kadar Gula	37
BAB 5. PENUTUP	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Komposisi Zat Gizi Gula Pasir (per 100 gram).....	7
2.2 Nilai Indeks Bias dan Sudut Deviasi pada Aquades	10
2.3 Nilai Indeks Bias Zat Cair	11
2.4 Sumber Laser Dengan Panjang Gelombang.....	13
4.1 Hasil Pengukuran Kadar Gula Menggunakan Pada Laser Merah (650 nm).....	37
4.2 Hasil Pengukuran Kadar Gula Menggunakan Pada Laser Merah (650 nm).....	38



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Bentuk Rill Prisma Segitiga.....	7
2.2 Pembiasan Prisma	8
2.3 Grafik Penentuan Sudut Deviasi Minimum Prisma.....	9
2.4 Diagram Spektrum Gelombang Elektromagnetik.....	12
2.5 Pembiasan dan Pemantulan Berkas Cahaya pada Batas Medium.....	14
2.6 <i>Front Panel</i> LabVIEW	19
2.7 <i>Block Diagram</i>	20
2.8 <i>Function Palette</i>	21
2.9 <i>Control Palette</i>	22
3.1 Diagram alir Rancangan Penelitian.....	24
3.2 Desain Rangkaian Penelitian	27
3.3 Grafik Penentuan Sudut Deviasi Minimum Prisma.....	29
3.4 Grafik Hubungan a. Konsentrasi Terhadap Indeks Bias b. Konsentrasi Terhadap % Brix (%).....	30
4.1 <i>Front Panel</i> Pengukuran Jarak Sinar	33
4.2 <i>Block Diagram</i> Pengukuran Sudut Deviasi	34
4.3 Grafik Tampilan Hasil Pengukuran Sudut Deviasi.....	35
4.4 Grafik Hubungan Indeks Bias dengan Konsentrasi c (%) Larutan Gula dengan laser merah (650 nm) dan laser hijau (532 nm)	36

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gula adalah bahan dasar sebagai pemanis, selain itu juga sebagai pengawet makanan dan minuman yang dapat diperoleh dari nira tebu, air bunga kelapa, aren, palem, kelapa atau lontar (Subroto, 2008). Komoditi tersebut merupakan karbohidrat yang mengandung sukrosa dari kelompok disakarida (Darwin, 2013). Konsentrasi gula dalam makanan dan minuman diperlukan dengan jumlah yang sesuai keperluan, misalnya untuk minuman sehari-hari dan untuk sirup yang memiliki konsentrasi berbeda. Konsentrasi yang semakin tinggi mengakibatkan kerapatan medium berbeda, hal tersebut diakibatkan oleh campuran gula dengan air. Konsentrasi atau kadar gula dalam larutan ini menentukan indeks bias larutan yang bersangkutan.

Pengukuran kadar gula sudah banyak dilakukan dengan menggunakan metode optik. Metode optik yang sering dilakukan adalah polarimeter, interferometer, brixmeter, spektrofotometer dan refraktometer. Pengukuran kadar gula dapat diukur melalui sudut deviasi. Mengukur kadar gula dari sudut deviasi sebuah prisma dilakukan oleh Frederiksen (1984). Sudut deviasi digunakan untuk menghitung besaran indeks bias. Penelitian memanfaatkan prisma sebagai wadah sampel, laser merah sebagai sumber sinar, dan layar pengamatan (kertas putih) sebagai penampil sinar bias yang dihasilkan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi gula maka semakin besar pula sudut deviasi.

Pengukuran kadar gula melalui indeks bias dilakukan oleh Hidayanto dan Tiffany (2015) dengan tema penentuan indeks bias dari konsentrasi gula menggunakan portable brixmeter. Hasil yang didapat menunjukkan nilai indeks bias sebanding dengan konsentrasi, artinya besarnya nilai indeks bias bergantung pada besarnya konsentrasi. Selanjutnya yakni metode refraktometer dengan memanfaatkan sinar senter 3 volt, prisma sebagai pembias cahaya, sensor cahaya sebagai penyerap cahaya, 16 LED merah sebagai output dilakukan oleh Kristanto *et al.* (1997) dengan tema rancang bangun dan pembuatan refraktometer

elektronik untuk menentukan rendemen tebu. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan semakin kecil kadar rendemen, lampu yang menyala pada alat semakin banyak, hal tersebut berarti terdapat hubungan yang linier antara nyala lampu dengan kadar rendemen tebu.

Pengukuran kadar gula sering dilakukan dengan menggunakan alat refraktometer digital. Refraktometer bekerja menggunakan prinsip pembiasan cahaya ketika melalui suatu larutan yang biasa dikenal dengan indeks bias. Semakin tinggi kadar gula maka nilai indeks biasnya akan semakin tinggi sehingga refraktometer akan menunjukkan skala yang semakin besar (Zain, 2015).

Kelemahan dari penelitian sebelumnya antara lain belum terintegrasinya penelitian menggunakan *personal computer* (PC) sebagai media penyimpanan data, serta akurasi rendah disebabkan oleh keterbatasan alat. Beberapa kelemahan dari penelitian sebelumnya mengindikasikan perlunya pengembangan dalam melakukan kegiatan pengukuran kadar gula. Sejalan dengan kondisi tersebut, prinsip optik memberikan peluang untuk mengukur kadar gula melalui pengamatan sudut deviasi minimum yang nantinya nilai sudut deviasi minimum dapat digunakan untuk menghitung indeks bias yang diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih baik.

Berdasarkan gagasan di atas, maka diperlukan metode pengembangan lanjutan untuk dapat mengukur kadar gula dengan hasil yang sangat akurat dan cepat. Aplikasi prisma dengan alat bantu kamera analisis image dimanfaatkan untuk pengukuran kadar gula melalui pengamatan sudut deviasi minimum akan dikembangkan pada penelitian ini. Alat yang akan digunakan memanfaatkan wadah prisma segitiga yang berbahan kaca, laser berwarna merah (650 nm) dan hijau (532 nm) sebagai sumber cahaya berpotensi untuk mengukur kadar gula, layar pengamatan digunakan sebagai penangkap sinar bias dari prisma, kamera analisis image yang berfungsi merekam panjangjarak sinar bias, serta komputer sebagai penampil data hasil pengukuran kadar gula.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan pokok permasalahan yang diteliti adalah bagaimana pengukuran kadar gula dari penggunaan prisma dibandingkan dengan kadar gula yang diukur menggunakan refraktometer digital?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini terdapat batasan-batasan masalah yang perlu diketahui, diantaranya:

1. Suhu larutan gula mengikuti suhu ruangan Laboratorium Fisika Modern Jurusan Fisika Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
2. Sampel gula yang digunakan pada saat penelitian adalah gula pasir putih.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengukuran kadar gula dari penggunaan prisma dibandingkan dengan kadar gula yang diukur menggunakan refraktometer digital.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian yaitu dapat menambah referensi serta memberikan wawasan terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi berupa metode pengukuran kadar gula melalui sudut deviasi menggunakan wadah prisma dan alat bantu kamera analisis image. Diharapkan dari penelitian ini dapat mempermudah pengukuran kadar gula dan dapat meminimalkan kesalahan pengukuran kadar gula yang akan diuji. Selain itu, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya yang memanfaatkan sudut deviasi untuk menentukan kadar gula dengan jenis yang lain.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gula

Indonesia memiliki potensi menjadi produsen gula dunia karena dukungan agroekosistem, luas lahan, dan tenaga kerja. Disamping itu pasar gula di Indonesia cukup menjanjikan dengan konsumsi sebesar 4,2-4,7 juta ton/tahun. Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok bagi masyarakat dan industri yang saat ini masih terus menjadi masalah karena masih terjadi kekurangan produksi dalam negeri, sementara kebutuhan gula masyarakat Indonesia terus meningkat (Dirjen Industri Agro dan Kimia Departement Perindustrian, 2009).

Salah satu komoditas yang cukup strategis dan memegang peran penting di sektor pertanian khususnya sub sektor perkebunan dalam perekonomian nasional adalah komoditas gula. Gula (gula pasir) merupakan kebutuhan pokok rakyat yang cukup strategis yaitu sebagai bahan pangan sumber kalori yang menempati urutan keempat setelah padi-padian, pangan hewani serta minyak dan lemak, dengan pangsa sebesar 6,7 persen. Sebagai salah satu sumber bahan pemanis utama, gula telah digunakan secara luas dan dominan baik untuk keperluan konsumsi rumah tangga maupun bahan baku industri pangan (Sugiyanto, 2007). Tingginya konsumsi gula tebu tersebut tetap harus memperhatikan kualitas dari rendemen tebu penghasil gula (Mutmainnah *et al.*, 2014).

Menurut Darwin (2013) Gula adalah suatu karbohidrat sederhana karena dapat larut dalam air dan langsung diserap tubuh untuk diubah menjadi energi. Salah satu bahan pembuatan gula yaitu cairan sari tebu yang diolah dengan cara dikristalisasi, biasa dikenal dengan sebutan gula pasir. Gula pasir merupakan jenis gula yang paling mudah dijumpai, digunakan sehari-hari untuk pemanis makanan dan minuman. Berikut komposisi zat gizi gula pasir dalam 100 gram.

Tabel 2.1 Komposisi Zat Gizi Gula Pasir (per 100 gram berat bahan)

Zat Gizi	Gula Pasir
Energi (kkal)	364
Protein (g)	0
Lemak (g)	0
Karbohidrat (g)	94
Kalsium (mg)	5
Fosfor (mg)	1

Sumber: (Darwin, 2013)

Dalam kehidupan sehari-hari gula adalah sukrosa (disakarida) yang sangat dibutuhkan untuk bahan makanan dan minuman. Pada makanan dan minuman gula tidak hanya digunakan sebagai pemanis, tetapi juga sebagai pengawet makanan dan minuman (Subroto, 2008). Menurut *American Heart Fondation*, perempuan sebaiknya tidak mengonsumsi lebih dari 100 kalori tambahan gula per hari dan laki-laki 150 kalori per harinya. Artinya, untuk perempuan tidak lebih dari 25 gram per hari, dan 37,5 gram untuk laki-laki. Jumlah itu sudah mencakup gula diminuman, makanan, kudapan, permen, dan semua yang dikonsumsi pada hari itu (Darwin, 2013).

Gula (sukrosa) termasuk zat optis aktif yang dapat memutar bidang polarisasi dari cahaya yang melewatinya. Bahan tersebut tetap optik aktif dalam semua keadaan meskipun dalam larutan. Sifat aktifitas optik ini dapat dipakai untuk mengukur kadar sukrosa dalam tebu. Hal ini disebabkan karena sudut bidang polarisasi sebanding dengan kadar sukrosa dalam larutan tersebut. Ketergantungan sudut putar bidang polarisasi terhadap tebal bagian larutan yang dilewati sinar terhadap kadar larutan, mengisyaratkan bahwa gejala aktifitas optik ini terjadi pada molekul-molekul dalam larutan (Mutmainnah *et al.*, 2014).

Sukrosa atau gula tebu merupakan disakarida yang paling manis terdiri dari glukosa dan fruktosa. Sumber-sumber sukrosa yang terdapat di alam antara lain: tebu (100% mengandung sukrosa), bit, gula nira (50%), dan jelly. Sukrosa adalah disakarida apabila dihidrolisis berubah menjadi dua molekul monosakarida yaitu glukosa dan fruktosa (De Man, 1997; Sastrohamidjojo, 2005). Semakin besar konsentrasi larutan, maka semakin besar pula jumlah molekul dan atom yang berinteraksi dengan gelombang cahaya, sehingga ketertinggalan fase yang

dialami oleh gelombang datang semakin besar. Hal ini berarti bahwa laju cahaya semakin kecil seiring dengan bertambahnya konsentrasi gula (Hidayanto *et al.*, 2010).

2.2 Prisma

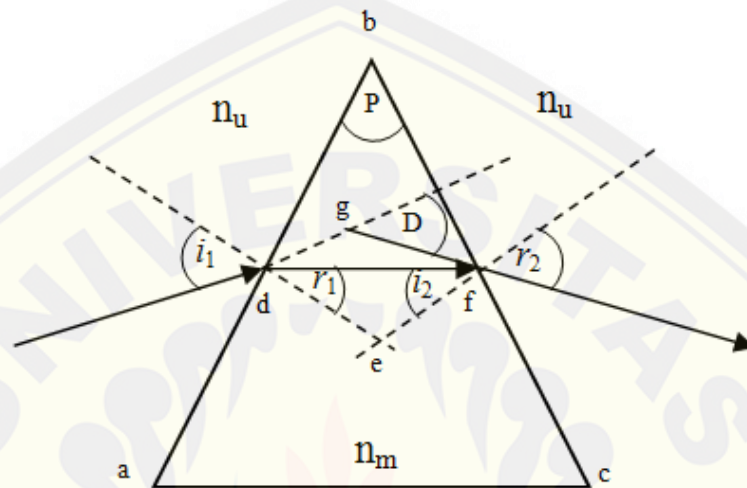
Prisma adalah alat optik yang digunakan untuk mengamati dan mengukur sudut deviasi cahaya datang karena pembiasan dan dispersi. Ketika cahaya jatuh pada sisi prisma, panjang gelombang yang berbeda akan dibelokkan dengan derajat yang berbeda pula sesuai dengan Hukum Snellius. Pada pembiasan cahaya tertentu akan dihasilkan sudut deviasi minimum. Untuk sudut pembias atau yang sering disebut sudut puncak prisma dengan bahan prisma atau indeks bias yang berbeda akan dihasilkan sudut deviasi minimum yang berbeda. Prisma itu sendiri benda bening yang dibatasi oleh dua bidang permukaan yang bersudut dan disebut pembiasan prisma. Apabila seberkas cahaya masuk pada salah satu permukaan prisma maka cahaya tersebut akan dibiaskan dari permukaan prisma yang lain dan membentuk sudut deviasi. Besarnya sudut berubah-ubah bergantung sudut datang (i) (Kunlestiowati *et al.*, 2016).

Prisma adalah sebuah alat optika seperti gambar (2.1) yang mempunyai sifat dapat mendeviasikan dan mendispersikan sebuah sinar yang melaluinya. Bentuk prisma biasanya seperti piramida dan terbuat dari bahan yang transparan. Pada prisma juga terjadi peristiwa pembiasan seperti gambar (2.2).



Gambar 2.1 Bentuk ril prisma segitiga (Sumber: Arkundato & Rohman, 2007) (Arkundato & Rohman, 2007).

Pada prisma terjadi penguraian cahaya putih menjadi komponen-komponen warna penyusunnya disebabkan oleh perbedaan indeks bias prisma untuk setiap warna cahaya. Sudut P adalah sudut pembias prisma dan sudut D adalah sudut deviasi antara sinar datang i_1 dengan sudut bias r_2



Gambar 2.2 Pembiasan prisma

(Sumber: Andalan Pelajar Indonesia, Tanpa Tahun)

pada prisma gambar (2.2) terdapat sudut siku-siku yakni pada titik d dan titik f seperti berikut:

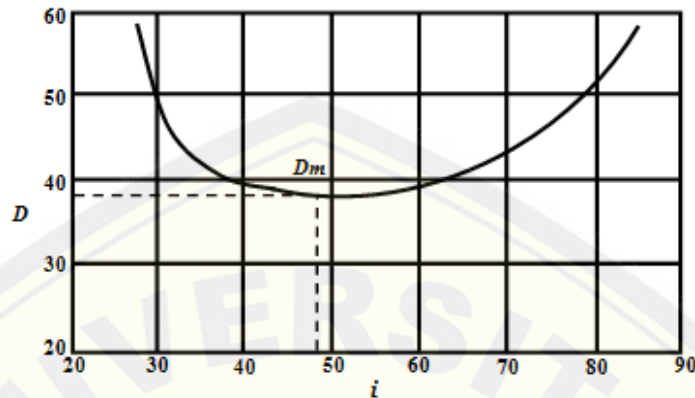
$$\begin{aligned} \angle bdf + \angle bfd + \angle dbf &= 180^\circ \\ (90^\circ - r_1) + (90^\circ - i_2) + P &= 180^\circ \\ P &= r_1 + i_2 \end{aligned} \quad (2.1)$$

Δdbf , jumlah dua sudut alas segitiga sama dengan sudut luar dipuncaknya

$$\begin{aligned} D &= \angle gdf + \angle gfd \\ D + P &= i_1 + r_2 \\ D &= i_1 + r_2 - P \end{aligned} \quad (2.2)$$

(Andalan Pelajar Indonesia, Tanpa Tahun). Inilah yang disebut sudut deviasi atau sudut simpangan seberkas sinar yang masuk ke prisma. Jika nilai sudut datang diubah-ubah, dapat diperoleh grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3, dimana pada grafik tersebut dapat diketahui sudut deviasi minimum dari sebuah prisma dengan sudut prisma tetap yaitu $P = 60^\circ$ dan indeks bias prisma $n' = 1,5$.

Grafik tersebut memperlihatkan sudut deviasi minimum sebuah prisma $D_m = 37,2^\circ$ dengan sudut datang sinar adalah $48,6^\circ$.



Gambar 2.3 Grafik penentuan sudut deviasi minimum prisma
(Sumber: Bortner, 2013)

(Bortner, 2013 dalam Zahro, 2015).

Deviasi minimum D_m terjadi pada saat sudut datang tertentu yaitu ketika sinar bias memotong prisma menjadi segitiga sama kaki seperti gambar 2.2. Pada gambar (2.2), P adalah sudut prisma, i_1 adalah sudut datang sinar, r_2 sudut keluar sinar, r_1 adalah sudut bias sinar di dalam prisma. D adalah sudut deviasi yang memberikan sinar deviasi sinar datang dari lintasan awalnya. Jika sudut datang i_1 berubah maka sudut deviasi (D) juga berubah. Untuk nilai i_1 maka ada Deviasi minimum (D_m). Jika prisma diatur pada posisi deviasi minimum maka $i_1 = (P + D_m)/2$ dan $r_1 = P/2$. Menggunakan Hukum Snellius maka indeks bias prisma adalah:

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin[(P+D_m)/2]}{\sin(P/2)} \quad (2.3)$$

(Andalan Pelajar Indonesia, Tanpa Tahun).

Refraktometer prisma dengan sumber laser telah digunakan di bidang pertanian untuk pengukuran kadar gula atau rendemen sukrosa. Pengukuran rendemen tebu dengan menggunakan refraktometer hasil rancangan memerlukan waktu kurang dari 5 menit. Refraktometer hasil rancangan juga dapat dimodifikasi lebih lanjut untuk dihubungkan dengan komputer. Dengan masukan program-program tersebut maka diharapkan akan menghasilkan nilai tambah dan optimasi

dalam suatu sistem proses produksi yang pada akhirnya akan dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi produksi gula tebu (Kristanto *et al.*, 1997).

Refraktometer ditemukan oleh Dr. Ernes Abbe seorang ilmuwan dari German pada permulaan abad 20. Refraktometer Abbe merupakan alat untuk mengukur indeks bias cairan, padatan dalam cairan atau serbuk dengan indeks bias dari 1300 sampai 1700 dan presentase padatan 0% - 95% (Novestiana dan Hidayanto, 2015). Refraktometer bekerja menggunakan prinsip pembiasan cahaya ketika melalui suatu larutan. Ketika cahaya datang dari udara ke dalam larutan maka kecepatan akan berkurang. Refraktometer memakai prinsip ini untuk menentukan jumlah zat terlarut dalam larutan dengan melewatkan cahaya di dalamnya (Hidayanto *et al.*, 2010).

Refraktometer merupakan salah satu cara untuk mengukur indeks bias dari larutan-larutan yang dibuat dengan konsentrasi berbeda, sehingga didapatkan hubungan indeks bias versus konsentrasi, dengan demikian refraktometer dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi untuk indeks bias larutan tertentu yang databasanya telah dibuat (Sari, 2012).

Menurut Frederiksen (1948), dengan melewatkan cahaya monokromatik (laser) pada sebuah larutan gula, dapat ditentukan konsentrasi larutan gula tersebut melalui pembiasan cahaya. Memanfaatkan sinar horizontal dari cahaya, seseorang dapat mengukur seberapa tinggi sinar bias yang dipantulkan pada layar vertikal dengan ditempatkan pada jarak yang diketahui dari prisma, data yang diperoleh berupa sudut deviasi. Data tersebut dapat digunakan untuk membuat kurva kalibrasi. Kemudian kurva kalibrasi tersebut dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi larutan tersebut.

Tabel 4.2 Nilai Indeks Bias dan Sudut Deviasi Pada Aquades

Konsentrasi Gula (%)	Indeks Bias	Sudut Deviasi
Aquades	1,3330	25,0

(Frederiksen, 1984).

Beberapa metode dapat digunakan dalam menentukan indeks bias dari berbagai jenis zat cair maupun larutan seperti interferometri Michelson, interferometri Fabry-Perot, dan interferometri Mach-Zender serta menggunakan

refraktometer dan spektrometer. Beberapa nilai indeks bias zat cair disajikan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai indeks bias zat cair

Medium	n
Udara Hampa	1
Udara Pada STP	1.0003
Karbondioksida	1.00045
Helium	1.000036
Hidrogen	1.000132
Air	1.333
Es	1.31
Alkohol	1.36
Etil	1.48
Gliseron	1.5
Benzena	1.46
Kaca	1.52

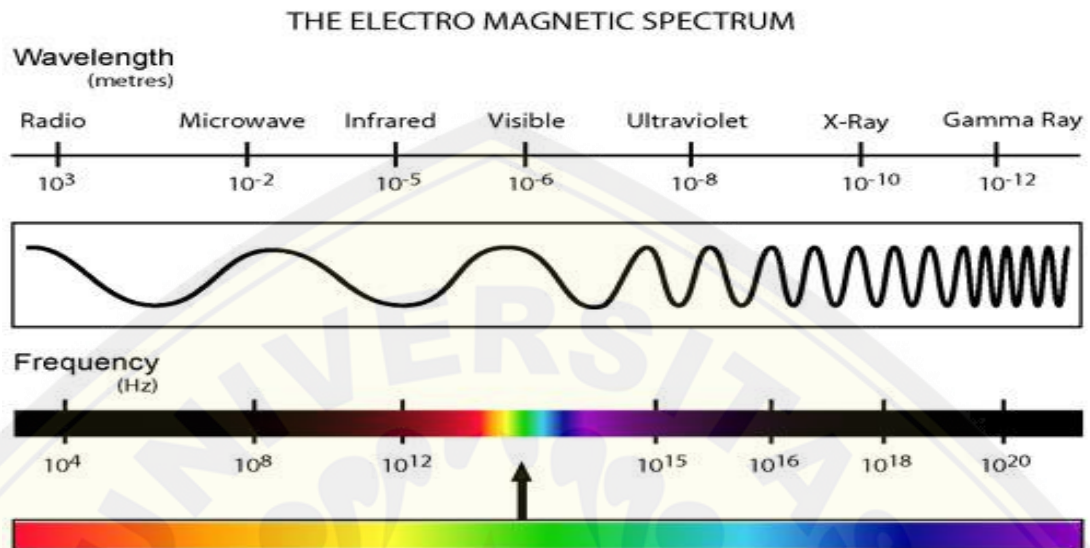
(Fahrurazi, 2006)

Larutan gula prisma dirancang untuk penentuan eksperimental konsentrasi gula dalam larutan dengan campuran air (Frederiksen, 1984). Konsentrasi suatu larutan akan berpengaruh secara proposional terhadap sudut refraksi. Artinya jika larutan yang dicari indeks biasnya sama, tetapi konsentrasinya berbeda, maka akan diperoleh hubungan bahwa semakin besar konsentrasi, maka semakin besar pula indeks biasnya. Indeks bias suatu zat cair pada panjang gelombang tertentu sangat dipengaruhi oleh apa yang terkandung dalam zat tersebut (Rofiq, 2010).

2.3 Cahaya

Cahaya adalah energi berbentuk gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat oleh mata dengan panjang gelombang sekitar 380 - 750 nm (Narinder, 2008). Berdasarkan jenisnya, cahaya dibedakan menjadi cahaya tampak dan cahaya tidak tampak. Cahaya tampak merupakan cahaya yang jika mengenai benda maka benda tersebut akan dapat dilihat oleh manusia (contoh: cahaya matahari). Cahaya tidak tampak merupakan cahaya yang bila mengenai benda tidak akan tampak lebih terang atau masih sama sebelum terkena cahaya (contoh: sinar inframerah dan sinar x). Cahaya tampak dibagi menjadi 2 yaitu

monokromatik dan polikromatik. Spektrum cahaya tampak dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Diagram spektrum gelombang elektromagnetik
(Sumber: Resnick, 1996)

Menurut Issac (1997) penguat cahaya yang biasanya digunakan untuk menghasilkan radiasi koheren monokromatik dalam daerah inframerah, cahaya tampak, dan ultra ungu pada spektrum elektromagnetik. Berikut merupakan sifat-sifat laser

1. Polymated (terkumpul)
2. Monokromatik (memiliki satu panjang gelombang)
3. Koheren (memiliki frekuensi dan amplitude sama, serta selisih fase yang tetap)

Menurut Yusman (2010) sumber cahaya laser dirancang untuk memancarkan foton dengan tumbukan foton berenergi sama. Hal ini disebut pancaran terangsang (stimulated emission). Supaya pancaran ini dapat digunakan, pada awalnya dibutuhkan suatu keadaan didalam medium penguat, yang disebut pembalikan populasi (population invertion), pada keadaan ini sebagian besar partikel tersebut tereksitasi. Jenis sumber laser yang berbeda memiliki panjang gelombang yang berbeda seperti pada tabel 2.3:

Tabel 2.3 Panjang Gelombang Laser

Jenis Sumber	Panjang Gelombang
Red Laser Pointer (Older)	670 nm
Red Laser Pointer (Newer)	650 nm
Red Laser Pointer (Newer)	635 nm
Helium Neon Laser	633 nm
Yellow- Orange Laser Pointer	594 nm
Green Laser Pointer	532 nm
Blue Laser Pointer	473 nm

Sumber: (Yusman, 2010)

2.4 Sifat- sifat cahaya

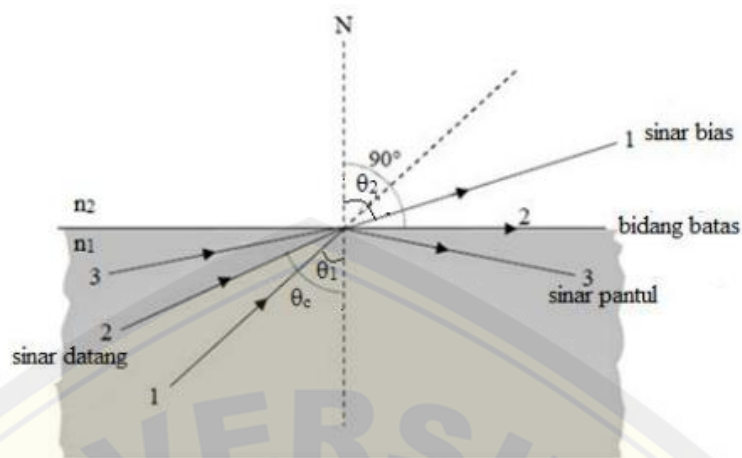
Cahaya mempunyai sifat-sifat tertentu, diantaranya adalah cahaya merambat lurus, cahaya dapat menembus benda bening, cahaya dapat dipantulkan dan dibiaskan, cahaya dapat dibelokkan oleh celah sempit serta cahaya dapat diuraikan. Selain itu, cahaya merupakan suatu partikel sekaligus gelombang dengan kecepatan yaitu $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ (Gibilisco, 2009).

2.4.1 Cahaya dapat Dipantulkan dan Dibiaskan

Ketika suatu gelombang cahaya mengenai suatu penghalang datar misalnya sebuah cermin, gelombang-gelombang baru akan dibangkitkan dan bergerak menjauhi cermin. Fenomena ini disebut dengan pemantulan. Pemantulan terjadi pada bidang batas antara dua medium yang berbeda. Terdapat dua hukum pemantulan yang dikemukakan Snellius, yaitu:

1. Sinar datang, garis normal dan sinar pantul terletak pada satu titik bidang datar
2. Sudut datang sama dengan sudut pantul

Sedangkan pembiasan cahaya merupakan peristiwa pembelokan arah cahaya ketika melalui medium yang berbeda kerapatannya. Cahaya juga bisa merambat pada suatu medium, namun kecepatan cahaya tidak sama dengan kecepatan cahaya di ruang hampa. Ketika berkas cahaya melewati batas dua medium berbeda, maka sebagian berkas cahaya dipantulkan masuk medium pertama dan sebagian lagi dibiaskan masuk kedua. Hal tersebut ditunjukkan pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Pembiasan dan Pemantulan Berkas Cahaya pada Batas Medium
(Sumber: Keiser, 2000)

indeks bias medium 2 lebih kecil dari pada indeks bias medium 1 ($n_2 < n_1$). Pembiasan berkas cahaya pada permukaan medium mempunyai indeks bias yang berbeda. (Keiser, 2000).

2.4.2 Cahaya dapat diuraikan (Fenomena Dispersi)

Gejala dispersi cahaya adalah gejala peruraian cahaya putih (polikromatik) menjadi cahaya berwarna-warni (monokromatik). Cahaya putih merupakan cahaya polikromatik, artinya cahaya yang terdiri atas banyak warna dan panjang gelombang. Jika cahaya putih diarahkan ke prisma, maka cahaya putih akan terurai menjadi cahaya merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. Cahaya-cahaya ini memiliki panjang gelombang yang berbeda. Setiap panjang gelombang memiliki indeks bias yang berbeda. Semakin kecil panjang gelombang semakin besar indeks biasnya (Tipler, 1991). Setiap spektrum cahaya yang dibelokkan membentuk sudut dispersi tertentu yang sering disebut sudut deviasi (sudut pembelokkan). Contoh peristiwa dispersi cahaya yang terjadi pada kehidupan sehari-hari adalah peristiwa terbentuknya pelangi. Pada dasarnya cahaya matahari yang kita lihat berwarna putih sebenarnya tersusun diatas tujuh warna yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. Pelangi terbentuk dari cahaya matahari yang diuraikan oleh titik-titik air hujan di langit.

2.4.3 Cahaya dapat melalui celah sempit (Fenomena Difraksi)

Fenomena difraksi merupakan peristiwa pembelokan arah rambat gelombang yang melalui suatu celah sempit sehingga menimbulkan pola terang dan gelap dimana intensitas pola terang gelap tidak sama (semakin jauh semakin kecil intensitasnya). Terdapat dua jenis difraksi cahaya berdasarkan jarak sumber cahaya dan celah, yaitu:

a. Difraksi Fraunhofer

- Sumber cahaya jauh dari celah sehingga yang masuk sejajar
- Lebar celah jauh lebih sempit dibandingkan jarak celah dan layar
- Kisi yang sering digunakan adalah kisi celah tunggal, dua celah, celah banyak dan lubang bulat

b. Difraksi Fresnel

- Jarak sumber cahaya dengan celah dekat sehingga berkas cahaya tidak perlu sejajar
- Lebar celah lebih lebar
- Elemen difraksi yang digunakan dapat berupa lubang berbentuk lingkaran, persegi, piringan atau lancip.

Penentuan panjang gelombang spektrum cahaya dari sebuah sumber polikromatik dapat diperoleh dengan menggunakan suatu kisi celah banyak untuk mendifraksikan masing-masing panjang gelombang dengan sudut tertentu (Djuhana, 2011).

2.5 Indeks Bias

Pembiasan cahaya adalah peristiwa penyimpangan atau pembelokan cahaya karena melalui dua medium yang berbeda kerapatan optiknya. Pembiasan cahaya dapat terjadi dikarenakan perbedaan laju cahaya pada kedua medium. Laju cahaya pada medium yang rapat lebih kecil dibandingkan dengan laju cahaya pada medium yang kurang rapat. Menurut Christian Huygens pada tahun (1678) “Perbandingan laju cahaya dalam ruang hampa dengan laju cahaya dalam suatu zat dinamakan indeks bias” (Tipler, 2001).

Indeks bias merupakan salah satu dari beberapa sifat optis yang penting dari medium suatu bahan (Singh, 2002). Pengukuran indeks bias suatu zat cair penting dalam penilaian sifat dan kemurnian cairan, konsentrasi larutan, dan perbandingan komponen dalam campuran dua zat cair atau kadar yang diekstrakkan dalam pelarutnya (Brink *et al.*, 1984). Indeks bias zat cair dapat diukur dengan berbagai metode diantaranya adalah metode interferometri yang meliputi interferometri Mach-Zender, Febby-Perrot, dan Michelson (Pedrotti dan Pedrotti, 1993). Metode lain adalah deviasi minimum atau spektrometer serta metode Refraktometer Abbe (Hassan, 1995).

Menurut Young *et al.* (2003) indeks bias merupakan perbandingan laju cahaya dalam ruang hampa c terhadap laju cahaya dalam medium v , maka besarnya indeks bias dalam medium apapun selain udara, besarnya selalu lebih besar dari satu. Secara matematis indeks bias dapat dirumuskan:

$$n = \frac{c}{v} \quad (2.4)$$

Dengan n adalah indeks bias, c adalah laju cahaya dalam ruang hampa (m/s) dan v adalah laju cahaya dalam medium (m/s). Tipler (2001) menyatakan bahwa indeks bias medium juga memiliki kebergantungan pada panjang gelombang cahaya. Hal ini dikarenakan frekuensi cahaya akan tetap dimanapun cahaya tersebut berada tetapi laju cahaya yang berubah, maka panjang gelombang yang ditransmisikan selalu berbeda ketika melewati medium yang berbeda. Jika λ panjang gelombang cahaya di ruang hampa dan λ' adalah panjang gelombang cahaya di suatu medium maka indeks bias medium dapat dituliskan sebagai :

$$\lambda' = \frac{v}{f} = \frac{c/n}{f} = \frac{\lambda}{n}$$
$$\frac{\lambda'}{\lambda} = n \quad (2.5)$$

dimana n adalah indeks bias.

Indeks bias medium memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda. Suatu efek yang dikenal sebagai dispersi, memungkinkan prisma memisahkan cahaya putih menjadi warna penyusunnya. Untuk warna tertentu, indeks bias medium bergantung pada kerapatan medium yang juga merupakan fungsi dari

konsentrasi (Indra *et al.*, 2009). Besarnya indeks bias larutan sukrosa sebanding dengan konsentrasinya. Semakin besar konsentrasi larutan sukrosa, maka semakin besar pula indeks biasnya (Hidayanto *et al.*, 2010).

Ketika seberkas cahaya mengenai permukaan suatu benda, maka cahaya tersebut ada yang dipantulkan dan ada yang diteruskan. Jika benda tersebut transparan seperti kaca atau air, maka sebagian cahaya yang diteruskan terlihat dibelokkan, dikenal dengan pembiasan. Cahaya yang melalui batas antar dua medium dengan kerapatan optik yang berbeda, kecepatannya akan berubah. Perubahan kecepatan cahaya akan menyebabkan cahaya mengalami pembiasan (Serway, 1985).

2.6 Kamera Analisis Image (Webcam)

Citra adalah suatu kemiripan dari suatu obyek atau benda. Citra yang terlihat merupakan cahaya yang direfleksikan dari sebuah obyek. Sumber cahaya menerangi obyek, obyek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut dan pemantulan cahaya ditangkap oleh alat-alat optik, misalnya kamera, scanner, kemudian direkam. Citra yang tampak dalam matematis merupakan kumpulan nilai-nilai tertentu yang membentuk suatu pola berdasarkan keadaan yang telah dikondisikan. Citra sebagai keluaran dari suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, analog berupa sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, digital yang dapat langsung disimpan pada media penyimpanan magnetik (Idhawati, 2011).

Citra digital disimpan dalam format digital (dalam bentuk file). Hanya citra digital yang dapat diolah menggunakan komputer. Jenis citra lain jika ingin diolah menggunakan komputer harus terlebih dahulu citra tersebut diubah menjadi citra digital. Citra digital dihasilkan melalui proses digitalisasi terhadap citra kontinu. Contoh: kamera digital dan *scanner* (Ayuningtias *et al.*, 2012).

Kamera Video Konferensi yang juga dikenal dengan kamera web (Webcam) adalah kamera yang dirancang penggunaannya pada world wide web. Pada gambar dibawah ditunjukkan kamera webcam yang bentuknya kecil, tetapi mempunyai kemampuan kamera video yang dapat anda letakkan dimana saja dan

dapat mentransmisikan video berwarna TV, VCR atau PC (Personal Komputer) (Kadri, 2015).

Webcam (Web Camera) secara sederhana terdiri atas digital kamera yang tersambung dengan komputer. Webcam terintegrasi dengan komputer dengan melalui port USB (sebelumnya kamera terhubung ke komputer melalui port parallel). Cara kerja webcam tidak jauh berbeda dengan cara kerja kamera tradisional yang berbasis film, yaitu memilih obyek yang akan direkam dengan menggunakan jendela pengintai (Mustofa, 2008).

2.7 Software LabVIEW

Labview merupakan singkatan dari *Laboratory Virtual Instrument Enginerig Workbench*. Software ini pertama kali dikembangkan oleh perusahaan *National Instrument* (NI) pada tahun (1986) (Artanto, 2012). LabVIEW menggunakan bahasa program grafik (Graphical Programing Language) dan tidak menggunakan teks untuk membuat program seperti C/C++.Java, Basic, dan lain-lain (Sunarko, 2010).

LabVIEW termasuk bagian integral dari instrumentasi virtual karena memberikan sebuah lingkungan pengembangan aplikasi yang mudah digunakan (Park dan Mackay, 2003). LabVIEW memiliki fitur canggih yang membuatnya mudah untuk terhubung ke berbagai perangkat keras dan *software* lainnya. Pemograman grafis adalah salah satu fitur yang paling sering digunakan. Dengan LabVIEW, pengguna dapat merancang *instrument virtual* dengan menciptakan grafis pada layar komputer seperti berikut :

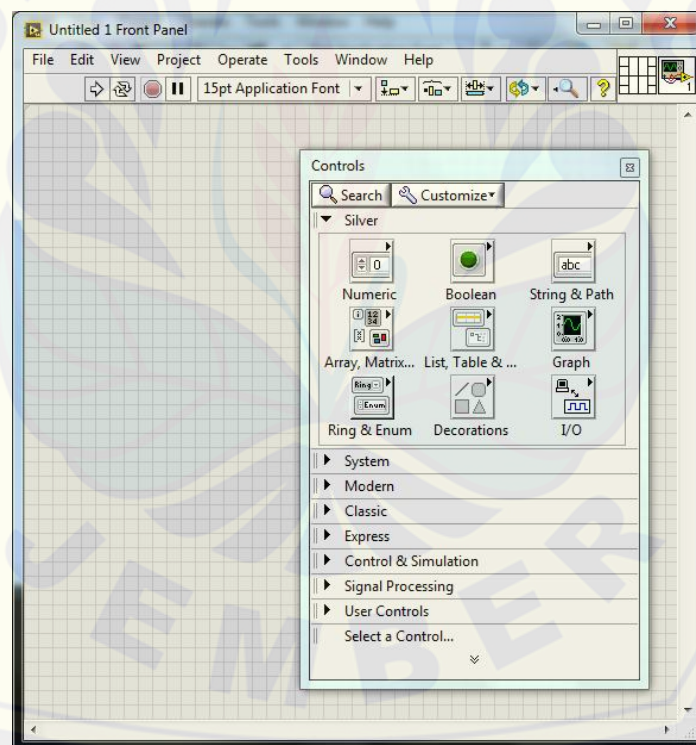
1. Mengoperasikan program instrumentasi
2. Mengendalikan *hardware*
3. Menganalisa data
4. Menampilkan hasil

Menurut Wardoyo *et al.* (2013) program LabVIEW dikenal sebagai *Virtual Instrument* (VI). Untuk membuat VI terdiri dari tiga komponen utama:

a. Front Panel

Front panel berfungsi sebagai tampilan yang digunakan untuk berinteraksi dengan pengguna pada saat program berjalan. Disini penggunaan dapat melakukan *control*, mengubah *input* dan indikator analisa data (Wardoyo *et al.*, 2013).

Pada LabVIEW akan dibutuhkan indikator dan kontrol ketika membuat *interface* pada *Front panel*. Kontrol dapat berupa *knobs*, *push*, *buttons*, *dials*, dan *input* lainnya. Sedangkan indikator dapat berupa grafik, LED, dan tampilan output lainnya (Halvorsen, 2014). Bagian kontrol digunakan untuk mensimulasikan mekanisme instrumen masukan dan mengisi data pada *block diagram* dari VI, sedangkan indikator mensimulasikan instrument keluaran dan menampilkan data yang dihasilkan oleh *Block Diagram* (Cahyudi, 2014).

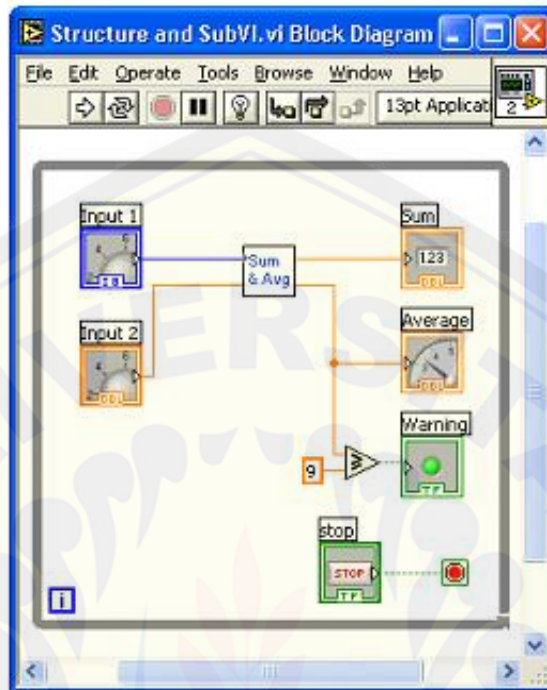


Gambar 2.4 *Front Panel* Labview (Sumber: Wardoyo *et al.*, 2013)

b. *Block Diagram*

Block Diagram adalah jendela tempat menuliskan perintah dan fungsi, berisikan *source code* berupa simbol-simbol, *node* dan garis sebagai data *flow* untuk mengeksekusi program, termasuk kode dari *front panel* (Wardoyo *et al.*,

2013). Di dalam *blok* terdapat *blok diagram panel* berbentuk terminal seperti pada gambar 2.5

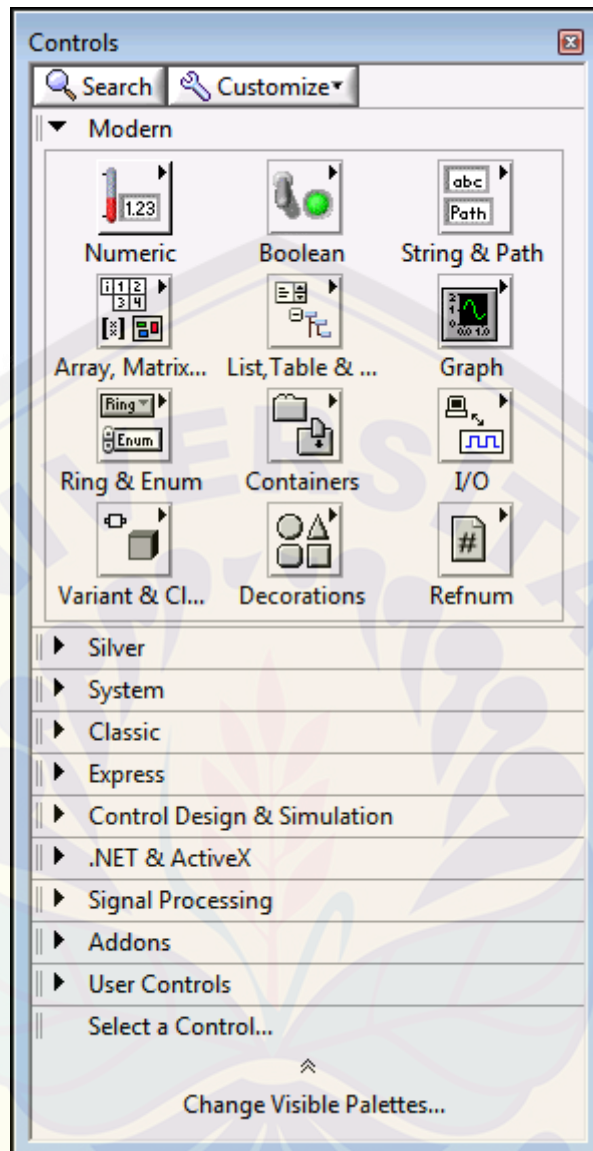


Gambar 2.5 Blok Diagram (Sumber: Sunarko, 2010)

Menurut Zain (2015) pada setiap kali pembuatan program jendela *block diagram* diawali dengan simbol *init.vi* serta *close.vi*. simbol *init.vi* digunakan untuk mengukur komunikasi serial dari awal sebelum komunikasi dilangsungkan. Sedangkan *close.vi* digunakan untuk menutup komunikasi.

c. *Function Palette* dan *Control Palette*

Function palette digunakan untuk membuat *block diagram*. Setiap pilihan pada tampilan *palette* terhadap *sub-palette* yang diberi tanda anak panah di atas *icon* tersebut. *Function-function palette* yaitu, *programming*, *measurement I/O*, *instrument I/O*, *vision and motion*, *mathematics*, *signal processing*, *data communication*, *connectivity*, *control design & simulation*, dan *express*.



Gambar 2.6 *Function palette* (Sumber: Sunarko, 2010)

Untuk membuka lembar *function palette*, dilakukan dengan cara *klik* kanan pada lembar kerja *block diagram*. Selain itu juga terdapat tombol *search* yang dapat digunakan untuk mencari *icon* fungsi yang belum diketahui keberadaannya. Caranya dengan *klik* tombol *search* tersebut dan menuliskan nama *icon* yang dicari. Kemudian *klikdouble* pada nama *icon* yang dicari, maka akan diketahui letak *icon* yang dimaksud (Artanto, 2012).

Control palette digunakan untuk menambah kontrol dan indikator pada *front panel*. Setiap pilihan *palette* terdapat *sub palette* mempunyai kontrol

indikator. Secara keseluruhan, susunan dari *control palette* ini akan membentuk tampilan pada *interface front panel* Labview (Wardoyo et al.,2013).



Gambar 2.7 *Control Palette* (Sumber: Sunarko, 2010)

Pada *control palette* terdapat tombol *search* yang dapat digunakan untuk mencari *icon control* yang belum diketahui keberadaannya. Caranya dengan *klik* tombol *search* tersebut dan menuliskan nama *icon* yang dicari. Kemudian *klikdouble* pada nama *icon* yang dicari, maka akan diketahui letak *icon* yang dimaksud (Artanto,2012).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian adalah suatu rencana yang terperinci mengenai cara memperoleh atau menganalisis data yang berisi tentang hal-hal dan kondisi umum yang melatarbelakangi dilaksanakan kegiatan penelitian tersebut. Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2018 sampai Maret 2019 di Laboratorium Fisika Modern Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penelitian ini dilakukan dengan uji kuantitatif untuk mengetahui kadar gula dengan menggunakan wadah prisma dan alat bantu kamera analisis image.

Metode yang digunakan adalah metode refraktometri. Alat yang digunakan antara lain wadah prisma segitiga transparan, laser merah (650 nm), laser hijau (532 nm), layar pengamatan, kamera analisis image, timbangan digital, *beaker glass*, pengaduk, komputer yang telah terinstal *software* LabVIEW 2012. Bahan yang digunakan antara lain gula pasir dan aquades. Penelitian ini diawali dengan kajian pustaka. Kajian pustaka dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang menjelaskan mengenai karakterisasi kadar gula menggunakan alat refraktometer dilihat dari indeks bias. Kemudian dilanjutkan dengan mempersiapkan alat dan bahan. Setelah itu mempersiapkan sampel yang telah ditentukan konsentrasinya yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%. Dimana, konsentrasi 5% berarti 5 gram gula dilarutkan dengan aquades 95 gram. Pengukuran sudut deviasi dilakukan menggunakan laser yang diarahkan pada salah satu sisi prisma dengan sudut 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60° yang telah terisi sampel, sinar laser akan mengalami pembiasan dan sinar yang dibiaskan membentuk sudut tertentu yang disebut sebagai sudut deviasi. Sinar laser yang dibiaskan akan tampak pada layar, sinar bias akan ditangkap oleh kamera dalam bentuk image. Kamera dihubungkan dengan komputer yang telah terinstal *software* LabVIEW. *Software* diatur untuk bisa memprogram besaran sudut deviasi, menentukan deviasi minimum dalam bentuk grafik, dan dilanjutkan memprogram besaran indeks bias dari sudut deviasi minimum yang telah

didapatkan sebelumnya. Hasil data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk dijadikan dasar membuat kesimpulan. Rancang kegiatan penelitian dilakukan dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Rancangan Penelitian

3.2 Jenis Penelitian dan Sumber Data Penelitian

Jenis penelitian ini bersifat kuantitatif karena penelitian ini menganalisis data berupa angka yang diperoleh dari pengukuran secara langsung. Data yang digunakan untuk menentukan karakteristik dari kadar gula adalah data primer. Data didapatkan dari hasil pengukuran sudut deviasi minimum pada konsentrasi gula 0% -40% dengan interval 5% memanfaatkan pembiasan cahaya pada prisma. Hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan kadar gula dengan indeks bias melalui pengukuran prisma dan kadar gula dengan indeks bias melalui

pengukuran refraktometer digital. Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan dengan 5 kali pengulangan untuk setiap sampel yang berbeda.

3.3 Variabel Penelitian dan Skala Pengukuran

3.3.1 Variabel Penelitian

Variabel penelitian digunakan sebagai parameter dalam fisika yang berpengaruh dalam penelitian dan memiliki nilai yang dapat berubah-ubah. Adanya variabel penelitian bertujuan untuk menghindari terjadinya perbedaan persepsi atau timbulnya permasalahan yang signifikan. Secara umum variabel pada penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu sebagai berikut.

a. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab timbulnya variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah kadar gula.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang mengalami perubahan karena adanya perlakuan dari variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah sudut deviasi minimum dan indeks bias.

c. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dijadikan acuan lain diluar perlakuan yang dikenakan pada objek penelitian. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah kadar gula sebesar 0%.

3.3.2 Skala Pengukuran

Skala pengukuran merupakan aturan yang digunakan untuk pengukuran suatu variabel sehingga diperoleh data kuantitatif. Skala pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini berupa skala pengukuran ordinal dan skala pengukuran rasio. Skala pengukuran ordinal digunakan untuk mengurutkan data yang diperoleh. Nilai indeks bias diurutkan untuk mengetahui pengaruh kadar gula terhadap indeks bias. Sedangkan skala pengukuran rasio digunakan untuk menyatakan perbandingan data yang diperoleh dari hasil penelitian menggunakan

prisma, data yang diperoleh dari hasil penelitian menggunakan refraktometer digital, dan perbandingan antara data hasil dari penambahan konsentrasi pada sampel terhadap sampel yang dijadikan kontrol yaitu sampel dengan kadar atau konsentasi 0%.

3.4 Kerangka Pemecahan Masalah

Kegiatan penelitian diawali dengan kajian pustaka dari berbagai literatur yang berkaitan dengan topik yang diangkat yaitu penentuan kadar gula memanfaatkan pembiasan cahaya pada prisma. Kajian pustaka dilakukan untuk mendapat informasi tentang besarnya indeks bias pada larutan gula dengan kadar atau konsentrasi tertentu. Selain itu metode refraktometer juga diperlukan untuk mengetahui prinsip kerja dari alat tersebut yang diketahui alat juga bekerja dengan memanfaatkan pembiasan cahaya pada prisma.

3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Penelitian ini diawali dengan persiapan alat dan bahan. Alat yang digunakan diantaranya Wadah Prisma segitiga, Laser Merah (650 nm), Laser Hijau (532 nm), Layar Pengamatan Berbentuk Persegi Panjang, Kamera Analisis Image, Timbangan Digital, *Beaker Glass*, Pengaduk, *Software* LabVIEW 2012, dan Komputer. Bahan yang digunakan yaitu Gula Pasir dan Aquades.

3.4.2 Pembuatan Sampel

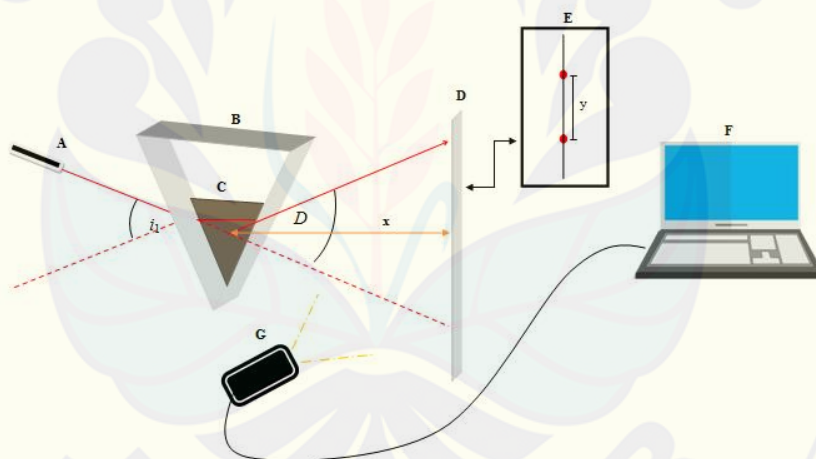
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah gula pasir dan aquades. Gula digunakan sebagai bahan penentu nilai sudut deviasi dan aquades digunakan sebagai pelarut atau bahan pengencer gula agar didapatkan konsentrasi yang diinginkan. Dalam pengukuran sudut deviasi, larutan gula diberi perlakuan konsentrasi (%) sebanyak 9 variasi konsentrasi yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40%. Pengukuran larutan konsentrasi 5% dilakukan dengan menimbang gula 5 gram dan aquades 95 gram dengan timbangan digital kemudian dimasukkan ke dalam *beaker glass*, diaduk sampai gula terlarut sempurna, larutan gula konsentrasi 10% dapat dibuat dengan cara mencampurkan

gula 10 gram dan aquades 90 gram kedalam *beaker glass* demikian seterusnya untuk konsentrasi yang lain. Pembuatan sampel juga dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 3.1.

Kadar atau konsentrasi (%) pada penelitian ini merupakan parameter untuk menentukan kelayakan alat alternatif pengukur kadar gula (prisma dan kamera analisis image), dalam hal lain konsentrasi (%) merupakan parameter penentu kelayakan bahan pangan dan minuman yang bermanfaat untuk kesehatan, penentuan konsentrasi (%) pada larutan gula adalah

$$\text{Konsentrasi (\%)} = \frac{\text{Berat Gula Dalam Sampel (gram)}}{\text{Berat Sampel(gram)}} \times 100\% \quad (3.1)$$

3.3.3 Desain Penelitian



Gambar 3.2 Desain Rangkaian Penelitian

Keterangan dari setiap bagian rancangan alat pada gambar 3.2 yaitu:

- A. Laser dengan panjang gelombang 650 nm dan 532 nm
- B. Wadah prisma segitiga dengan panjang sisi masing-masing 8 cm
- C. Larutan gula
- D. Layar pengamatan berbentuk persegi panjang
- E. Tampilan dari layar pengamatan tampak depan
- F. Camera Analisis Image (Webcam)
- G. Komputer sebagai penampil hasil pengamatan

3.3.4 Kalibrasi Alat

Kalibrasi alat dalam penelitian ini dilakukan pada kamera dan prisma. Kalibrasi alat dilakukan untuk mengetahui kualitas alat yang digunakan. Kalibrasi kamera analisis image dilakukan dengan mengukur sudut deviasi dari panjang (y), dimana (y) merupakan pembiasan laser yang melewati medium seperti pada point (E) gambar (3.2). (y) diukur dalam bentuk image yang ditangkap oleh kamera. Dengan panjang (x) yang telah diketahui, nilai sudut deviasi dapat diperoleh menggunakan persamaan (3.2). Nilai sudut deviasi yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan referensi. Kalibrasi kamera dilakukan untuk mengetahui kualitas dari kamera yang akan digunakan untuk pengukuran nilai (y).

Kalibrasi wadah prisma dilakukan dengan menggunakan prisma transparan sebagai wadah larutan yang akan ditentukan nilai indeks biasnya, dimana larutan yang digunakan adalah aquades. Aquades ditempatkan dalam prisma yang sama dengan wadah larutan gula pada saat penelitian. Data yang diperoleh adalah sudut deviasi yang selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai indeks bias larutan gula. Penentuan sudut deviasi larutan dilakukan dengan mengamati pembiasan dari sinar laser ketika melewati prisma yang berisi larutan sehingga diketahui besar sudut deviasi yang ditunjukkan pada *Front panel* dalam *software* LabVIEW. Hasil kalibrasi diperoleh dengan menghitung beda nilai yang diperoleh antara data hasil pengamatan dengan data referensi. Beda nilai tersebut selanjutnya dijadikan sebagai faktor koreksi bagi data pengukuran berikutnya.

3.3.5 Pengukuran Nilai Sudut Deviasi Minimum dan Indeks Bias

Pada larutan sukrosa 9 variasi konsentrasi dilakukan pengukuran sudut deviasi minimum untuk kemudian menentukan indeks bias dari masing-masing konsentrasi sampel. Pengukuran sudut deviasi minimum dilakukan menggunakan laser yang diarahkan pada salah satu sisi prisma yang telah terisi sampel dengan sudut datang 20° - 60° interval 5° , sinar laser akan mengalami pembiasan dan cahaya yang dibiaskan membentuk sudut tertentu. Sinar laser yang dibiaskan akan nampak pada layar seperti point (E) pada gambar 3.2, sinar tersebut akan ditangkap oleh kamera kemudian tersimpan dalam bentuk image. Kamera analisis

tersebut dihubungkan dengan komputer yang telah terinstal *software* LabVIEW. *Software* diatur untuk dapat membaca panjang (y), sedangkan panjang (x) telah diketahui, sehingga sudut deviasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\tan \frac{D}{2} = \frac{y}{x}$$

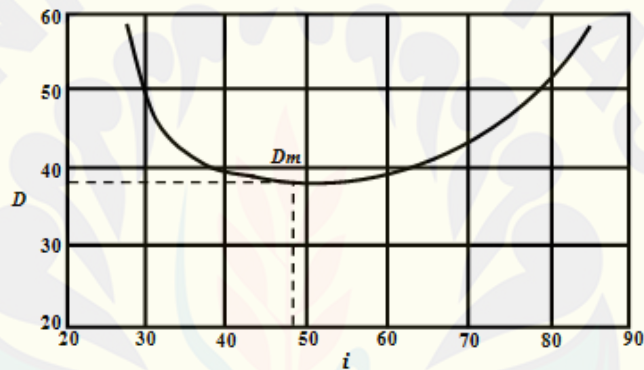
$$D = 2 \left(\text{tg}^{-1} \frac{y}{x} \right) \quad (3.2)$$

keterangan : D = sudut deviasi

y = jarak sinar bias

x = jarak prisma dengan layar

dari persamaan 3.2 dapat ditentukan sudut deviasi minimum mengacu pada



Gambar 3.3 Grafik penentuan sudut deviasi minimum prisma

(Sumber: Bortner, 2013)

Gambar 3.3 merupakan grafik penentuan sudut deviasi minimum prisma. Jika nilai sudut datang sinar diubah-ubah, dapat diperoleh grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3, dimana pada grafik tersebut diketahui sudut deviasi minimum dari sebuah prisma dengan sudut prisma yang tetap yaitu 60° (Bortner, 2013 dalam Zahro, 2015). Sudut deviasi minimum (D_m) yang didapatkan nantinya digunakan untuk menghitung indeks bias dari larutan gula dengan menggunakan rumus

$$n = \frac{\sin[(P+D_m)/2]}{\sin(P/2)} \quad (3.3)$$

keterangan : n = indeks bias

D_m = sudut deviasi minimum

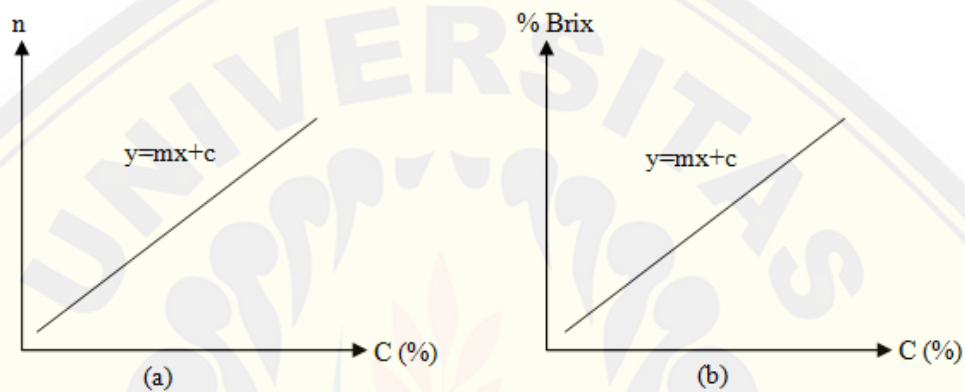
P = sudut puncak prisma

sehingga komputer dapat menampilkan besaran sudut deviasi serta indeks bias. Pengukuran dibuat dalam lima kali pengulangan setiap konsentrasi yang berbeda.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan pada larutan gula yang sudah diketahui konsentrasinya. Selanjutnya dibentuk grafik seperti berikut:



Gambar 3.4 Grafik Hubungan Antara a. Konsentrasi Terhadap Indeks Bias; b. Konsentrasi Terhadap % Brix (%)

Penelitian menggunakan sampel larutan gula akan didapatkan indeks bias n serta % Brix refraktometer digital, karena adanya hubungan antara konsentrasi larutan gula terhadap indeks bias serta % Brix berupa:

$$y = mx + c \quad (3.4)$$

maka konsentrasi larutan gula yang diukur dapat diketahui menggunakan persamaan:

$$x = \frac{y - c}{m} \quad (3.5)$$

Dimana: x = konsentrasi larutan gula (%)

y = indeks bias n

c = konstanta

m = gradien grafik

3.5.2 Penentuan Keakurasian Alat

Keakurasian alat yang dibuat ini bertujuan sebagai indikator yang menyatakan seberapa akurat nilai yang dihasilkan oleh alat ukur yang dibuat terhadap nilai yang dihasilkan oleh alat ukur dengan standar akurasi yang telah diakui, serta nilai acuan yang telah ada yaitu dapat ditunjukkan dengan menghitung nilai diskrepansinya sebagai berikut:

$$Discrepancy (D) = \left| \frac{N_{eksperiment} - N_{referensi}}{N_{referensi}} \right| \times 100\% \quad (3.6)$$

$$Akurasi = 100 - Discrepancy(\%) \quad (3.7)$$

Jika nilai diskrepansi dari nilai pengukuran yang dihasilkan oleh alat yang dibuat lebih dari 25% maka dapat dikatakan alat ukur yang dibuat memiliki nilai akurasi yang kurang baik, sedangkan apabila nilai diskrepansi dari nilai pengukuran yang dihasilkan kurang dari 25% maka dapat dikatakan alat ukur yang dibuat memiliki nilai akurasi yang baik. Tingkat akurasi yang digunakan adalah 75% atau memiliki diskrepansi 25% antara prediksi dan hasil uji nyata. Penggunaan toleransi sebesar 25% mengacu kepada Bennett (2005), yang menyatakan bahwa ketidakpastian dari standar pengukuran sebesar 25% masih dalam batas terima.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa data hasil penelitian yang didapatkan adalah nilai indeks bias larutan gula. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi yang dikenakan pada larutan gula menghasilkan perubahan nilai indeks bias. Grafik hubungan kadar gula (%) pada laser merah (650 nm) dan hijau (532 nm) yang dilengkapi dengan *standart error bar* dapat diketahui bahwa perubahan konsentrasi yang diberikan pada larutan gula menghasilkan perubahan nilai indeks bias. Nilai indeks bias berubah secara linier terhadap konsentrasi larutan gula. Dari grafik didapatkan persamaan regrasi yang dapat digunakan untuk menghitung nilai kadar gula (%). Didapatkan nilai kadar gula dari persamaan regrasi yang mendekati kadar gula yang dibuat secara matematis. Dengan menggunakan ketidakpastian dari standart pengukuran sebesar 25% masih dalam batas terima, nilai diskrepansi rata-rata yang diperoleh sebesar 7,5%, nilai keakurasian alat sebesar 92,5% pada pengukuran dengan panjang gelombang (650 nm) dan nilai diskrepansi rata-rata sebesar 8,97%, nilai keakurasian alat sebesar 91,03% pada pengukuran dengan panjang gelombang (532 nm).

5.2 Saran

Saran dari penelitian penentuan kadar gula menggunakan wadah prisma dan alat bantu kamera analisis image adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan sumber laser dengan panjang gelombang yang berbeda.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk dapat mengintegrasikan kamera analisis *image* dan *Personal Computer* (PC) sebagai control untuk mengukur kadar gula alternatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alonso, M. 1980. Fundamental university physics, 2nd edition. Jakarta: Erlangga.
- Amitasari, R., W. Istiyawan, H. Sugito, A. Bawono, & K.S. Firdausi. 2013. Review pengujian hukum malus dan sifat optis aktif larutan gula menggunakan sistem deteksi cahaya. *Jurnal Berkala Fisika*. 16 (1): 1-4.
- Arkundato, A., & L. Rohman. 2007. *Optika*. Jakarta: universitas terbuka.
- Artanto, D. 2012. *Interaksi Arduino dan LabVIEW*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Brink, O. G., R. J. Flink, & Sachris. 1984. *Dasar-dasar Ilmu Instrument*. Bandung: binacipta.
- Cahyudi, Heru. 2014. Pembuatan Alat Pengendali Suhu Media Cair Dengan Menggunakan Komputer. *Sikripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Christy, C. D. 2008. Real time measurment of soil atributes using on-the-go near infrared refl ectance spectroscopy. *Comput. Elektron. Agric.* 61: 10-19.
- Darwin, P. 2013. *Menikmati Gula Tanpa Rasa Takut*. Perpustakaan nasional: sinar ilmu.
- De Man, J.M. 1997. *Kimia Makanan*, edisi 2. Bandung: ITB.
- Direktorat jendral industri agro dan kimia departemen perindustrian. 2009. *Roadmap Industri Gula*. Jakarta: Departemen Perindustrian.
- Djuhana, D. 2011. *Difraksi Cahaya*. Jakarta: Departement of Physics University of Indonesia.
- Frederiksen. 1984. *Manual For Sugar Solution Prism*. Handbook of Kimia & Fisika.

Gibilisco, S. 2009. *Optics Demystified*. United States of America: McGraw-Hill Companies.

Halvorsen, Hans-Petter. 2014. *Introduction to LabVIEW*. Norwegia: Telemark University Co.

Hidayanto, E., A. Rofiq, & H. Sugito. 2010. Aplikasi portable brix meter untuk pengukuran indeks bias. *Jurnal berkala fisika*. 13 (4): 113 – 118.

Indra, S., D. Pandit, & R. Prajapati. 2009. Study of concentration dependence of refractive index of liquid using a minimum deviation method. *ST. Xavier's journal of science*. 1 (1): 1 – 4.

Issacs, A. 1997. *Kamus Lengkap Fisika*. Jakarta: Erlangga.

Kadri, M. 2015. Perancangan Sistem Keamanan Pintu Dan Kontrol Lampu Rumah Menggunakan Raspberry Pi. *Skripsi*. Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Alauddin Makasar.

Keiser, G. 2000. *Optical Fiber Communications*. Singapore: McGraw-Hill, Inc.

Kristanto, A., Y. Sukma, I. Ridwan, Supariyo, & T. Sutarso. 1997. Rancang bangun dan pembuatan refraktometer elektronik untuk menentukan rendemen tebu. *Buletin Penalaran Mahasiswa UGM*. 3 (3): 93 – 97.

Kunlestiowati, H., N. Yuningsih, & W. Martono. 2016. Penentuan sudut deviasi minimum prisma melalui peristiwa pembiasan cahaya berbantuan komputer. *Jurnal Sigma-Mu*. 8 (1): 1 – 6.

Mustofa, I. C. 2008. Monitoring Gerakan Pada Ruangan Menggunakan Webcam Dan Motor Stepper. *Skripsi*. Malang: Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang.

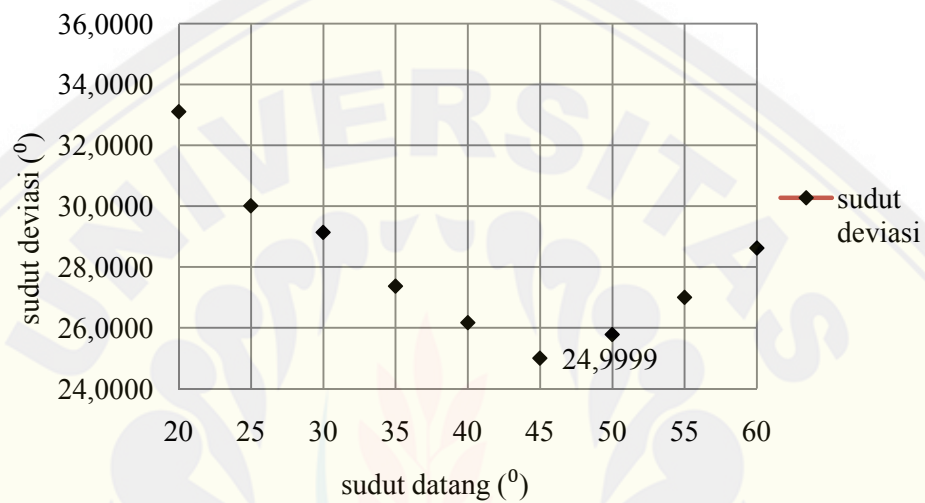
- Mutmainah., I. Rofi'i, & E. Purwandari. 2014. Pengukuran Konsentrasi Sukrosa Nira Tebu Dengan Menggunakan Polarimetri Optik. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Terapan IV: 15 November 2014. Departement Fisika, FST, Universitas Airlangga, Surabaya: D1 – D4.*
- Narinder, K. 2008. *Comprehensive Physics XII*. Laxmi publication. p.1416. ISBN 9788170085928.
- Novestiana, T. R., & E. Hidayanto. 2015. Penentuan indeks bias dari konsentrasi sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) pada beberapa sari buah menggunakan portable brixmeter. *Youngster Physics Journal*. 4 (2): 173 – 180.
- Park, G., B. S. Yoon, J. Moon, B. Kim, E. K. Jun, H. J. Song, J. Y. Noh, O. ChilHwan, & S. You. 2008. Green Tea Polyphenol Epigallocatechin-3-gallate Suppresses Collagen Production and Proliferation in Keloid Fibroblasts Via Inhibition of STAT3-signaling Pathway. *Investigative Dermatology*. 128: 2429-2441.
- Pedrotti, F. L. & L. S. Pedrotti. 1993. *Introduction To Optics, Second Edition*. New jersey: Prentice hall.
- Resnick, R. 1996. *Fisika Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Rofiq, A. 2010. Analisis Indeks Bias Pada Pengukuran Konsentrasi Larutan Sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) Menggunakan Portable Brixmeter. *Skripsi*. Semarang: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro.
- Rusdi. 1998. Budidaya Tebu Lahan Kering. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Pertanian Universitas Gajah Mada.
- Sari, N. W. 2012. Desain Sensor Serat Optik Untuk Pengukuran Indeks Bias Larutan Garam Dan Larutan Gula. *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret.
- Serway, R. A. 1985. *Physics For Scientists & Engineers, Second Edition*. Saunders college publishing.

- Singh, S. 2002. Refractive index measurement and its application. *Journal Physics scripta*. 65: 167 – 180.
- Subroto, A. 2008. Pemanfaatan tepung bekatul rendah lemak pada pembuatan kripik simulasi. *Jurnal gizi dan pangan*. 1(2): 34-44.
- Sunarko, B. K. 2010. Analisa Getaran Pada Mesin Sepeda Motor Berbasis Labview. *Tesis*. Jakarta: Program Magister Fisika Kekhususan Fisika Instrumentasi.
- Tipler, P. A. 2001. *Fisika Untuk Sains Dan Teknik, Jilid 2*. Terjemahan Oleh Bambang Soegijon. Jakarta: Erlangga.
- Wardoyo, S., R. Munarto, & V. P. Putra. 2013. Rancang bangun data logger suhu menggunakan labview. *Jurnal Ilmiah Elite Elektro*. 4 (1): 23 – 30.
- Young, H. D., R. A. Freedman, T. R. Sandin & A. L ford. 2003. *Fisika Universitas, Jilid 2*. Terjemahan oleh Patur Silaban. Jakarta: Erlangga.
- Yusman, W. 2010. *Fisika Atom*. Yogyakarta: pustaka belajar.
- Zahro, D. F. 2015. Penentuan Konstanta Sellmeier Dan Konstanta Cauchy Minyak Kelapa Sawit Pada Berbagai Temperatur Menggunakan Spektrometer Prisma. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Zain, A. T. 2015. Pengukuran Kandungan Gula Pada Nira Tebu Menggunakan Fotodetektor. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

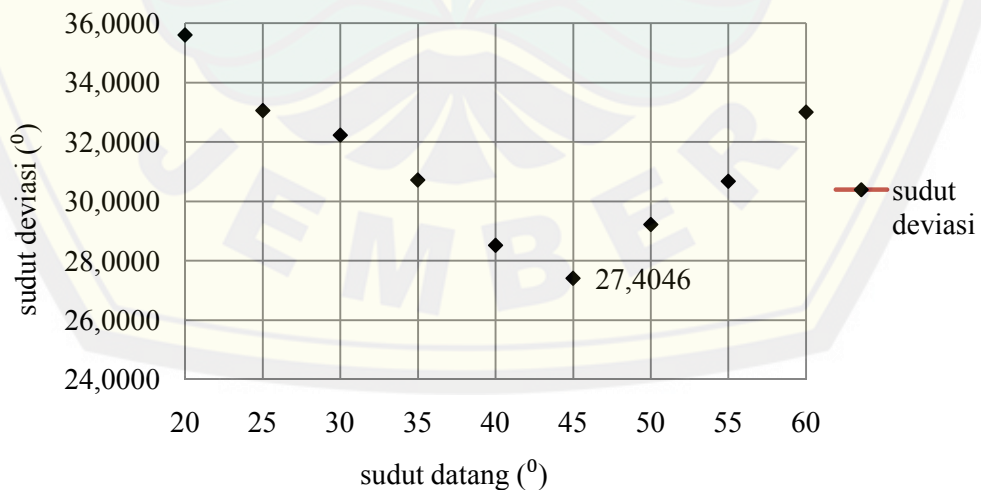
LAMPIRAN

LAMPIRAN A. Grafik Hubungan Sudut Datang Dengan Sudut Deviasi

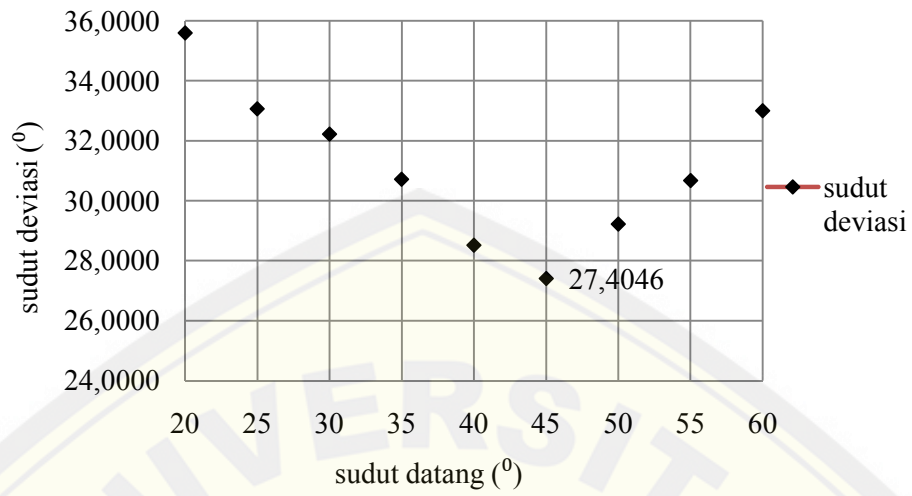
1. Grafik penentuan sudut deviasi minimum pada larutan gula menggunakan laser merah (650 nm)



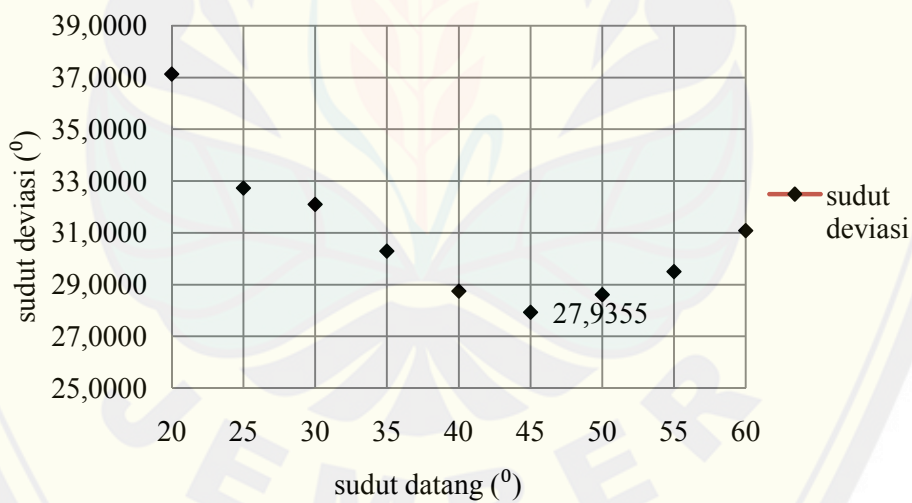
Gambar A1. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 0% (aquades)



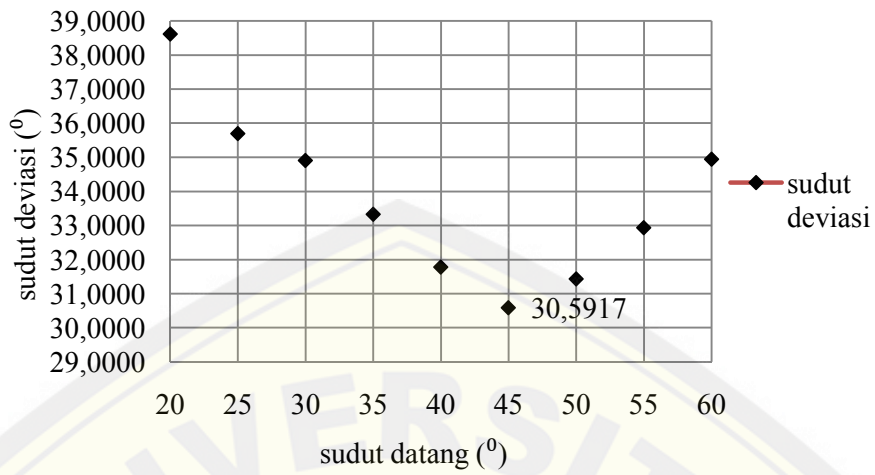
Gambar A2. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 5%



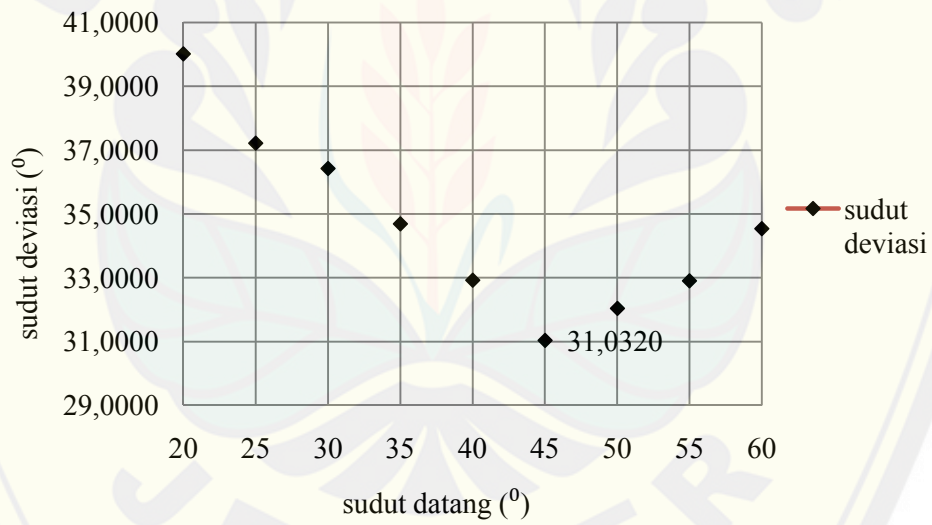
Gambar A3. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 10%



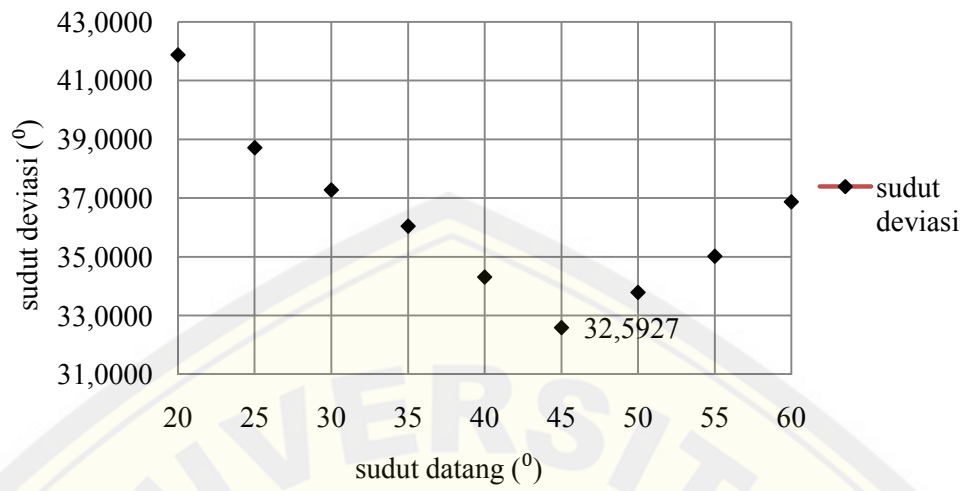
Gambar A4. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 15%



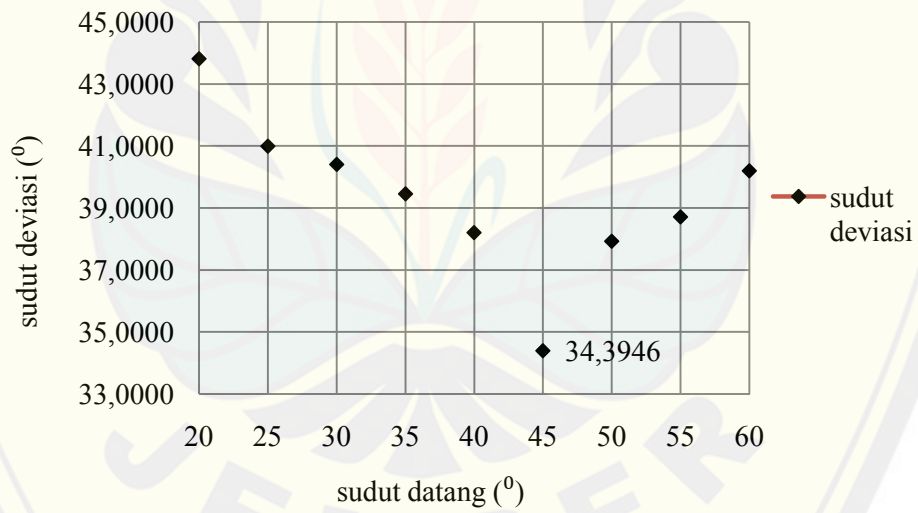
Gambar A5. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 20%



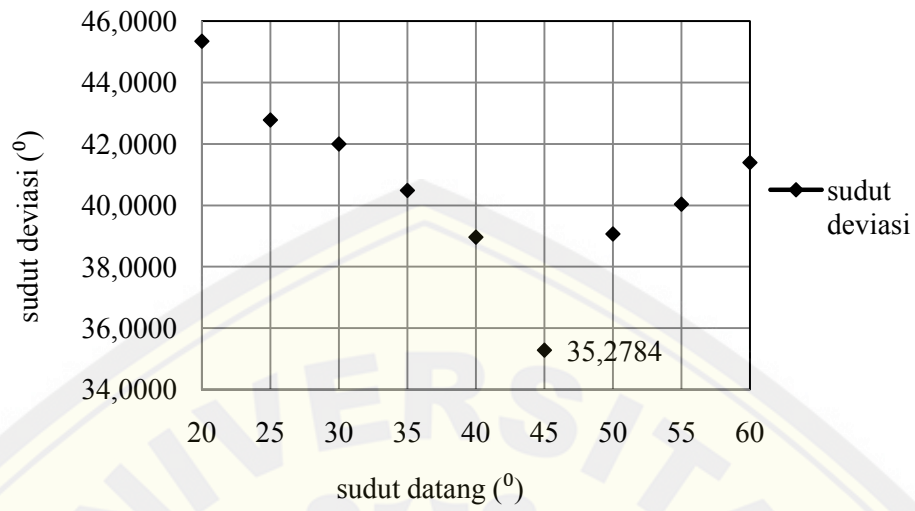
Gambar A6. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 25%



Gambar A7. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 30%

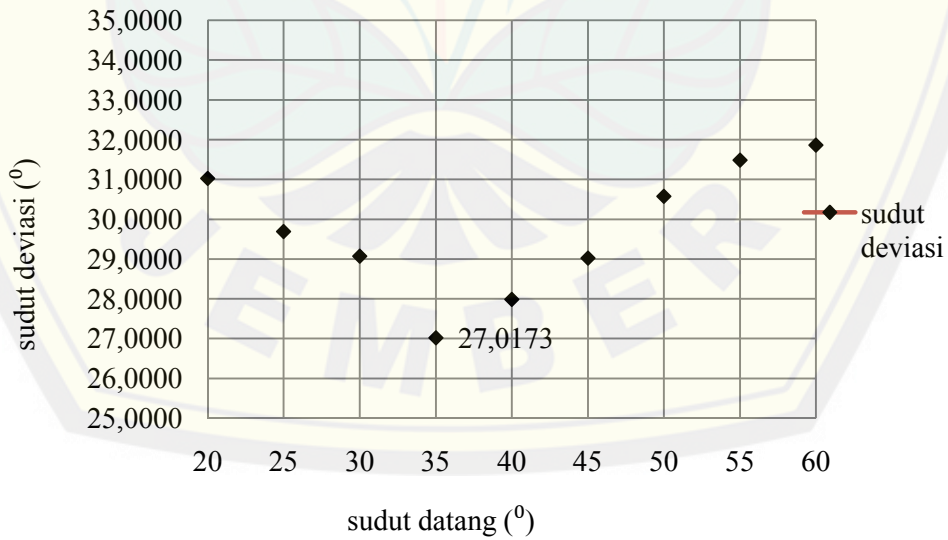


Gambar A8 Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 35%

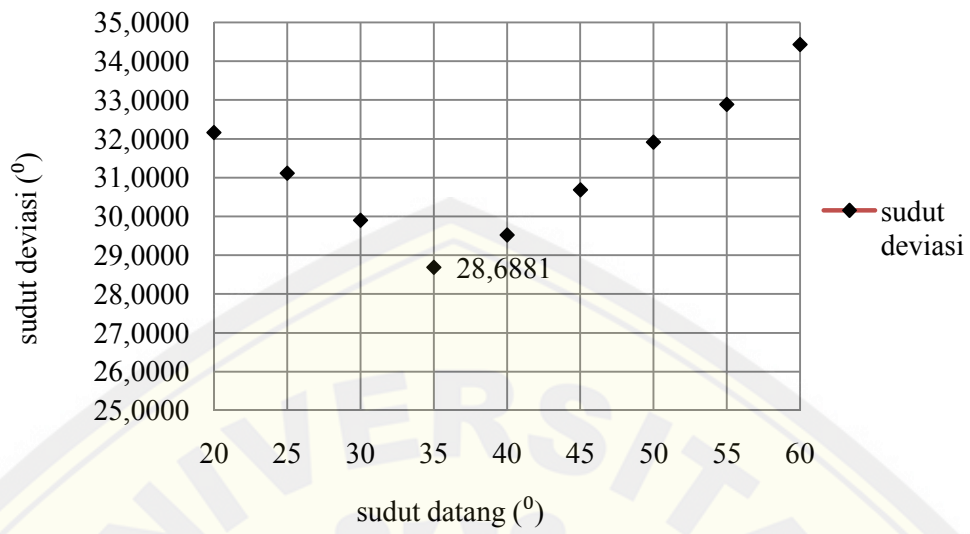


Gambar A9. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 40%

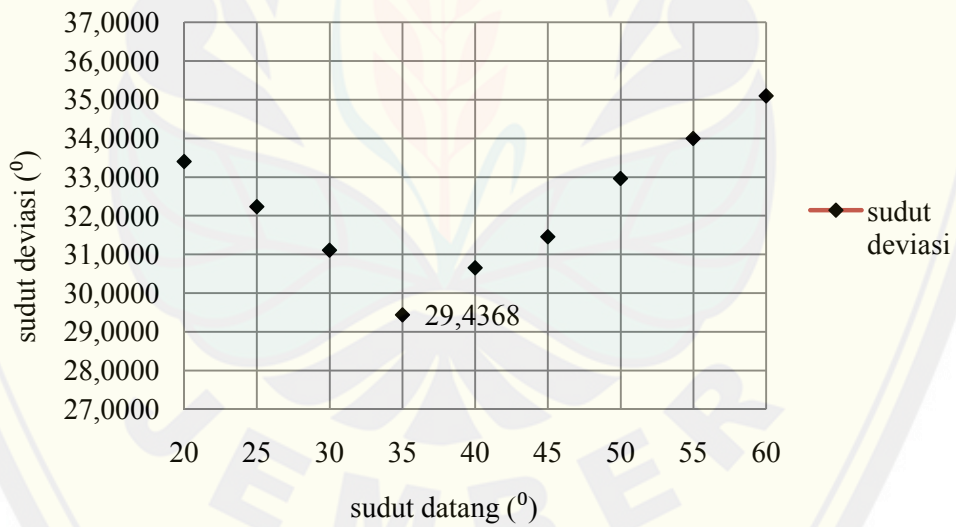
2. Grafik penentuan sudut deviasi minimum pada larutan gula menggunakan laser hijau (532 nm)



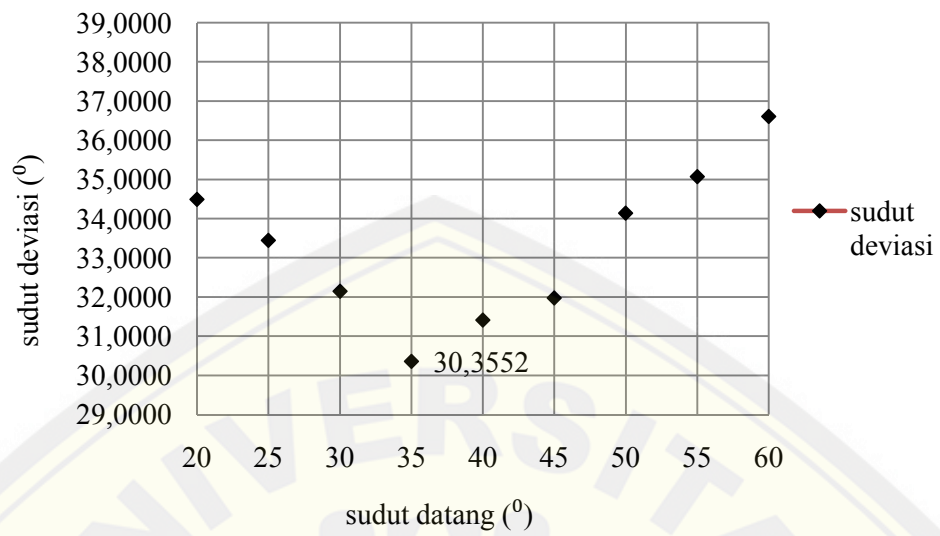
Gambar A10 Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 0% (aquades)



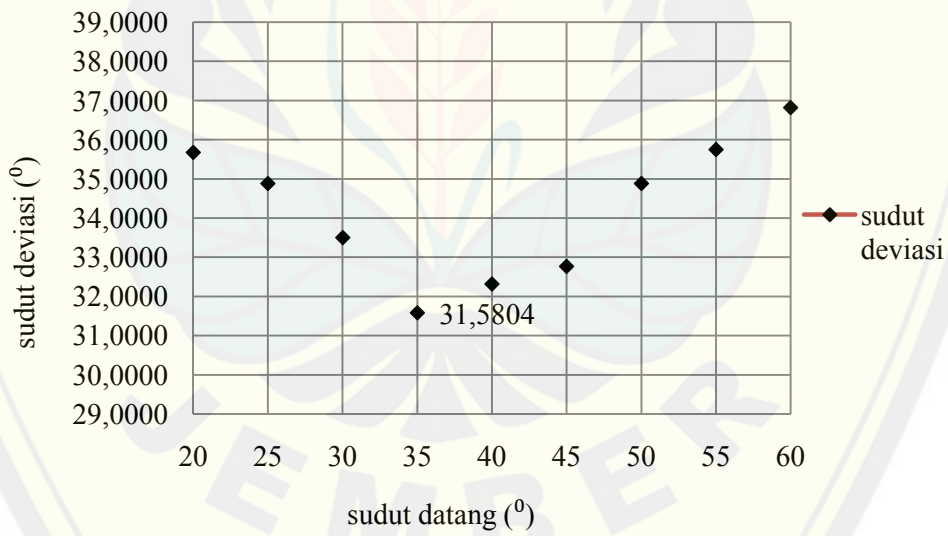
Gambar A11. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 5%



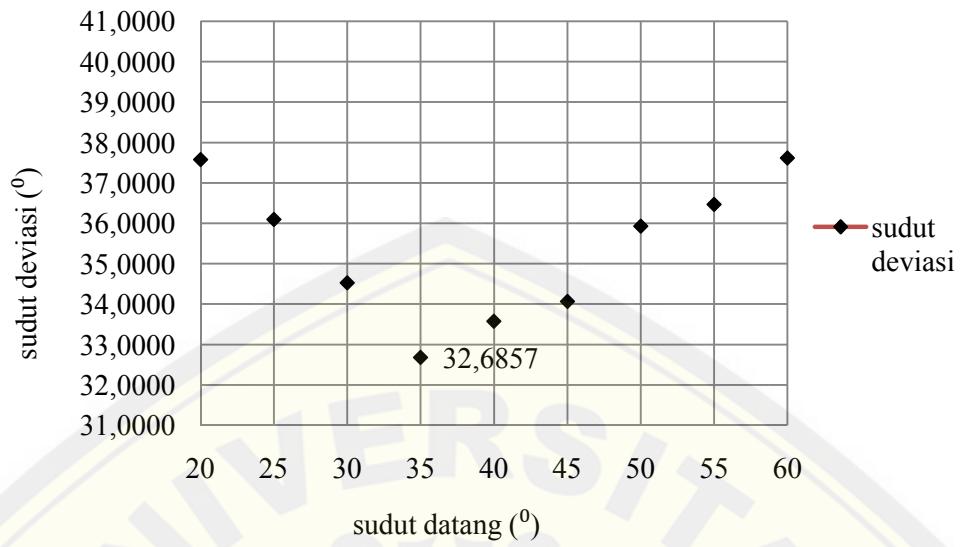
Gambar A12. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 10%



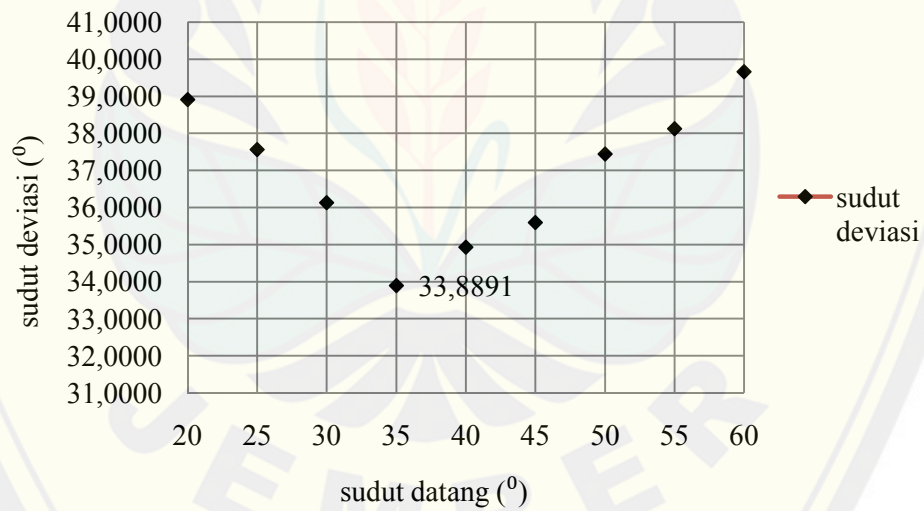
Gambar A13. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 15%



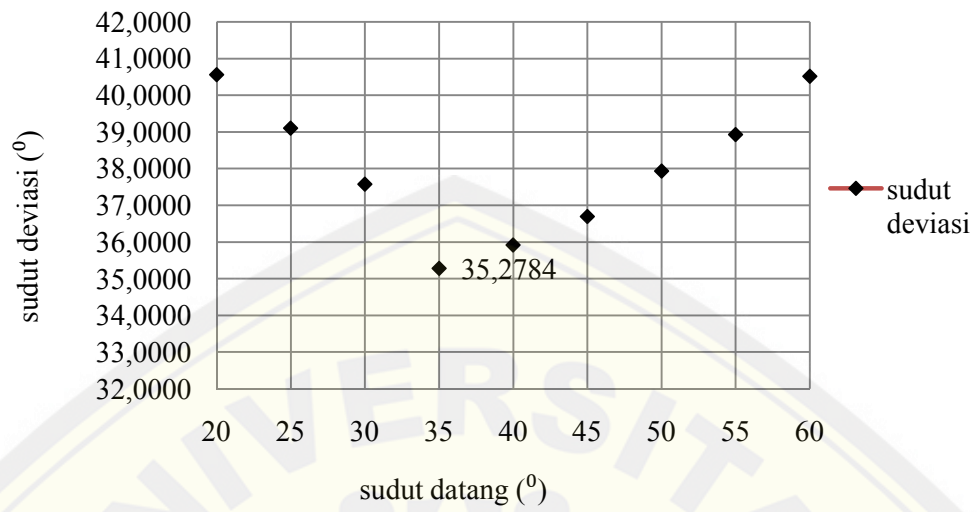
Gambar A14. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 20%



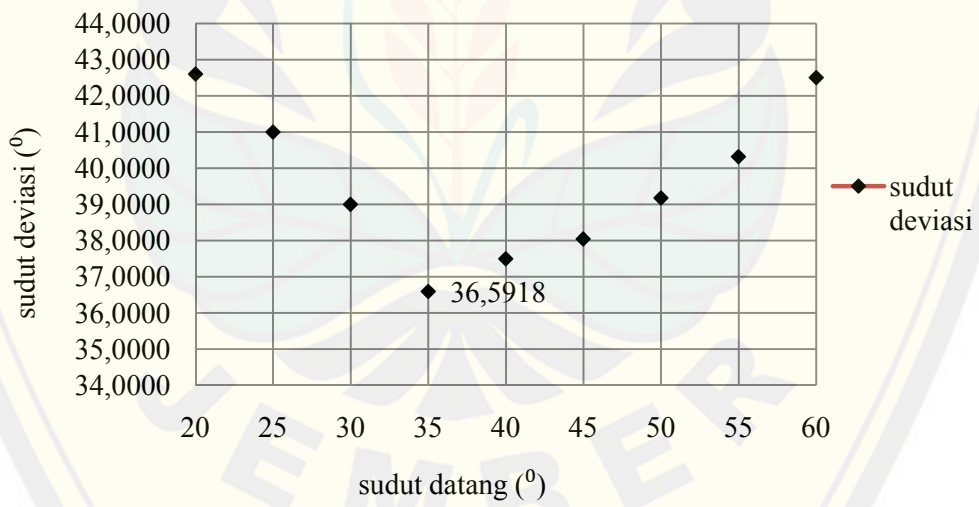
Gambar A15. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 25%



Gambar A16. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 30%



Gambar A17. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 35%



Gambar A18. Grafik hubungan sudut datang dengan sudut deviasi minimum pada konsentrasi 40%

3. Hasil pengukuran pada larutan gula

Tabel A1. Hasil pengukuran indeks bias n pada larutan gula menggunakan laser merah (650 nm)

Kadar Gula (%)	Pengulangan	D	n	\bar{n}	Δn	$n = \bar{n} \pm \Delta n$
1	2	3	4	5	6	7
0	n1	24.9672	1.3508	1.3512	0.0236	1.3512 \pm 0.0236
	n2	25.0491	1.3518			
	n3	25.0491	1.3518			
	n4	24.9672	1.3508			
	n5	24.9672	1.3508			
5	n1	26.5966	1.3716	1.3714	0.0239	1,3714 \pm 0,0239
	n2	26.5966	1.3716			
	n3	26.5955	1.3716			
	n4	26.4344	1.3695			
	n5	26.6776	1.3726			
10	n1	27.3240	1.3808	1.3818	0.0241	1.3818 \pm 0.0241
	n2	27.4046	1.3818			
	n3	27.4852	1.3828			
	n4	27.4046	1.3818			
	n5	27.4046	1.3818			
15	n1	28.0479	1.3899	1.3885	0.0242	1.3885 \pm 0.0242
	n2	27.9676	1.3889			
	n3	27.7266	1.3859			
	n4	27.9676	1.3889			
	n5	27.9676	1.3889			

1	2	3	4	5	6	7
20	n1	30.6704	1.4225			
	n2	30.5917	1.4215			
	n3	30.5917	1.4215	1.4215	0.0248	1.4215 ± 0.0248
	n4	30.5917	1.4215			
	n5	30.5129	1.4205			
25	n1	31.0634	1.4273			
	n2	30.9849	1.4263			
	n3	31.0634	1.4273	1.4269	0.0249	1.4269 ± 0.0249
	n4	31.0634	1.4273			
	n5	30.9849	1.4263			
30	n1	32.6237	1.4462			
	n2	32.5462	1.4453			
	n3	32.4685	1.4443	1.4458	0.0252	1.4458 ± 0.0252
	n4	32.6237	1.4462			
	n5	32.7012	1.4472			
35	n1	34.4712	1.4683			
	n2	34.3183	1.4665			
	n3	34.2418	1.4656	1.4674	0.0256	1.4674 ± 0.0256
	n4	34.2418	1.4656			
	n5	34.7002	1.4710			
40	n1	35.3088	1.4782			
	n2	35.2329	1.4773			
	n3	35.1569	1.4764	1.4778	0.0258	1.4778 ± 0.0258
	n4	35.3088	1.4782			
	n5	35.3846	1.4791			

TabelA2. Hasil pengukuran indeks bias (n) pada larutan gula menggunakan laser hijau (532 nm)

Kadar Gula (%)	Pengulangan	D	n	\bar{n}	Δn	$n = \bar{n} \pm \Delta n$
1	2	3	4	5	6	7
	n1	26.9203	1.3757			
	n2	27.0819	1.3777			
	n3	27.0009	1.3767	1.3769	0.0240	1.3769 \pm 0.0240
	n4	27.0012	1.3767			
	n5	27.0819	1.3777			
	n1	28.8478	1.3999			
	n2	28.7680	1.3989			
5	n3	28.5284	1.3959	1.3979	0.0244	1.3979 \pm 0.0244
	n4	28.5284	1.3959			
	n5	28.7680	1.3989			
	n1	29.5639	1.4088			
	n2	29.4845	1.4078			
10	n3	29.4845	1.4078	1.4072	0.0246	1.4072 \pm 0.0246
	n4	29.3256	1.4059			
	n5	29.3256	1.4059			
	n1	30.3552	1.4186			
	n2	30.1973	1.4166			
15	n3	30.5129	1.4205	1.4186	0.0248	1.4186 \pm 0.0248
	n4	30.3552	1.4186			
	n5	30.3552	1.4186			

1	2	3	4	5	6	7
20	n1	31.6898	1.4349			
	n2	31.5335	1.4330			
	n3	31.5335	1.4330	1.4336	0.0250	1.4336 ± 0.0250
	n4	31.6117	1.4340			
	n5	31.5335	1.4330			
25	n1	32.6237	1.4462			
	n2	32.7787	1.4481			
	n3	32.6237	1.4462	1.4470	0.0253	1.4470 ± 0.0253
	n4	32.7012	1.4472			
	n5	32.7012	1.4472			
30	n1	33.8584	1.4610			
	n2	33.8584	1.4610			
	n3	33.8584	1.4610	1.4614	0.0255	1.4614 ± 0.0255
	n4	33.9352	1.4619			
	n5	33.9352	1.4619			
35	n1	35.3088	1.4782			
	n2	35.2329	1.4773			
	n3	35.3088	1.4782	1.4778	0.0258	1.4778 ± 0.0258
	n4	35.3088	1.4782			
	n5	35.2329	1.4773			
40	n1	36.5167	1.4923			
	n2	36.5918	1.4932			
	n3	36.6669	1.4941	1.4932	0.0261	1.4932 ± 0.0261
	n4	36.6669	1.4941			
	n5	36.5167	1.4923			

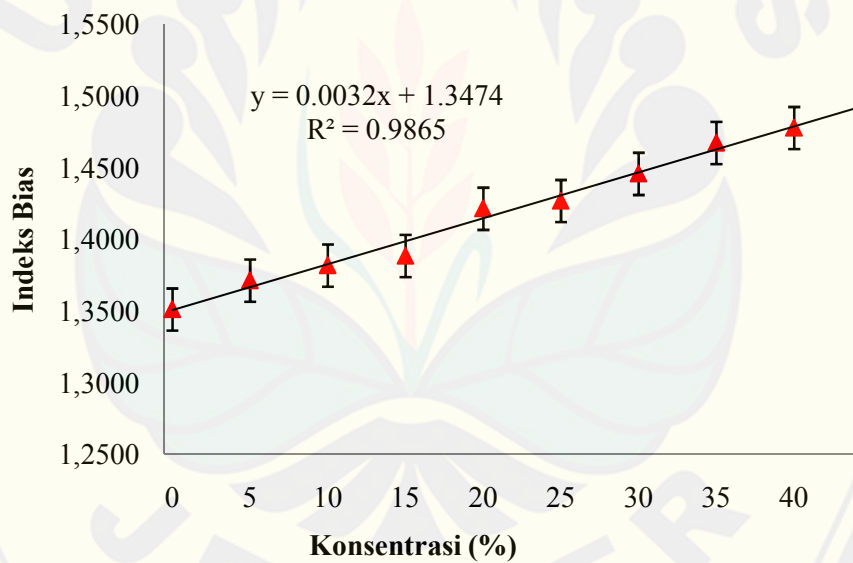
Tabel A3. Hasil pengukuran indeks bias (n) pada larutan gula menggunakan refraktometer digital.

Konsentrasi	Pengulangan	n	\bar{n}
0	n1	1.3330	1.3330
	n2	1.3331	
	n3	1.3331	
	n4	1.3330	
	n5	1.3330	
5	n1	1.3432	1.3432
	n2	1.3432	
	n3	1.3431	
	n4	1.3431	
	n5	1.3432	
10	n1	1.3492	1.3492
	n2	1.3491	
	n3	1.3491	
	n4	1.3492	
	n5	1.3492	
15	n1	1.3557	1.3557
	n2	1.3557	
	n3	1.3557	
	n4	1.3556	
	n5	1.3557	
20	n1	1.3645	1.3645
	n2	1.3645	
	n3	1.3644	
	n4	1.3645	
	n5	1.3646	
25	n1	1.3718	1.3718
	n2	1.3717	
	n3	1.3717	
	n4	1.3718	
	n5	1.3718	
30	n1	1.3805	1.3805
	n2	1.3805	
	n3	1.3805	
	n4	1.3806	
	n5	1.3804	

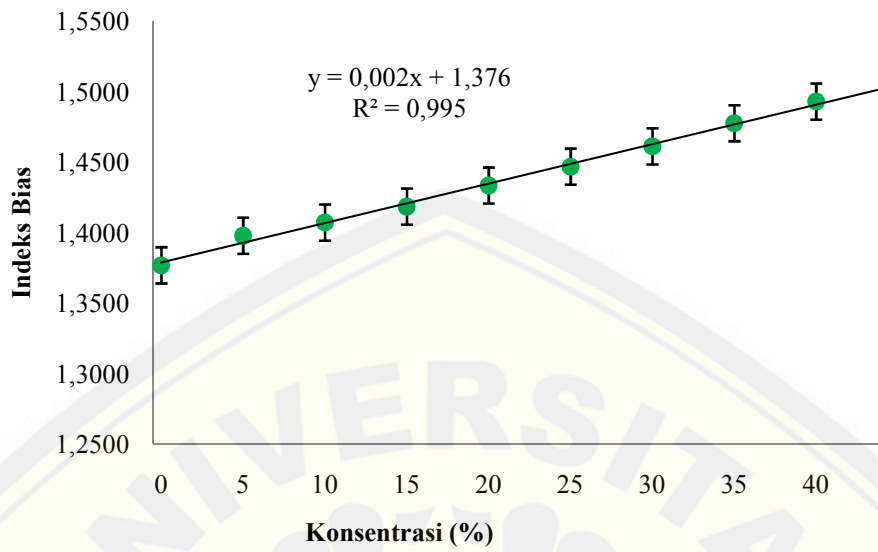
35	n1	1,3892	1,3892
	n2	1,3891	
	n3	1,3892	
	n4	1,3892	
	n5	1,3891	
40	n1	1,3989	1,3989
	n2	1,3989	
	n3	1,3988	
	n4	1,3988	
	n5	1,3989	

LAMPIRAN B. Grafik Hubungan Indeks Bias n dengan Konsentrasi (%)

4. Grafik hubungan indeks bias n dengan konsentrasi (%) pada larutan gula



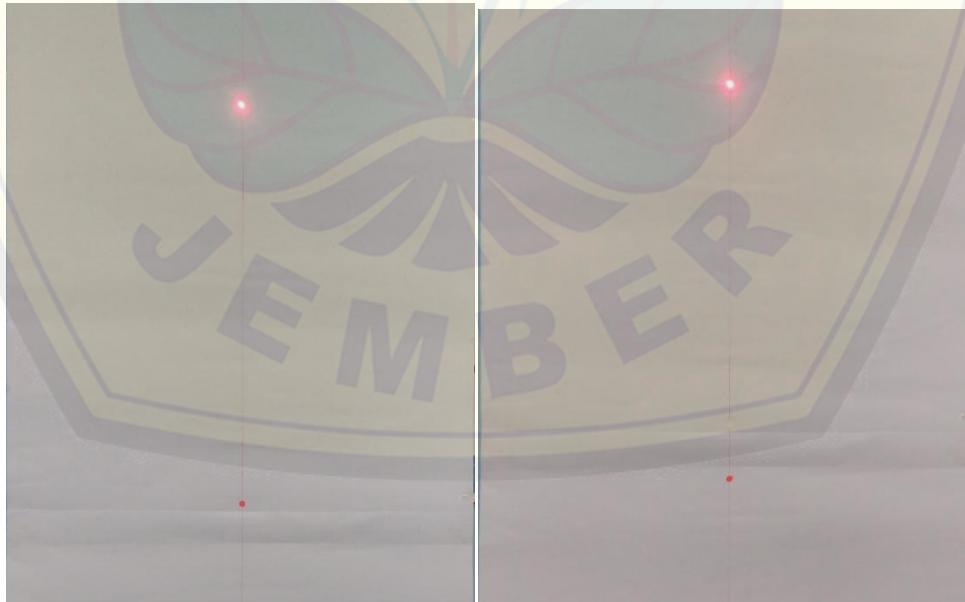
Gambar B1. Grafik hubungan konsentrasi (%) larutan gula dengan indeks bias n pada laser merah (650 nm)



Gambar B2. Grafik hubungan konsentrasi (%) larutan gula dengan indeks bias n pada laser merah (532 nm)

LAMPIRAN C. Kegiatan Penelitian

5. Gambar hasil pembiasan dari kamera analisis image dari laser merah (650 nm)



(a)

(b)

Gambar C1. Hasil Pembiasan Laser Merah (y) pada a. konsentrasi 5% dan b. Konsentrasi 10%

6. Gambar hasil pengukuran indeks bias dan kadar gula menggunakan refraktometer digital



(a)

(b)

Gambar C1. Pengambilan Data Menggunakan Refraktometer Digital a. Kadar Gula 35% dan b. Indeks Bias pada Konsentrasi 35%



(a)

(b)

Gambar C1. Pengambilan Data Menggunakan Refraktometer Digital a. Kadar Gula 5% dan b. Indeks Bias pada Konsentrasi 5%