



**PENENTUAN KONSTANTA CAUCHY GULA KRISTAL PUTIH  
DAN GULA SINTETIS PADA BERBAGAI KONSENTRASI**

**SKRIPSI**

Oleh

**Nailatil Firdausiyah  
NIM 151810201063**

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



**PENENTUAN KONSTANTA CAUCHY GULA KRISTAL PUTIH  
DAN GULA SINTETIS PADA BERBAGAI KONSENTRASI**

**SKRIPSI**

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

Oleh

**Nailatil Firdausiyah  
NIM 151810201063**

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

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Suami tercinta, Jufriadi yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, motivasi, serta pengorbanan yang tak bisa kubalas.
2. Orang tua tercinta, Bapak Nadir dan Ibu Masfufah yang tanpa henti memberikan doa, dukungan, motivasi, telah mendidik dengan penuh kasih sayang, serta pengorbanannya yang tak bisa kubalas.
3. Bapak Muniran dan Ibu Selpi' yang selalu memberikan doa dan kasih sayang tanpa henti.
4. Adik Nida Nadiroh As-Syarifah yang selalu memberikan doa dan semangat.
5. Almamater tercinta, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

**MOTTO**

“Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya”

(Terjemahan Surat *An-Najm* ayat 39)<sup>\*)</sup>

“Sesungguhnya kami milik Allah dan sesungguhnya kepada-Nyalah kami kembali”

(Terjemahan Surat *Al-Baqarah* ayat 156)<sup>\*)</sup>



---

<sup>\*)</sup> Departemen Agama republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nailatil Firdausiyah

NIM : 151810201063

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Penentuan Konstanta Cauchy Gula Kristal Putih dan Gula Sintetis pada Berbagai Konsentrasi” adalah benar-benar 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 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 ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 21 September 2019

Yang menyatakan,

Nailatil Firdausiyah  
NIM 151810201063

**SKRIPSI**

**PENENTUAN KONSTANTA CAUCHY GULA KRISTAL PUTIH  
DAN GULA SINTETIS PADA BERBAGAI KONSENTRASI**

Oleh

**Nailatil Firdausiyah  
NIM 151810201063**

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Endhah Purwandari, S.Si., M.Si.

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

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Penentuan Konstanta Cauchy Gula Kristal Putih dan Gula Sintetis pada Berbagai Konsentrasi” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

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

Ir. Misto, M.Si.  
NIP 195911211991031002

Anggota II,

Anggota III,

Dra. Arry Yuariatun Nurhayati, M.Si.  
NIP 196109091986012001

Supriyadi, S.Si., M.Si.  
NIP 198204242006041003

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.  
NIP 196102041987111001

## RINGKASAN

**Penentuan Konstanta Cauchy Gula Kristal Putih dan Gula Sintetis pada Berbagai Konsentrasi;** Nailatil Firdausiyah, 151810201063; 2019; 52 halaman; Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Konstanta Cauchy merupakan bilangan yang terdapat dalam persamaan Cauchy dimana persamaan ini menyatakan hubungan antara indeks bias dengan panjang gelombang spektrum cahaya. Indeks bias ialah parameter dasar yang digunakan dalam menentukan sifat optik suatu bahan. Dalam penelitian ini, tiga buah panjang gelombang akan digunakan untuk menganalisis karakteristik optik dari gula sintetis, tiga jenis gula kristal putih, dan gula campuran, yang merupakan kombinasi antara masing-masing gula kristal putih dengan gula sintetis. Nilai indeks bias dari bahan tersebut ditentukan dengan melewati tiga macam laser yang telah diketahui panjang gelombangnya, terhadap masing-masing jenis larutan gula, sehingga data indeks bias dan panjang gelombang dapat digunakan untuk menentukan nilai konstanta Cauchy. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui karakteristik indeks bias dan konstanta Cauchy  $C_1$ ,  $C_2$ , dan  $C_3$  dari larutan gula kristal putih, larutan gula sintetis, dan larutan campuran antara gula kristal putih dengan gula sintetis pada berbagai variasi konsentrasi.

Penelitian ini dilakukan melalui dua tahap, yaitu penentuan indeks bias larutan gula dan perhitungan nilai konstanta Cauchy dari larutan tersebut. Larutan gula kristal putih dan gula sintetis dibuat pada konsentrasi 10%, 20%, 30%, dan 40%. Sedangkan larutan campuran dibuat pada konsentrasi yang sama namun dengan komposisi gula sintetis dan gula kristal putih sebesar 1:30. Indeks bias ditentukan dengan difraksi pada kisi dimana setiap konsentrasi dari masing-masing larutan dilewati oleh tiga spektrum cahaya dengan panjang gelombang 632,8 nm, 532 nm, dan 405 nm. Penentuan nilai konstanta Cauchy dilakukan dengan menyesuaikan data indeks bias dengan data panjang gelombang pada setiap konsentrasi. Berdasarkan data-data tersebut, dapat dihasilkan nilai konstanta Cauchy dari masing-masing jenis gula dengan menggunakan metode interpolasi kuadrat. Metode ini memerlukan tiga pasang data indeks bias-panjang gelombang, oleh karena konstanta Cauchy yang dipakai hingga tiga suku.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai indeks bias dari masing-masing jenis larutan gula berubah secara linier seiring dengan meningkatnya konsentrasi. Adapun untuk nilai konstanta Cauchy, setiap konsentrasi larutan menghasilkan nilai konstanta Cauchy yang berbeda-beda. Perbedaan juga diperoleh pada nilai konstanta Cauchy larutan gula kristal putih saat sebelum dan setelah dicampur dengan gula sintetis. Setelah gula kristal putih tercampur dengan gula sintetis, konstanta Cauchy  $C_1$  dan konstanta Cauchy  $C_3$  sebagian besar memiliki nilai yang lebih kecil dari pada saat sebelum tercampur dengan gula sintetis. Sedangkan nilai konstanta Cauchy  $C_2$  larutan gula kristal putih setelah tercampur dengan gula sintetis menghasilkan nilai konstanta Cauchy yang mayoritas lebih besar dari pada saat sebelum tercampur dengan gula sintetis.



## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penentuan Konstanta Cauchy Gula Kristal Putih dan Gula Sintetis pada Berbagai Konsentrasi”. 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.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Endhah Purwandari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Dra. Arry Yuariatun Nurhayati, M.Si., selaku Dosen Penguji Utama dan Supriyadi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan kritik serta saran untuk skripsi ini;
3. Wenny Maulina, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
4. Guru-guru pengajar di Tarbiyatun Nasyiin 1, Darul Karomah, Nurul Jadid, dan Universitas Jember yang telah mendidik dengan sabar dan ikhlas;
5. Keluarga besar yang selalu memberikan doa dan motivasi;
6. Teman-teman Fisika angkatan 2015 yang telah berbagi pengalaman baik;
7. Sahabat terbaik Silvia Luluil Maknun dan Novi Anivatul Karimah yang selalu memberikan semangat dan kesan luar biasa selama berada di Jember;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, 21 September 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING .....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN .....	viii
PRAKATA .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Batasan Masalah .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Tujuan Penelitian.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian.....</b>	<b>5</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Gula .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Gelombang Elektromagnetik.....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Difraksi Cahaya .....</b>	<b>9</b>
2.3.1 Difraksi Fraunhofer.....	10
2.3.2 Difraksi Cahaya pada Kisi .....	11
<b>2.4 Indeks Bias .....</b>	<b>13</b>
<b>2.5 Persamaan Cauchy .....</b>	<b>16</b>
<b>2.6 Interpolasi Kuadrat .....</b>	<b>18</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>20</b>

<b>3.1 Rancangan Penelitian</b> .....	20
<b>3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian</b> .....	21
<b>3.3 Variabel Penelitian</b> .....	21
<b>3.4 Kerangka Pemecahan Masalah</b> .....	22
3.4.1 Tahap Persiapan .....	23
3.4.2 Tahap Pengambilan Data .....	26
3.4.3 Tahap Analisis Data Penelitian.....	27
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	31
<b>4.1 Karakteristik Indeks Bias Larutan Gula Kristal Putih dan Gula Sintetis pada Berbagai Variasi Konsentrasi</b> .....	31
<b>4.2 Karakteristik Indeks Bias Larutan Campuran Gula Kristal Putih dengan Gula Sintetis pada Berbagai Variasi Konsentrasi</b> .....	36
<b>4.3 Karakteristik Konstanta Cauchy Larutan Gula Kristal Putih dan Gula Sintetis pada Berbagai Variasi Konsentrasi</b> .....	39
<b>4.4 Karakteristik Konstanta Cauchy Larutan Campuran Gula Kristal Putih dengan Gula Sintetis pada Berbagai Variasi Konsentrasi</b> .....	41
<b>4.5 Analisis Perbandingan Nilai Indeks Bias dan Konstanta Cauchy antara Larutan Gula Kristal Putih, Gula Sintetis, dan Campuran Gula Kristal Putih dengan Gula Sintetis</b> .....	43
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	47
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	47
<b>5.2 Saran</b> .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	48
<b>LAMPIRAN</b> .....	53

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Syarat mutu gula kristal putih.....	6
2.2 Indeks bias beberapa bahan untuk gelombang elektromagnetik .....	14
2.3 Nilai konstanta Cauchy dari air pada temperatur tetap 20°C .....	17
3.1 Rancangan penelitian .....	20
4.1 Nilai indeks bias (n) larutan beberapa jenis gula pada variasi konsentrasi (%) untuk masing-masing spektrum warna.....	32
4.2 Nilai indeks bias (n) larutan campuran gula kristal putih dengan gula sintetis pada variasi konsentrasi (%) untuk masing-masing spektrum warna.....	36
4.3 Nilai konstanta Cauchy $C_1$ , konstanta Cauchy $C_2$ , dan konstanta Cauchy $C_3$ larutan gula kristal putih dan larutan gula sintetis pada berbagai variasi konsentrasi.....	39
4.4 Nilai konstanta Cauchy $C_1$ , konstanta Cauchy $C_2$ , dan konstanta Cauchy $C_3$ larutan campuran gula kristal putih dengan larutan gula sintetis pada berbagai variasi konsentrasi.....	41

DAFTAR GAMBAR

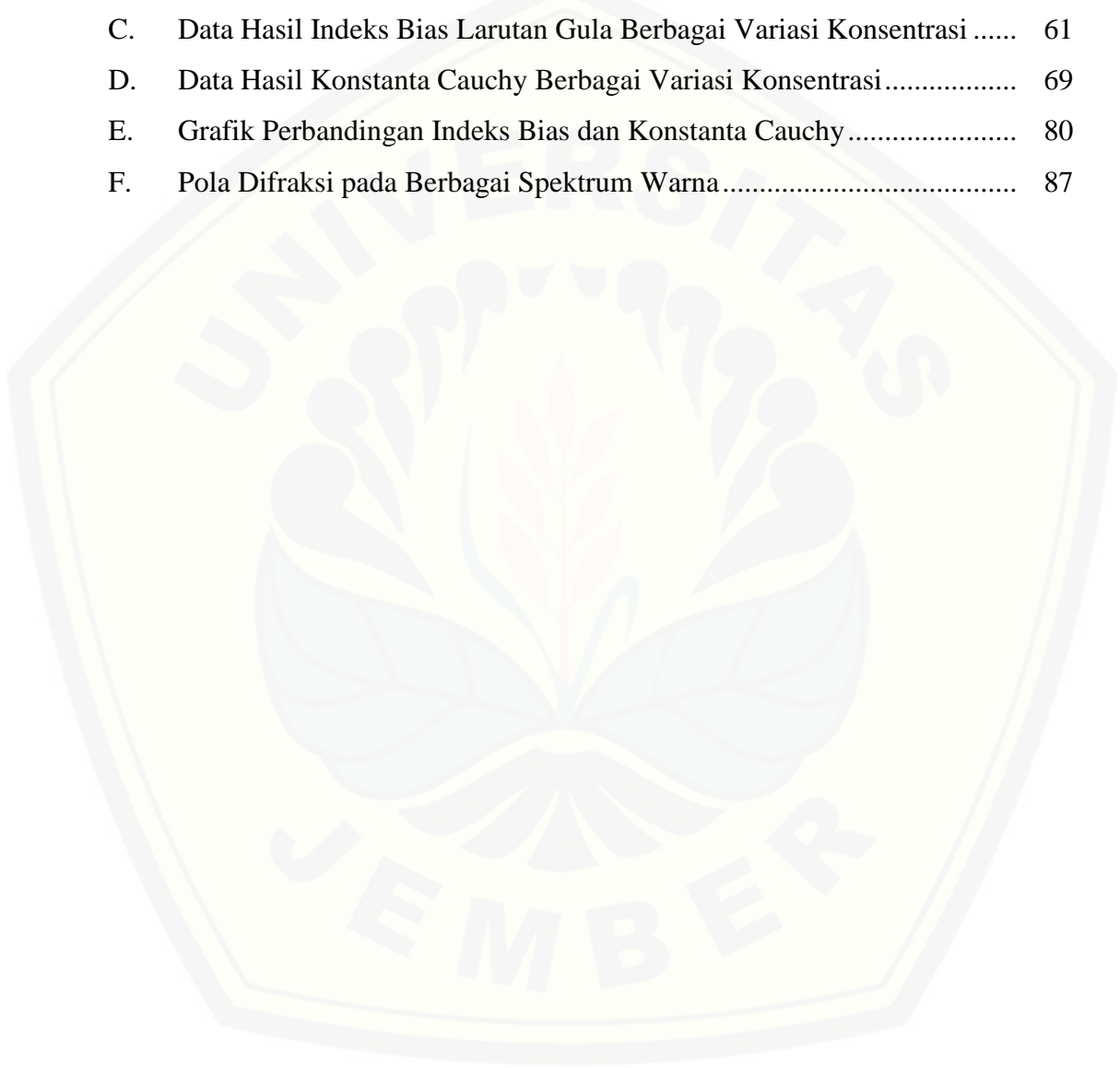
	Halaman
2.1 Spektrum gelombang elektromagnetik .....	8
2.2 Pola difraksi pada kisi.....	11
2.3 Distribusi intensitas pada difraksi kisi.....	12
2.4 Kurva hubungan indeks bias terhadap perubahan panjang gelombang pada air (H <sub>2</sub> O).....	14
2.5 Grafik hubungan indeks bias dengan panjang gelombang pada medium udara .....	15
2.6 Grafik hubungan nilai indeks bias dengan panjang gelombang pada konsentrasi 30% larutan gula dan suhu ruangan.....	18
3.1 Tahapan penelitian.....	22
3.2 Rancangan alat penelitian .....	23
3.3 Dimensi ukuran wadah sampel.....	24
4.1 Grafik hubungan konsentrasi (%) dengan indeks bias (n) larutan untuk (a) Natrium Siklamat; (b) Gulare.....	34
4.2 Grafik hubungan konsentrasi (%) dengan indeks bias (n) larutan untuk (c) Rose Brand; (b) Gula Curah.....	35
4.3 Grafik hubungan konsentrasi dengan indeks bias larutan campuran gula kristal putih dan Natrium Siklamat untuk (a) Gulare; (b) Rose Brand; (c) Gula Curah.....	38
4.4 Grafik perbandingan indeks bias (n) berbagai variasi konsentrasi pada larutan Natrium Siklamat, larutan Gulare, dan larutan campuran Natrium Siklamat dengan Gulare untuk $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ .....	43
4.5 Grafik perbandingan konstanta Cauchy C <sub>1</sub> berbagai variasi konsentrasi antara larutan Natrium Siklamat, larutan Gulare, dan larutan campuran Natrium Siklamat dengan Gulare .....	44
4.6 Grafik perbandingan konstanta Cauchy C <sub>2</sub> berbagai variasi konsentrasi antara larutan Natrium Siklamat, larutan Gulare, dan larutan campuran Natrium Siklamat dengan Gulare .....	45

- 4.7 Grafik perbandingan konstanta Cauchy  $C_3$  berbagai variasi konsentrasi antara larutan Natrium Siklamat, larutan Gulare, dan larutan campuran Natrium Siklamat dengan Gulare ..... 46



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Data Hasil Kalibrasi Difraksi oleh Kisi .....	53
B. Data Hasil Simpangan Pola Difraksi Menggunakan Difraksi oleh Kisi..	54
C. Data Hasil Indeks Bias Larutan Gula Berbagai Variasi Konsentrasi .....	61
D. Data Hasil Konstanta Cauchy Berbagai Variasi Konsentrasi.....	69
E. Grafik Perbandingan Indeks Bias dan Konstanta Cauchy .....	80
F. Pola Difraksi pada Berbagai Spektrum Warna.....	87



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Persamaan Cauchy adalah hubungan empiris antara indeks bias dengan panjang gelombang cahaya untuk bahan transparan tertentu. Dalam persamaan Cauchy terdapat konstanta Cauchy yang dapat ditentukan untuk suatu bahan dengan cara menyesuaikan persamaan pada indeks bias yang diukur dengan panjang gelombang yang telah diketahui (Anonim, 2019). Persamaan Cauchy memiliki kaitan erat dengan indeks bias yang merupakan sifat optik dasar suatu bahan dalam menentukan sifat dan kemurnian bahan, konsentrasi larutan, dan kadar suatu zat dalam bahan (Novestiana dan Hidayanto, 2015). Oleh karena indeks bias digunakan dalam pengujian bahan dengan melewatkan spektrum cahaya pada bahan, maka hubungan empiris keduanya dapat diekspresikan melalui persamaan Cauchy.

Persamaan Cauchy diaplikasikan dalam penelitian yang dilakukan oleh Belay dan Assefa (2018). Penelitian tersebut dilakukan dengan menganalisa pengaruh dari konsentrasi dan panjang gelombang sumber cahaya terhadap nilai indeks bias larutan gula. Konsentrasi yang digunakan meliputi sepuluh variasi konsentrasi dan tiga panjang gelombang cahaya. Nilai indeks bias berbanding lurus dengan konsentrasi namun berbanding terbalik dengan panjang gelombang cahaya. Hubungan empiris indeks bias dengan panjang gelombang dalam penelitian ini diekspresikan ke dalam persamaan matematis berupa persamaan Cauchy. Hasil yang diperoleh berupa grafik non linier yang menunjukkan bahwa persamaan Cauchy cukup sesuai dengan nilai indeks bias yang diperoleh saat eksperimen. Artinya, karena indeks bias berbanding lurus dengan konsentrasi larutan, maka dapat dikatakan bahwa semakin bertambahnya panjang gelombang cahaya menyebabkan grafik persamaan Cauchy menurun.

Penelitian mengenai penentuan konstanta Cauchy untuk membedakan beberapa cairan juga telah dilakukan oleh Kedenburg dkk. (2012). Cairan yang digunakan ialah air, air keras, monokrom, karbon tetraklorida, dan lain-lain.



Penelitian Kedenburg dkk. menghasilkan nilai konstanta Cauchy yang berbeda untuk setiap cairan. Kedenburg dkk. juga menunjukkan gejala serupa seperti yang dilakukan oleh Belay dan Assefa (2018), yaitu grafik Cauchy yang dihasilkan menurun seiring dengan bertambahnya panjang gelombang.

Selain itu, Zahro (2015) juga menentukan nilai konstanta Cauchy dalam mengidentifikasi tiga merk minyak kelapa sawit pada berbagai temperatur. Nilai konstanta Cauchy mengalami perubahan seiring dengan berubahnya temperatur. Bertambahnya temperatur menyebabkan nilai konstanta Cauchy dari minyak kelapa sawit semakin menurun. Akan tetapi, perubahan secara signifikan tidak terjadi untuk semua temperatur dan hanya terjadi pada temperatur tertentu saja. Berdasarkan uraian di atas, maka perbedaan konstanta Cauchy baik pada variasi konsentrasi maupun variasi temperatur dengan demikian dapat digunakan untuk membedakan karakteristik optik dari larutan gula seperti yang akan dilakukan dalam penelitian.

Gula termasuk salah satu bahan pemanis utama yang dikonsumsi hampir setiap hari oleh masyarakat luas. Gula yang beredar di pasaran salah satunya ialah gula kristal putih dan gula sintetis. Gula kristal putih merupakan gula yang berasal dari tanaman yang pada umumnya adalah tebu. Tebu mengandung sukrosa sehingga tebu dapat diproses menghasilkan beberapa jenis gula, salah satunya ialah gula kristal putih (Atmaja, 2015). Gula kristal putih dikelompokkan menjadi beberapa bagian berdasarkan nilai ICUMSA (*International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis*). Nilai ICUMSA yang dimiliki gula kristal putih yaitu antara 250-450 IU. Semakin tinggi nilai ICUMSA maka warna gula akan semakin coklat dan rasa semakin manis (Gumilar, 2015). Disamping gula kristal putih, terdapat pula gula sintetis yang banyak digunakan sebagai campuran bahan makanan. Gula sintetis merupakan bahan tambahan yang dapat memberikan rasa manis pada makanan tanpa memiliki nilai gizi. Sebagaimana gula kristal putih, gula sintetis juga mudah larut dalam air (Sopiana, 2019). Gula sintetis dapat ditemukan pada senyawa sodium siklamat dan dapat dikonsumsi dengan aturan dosis yang telah ditetapkan.

Terdapat beberapa perbedaan antara gula kristal putih dan gula sintetis. Gula kristal putih memiliki lebih banyak kandungan gizi daripada gula sintetis. Kandungan yang dimiliki gula kristal putih meliputi protein 0 gram, lemak 0 gram, karbohidrat 94,0 gram, kalsium 5 mg, fosfor 1 mg, dan energi 364 kkal dalam 100 gram gula (Novayanti, 2017), sedangkan pada gula sintetis tidak memiliki nilai gizi (Arumsari, 2016). Selain itu, gula kristal putih memiliki rasa manis yang normal dibandingkan dengan gula sintetis yang memiliki rasa manis puluhan bahkan ratusan kali melebihi gula kristal putih. Gula kristal putih juga lebih aman untuk dikonsumsi sedangkan gula sintetis sebagian dapat menjadi penyebab kanker walaupun harga dari gula kristal putih cenderung lebih mahal daripada gula sintetis (Sopiana, 2019).

Uji kandungan gula sintetis dapat dilakukan melalui beberapa metode, salah satunya ialah metode pengendapan seperti yang dilakukan oleh Effendi dkk., (2017) dalam menentukan kandungan gula sintetis siklamat pada selai roti. Penelitian yang dilakukan oleh Effendi dkk. yaitu dengan cara menambahkan HCl dan  $\text{BaCl}_2$  ke dalam filtrat sampel yang telah tercampur aquades. Endapan siklamat akan muncul apabila filtrat sampel tersebut dipanaskan selama 2 jam dan telah tercampur dengan larutan  $\text{NaNO}_2$ . Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa seluruh sampel yang digunakan terdapat endapan putih, artinya seluruh sampel selai roti mengandung gula sintetis berupa siklamat. Metode lain yang dapat digunakan dalam bidang fisika ialah menggunakan konstanta Cauchy. Oleh karena konstanta Cauchy dapat digunakan untuk membedakan sifat optik (parameter indeks bias) beberapa cairan, maka di dalam penelitian ini, prinsip tersebut akan diaplikasikan guna menganalisis kemungkinan adanya perbedaan antara larutan gula kristal putih dan gula sintetis.

Penelitian menentukan nilai konstanta Cauchy larutan gula kristal putih dan gula sintetis pada berbagai konsentrasi diawali dengan pengukuran indeks bias dari larutan gula kristal putih dan gula sintetis. Selain itu, dengan tahap yang sama, juga dilakukan penelitian terhadap gula campuran yang merupakan kombinasi dari gula kristal putih dengan gula sintetis. Nilai indeks bias sampel diperoleh dengan cara melewatkan berkas sinar dari sebuah sumber cahaya ke

dalam larutan dengan memanfaatkan fenomena difraksi kisi, yang kemudian diaplikasikan pada persamaan Cauchy. Untuk mendapat konstanta Cauchy, diperlukan informasi tentang nilai indeks bias dari masing-masing larutan sampel dengan menggunakan beberapa spektrum gelombang elektromagnetik. Oleh karena persamaan Cauchy dapat direpresentasikan sebagai sebuah persamaan polynomial orde 2, maka konstanta Cauchy selanjutnya dapat ditentukan dengan menggunakan metode interpolasi kuadrat.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana karakteristik konstanta Cauchy larutan gula kristal putih, larutan gula sintetis, dan larutan campuran antara gula kristal putih dengan gula sintetis pada berbagai variasi konsentrasi?

### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini ialah:

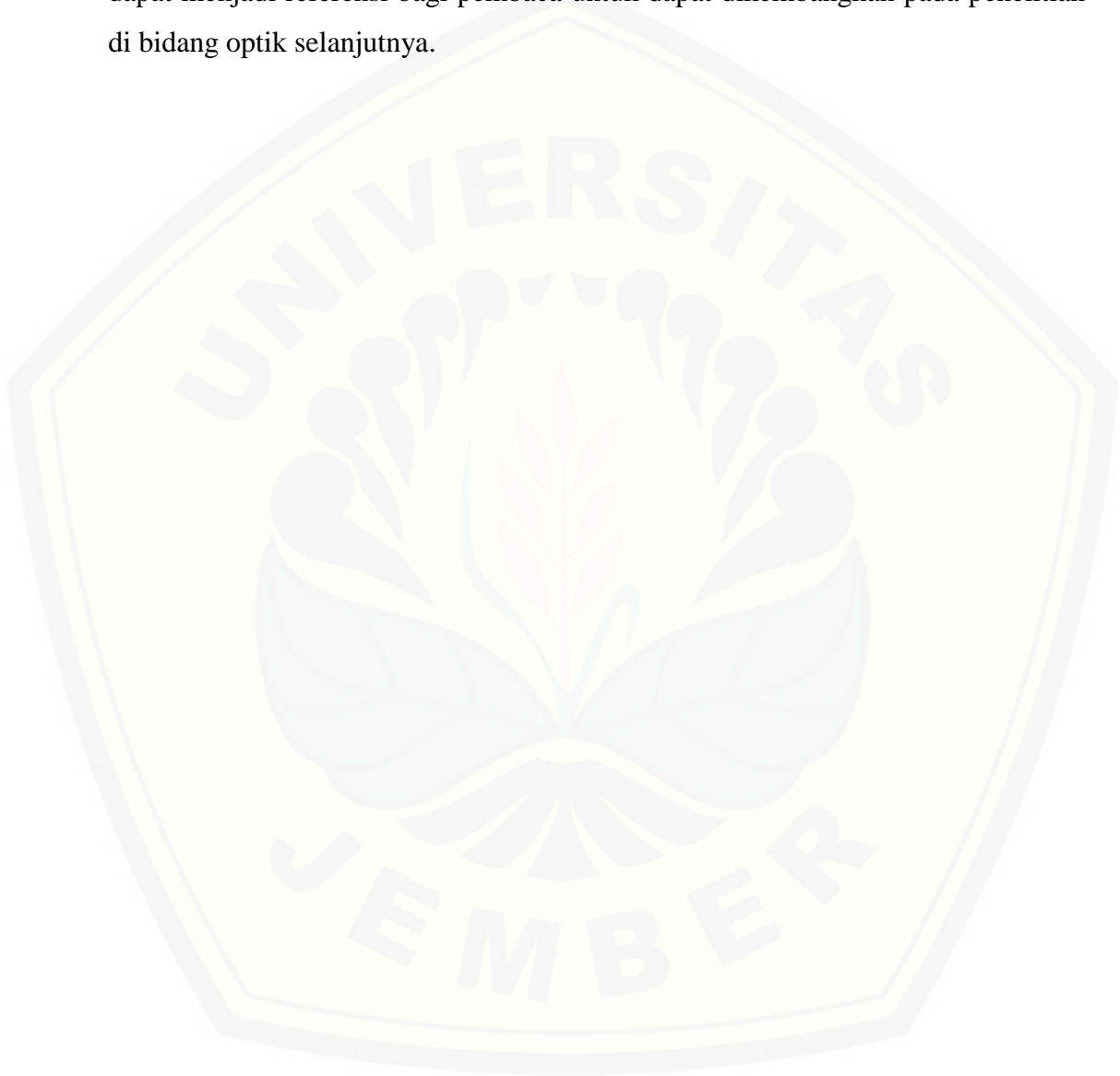
1. Temperatur larutan bahan yang digunakan dalam pengukuran nilai indeks bias adalah 20°C.
2. Gula yang digunakan adalah gula kristal putih “Gulare”, “Rose Brand”, gula Curah, dan gula sintetis Natrium Siklamat.
3. Panjang gelombang yang digunakan ialah 632,8 nm (spektrum warna merah), 532 nm (spektrum warna hijau), dan 405 nm (spektrum warna ungu).

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik konstanta Cauchy larutan gula kristal putih, larutan gula sintetis, dan larutan campuran antara gula kristal putih dengan gula sintetis pada berbagai variasi konsentrasi.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai penerapan persamaan Cauchy di dalam membedakan karakteristik antara larutan gula kristal putih dan gula sintetis. Disamping itu, hasil penelitian diharapkan pula dapat menjadi referensi bagi pembaca untuk dapat dikembangkan pada penelitian di bidang optik selanjutnya.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gula

Gula adalah golongan senyawa berupa karbohidrat dan terdiri dari dua golongan berdasarkan jumlah molekul penyusunnya, yaitu monosakarida dan disakarida. Menurut Novayanti (2017), monosakarida merupakan senyawa yang tersusun dari satu molekul gula seperti fruktosa, glukosa, dan galaktosa. Disakarida merupakan senyawa yang tersusun dari dua molekul gula seperti laktosa (gabungan dari glukosa dan galaktosa), sukrosa (gabungan dari glukosa dan fruktosa), dan maltosa (gabungan dari dua glukosa).

Gula yang banyak diminati oleh masyarakat luas berupa gula pasir yang mayoritas berasal dari tumbuhan tebu. Batang tebu mengandung sukrosa 8-16% dan beberapa zat lain di dalamnya. Sukrosa memiliki rumus molekul  $C_{22}H_{22}O_{11}$  yang berupa kristal bebas air dengan berat jenis 1,6 g/ml dan titik leleh  $160^{\circ}C$  untuk gula yang memiliki berat molekul 342 g/mol (Umam, 2016). Gula kristal putih harus memiliki mutu yang baik untuk dikonsumsi. Syarat mutu gula kristal putih berdasarkan SNI dicantumkan pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Syarat mutu gula kristal putih

Parameter Uji	Satuan	Persyaratan	
		GKP 1	GKP 2
Warna kristal	CT	4,0-7,5	7,6-10,0
Warna larutan (ICUMSA)	IU	81-200	201-300
Besar jenis butir	mm	0,8-1,2	0,8-1,2
Susut pengeringan (b/b)	%	Maks 0,1	Maks 0,1
Polarisasi ( $^{\circ}Z$ , $20^{\circ}C$ )	"Z"	Min 99,6	Min 99,5
Abu konduktiviti (b/b)	%	Maks 0,10	Maks 0,15
Belerang dioksida ( $SO_2$ )	mg/kg	Maks 30	Maks 30
Timbal (Pb)	mg/kg	Maks 2	Maks 2
Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks 2	Maks 2
Arsen (As)	mg/kg	Maks 1	Maks 1

(Standar Nasional Indonesia, 2010)

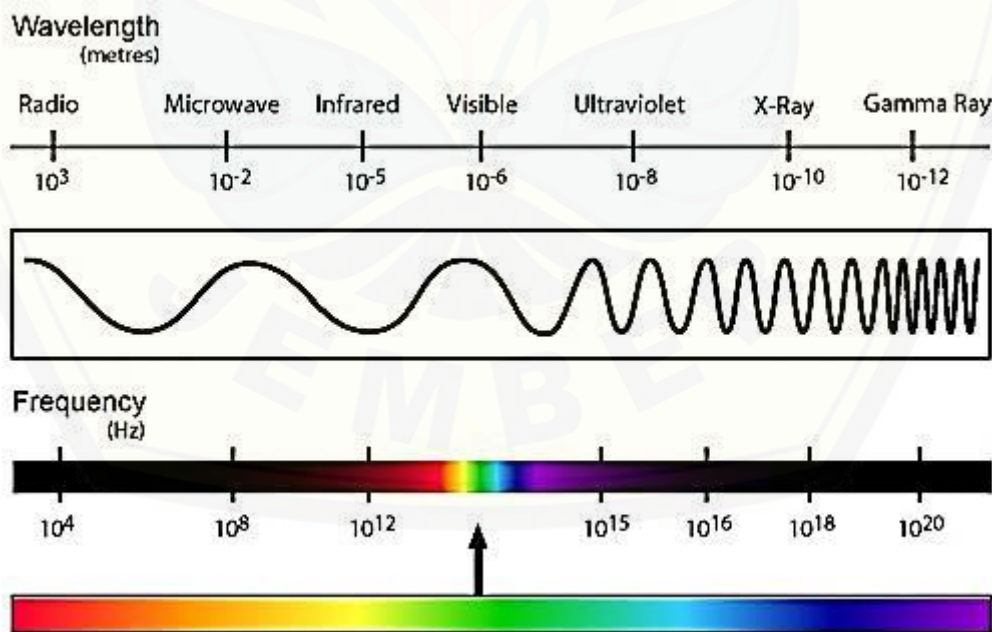
Terdapat banyak macam gula yang dapat dikonsumsi oleh masyarakat, yaitu gula murni dan gula sintetis. Gula kristal putih termasuk salah satu jenis gula murni yang mengandung 97,1% sukrosa, 1,24% gula reduksi, 0,61% kadar air, dan 0,7% senyawa organik bukan gula (Mataliuk, 2016). Kandungan kalori yang tinggi dalam gula dapat menyebabkan penyakit diabetes dan obesitas apabila dikonsumsi terus menerus secara berlebihan. Namun, terdapat juga manfaat gula dalam produksi makanan yang banyak digunakan sebagai bahan pengawet karena dapat mencegah tumbuhnya mikroorganisme saat konsentrasi tinggi (Gianti dan Evanuarini, 2011). Selain gula kristal putih, terdapat pula gula sintetis yang banyak dikonsumsi masyarakat.

Gula sintetis merupakan suatu zat yang memiliki kandungan kalori yang jauh lebih rendah daripada gula murni dan dapat mempertajam rasa manis (Wahyuni, 2013). Rasa manis yang ditimbulkan oleh gula sintetis bisa mencapai 30 hingga 13.000 kali melebihi sukrosa. Konsumsi gula sintetis hanya dibutuhkan jumlah yang sedikit mengingat kuatnya rasa manis yang ditimbulkan berdasarkan dosis ADI (*Acceptable Daily Intake*) atau dosis harian dalam mengonsumsi suatu zat tanpa menimbulkan resiko pada tubuh (Pratama dkk., 2014). Salah satu jenis gula sintetis yang banyak beredar di masyarakat adalah siklamat. Siklamat digunakan dalam bentuk garam seperti natrium siklamat atau dikenal dengan nama lain sodium siklamat (Handayani dan Agustina, 2015).

Sodium siklamat merupakan senyawa yang memiliki rumus molekul  $C_6H_{12}NNaO_3S$  (RSC, 2015). Selain memiliki tekstur bubuk kristal putih yang tidak berbau, senyawa ini juga termasuk garam natrium dari asam sikloheksisulfat yang memiliki rasa manis 30 kali lebih kuat dari sukrosa (Jorge, 2003). Sodium siklamat mengandung 0 kkal/gr dan dosis ADI 0-11 mg/kg berat badan serta bersifat mudah larut dalam air dan tahan terhadap panas. Pemanis sintetis jenis ini apabila dikonsumsi secara berlebihan dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti asma, hipertensi, dan kanker otak (Handayani dan Agustina, 2015).

## 2.2 Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik merupakan hasil dari perubahan medan listrik dan medan magnet yang terjadi secara berurutan dan arah getar vektor keduanya saling tegak lurus (Rahmatullah, 2009). Gelombang elektromagnetik dapat merambat tanpa memerlukan adanya medium rambatan. Spektrum gelombang elektromagnetik memiliki rentang frekuensi yang sangat luas seperti pada Gambar 2.1. Salah satu contoh spektrum gelombang elektromagnetik ialah cahaya. Cahaya dibagi menjadi dua macam yaitu cahaya tampak dan cahaya tidak tampak. Cahaya tampak merupakan cahaya yang dapat dilihat oleh indra manusia (Arkundato, 2008). Sedangkan cahaya tidak tampak merupakan cahaya yang tidak dapat ditangkap oleh mata sehingga tidak terlihat oleh manusia seperti sinar ultraviolet, sinar x, dan sinar gamma. Cahaya tampak memiliki berbagai spektrum warna yang terdiri dari tujuh warna (merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu) dan memiliki panjang gelombang mulai dari 400 nm-750 nm. Cahaya merambat dalam ruang hampa dengan kecepatan  $3 \times 10^8$  m/s (Iskandar, 2009).



Gambar 2.1 Spektrum gelombang elektromagnetik (Sumber: Shapley, 2012)

Cahaya tampak terdiri dari cahaya polikromatik dan cahaya monokromatik. Salah satu contoh cahaya polikromatik ialah sinar matahari, sedangkan cahaya monokromatik ialah laser. Laser merupakan kepanjangan dari *Light Amplification by the Stimulated Emission of the Radiation*. Laser memiliki beberapa sifat yaitu monokromatis, koheren, dan searah. Prinsip kerja dari laser terdiri dari tiga tahap antara lain pemompaan, adanya medium aktif, dan adanya penguatan. Sebagai contoh adalah laser HeNe dimana atom He dan Ne merupakan medium aktif. Untuk menghasilkan sinar laser, perlu lebih banyak elektron tetap dalam keadaan energi lebih tinggi dibandingkan dengan keadaan lebih rendah, sehingga pada laser He-Ne membutuhkan tegangan tinggi sebagai sumber pompa. Dua cermin yang digunakan sebagai penguatan meliputi cermin satu yang dapat memantulkan semua sinar dan cermin dua yang hanya memantulkan sebagian sinar. Penguatan dilakukan berulang hingga sinar dapat melewati cermin kedua (Anonim, 2015). Sinar yang dipancarkan laser atau sumber lain memiliki sifat-sifat tertentu ketika merambat dalam suatu medium, salah satunya ialah dapat melalui celah sempit atau yang disebut difraksi.

### 2.3 Difraksi Cahaya

Difraksi pertama kali diamati pada abad ke-17 oleh ilmuwan bernama Francesco Grimaldi (1618-1663). Terdapat dua ilmuwan yaitu Newton dan Huygens yang juga telah mengetahui fenomena ini. Namun dengan adanya difraksi, Newton tidak menerima kebenaran dari teori gelombang cahaya sedangkan Huygens meyakini kebenaran teori gelombang cahaya namun tidak mempercayai fenomena difraksi. Huygens berpendapat bahwa ketidakmungkinan terjadinya difraksi disebabkan karena gelombang sekunder hanya efektif pada titik-titik singgung dengan selubungnya saja. Prinsip Huygens diterapkan oleh Jean Augustin Fresnel untuk menjelaskan fenomena difraksi secara tepat. Saat itu gelombang cahaya dipercayai sebagai gelombang mekanik yang terdapat dalam eter. Namun hal tersebut dibantah oleh Maxwell dengan menunjukkan bahwa cahaya merupakan gelombang elektromagnetik bukanlah gelombang mekanik (Halliday dan Resnick, 1978).



Prinsip Huygens diaplikasikan terhadap gelombang yang menumbuk suatu penghalang sehingga muka gelombang terganggu sebagian seolah-olah menekuk di belakang penghalang tersebut. Penekukan gelombang tersebut yang akan menciptakan suatu daerah bayangan yang disebut difraksi. Difraksi berfungsi sebagai sarana untuk dapat membedakan sifat-sifat cahaya karena difraksi terjadi hanya untuk gelombang saja tidak untuk partikel (Giancoli, 2014).

Apabila terdapat cahaya atau gelombang datang mengenai rintangan celah, maka celah tersebut akan mendistorsi gelombang yang datang apabila celah memiliki dimensi yang sebanding dengan panjang gelombang cahaya yang melewatinya. Distorsi gelombang yang dimaksud ialah saat gelombang cahaya masuk mengenai celah, maka hanya gelombang cahaya yang jatuh tepat pada celah yang akan ditransmisikan dan diizinkan melanjutkan gerakannya tanpa terganggu. Gelombang cahaya yang lain (yang tidak mengenai lubang celah) akan terhenti atau terpantul kembali (Alonso dan Finn, 1980). Berdasarkan letak sumber cahaya dan layar, difraksi dibagi menjadi dua macam yaitu difraksi Fraunhofer dan difraksi Fresnel. Namun, difraksi Fresnel lebih sulit untuk diamati karena frinji yang dihasilkan berbentuk melingkar (Arkundato dkk., 2007).

### 2.3.1 Difraksi Fraunhofer

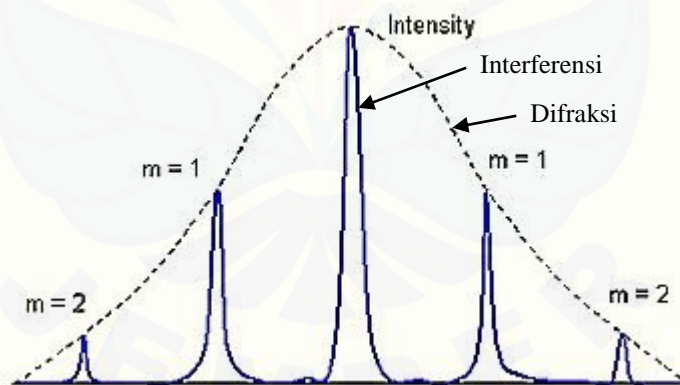
Difraksi Fraunhofer terjadi apabila sumber cahaya atau layar berada pada jarak yang jauh dari suatu celah atau rongga. Jarak yang jauh dapat mempermudah dalam mengamati pola yang terbentuk oleh sumber cahaya yang melewati celah. Cahaya akan menembus celah dan akan sampai di layar dengan digambarkan sebagai gelombang bidang atau muka gelombang datar yang sinarnya saling sejajar (Sears dan Zemansky, 1994).

Sumber cahaya yang melewati suatu celah akan membentuk frinji (pola gelap dan pola terang) akibat adanya pembelokan sinar yang menyebabkan terjadinya superposisi gelombang. Sinar memiliki sifat menyebar sehingga saat melewati celah terdapat beberapa gelombang yang dianggap sebagai sumber cahaya baru. Hal itu disebabkan karena saat sebelum sinar melewati celah, gelombang cahaya memiliki fase yang sama, namun saat sinar telah melewati

celah maka gelombang cahaya tersebut akan diteruskan dengan sudut yang berbeda-beda sehingga menyebabkan superposisi gelombang (Young, 2001).

### 2.3.2 Difraksi Cahaya pada Kisi

Difraksi cahaya pada kisi ialah fenomena apabila sumber cahaya melewati banyak celah sempit yang telah diketahui jarak antar celah kisinya (Santosa, 2012). Pola yang terbentuk berupa gelap dan terang dengan intensitas maksimum yang dihasilkan berupa maksimum utama dan maksimum sekunder yang termodulasi oleh pola difraksinya. Pola maksimum utama disebut orde difraksi pertama, kedua, dan seterusnya. Apabila cahaya dengan panjang gelombang berbeda melewati kisi, maka setiap panjang gelombang membentuk difraksi maksimum dengan sudut yang berbeda kecuali pada orde ke-nol yang berlaku sama untuk semua panjang gelombang (Alonso dan Finn, 1992). Sumber cahaya yang melewati kisi akan mengalami dua peristiwa, yaitu interferensi dan difraksi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pola difraksi pada kisi (Sumber: Gibbs, 2012)

Penggunaan banyak celah (kisi) menghasilkan pola gelap dan terang yang lebih tajam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Dengan jumlah garis celah sebanyak  $N$  maka tetapan kisi  $d$  dituliskan dalam persamaan berikut:

$$d = \frac{1}{N} \quad (2.1)$$

dimana persamaan pada saat intensitas maksimum diberikan oleh

$$d \sin \theta = n\lambda \quad (2.2)$$

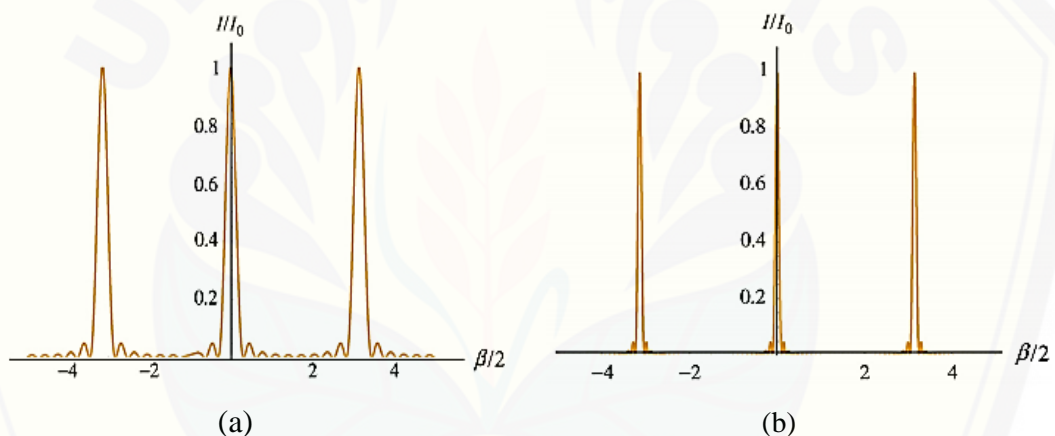
Dimana:

$d$  : lebar celah (mm)

$\theta$  : besar sudut akibat difraksi ( $^{\circ}$ )

$n$  : orde difraksi ( $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ )

$\lambda$  : panjang gelombang sumber cahaya (nm)



(a)  $N = 10$ ; (b)  $N = 30$

Gambar 2.3 Distribusi intensitas pada difraksi kisi (Sumber: Anonim, tanpa tahun)

Intensitas cahaya terlihat sangat jelas perbedaannya apabila mengamati Gambar 2.3 yang menunjukkan distribusi intensitas sebagai fungsi  $\beta/2$  untuk kisi difraksi dengan jumlah  $N = 10$  dan  $N = 30$ . Apabila mengamati dua gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah celah, maka menghasilkan daerah maksimum utama menjadi lebih tajam dan semakin sempit serta maksimum sekunder menghilang (Anonim, tanpa tahun). Difraksi melalui kisi juga menghasilkan pola gelap terang yang berhubungan dengan fase gelombang. Intensitas maksimum terjadi karena sumber cahaya melewati tepat

pada celah sehingga gelombang cahaya tetap sefase. Fase gelombang cahaya yang sama baik sebelum dan sesudah melewati celah menyebabkan terjadinya interferensi konstruktif saat gelombang cahaya tiba di layar. Intensitas minimum terjadi karena terdapat perbedaan fase saat gelombang cahaya melewati celah. Gelombang cahaya tersebut akan meninggalkan celah dengan sudut sebesar  $\theta$ . Saat terdapat gelombang cahaya yang memiliki beda fase menuju satu titik yang sama pada layar, maka akan terbentuk interferensi destruktif atau membentuk pola gelap. Difraksi pada kisi dapat diaplikasikan dalam mengidentifikasi beberapa macam larutan, salah satu parameter optik larutan yang dapat diidentifikasi ialah indeks bias.

#### 2.4 Indeks Bias

Indeks bias merupakan salah satu parameter yang menjadi karakteristik utama suatu bahan atau larutan dalam penilaian sifat dan kemurnian bahan ataupun cairan, konsentrasi larutan, dan perbandingan komponen dari dua zat cair yang tercampur atau kadar yang diekstrakkan dalam pelarutnya (Novestiana dan Hidayanto, 2015). Apabila penentuan indeks bias dilakukan dengan melakukan perbandingan antara kecepatan cahaya di ruang hampa dengan kecepatan cahaya dalam medium maka disebut indeks bias mutlak. Namun apabila membandingkan indeks bias pada dua medium berbeda maka disebut indeks bias relatif (Adnan dan Supardi, 2013). Indeks bias mutlak didefinisikan pada persamaan berikut:

$$n = \frac{c}{v} \quad (2.3)$$

Dimana:

$n$  = indeks bias medium

$c$  = kecepatan cahaya dalam vakum ( $3 \times 10^8$  m/s)

$v$  = kecepatan cahaya dalam medium (m/s)

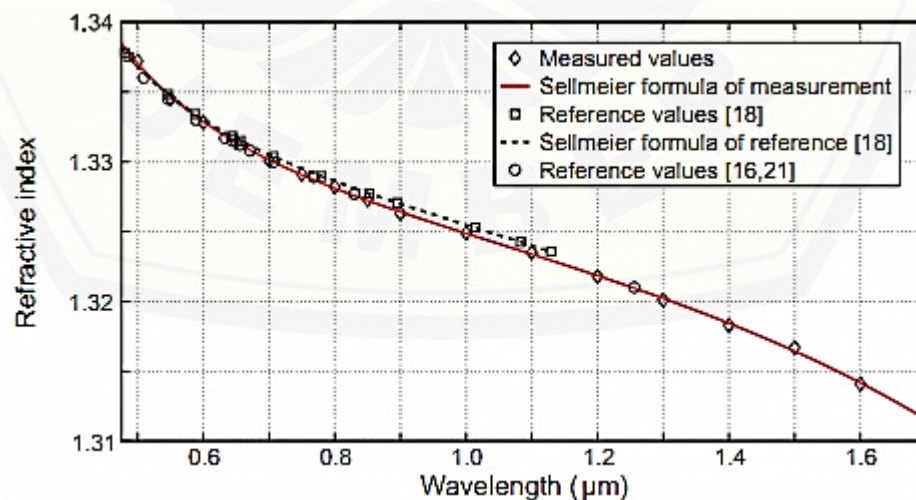
Nilai indeks bias tidak akan pernah kurang dari 1 ( $n \geq 1$ ). Nilai indeks bias berbagai bahan yang berbeda ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Indeks bias beberapa bahan untuk gelombang elektromagnetik

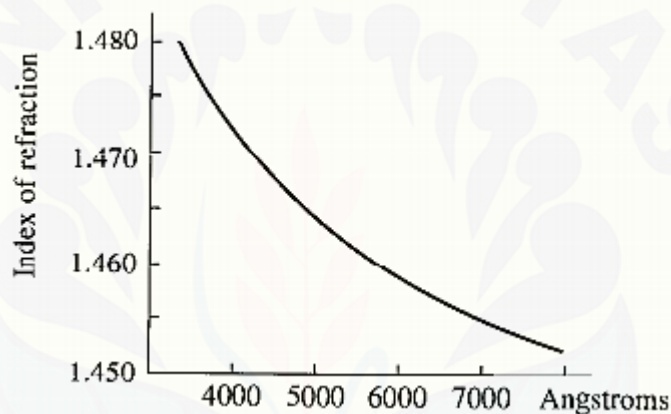
Bahan	n
Kaca mahkota	1,52
Udara	1,00029
Intan	2,417
Air	1,33
Es	1,31

(Alonso dan Finn, 1980)

Metode yang dapat digunakan untuk mengukur indeks bias zat cair bermacam-macam, diantaranya menggunakan refraktometer, spektrometer prisma, dan difraksi Fraunhofer. Penelitian pengukuran indeks bias telah dilakukan oleh Kedenburg dkk. (2012) menggunakan refraktometer Abbe pada variasi panjang gelombang menggunakan sumber cahaya putih Yukawa AQ4305. Sumber cahaya tersebut memiliki rentang panjang gelombang mulai dari 400 nm hingga 1800 nm dan memiliki spektrum intensitas yang sangat stabil. Kedenburg dkk. menggunakan beberapa jenis cairan pada temperatur tetap 20°C. Hasil yang diperoleh dalam penelitian Kedenburg dkk. menunjukkan kebergantungan panjang gelombang dengan nilai indeks bias larutan. Bertambahnya panjang gelombang menyebabkan nilai indeks bias menurun. Saat diplot dalam bentuk grafik, kurva yang dihasilkan berupa kurva nonlinier seperti pada Gambar 2.4

Gambar 2.4 Kurva hubungan indeks bias terhadap perubahan panjang gelombang pada air ( $H_2O$ ) (Sumber: Kedenburg dkk., 2012)

Kurva diatas menunjukkan bahwa hasil penelitian Kedenburg dkk. telah sesuai dengan berbagai referensi yang dijadikan acuan oleh penulis. Hal itu dapat diamati berdasarkan kesesuaian kurva nilai indeks bias hasil penelitian ( $\diamond$ ) dengan referensi ( $\square$ ). Kedenburg dkk. juga mengungkapkan bahwa kurva hasil penelitian dengan referensi hampir sejajar dengan deviasi maksimum  $6 \times 10^{-4}$  pada  $H_2O$ . Griffith (1999) juga menunjukkan gejala yang sama terkait dengan adanya pengaruh panjang gelombang terhadap indeks bias seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5 dimana nilai indeks bias menurun seiring dengan meningkatnya nilai panjang gelombang.



Gambar 2.5 Grafik hubungan indeks bias dengan panjang gelombang pada medium udara (Sumber: Griffith, 1999)

Indeks bias merupakan salah satu sifat optik yang berperan penting dalam suatu bahan. Indeks bias dapat dipengaruhi oleh berbagai macam hal, salah satunya ialah konsentrasi larutan. Rahmawati (2014) telah melakukan penelitian terhadap indeks bias larutan sukrosa yang dipengaruhi oleh konsentrasi. Metode yang digunakan oleh Rahmawati ialah difraksi Fraunhofer celah ganda dengan menggunakan dua wadah sampel yang berbeda ukuran. Perbedaan ukuran wadah dilihat dari panjang wadah atau jarak dari celah ke layar.

Hasil pengukuran Rahmawati (2014) menunjukkan bahwa nilai indeks bias sukrosa semakin besar seiring bertambahnya konsentrasi. Rahmawati (2014) menjelaskan bahwa bertambahnya konsentrasi menyebabkan larutan sukrosa semakin pekat sehingga kecepatan cahaya ketika melewati medium larutan

tersebut akan berkurang. Berkurangnya kecepatan cahaya inilah yang juga mengakibatkan simpangan pola difraksi semakin kecil sehingga nilai indeks bias semakin besar. Namun, sebaran data indeks bias saat menggunakan wadah sampel kecil terlihat tidak merata atau tidak mengalami perubahan setiap perubahan konsentrasi. Artinya terdapat beberapa nilai indeks bias yang sama pada konsentrasi yang berbeda. Akan tetapi, saat menggunakan wadah sampel besar, sebaran data indeks bias tampak merata sehingga terdapat perubahan nilai indeks bias setiap perubahan konsentrasi dan membentuk grafik linier.

## 2.5 Persamaan Cauchy

Persamaan Cauchy menunjukkan hubungan empiris antara indeks bias dengan panjang gelombang dan berlaku untuk medium transparan (Dorohoi dkk., 2017). Kebergantungan indeks bias medium dengan panjang gelombang dispersi didasarkan pada hasil eksperimen dan termasuk persamaan polinomial (Herwinarso, 2012). Persamaan Cauchy dikemukakan pertama kali pada tahun 1836 oleh ahli matematika Augustin Louis Cauchy yang dikenal dengan model dispersi indeks bias Cauchy. Dispersi memiliki keterkaitan terhadap kecepatan cahaya dalam suatu medium yang dipengaruhi oleh panjang gelombang. Berdasarkan persamaan (2.3) perubahan kecepatan cahaya dalam medium menyebabkan terjadinya perubahan pada indeks bias suatu bahan. Dispersi saat terjadinya pembiasan pada batas antara dua medium yang berbeda merupakan bukti bahwa terdapat ketergantungan antara indeks bias dengan panjang gelombang. Namun, persamaan ini tidak berlaku pada daerah dispersi anomali dan tidak dapat menggambarkan dispersi secara tepat pada daerah inframerah, sehingga persamaan Cauchy hanya berlaku untuk dispersi normal di daerah spektrum cahaya tampak (Jenkins dan White, 2001).

Persamaan Cauchy dapat disederhanakan ke dalam bentuk persamaan lain yang disebut persamaan Sellmeier sehingga dari persamaan Sellmeier dapat diformulasikan persamaan Cauchy. Apabila persamaan Cauchy dikuadratkan dan persamaan Sellmeier diekspansikan dalam bentuk deret berpangkat kemudian kedua ekspansi disesuaikan, maka dengan diketahui konstanta Sellmeier dapat

ditentukan nilai konstanta Cauchy (Zahro, 2015). Persamaan Cauchy dengan tiga konstanta dituliskan seperti pada persamaan (2.5) berikut:

$$n = C_1 + \sum_{i=1} \frac{C_{i+1}}{\lambda^{2i}} = C_1 + \frac{C_2}{\lambda^2} + \frac{C_3}{\lambda^4} + \dots \quad (2.4)$$

Keterangan:

$n$  : indeks bias

$\lambda$  : panjang gelombang (nm)

$C_1, C_2, C_3$  : konstanta Cauchy dengan  $i = 1, 2, 3, \dots$

(Abdullah dan Abubaker, 2017).

Kedenburg dkk. (2012) telah melakukan penelitian mengenai penentuan konstanta Cauchy beberapa cairan, salah satunya adalah air. Penelitian Kedenburg dkk. menggunakan tiga data konstanta. Nilai konstanta Cauchy yang dihasilkan pada penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Nilai konstanta Cauchy dari air pada temperatur tetap 20°C

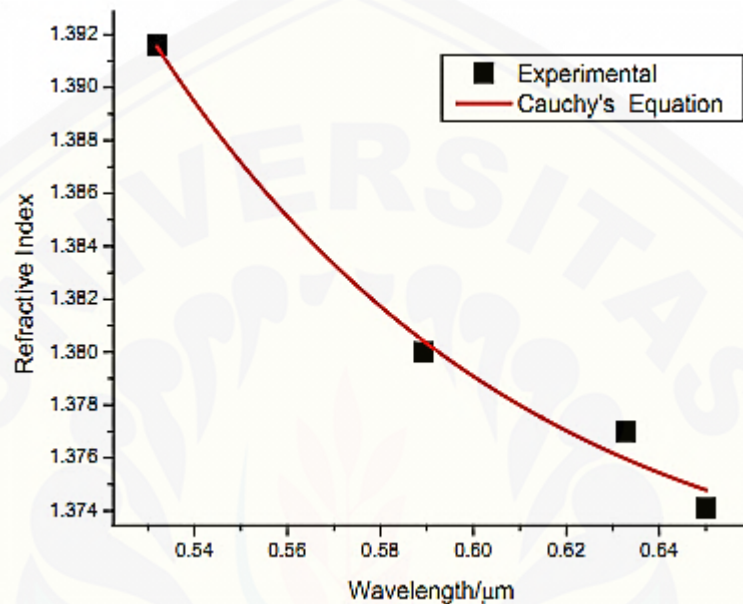
	Parameter	Konstanta Cauchy
Air	$C_0$	$1,76880 \pm 0,00134$
	$C_1 (\mu\text{m}^2)$	$0,00237 \pm 0,00093$
	$C_2 (\mu\text{m}^4)$	$0,00087 \pm 0,00017$
	$C_3 (\mu\text{m}^{-2})$	$-0,01651 \pm 0,00048$

(Kedenburg dkk., 2012)

Belay dan Assefa (2018) melakukan penelitian pula mengenai analisa pengaruh dari konsentrasi dan panjang gelombang sumber cahaya terhadap nilai indeks bias larutan gula. Konsentrasi yang digunakan adalah sepuluh variasi konsentrasi (m/m: 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%) dan tiga panjang gelombang cahaya (650 nm, 632,8 nm, 532 nm). Hasil yang diperoleh disajikan pada Gambar 2.6. Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 menunjukkan bahwa indeks bias larutan gula menurun seiring dengan bertambahnya panjang gelombang. Selain itu, hubungan empiris indeks bias



dengan panjang gelombang juga diekspresikan ke dalam persamaan Cauchy yang ditunjukkan oleh grafik non linier. Melalui grafik tersebut dapat dinyatakan bahwa semakin bertambahnya panjang gelombang cahaya menyebabkan grafik persamaan Cauchy menurun.



Gambar 2.6 Grafik hubungan nilai indeks bias dengan panjang gelombang pada konsentrasi 30% larutan gula dan suhu ruangan (Sumber: Belay dan Assefa, 2018)

## 2.6 Interpolasi Kuadrat

Interpolasi kuadrat disebut juga dengan interpolasi parabola. Interpolasi kuadrat merupakan salah satu metode numerik yang memanfaatkan fungsi polinomial orde 2 untuk menentukan suatu nilai baru berdasarkan nilai-nilai yang telah diketahui. Menurut Septiani (2011) polinomial memiliki struktur yang sederhana dan dapat digunakan secara efektif karena polinomial biasa digunakan sebagai fungsi pendekatan masalah analisa numerik. Apriani (2019) menjelaskan bahwa interpolasi kuadrat membutuhkan tiga titik data semisal  $(x_0, y_0)$ ,  $(x_1, y_1)$ , dan  $(x_2, y_2)$ . Secara umum, polinomial orde 2 berbentuk seperti pada persamaan (2.5) berikut:

$$p_2(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 \quad (2.5)$$

Penyelesaian polinomial orde 2 yaitu dengan cara mensubstitusikan  $(x_i, y_i)$  dengan  $i = 0, 1, 2$  kedalam persamaan (2.5) hingga dihasilkan tiga buah persamaan simultan berikut:

$$\begin{aligned}a_0 + a_1x_0 + a_2x_0^2 &= y_0 \\a_0 + a_1x_1 + a_2x_1^2 &= y_1 \\a_0 + a_1x_2 + a_2x_2^2 &= y_2\end{aligned}\tag{2.6}$$

dimana nilai  $a_0$ ,  $a_1$ , dan  $a_2$  belum diketahui. Persamaan simultan tersebut dapat dijadikan bentuk matriks berikut:

$$\begin{bmatrix}1 & x_0 & x_0^2 \\1 & x_1 & x_1^2 \\1 & x_2 & x_2^2\end{bmatrix} \begin{bmatrix}a_0 \\a_1 \\a_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}y_0 \\y_1 \\y_2\end{bmatrix}\tag{2.7}$$

Nilai  $a_0$ ,  $a_1$ , dan  $a_2$  dapat ditentukan dengan metode invers matriks.

### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian merupakan serangkaian tahap kegiatan penelitian yang dilakukan selama pelaksanaan penelitian hingga selesai. Rancangan penelitian secara garis besar ditampilkan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rancangan penelitian

Tahapan Penelitian	Hasil
Kajian pustaka	Berbagai referensi penelitian
Identifikasi permasalahan	Rumusan masalah
Penentuan variabel penelitian	Variabel penelitian: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bebas: konsentrasi larutan, panjang gelombang, jenis gula</li> <li>- Terikat: indeks bias dan konstanta Cauchy</li> <li>- Kontrol: indeks bias saat konsentrasi larutan 0%</li> </ul>
Penentuan metode penelitian	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Metode pengukuran indeks bias</li> <li>- Metode penentuan konstanta Cauchy</li> </ul>
Proses pengambilan data	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Data simpangan pola difraksi</li> <li>- Data indeks bias</li> </ul>
Analisis data dan penarikan kesimpulan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perhitungan konstanta Cauchy</li> <li>- Analisis perbedaan nilai konstanta Cauchy pada berbagai konsentrasi gula kristal putih, gula sintetis, dan campuran gula kristal putih dengan gula sintetis</li> </ul>

Kegiatan penelitian diawali dengan melakukan kajian pustaka mengenai karakteristik konstanta Cauchy dari beberapa jenis larutan. Referensi penelitian yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan yang

diangkat. Berdasarkan referensi yang diperoleh, terdapat korelasi antara jenis larutan terhadap indeks bias dan konstanta Cauchy yang dihasilkan. Hasil tersebut menjadi dasar untuk diaplikasikan dalam kegiatan analisis sifat optik dari larutan beberapa jenis gula yang ditentukan. Dengan demikian rumusan masalah yang ditetapkan adalah menentukan nilai indeks bias dan konstanta Cauchy dari larutan gula kristal putih, gula sintetis, dan campuran antara keduanya pada berbagai variasi konsentrasi.

Untuk menentukan nilai konstanta Cauchy, dibutuhkan pengukuran terhadap nilai indeks bias dari berbagai konsentrasi larutan sampel pada beberapa variasi panjang gelombang dari spektrum cahaya. Metode pengukuran indeks bias dilakukan berdasarkan prinsip difraksi pada kisi. Berdasarkan data yang diperoleh, selanjutnya dihitung nilai konstanta Cauchy dengan menggunakan metode interpolasi kuadrat. Data yang diperoleh kemudian dianalisa sehingga dapat dibahas dan dikaji sesuai dengan permasalahan yang ingin diselesaikan. Hasil data analisis kemudian dijadikan acuan untuk membuat kesimpulan.

### **3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian**

Penelitian yang dilakukan berupa serangkaian kegiatan guna menentukan konstanta Cauchy dari larutan gula kristal putih, gula sintetis, dan campuran keduanya. Jenis data yang diperoleh dalam penelitian ini berupa data kuantitatif karena data dinyatakan dalam bentuk besaran atau angka. Sumber data penelitian berupa beberapa variabel penelitian yang diukur secara langsung dalam sebuah tahapan penelitian. Oleh karena itu, data yang digunakan dalam penentuan konstanta Cauchy merupakan data primer.

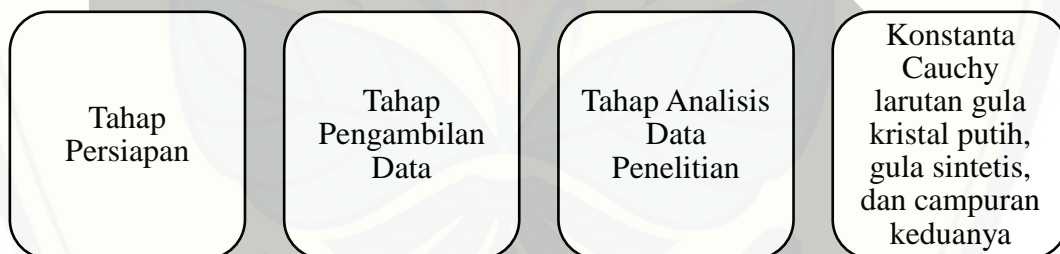
### **3.3 Variabel Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah seperti yang disampaikan pada Bab 1, parameter yang merupakan variabel bebas dalam penelitian adalah konsentrasi larutan, panjang gelombang, dan jenis gula. Hal yang dipengaruhi oleh variabel bebas atau yang disebut variabel terikat adalah indeks bias larutan beberapa jenis gula dan konstanta Cauchy. Konstanta ini ditentukan nilainya berdasarkan

pengukuran tak langsung terhadap nilai indeks bias dari sampel untuk tiga macam panjang gelombang cahaya. Data yang diperoleh berupa nilai konstanta Cauchy dari larutan gula kristal putih, gula sintetis, dan larutan campuran antara keduanya. Sedangkan variabel kontrol dari penelitian ini adalah indeks bias saat konsentrasi 0%.

### 3.4 Kerangka Pemecahan Masalah

Permasalahan yang diselesaikan dalam penelitian ini ialah menentukan nilai konstanta Cauchy larutan gula kristal putih, gula sintetis, dan campuran antara gula kristal putih dan gula sintetis pada variasi konsentrasi. Dalam rangka menyelesaikan permasalahan tersebut, diperlukan beberapa tahap penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahapan penelitian

### 3.4.1 Tahap Persiapan

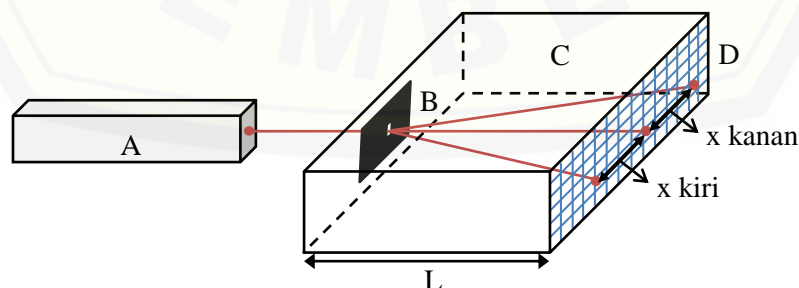
#### *Persiapan Alat*

Serangkaian alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah antara lain:

- 1) Laser He-Ne ( $\lambda = 632,8$  nm), laser pointer hijau ( $\lambda = 532$  nm), dan laser pointer ungu ( $\lambda = 405$  nm)
- 2) Kisi difraksi 600 garis/mm ( $d = 1,67 \times 10^{-3}$  mm)
- 3) Layar pengamatan (kertas *millimeter block*) untuk mengamati pola difraksi
- 4) Wadah sampel terbuat dari kaca transparan dengan ketebalan 2 mm
- 5) Gelas ukur 120 ml untuk menentukan volume larutan
- 6) *Holder* PASCO sebagai tempat meletakkan kisi difraksi
- 7) Neraca digital dengan ketelitian 0,01 gram untuk menimbang massa bahan
- 8) Jangka sorong dengan ketelitian 0,05 mm
- 9) *Magnetic Stirrer* digunakan untuk mengaduk larutan
- 10) Termometer untuk mengukur temperatur larutan

#### *Rancangan Alat Penelitian*

Penelitian “Penentuan Konstanta Cauchy Larutan Gula Kristal Putih dan Gula Sintetis pada Berbagai Konsentrasi” memerlukan data indeks bias dan data panjang gelombang untuk memperoleh nilai konstanta Cauchy. Nilai panjang gelombang diperoleh dari spektrum cahaya yang dihasilkan oleh tiga jenis laser yang digunakan. Sedangkan nilai indeks bias larutan ditentukan dengan memanfaatkan difraksi kisi dengan rancangan alat seperti Gambar 3.2 Berikut:



Gambar 3.2 Rancangan alat penelitian

Adapun keterangan untuk setiap bagian gambar rancangan alat penelitian penentuan indeks bias larutan gula menggunakan difraksi pada kisi adalah:

A : Sumber cahaya (Laser)

B : Kisi difraksi

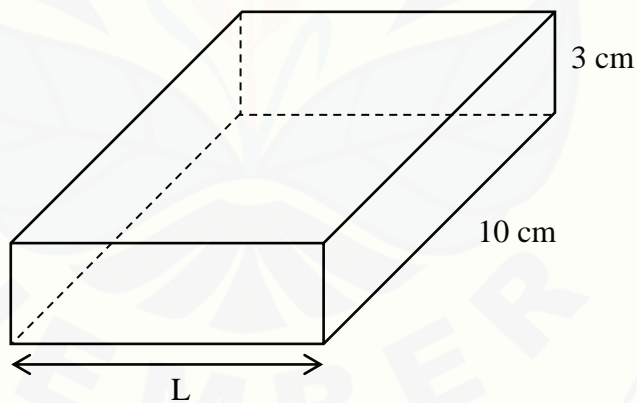
C : Wadah sampel

D : Layar (kertas *millimeter block*)

L : Jarak celah ke layar berdasarkan panjang wadah transparan (8 cm)

x : Jarak antara terang pusat dan terang pertama

Gambar 3.2 merupakan skema alat penelitian dimana terdapat wadah sampel yang terletak diantara kisi difraksi dengan layar. Wadah sampel tersebut terbuat dari bahan kaca transparan dengan ketebalan 2 mm. Panjang wadah sampel mengacu pada jarak antara kisi difraksi dengan layar yang telah ditentukan pada tahap kalibrasi panjang gelombang, dengan lebar dan tinggi wadah menyesuaikan. Skema wadah sampel ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Dimensi ukuran wadah sampel

#### *Persiapan Bahan Penelitian*

Bahan yang digunakan dalam penelitian berupa tiga jenis gula kristal putih (Gulare, Rose Brand, dan gula curah) serta satu jenis gula sintetis yaitu Natrium Siklomat. Selain itu, terdapat pula gula campuran antara gula sintetis dengan masing-masing jenis gula kristal putih. Masing-masing jenis gula tersebut

dianalisa nilai indeks biasanya dengan variasi konsentrasi mulai dari 10% hingga 40% pada temperatur larutan 20°C. Selain gula, digunakan pula aquades sebagai pelarut dan bahan untuk proses kalibrasi alat penelitian.

Proses pembuatan larutan sampel dilakukan dengan melarutkan masing-masing jenis gula pada konsentrasi 10%, 20%, 30% dan 40% ke dalam 50 ml aquades. Selain itu dibuat pula larutan gula campuran (campuran gula sintetis dengan masing-masing jenis gula kristal putih) yang dilarutkan ke dalam 50 ml aquades dengan konsentrasi yang sama namun dengan komposisi gula sintetis dan gula kristal putih sebesar 1:30. Konsentrasi larutan ditentukan dengan menggunakan persen massa pervolume (% m/v) seperti pada persamaan (3.1). Jika akan membuat 50 ml larutan gula dengan konsentrasi 10%, maka massa gula yang harus dipersiapkan sebanyak (lihat Persamaan (3.2))

$$\% \frac{m}{v} = \frac{\text{gr zat terlarut}}{\text{ml pelarut}} \times 100\% \quad (3.1)$$

$$\text{gr zat terlarut} = \frac{50 \text{ ml}}{100\%} \times 10\% = 5 \text{ gr} \quad (3.2)$$

Oleh karena itu, untuk membuat 10% gula sebanyak 50 ml, ditambahkan aquades ke dalam gelas ukur yang telah berisi 5 gr gula hingga aquades mencapai pada skala 50 ml pada gelas ukur.

#### *Kalibrasi Alat*

Kalibrasi alat sangat penting dilakukan sebelum pengambilan data penelitian. Kalibrasi ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan fungsi dan penggunaan alat dalam menentukan indeks bias. Kalibrasi dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama yaitu kalibrasi panjang gelombang yang bertujuan untuk menentukan jarak antara kisi difraksi dengan layar (L), sehingga jarak tersebut relevan dengan panjang gelombang dari sumber cahaya. Kalibrasi dilakukan dengan melewatkan sinar laser pada kisi difraksi dengan menggunakan medium udara, kemudian diamati dan diukur jarak pola difraksi yang terbentuk pada layar. Adapun spesifikasi laser yang digunakan adalah laser dengan panjang gelombang



632,8 nm (warna merah), 532 nm (warna hijau), dan 405 nm (warna ungu). Persamaan (2.2) dapat diterapkan untuk mengukur nilai panjang gelombang dari sumber cahaya. Data jarak antara kisi difraksi dan layar yang diperoleh dari proses kalibrasi, selanjutnya digunakan sebagai referensi di dalam pembuatan wadah sampel.

Tahap kedua ialah kalibrasi indeks bias menggunakan aquades. Setelah peralatan disusun (lihat Gambar 3.2), proses kalibrasi dilakukan dengan cara menentukan jarak antara terang pusat dan terang pertama saat laser melewati medium udara ( $x_1$ ). Kemudian wadah transparan yang berisi aquades diletakkan diantara kisi difraksi dengan layar dan diamati jarak antara terang pusat dan terang pertama saat laser melewati wadah transparan dengan aquades ( $x_2$ ). Nilai indeks bias ditentukan dengan cara membandingkan data simpangan difraksi berkas laser yang melewati medium udara terhadap medium aquades kemudian dikalikan dengan indeks bias udara. Indeks bias aquades yang diperoleh dalam tahap kalibrasi kemudian dibandingkan dengan nilai indeks bias aquades saat temperatur 20°C berdasarkan referensi yaitu 1,3321 (Bashkatov dan Genina, 2003). Namun data kalibrasi indeks bias aquades perlu adanya faktor koreksi karena tidak ada referensi yang mendukung bahwa nilai indeks bias aquades ditentukan dengan menggunakan wadah yang terbuat dari bahan kaca.

#### 3.4.2 Tahap Pengambilan Data

Tahap penelitian selanjutnya yaitu tahap pengambilan data, dalam hal ini ialah pengukuran jarak pola difraksi dari larutan bahan. Bahan yang digunakan terdiri dari larutan gula kristal putih, larutan gula sintetis, dan larutan campuran antara gula kristal putih dengan gula sintetis pada konsentrasi larutan 10%, 20%, 30%, dan 40%. Pengukuran indeks bias bahan dilakukan melalui pengukuran secara langsung dengan menggunakan difraksi pada kisi yang disusun seperti Gambar 3.2. Jarak antara kisi dengan layar sesuai dengan panjang wadah transparan atau sesuai dengan jarak yang telah diperoleh saat kalibrasi yaitu 8 cm.

Langkah pertama, laser dengan panjang gelombang 632,8 nm dinyalakan hingga sinarnya melewati kisi, kemudian melewati wadah transparan berisi

aquades, dan akan diteruskan ke layar membentuk pola difraksi gelap dan terang. Jarak antara titik tengah terang pusat dengan titik tengah terang pertama diukur sebagai  $x_2$ . Nilai  $x_2$  akan digunakan untuk setiap pengukuran. Langkah kedua, wadah transparan berisi 10% larutan gula dengan temperatur 20°C kemudian ditempatkan diantara kisi difraksi dengan layar sehingga larutan tersebut dilewati laser seperti pada tahap sebelumnya. Jarak antara titik tengah terang pusat dengan titik tengah terang pertama saat laser melewati wadah yang berisi larutan gula diukur sebagai  $x_3$ . Setiap pengambilan data dilakukan empat kali pengulangan. Tahapan diatas dilakukan kembali untuk berbagai jenis gula yang lain dan untuk konsentrasi larutan 20%, 30%, dan 40% serta pada panjang gelombang yang berbeda, yaitu 532 nm dan 405 nm.

#### 3.4.3 Tahap Analisis Data Penelitian

Analisis data penelitian dilakukan melalui dua tahap, yaitu penentuan indeks bias dan penentuan konstanta Cauchy bahan. Keduanya menghasilkan data yang akan dianalisis sesuai dengan hasil pengolahan data yang diperoleh seperti yang dijelaskan pada tahapan berikut:

##### (1) Penentuan Indeks Bias Bahan

Pengolahan data diawali dengan penentuan indeks bias bahan. Data yang diperoleh berupa data  $x_2$  (simpangan pola difraksi pada medium aquades) dan  $x_3$  (simpangan pola difraksi pada medium larutan gula). Data tersebut telah diperoleh pada tahap pengambilan data yang kemudian digunakan untuk menentukan nilai indeks bias larutan beberapa jenis gula. Perhitungan indeks bias larutan gula ditentukan melalui perbandingan data simpangan difraksi berkas laser yang melewati medium aquades dengan medium larutan gula kemudian dikalikan dengan nilai indeks bias aquades seperti yang didefinisikan pada persamaan (3.3) berikut (Sholehah, 2017):

$$n_3 = \frac{x_2}{x_3} n_2 \quad (3.3)$$

Pengambilan data dilakukan empat kali pengulangan untuk masing-masing konsentrasi dari setiap jenis larutan gula. Nilai indeks bias akhir dihitung menggunakan nilai rata-rata dari keempat pengulangan data indeks bias yang diperoleh.

$$\bar{n} = \frac{\sum n_i}{N} \quad (3.4)$$

Selain menghitung nilai indeks bias bahan, juga ditentukan besarnya standart deviasi data ( $\Delta n$ ) berdasarkan program spreadsheet dikarenakan pengukuran dilakukan secara berulang sehingga didapatkan nilai indeks bias yaitu:

$$n = (\bar{n} \pm \Delta n) \quad (3.5)$$

Keterangan:

- $x_2$  : simpangan pola difraksi saat laser melewati medium aquades
- $x_3$  : simpangan pola difraksi saat laser melewati medium larutan gula
- $n_2$  : indeks bias aquades
- $n_3$  : indeks bias larutan gula
- $\Delta n$  : standart error indeks bias
- $\bar{n}$  : hasil nilai indeks bias rata-rata

Pada tahap ini dihasilkan nilai indeks bias dari larutan tiga jenis gula kristal putih dan larutan gula sintetis dengan konsentrasi 10%, 20%, 30%, dan 40%, serta indeks bias larutan campuran antara masing-masing jenis gula kristal putih dengan gula sintetis pada konsentrasi yang sama namun dengan komposisi 1:30. Masing-masing larutan disinari tiga panjang gelombang spektrum cahaya. Analisis data terhadap nilai indeks bias larutan gula pada variasi konsentrasi ialah dengan membandingkan nilai indeks bias larutan beberapa jenis gula dari setiap konsentrasi dan dari tiga panjang gelombang spektrum cahaya. Data indeks bias larutan beberapa jenis gula tersebut disampaikan dalam bentuk grafik.

Berdasarkan grafik yang dihasilkan, apabila grafik hubungan indeks bias larutan terhadap variasi konsentrasi dan tiga jenis panjang gelombang mengalami

perubahan, maka konsentrasi dan panjang gelombang mempengaruhi indeks biasnya. Setelah itu, Perubahan nilai indeks bias larutan dibandingkan antara gula kristal putih, gula sintetis, dan larutan campuran antara gula kristal putih dengan gula sintetis. Hal itu dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perubahan nilai indeks bias gula kristal putih sebelum dan sesudah tercampur dengan gula sintetis seiring dengan perubahan konsentrasi. Selain itu, setiap larutan disinari dengan tiga panjang gelombang sumber cahaya sehingga penting untuk dilakukan perbandingan nilai indeks bias untuk masing-masing larutan saat disinari panjang gelombang sumber cahaya yang satu dengan yang lainnya.

## (2) Penentuan Konstanta Cauchy dengan Metode Interpolasi Kuadrat

Penentuan konstanta Cauchy membutuhkan data indeks bias bahan dan panjang gelombang spektrum cahaya. Data indeks bias dan panjang gelombang telah diketahui melalui tahap yang telah disebutkan sebelumnya. Penentuan konstanta Cauchy dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan numerik berupa interpolasi kuadrat. Metode ini membutuhkan tiga buah data dan oleh karena itu, konstanta Cauchy yang dipakai hingga tiga suku seperti pada persamaan 2.4.

Apabila kita buat pemisalan variabel terhadap parameter panjang gelombang, seperti yang dituliskan pada persamaan (3.6),

$$y = \frac{1}{\lambda^2} \text{ dan } y^2 = \frac{1}{\lambda^4} \quad (3.6)$$

maka persamaan 2.4 akan menjadi:

$$n = C_1 + C_2y + C_3y^2 \quad (3.7)$$

Di dalam penelitian ini, digunakan variasi tiga panjang gelombang  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ , dan  $\lambda_3$ , sehingga nilai indeks bias yang bersesuaian adalah  $n_1$ ,  $n_2$ , dan  $n_3$ . Jika kedua jenis parameter tersebut disubstitusikan ke persamaan (3.7), maka akan dihasilkan persamaan simultan berikut:

$$\begin{aligned}
 n_1 &= C_1 + C_2 y_1 + C_3 y_1^2 \\
 n_2 &= C_1 + C_2 y_2 + C_3 y_2^2 \\
 n_3 &= C_1 + C_2 y_3 + C_3 y_3^2
 \end{aligned}
 \tag{3.8}$$

Persamaan (3.8) kemudian dijadikan ke dalam bentuk matriks berikut ini:

$$\begin{bmatrix} 1 & y_1 & y_1^2 \\ 1 & y_2 & y_2^2 \\ 1 & y_3 & y_3^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{bmatrix}
 \tag{3.9}$$

$$A C = B$$

$$\text{dimana } A = \begin{bmatrix} 1 & y_1 & y_1^2 \\ 1 & y_2 & y_2^2 \\ 1 & y_3 & y_3^2 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix}, \text{ dan } B = \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan persamaan (3.9) di atas, matriks C yang berisi konstanta Cauchy  $C_1$ ,  $C_2$  dan  $C_3$  didapatkan dengan melakukan operasi perkalian antara invers matriks A dengan matriks B.

Tahapan ini menghasilkan data nilai konstanta Cauchy  $C_1$ , konstanta Cauchy  $C_2$ , dan konstanta Cauchy  $C_3$  dari larutan tiga jenis gula kristal putih, larutan gula sintetis, dan larutan gula campuran antara gula kristal putih dengan gula sintetis. Nilai konstanta Cauchy diamati perubahannya seiring dengan perubahan konsentrasi yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Apabila nilai konstanta Cauchy berubah saat terjadi perubahan konsentrasi larutan, maka konsentrasi mempengaruhi nilai konstanta Cauchy. Setelah itu, nilai konstanta Cauchy dibandingkan antara gula kristal putih, larutan gula sintetis, dan larutan gula campuran antara gula kristal putih dengan gula sintetis. Hal itu dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perubahan nilai konstanta Cauchy larutan gula kristal putih saat sebelum dan sesudah tercampur dengan gula sintetis. Disamping itu, perbandingan tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah konstanta Cauchy dapat digunakan untuk menganalisa perbedaan dari beberapa jenis larutan.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan ialah bahwa nilai konstanta Cauchy dari larutan gula dapat ditentukan melalui data panjang gelombang dan pengukuran indeks bias menggunakan metode difraksi cahaya oleh kisi. Setiap jenis larutan gula memiliki nilai konstanta Cauchy  $C_1$ ,  $C_2$ , dan  $C_3$  yang berbeda karena adanya pengaruh dari konsentrasi larutan yang digunakan. Disamping itu, perbedaan substansi yang dimiliki oleh setiap gula menyebabkan nilai konstanta Cauchy yang dihasilkan berbeda-beda walaupun dibuat pada konsentrasi yang sama. Gula kristal putih yang telah tercampur dengan gula sintetis menghasilkan nilai konstanta Cauchy  $C_1$  dan konstanta Cauchy  $C_3$  yang sebagian besar memiliki nilai lebih kecil dari pada saat sebelum tercampur dengan gula sintetis. Sedangkan nilai konstanta Cauchy  $C_2$  larutan gula kristal putih setelah tercampur dengan gula sintetis pada berbagai konsentrasi menghasilkan nilai konstanta Cauchy yang mayoritas lebih besar dari pada saat sebelum tercampur dengan gula sintetis.

### 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan untuk peneliti selanjutnya adalah penelitian ini belum mendapatkan karakteristik perubahan konstanta Cauchy  $C_1$ ,  $C_2$ , dan  $C_3$  seiring dengan perubahan konsentrasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang penentuan konstanta Cauchy dengan menggunakan sumber cahaya pada spektrum lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, R. H. dan F. J. Abubaker. 2017. The harmonic interchangeability variance of Cauchy constant's value: A and B. *Journal of Zankoi Sulaimani Part-A (Pure and Applied Science)*: 111-119.
- Adnan, Y. dan Supardi. 2013. Perhitungan Sudut Deviasi Spektrum Sinar Matahari dalam Air dan Cermin Datar. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. 15-18.
- Alonso, M. dan E. J. Finn. 1980. *Fundamental University Physics*. Second Edition. USA: Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Terjemahan L. Prasetyo dan K. Hadi. 1992. *Dasar-Dasar Fisika Universitas*. Edisi kedua. Jilid 2. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Anonim. 2015. Physics and Radio-Electronics. <https://www.physics-and-radio-electronics.com/physics/laser/heliumneonlaser.html> [Diakses pada 04 September 2019].
- Anonim. 2019. Spectrometer-Determination of Cauchy's Constants. <https://vlab.amrita.edu/?sub=1&brch=281&sim=1514&cnt=1> [Diakses pada 17 April 2019].
- Anonim. Tanpa tahun. Interference and Diffraction. <http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/visualizations/coursenotes/modules/guide14.pdf> [Diakses pada 13 April 2019].
- Apriani, P. 2019. Interpolasi Natural Kubik Spline dan Interpolasi Kubik Spline dalam Penentuan Kebutuhan Benang Tapis Lampung. *Skripsi*. Bandar Lampung: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
- Arkundato, A. 2008. *Optika: Produksi Cahaya*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Arkundato, A., D. D. Warnana, Sutisna, dan I. Rafii. 2007. *Gelombang*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Arumsari, A. 2016. Uji Kandungan Siklamat pada Legen Jamu Gendong di Kelurahan Sekip Jaya Palembang. *Skripsi*. Palembang: UIN Raden Fatah.

- Atmaja, R. M. K. 2015. Pengaruh Perbandingan Gula Pasir (Sukrosa) dengan Gula Merah (Gula Aren) terhadap Karakteristik Noga Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus* L.). *Skripsi*. Bandung: Fakultas Teknik Universitas Pasundan.
- Bashkatov, A. N. dan E. A. Genina. 2003. Water refractive index in dependence on temperature and wavelength: a simple approximation. *Proceedings of SPIE vol. 5068(2003)*. 393-395.
- Belay, A. dan G. Assefa. 2018. Concentration, wavelength and temperature dependent refractive index of sugar solutions and methods of determination contents of sugar in Soft Drink beverages using laser lights. *Journal of Lasers, Optics, and Photonics*. 5(2): 1-5.
- Dorohoi, D. O., A. I. Barzic, dan M. Aflori. 2017. *Electromagnetic Radiation in Analysis and Design of Organic Materials: Electronics and Biotechnology Applications*. CRC Press.
- Effendi, S. R. Y., N. Fardian, dan F. Maulina. 2017. Uji kualitatif dan kuantitatif kandungan pemanis buatan siklamat pada selai roti di kota Lhokseumawe tahun 2016. *AVERROUS*. 3(1): 112-124.
- Giancoli, D. C. 2014. *Fisika: Prinsip dan Aplikasi*. Edisi ketujuh. Jilid 2. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Gianti, I. dan H. Evanuarini. 2011. Pengaruh penambahan gula dan lama penyimpanan terhadap kualitas fisik susu fermentasi. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*. 6(1): 28-33.
- Gibbs, K. 2012. Diffraction Gratings. [http://www.schoolphysics.co.uk/age16-19/Wave%2520properties/Diffraction/text/Diffraction\\_grating/index.html](http://www.schoolphysics.co.uk/age16-19/Wave%2520properties/Diffraction/text/Diffraction_grating/index.html) [Diakses pada 13 April 2019].
- Griffiths, D. J. 1999. *Introduction to Electrodynamics*. Third Edition. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Gumilar, N. A. 2015. Perbaikan Waktu Pemuatan Produk Gula Melalui Perbaikan Tata Letak Gudang (Studi Kasus PT. PG Rajawali 1 Jati Tujuh). *Skripsi*. Bandung: Fakultas Teknik Universitas Widyatama.



- Halliday, D. dan R. Resnick. 1978. *Physics*. Third Edition. John Wiley and Son, Inc. Terjemahan P. Silaban dan E. Sucipto. 1997. *Fisika*. Edisi Ketiga. Jilid 2. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Handayani, T. dan A. Agustina. 2015. Penetapan kadar pemanis buatan (Na-Siklamat) pada minuman serbuk instan dengan metode Alkalimetri. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*. 1(1): 1-6.
- Herwinarso. 2012. Kebergantungan nilai indeks bias medium pada panjang gelombang model Sellmeier. *Magister Scientiae*. Edisi 32: 85-94.
- Iskandar, N. I. 2009. Alat Ukur Panjang Gelombang Cahaya Tampak dengan Metode Kisi Difraksi. *Skripsi*. Depok: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.
- Jenkins, F. A. dan H. E. White. 2001. *Fundamentals of Optics*. Fourth Edition. USA: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Jorge, K. 2003. *Soft Drink/Chemical Composition*. Brazil: Brewtech Ltd.
- Kedenburg, S., M. Vieweg, T. Gissibl, dan H. Giessen. 2012. Linier refractive index and absorption measurement of nonlinier optical liquid in the visible and near-infrared spectral region. *Optical Materials Express*. 2(11): 1588-1611.
- Mataliuk, B. 2016. Pengaruh Penambahan Sumber Makanan Bioaktivator yang Berbeda terhadap Kualitas Kompos Feses Sapi. *Skripsi*. Riau: Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim.
- Novayanti, S. R. 2017. Pengaruh Penambahan Konsentrasi Gula terhadap Sifat Organoleptik pada Manisan Kolang Kaling. *Skripsi*. Lampung: Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Novestiana, T. R. dan 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.
- Pratama, R. R., E. Yerizel, dan Rahmatini. 2014. Pengaruh pemberian aspartam terhadap kadar low-density lipoprotein pada Tikus Wistar diabetes melitus diinduksi aloksan. *Jurnal Kesehatan Andalas*. 3(3): 450-456.

- Rahmatullah, H. 2009. Pengaruh Gelombang Elektromagnetik Frekuensi Ekstrim Rendah terhadap Kadar Trigliserida Tikus Putih (*Rattus norvegicus*). *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret.
- Rahmawati, A. M. 2014. Investigasi Hubungan Indeks Bias dengan Viskositas Larutan Sukrosa menggunakan Metode Difraksi Fraunhofer Celah Ganda dan Viskometer Ostwald. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Royal Society of Chemistry. 2015. Sodium Cyclamate. <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.8421.html> [Diakses pada 13 April 2019].
- Santosa, I. E. 2012. Pengukuran Jarak Antar Celah Kisi Difraksi dengan Metode Deviasi Minimum. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI*. 14 April 2012. 19-22.
- Sears, F. W. dan M. W. Zemansky. 1994. *Fisika untuk Universitas 3 Optika dan Fisika Modern*. Bandung: Bina cipta.
- Septiani, N. W. P. 2011. Aplikasi perhitungan interpolasi Newton dengan Borland Delphi 5.0. *Jurnal Ilmiah Faktor Exacta*. 4(1): 16-28.
- Shapley, P. 2012. Light and the Electromagnetic Spectrum. University of Illinois. <http://butane.chem.uiuc.edu/pshapley/GenChem2/A3/3.html> [Diakses pada 21 Maret 2019].
- Sholehah, I. 2017. Pengaruh Variasi Jarak Tempuh Kendaraan Terhadap Indeks Bias Oli dengan Menggunakan Metode Difraksi Fraunhofer. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Sopiana, A. 2019. Tabel Perbedaan Pemanis Alami dan Buatan. <https://www.sridianti.com/tabel-perbedaan-pemanis-alami-dan-buatan.html> [Diakses pada 17 April 2019].
- Standar Nasional Indonesia. 2010. *Gula Kristal Bagian 3: Putih*. SNI 3140.3:2010.

- Umam, K. 2016. Kualitas Fisik dan Kimia Gula Siwalan Produksi Rumahan di Desa Grujugan Kecamatan Gapura Kabupaten Sumenep (Dikembangkan Sebagai Sumber Belajar Biologi dalam Bentuk Leaflet). *Skripsi*. Malang: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Malang.
- Wahyuni, I. 2013. Pemeriksaan kandungan pemanis dan pewarna sintetik dalam es lilin tidak bermerek dan tidak berlabel yang diproduksi oleh industri rumah tangga “x” kecamatan Ambulu-Jember. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*. 2(2): 1-16.
- Wulandari, Y. S. 2019. Identifikasi Konstanta Sellmeier untuk Analisis Kebergantungan Indeks Bias pada Konsentrasi Larutan Gula Kristal Putih. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Young, M. 2001. *Optics and Lasers Including Fibers and Optical Waveguides*. Fifth Edition. USA: Springer.
- 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.

LAMPIRAN

A. Data Hasil Kalibrasi Difraksi oleh Kisi

A1. Kalibrasi panjang gelombang sumber cahaya

$\lambda$ (nm)	L (cm)	$\bar{x}$	d (cm)	$\tan \theta$	$\theta$ rad	$\theta$	$\lambda$ (cm)	$\lambda$ (nm)
632,8	8	3,031	0,000167	0,379	0,362	20,761	0,00006327	632,721
532	8	2,548	0,000167	0,319	0,308	17,676	0,00005319	531,895
405	8	1,940	0,000167	0,243	0,238	13,638	0,00004050	404,975

A2. Indeks bias aquades pada temperatur 20°C

$\lambda$ (nm)	N	$x_1$	$n_1$	$\bar{n}_1$	$x_2$	$n_2$	$\bar{n}_2$	$\Delta n$
632,8	ke 1	3,020	1,004	1,004	2,485	1,220	1,220	0,001
	ke 2	3,023	1,003		2,484	1,220		
	ke 3	3,013	1,006		2,483	1,221		
	ke 4	3,025	1,002		2,486	1,219		
532	ke 1	2,538	1,004	1,004	2,063	1,236	1,236	0,002
	ke 2	2,534	1,006		2,056	1,239		
	ke 3	2,536	1,005		2,063	1,236		
	ke 4	2,544	1,002		2,066	1,233		
405	ke 1	1,929	1,006	1,008	1,549	1,253	1,256	0,002
	ke 2	1,920	1,010		1,545	1,256		
	ke 3	1,928	1,007		1,543	1,258		
	ke 4	1,925	1,008		1,543	1,258		

Nilai faktor koreksi larutan aquades saat  $\lambda = 632,8 \text{ nm}$  ditentukan pada setiap pengulangan untuk menghasilkan indeks bias aquades rata-rata sesuai dengan referensi, sehingga faktor koreksi yang diperoleh sebesar

$$n_{\text{koreksi}} = n_{\text{referensi}} - n_{\text{eksperimen}} = 1,3321 - 1,220 = 0,112$$

berlaku pula untuk  $\lambda = 532 \text{ nm}$  dan  $\lambda = 405 \text{ nm}$

## B. Data Hasil Simpangan Pola Difraksi Menggunakan Difraksi oleh Kisi

## B1. Simpangan pola difraksi larutan gula kristal putih dan gula sintetis

## 1. Natrium Siklamat

## - Konsentrasi 10%

$\lambda$ (nm)	x kiri	x kanan	$\bar{x}$
632,8	2,438	2,485	2,461
	2,448	2,480	2,464
	2,403	2,525	2,464
	2,410	2,515	2,463
532	1,983	2,123	2,053
	2,030	2,078	2,054
	1,998	2,103	2,050
	2,038	2,065	2,051
405	1,495	1,540	1,518
	1,473	1,560	1,516
	1,498	1,535	1,516
	1,510	1,520	1,515

## - Konsentrasi 20%

$\lambda$ (nm)	x kiri	x kanan	$\bar{x}$
632,8	2,418	2,468	2,443
	2,428	2,458	2,443
	2,440	2,443	2,441
	2,443	2,443	2,443
532	1,928	2,140	2,034
	2,000	2,065	2,033
	2,033	2,033	2,033
	1,988	2,075	2,031
405	1,510	1,500	1,505
	1,500	1,505	1,503
	1,515	1,490	1,503
	1,515	1,488	1,501

## - Konsentrasi 30%

$\lambda$ (nm)	x kiri	x kanan	$\bar{x}$
632,8	2,413	2,410	2,411
	2,415	2,410	2,413
	2,413	2,413	2,413
	2,405	2,423	2,414
532	2,013	2,018	2,015
	1,958	2,070	2,014
	2,000	2,030	2,015
	2,003	2,030	2,016
405	1,505	1,483	1,494
	1,483	1,498	1,490
	1,493	1,490	1,491
	1,475	1,508	1,491

## - Konsentrasi 40%

$\lambda$ (nm)	x kiri	x kanan	$\bar{x}$
632,8	2,370	2,400	2,385
	2,370	2,405	2,388
	2,385	2,388	2,386
	2,403	2,375	2,389
532	2,050	1,938	1,994
	2,050	1,935	1,993
	2,033	1,955	1,994
	1,990	2,003	1,996
405	1,480	1,475	1,478
	1,498	1,458	1,478
	1,545	1,415	1,480
	1,523	1,435	1,479

C. Data Hasil Indeks Bias Larutan Gula Berbagai Variasi Konsentrasi

- Nilai indeks bias aquades

$\lambda$ (nm)	N	$x_2$	$n_2$	$\bar{n}_2$
632,8	ke 1	2,485	1,332	1,332
	ke 2	2,484	1,332	
	ke 3	2,483	1,333	
	ke 4	2,486	1,331	
532	ke 1	2,063	1,348	1,348
	ke 2	2,056	1,351	
	ke 3	2,063	1,348	
	ke 4	2,066	1,345	
405	ke 1	1,549	1,365	1,368
	ke 2	1,545	1,368	
	ke 3	1,543	1,370	
	ke 4	1,543	1,370	

C1. Indeks bias larutan gula kristal putih dan gula sintetis

1. Natrium Siklomat

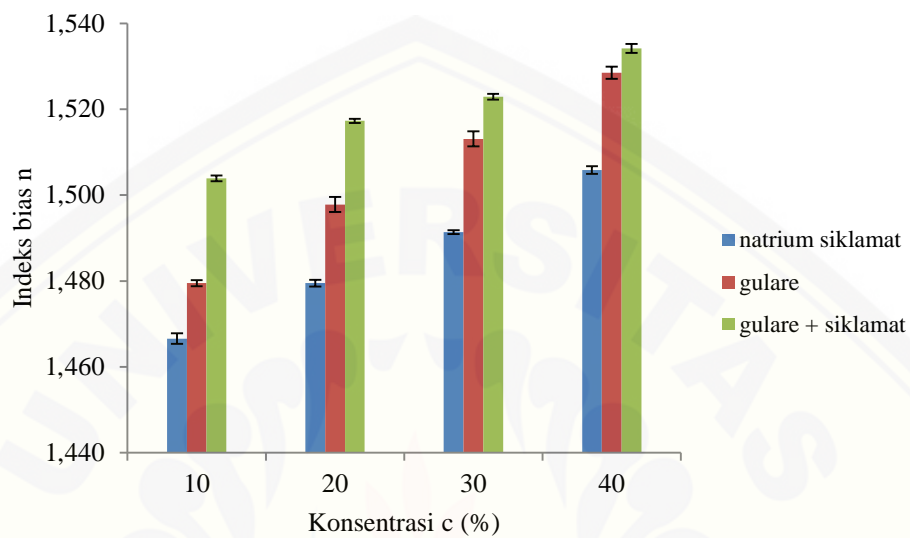
- Konsentrasi 10%

- Konsentrasi 20%

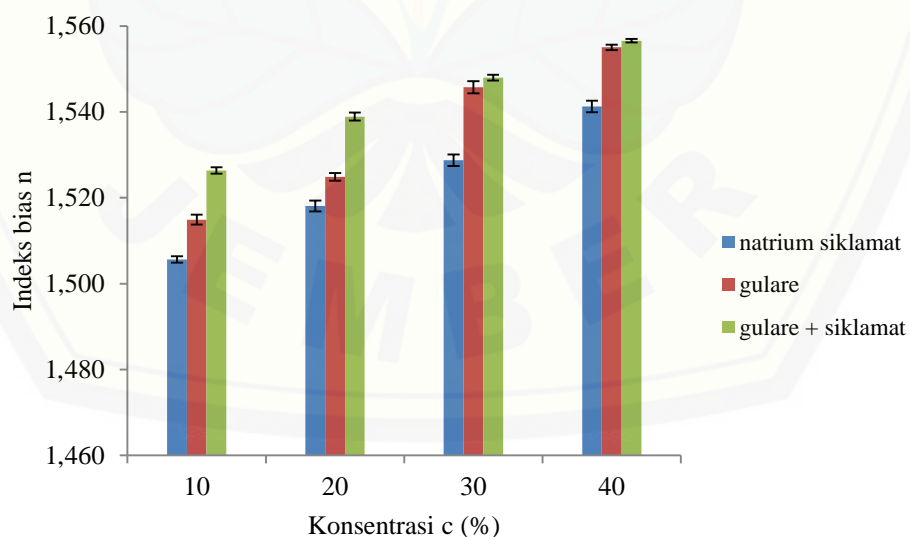
$\lambda$ (nm)	$x_3$	$n_3 + fk$	$\bar{n}_3$	$\Delta n_3$	$\lambda$ (nm)	$x_3$	$n_3 + fk$	$\bar{n}_3$	$\Delta n_3$
632,8	2,461	1,457	1,456	0,001	632,8	2,443	1,467	1,467	0,000
	2,464	1,455				2,443	1,467		
	2,464	1,455				2,441	1,468		
	2,463	1,456				2,443	1,467		
532	2,053	1,466	1,467	0,001	532	2,034	1,479	1,479	0,001
	2,054	1,465				2,033	1,479		
	2,050	1,468				2,033	1,480		
	2,051	1,467				2,031	1,481		
405	1,518	1,505	1,506	0,001	405	1,505	1,516	1,518	0,001
	1,516	1,506				1,503	1,518		
	1,516	1,505				1,503	1,518		
	1,515	1,507				1,501	1,519		

#### D. Grafik Perbandingan Indeks bias dan konstanta Cauchy

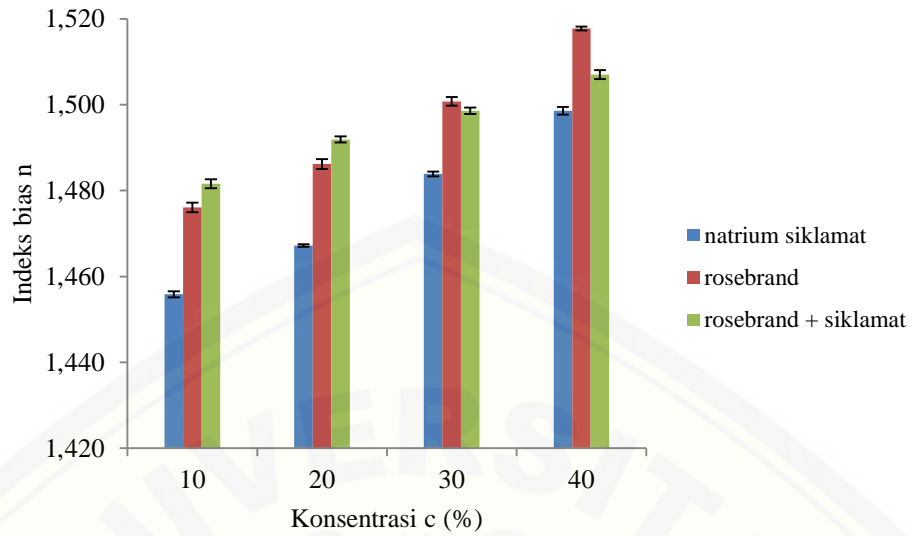
D1. Grafik perbandingan indeks bias antara larutan gula kristal putih, larutan gula sintesis, dan larutan campuran gula kristal putih dengan gula sintesis



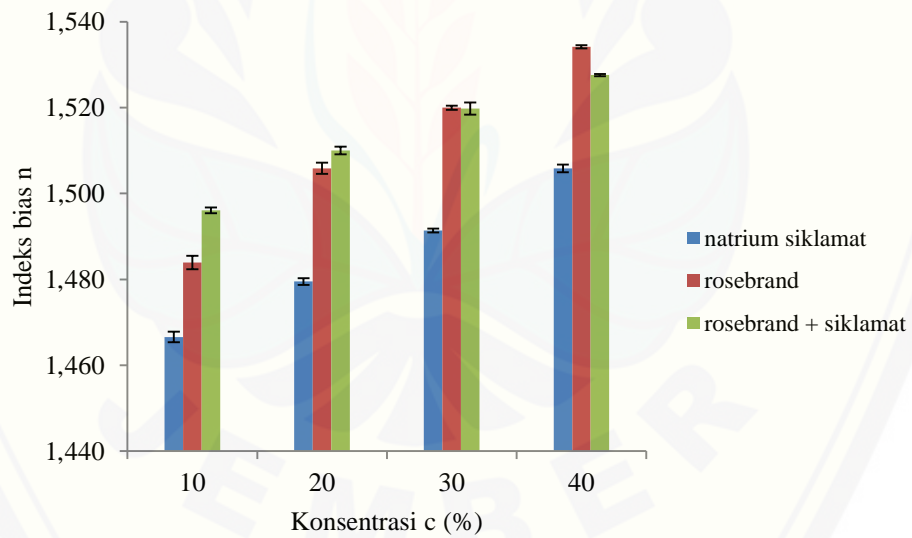
Gambar D1 Grafik perbandingan indeks bias ( $n$ ) berbagai variasi konsentrasi pada larutan Natrium Siklamat, larutan Gulare, dan larutan campuran Natrium Siklamat dengan Gulare



Gambar D2 Grafik perbandingan indeks bias ( $n$ ) berbagai variasi konsentrasi pada larutan Natrium Siklamat, larutan Gulare, dan larutan campuran Natrium Siklamat dengan Gulare

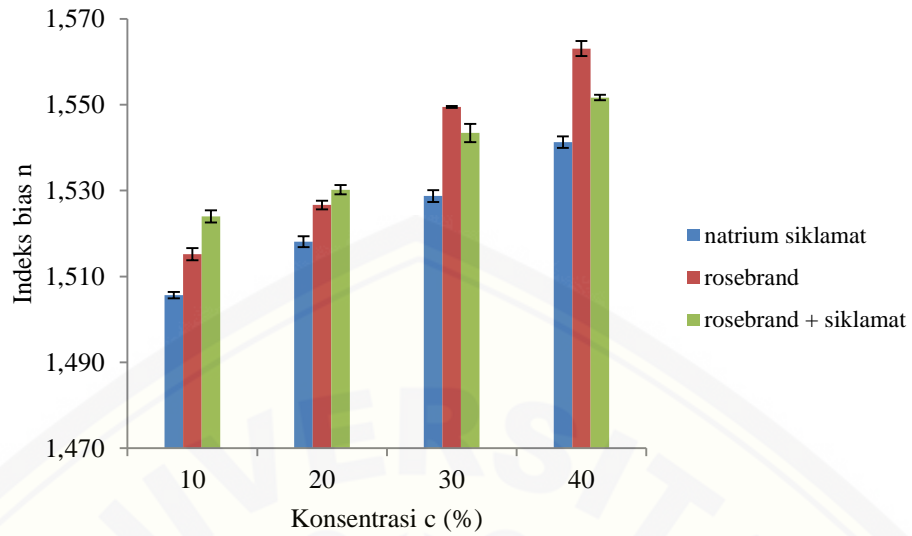


Gambar D3 Grafik perbandingan indeks bias (n) berbagai variasi konsentrasi pada larutan Natrium Siklamat, larutan Rose Brand, dan larutan campuran Natrium Siklamat dengan Rose Brand

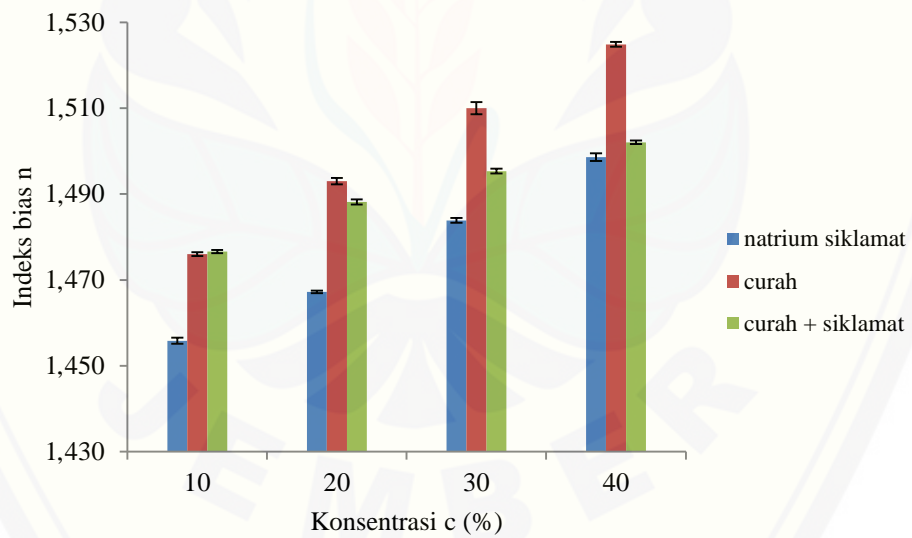


Gambar D4 Grafik perbandingan indeks bias (n) berbagai variasi konsentrasi pada larutan Natrium Siklamat, larutan Rose Brand, dan larutan campuran Natrium Siklamat dengan Rose Brand

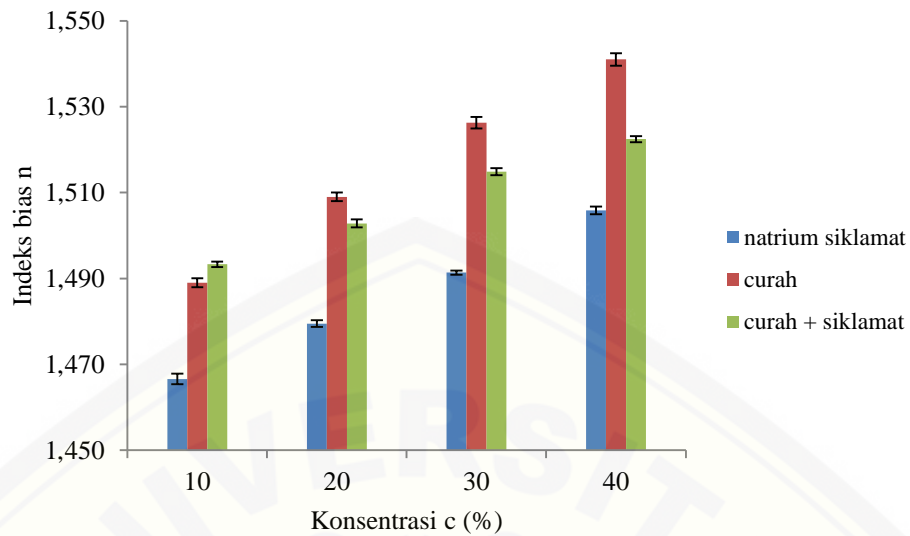




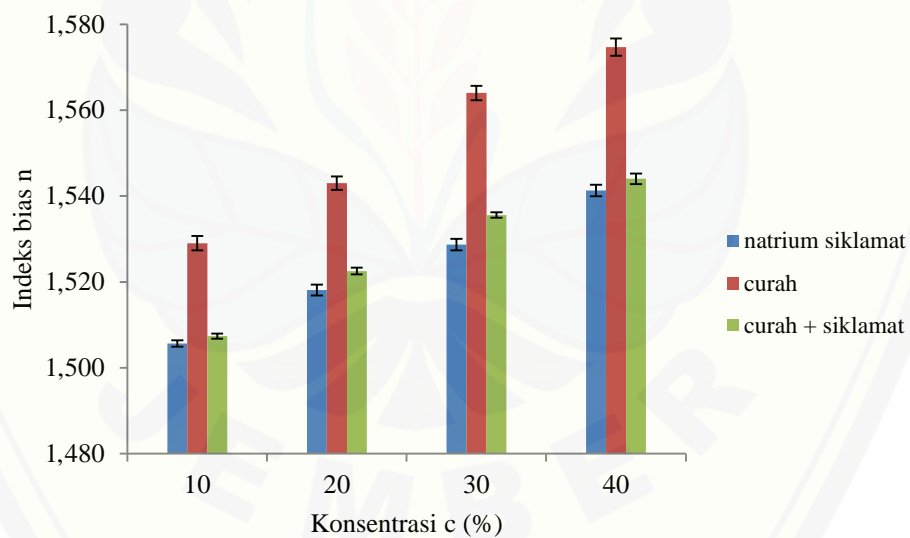
Gambar D5 Grafik perbandingan indeks bias (n) berbagai variasi konsentrasi pada larutan Natrium Siklamat, larutan Rose Brand, dan larutan campuran Natrium Siklamat dengan Rose Brand



Gambar D6 Grafik perbandingan indeks bias (n) berbagai variasi konsentrasi pada larutan Natrium Siklamat, larutan gula curah, dan larutan campuran Natrium Siklamat dengan gula curah

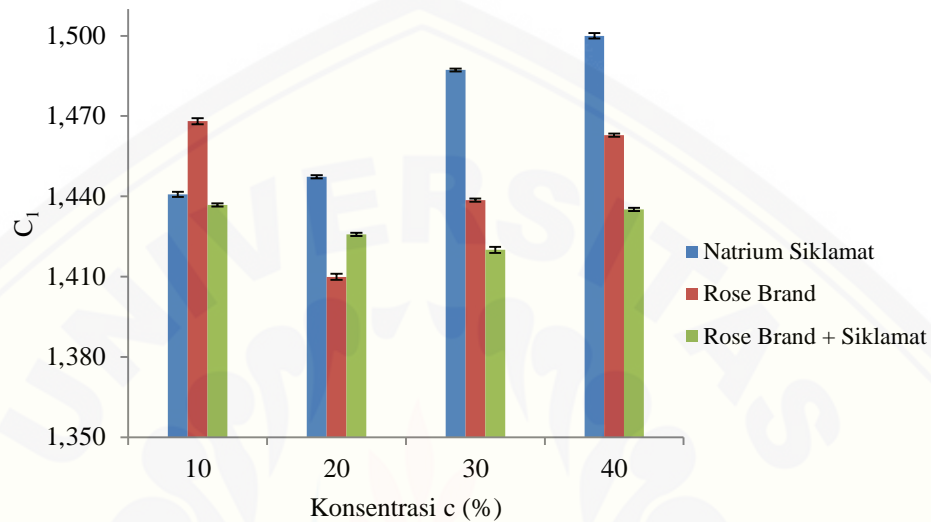


Gambar D7 Grafik perbandingan indeks bias ( $n$ ) berbagai variasi konsentrasi pada larutan Natrium Siklalat, larutan gula curah, dan larutan campuran Natrium Siklalat dengan gula curah

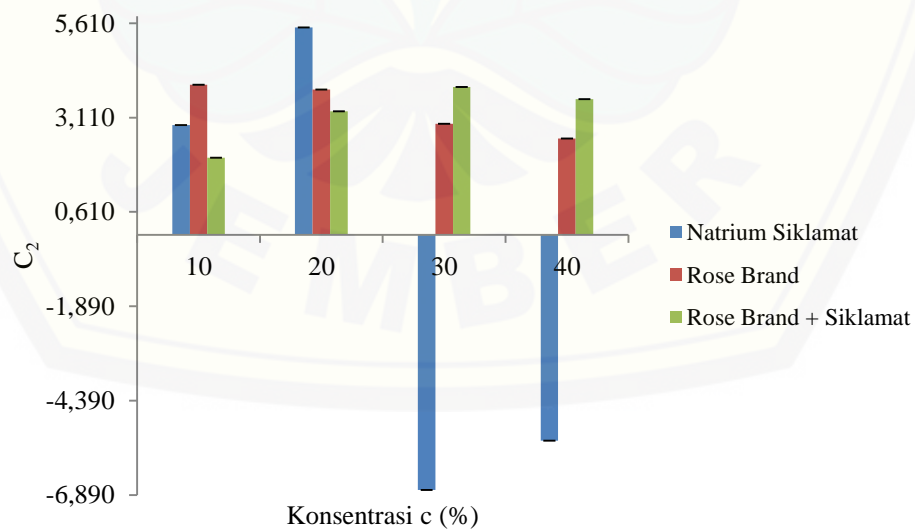


Gambar D8 Grafik perbandingan indeks bias ( $n$ ) berbagai variasi konsentrasi pada larutan Natrium Siklalat, larutan gula curah, dan larutan campuran Natrium Siklalat dengan gula curah

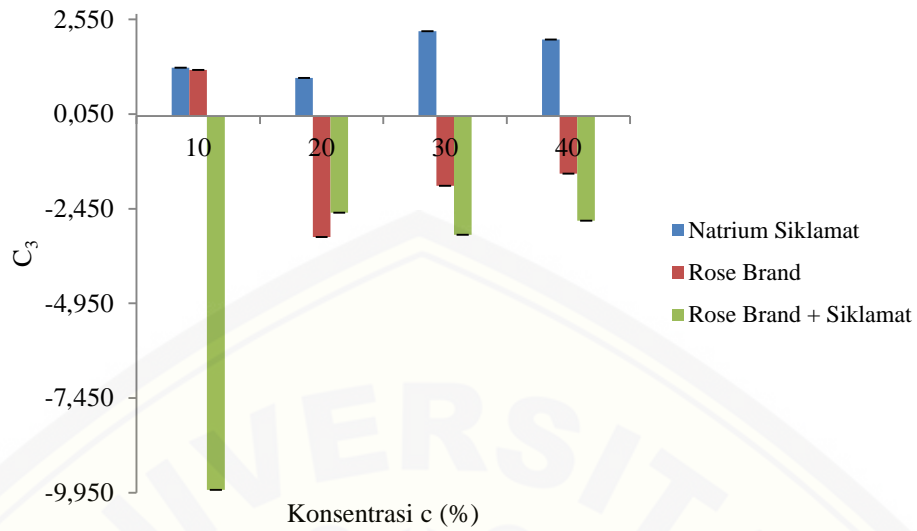
D2. Grafik perbandingan konstanta Cauchy antara larutan gula kristal putih, larutan gula sintetis, dan larutan campuran gula kristal putih dengan gula sintetis



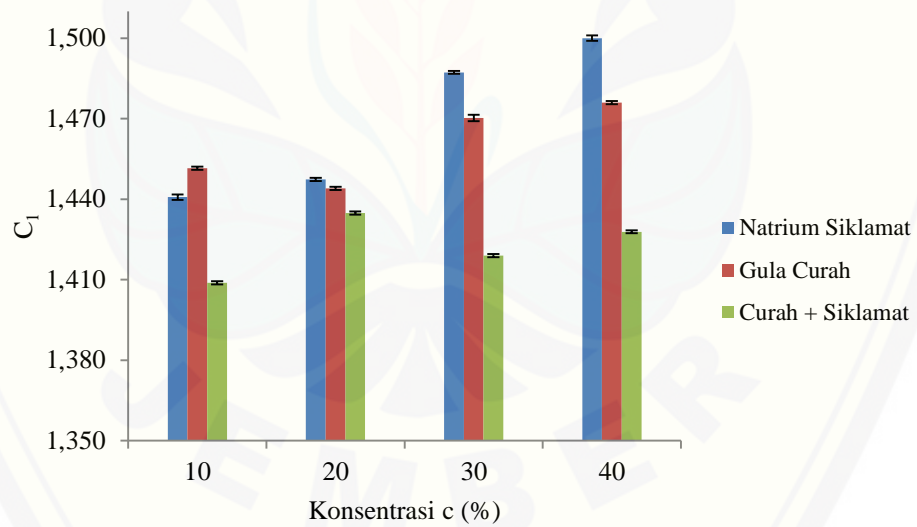
Gambar D9 Grafik perbandingan konstanta Cauchy  $C_1$  berbagai variasi konsentrasi antara larutan Natrium Siklambat, larutan Rose Brand, dan larutan campuran Natrium Siklambat dengan Rose Brand



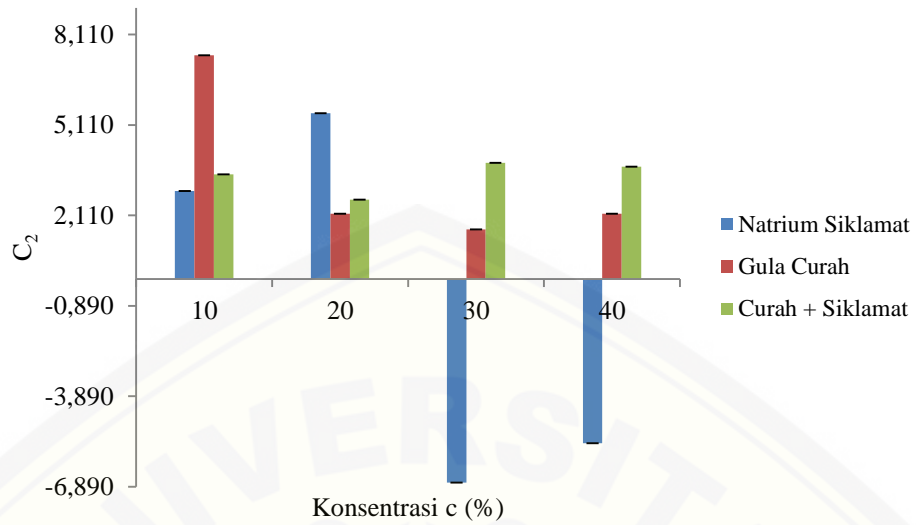
Gambar D10 Grafik perbandingan konstanta Cauchy  $C_2$  berbagai variasi konsentrasi antara larutan Natrium Siklambat, larutan Rose Brand, dan larutan campuran Natrium Siklambat dengan Rose Brand



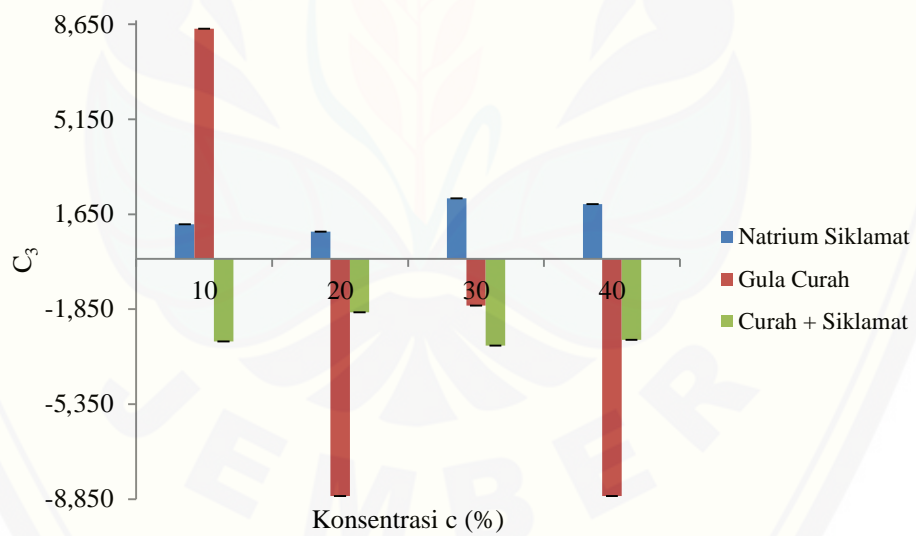
Gambar D11 Grafik perbandingan konstanta Cauchy  $C_3$  berbagai variasi konsentrasi antara larutan Natrium Siklamat, larutan Rose Brand, dan larutan campuran Natrium Siklamat dengan Rose Brand



Gambar D12 Grafik perbandingan konstanta Cauchy  $C_1$  berbagai variasi konsentrasi antara larutan Natrium Siklamat, larutan gula curah, dan larutan campuran Natrium Siklamat dengan gula curah

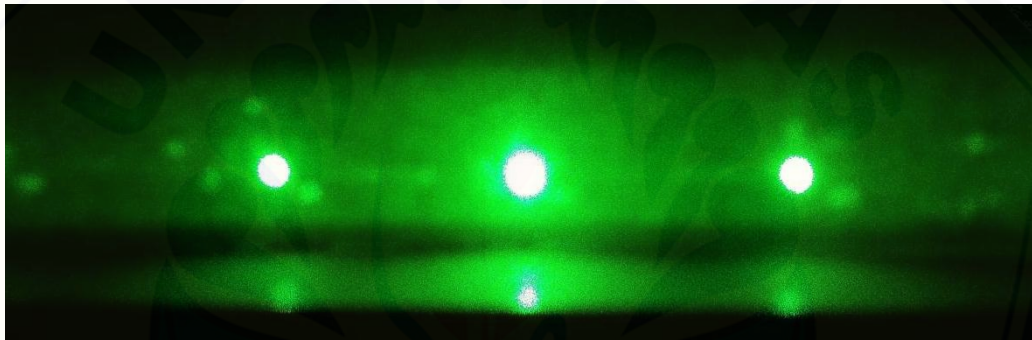


Gambar D13 Grafik perbandingan konstanta Cauchy  $C_2$  berbagai variasi konsentrasi antara larutan Natrium Siklambat, larutan gula curah, dan larutan campuran Natrium Siklambat dengan gula curah



Gambar D14 Grafik perbandingan konstanta Cauchy  $C_3$  berbagai variasi konsentrasi antara larutan Natrium Siklambat, larutan gula curah, dan larutan campuran Natrium Siklambat dengan gula curah

## E. Pola Difraksi pada Berbagai Spektrum Warna

Gambar F1 Pola difraksi saat menggunakan spektrum warna merah ( $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ )Gambar F2 Pola difraksi saat menggunakan spektrum warna hijau ( $\lambda = 532 \text{ nm}$ )Gambar F3 Pola difraksi saat menggunakan spektrum warna ungu ( $\lambda = 405 \text{ nm}$ )