



UNIVERSITAS
JEMBER

R

Oleh :

███

111800100

█████

███

███

015



**PENENTUAN KONSTANTA SELLMEIER DAN KONSTANTA CAUCHY
MINYAK KELAPA SAWIT PADA BERBAGAI TEMPERATUR
MENGUNAKAN SPEKTROMETER PRISMA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk penyelesaian Program Studi Fisika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh :

**Desi Fatimatus Zahro
111810201020**

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

2015

PERSEMBAHAN

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

1. Ibunda Siti Muslikah dan Ayahanda Mukhlis Sugianto yang tanpa henti memberikan cinta, kasih dan sayang tanpa pamrih, selalu menemani, membimbing dan mendukung langkah saya hingga sampai di titik ini. Adikku tersayang Abdul Aziz Magfuri yang telah menjadi motivasi tersendiri di hati;
2. para pendidik sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi yang telah mendidik saya dengan penuh tanggungjawab, amanah dan keikhlasan;
3. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTO

“Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.”

(terjemah Surat Al-Baqarah ayat 153)^{*)}

“Sesungguhnya orang-orang yang bertaqwa mendapat kemenangan.”

(terjemah Surat An-Naba' ayat 31)^{*)}

^{*)} Al Qur'an Digital dan Terjemahannya Versi 3.7.1. 2014. www.alquran-digital.com

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Desi Fatimatus Zahro

NIM : 111810201020

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Penentuan Konstanta Sellmeier dan Konstanta Cauchy Minyak Kelapa Sawit pada Berbagai Temperatur Menggunakan Spektrometer Prisma” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, Juni 2015

Yang menyatakan,

Desi Fatimatus Zahro

NIM 111810201020

SKRIPSI

**PENENTUAN KONSTANTA SELLMEIER DAN KONSTANTA CAUCHY
MINYAK KELAPA SAWIT PADA BERBAGAI TEMPERATUR
MENGUNAKAN SPEKTROMETER PRISMA**

Oleh

Desi Fatimatus Zahro
NIM 111810201020

Pembimbing:

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penentuan Konstanta Sellmeier dan Konstanta Cauchy Minyak Kelapa Sawit pada Berbagai Temperatur Menggunakan Spektrometer Prisma” telah diuji dan disahkan secara akademis pada :

hari :

tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua (Dosen Pembimbing Utama)

Sekretaris (Dosen Pembimbing anggota)

Ir. Misto, M.Si
NIP 19591121 199103 1 002

Endhah Purwandari, S.Si. M.Si
NIP 19811111 200501 2 001

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, Ph.D.
NIP. 19620311 198702 1 001

Supriyadi, S.Si., M.Si
NIP 19820424 200604 1 003

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Prof. Drs, Kusno, DEA, Ph.D.
NIP 19610108 198602 1 001

RINGKASAN

Penentuan Konstanta Sellmeier dan Konstanta Cauchy Minyak Kelapa Sawit pada Berbagai Temperatur Menggunakan Spektrometer Prisma; Desi Fatimatus Zahro, 111810201020: 56 halaman; Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Minyak goreng yang sebagian besar tersusun atas asam lemak dan gliserol merupakan salah satu sumber energi yang paling efektif jika dibandingkan dengan karbohidrat dan protein. Berdasarkan sumbernya minyak dibagi menjadi dua, yaitu minyak hewani dan minyak nabati. Salah satu minyak nabati yang paling diminati oleh masyarakat di kawasan Asia Tenggara khususnya di Indonesia adalah minyak goreng kelapa sawit. Hal ini dikarenakan dalam minyak goreng kelapa sawit mengandung asam lemak tak jenuh, beta karotin dan provitamin A yang cukup melimpah, selain itu harga dari minyak kelapa sawit relatif terjangkau jika dibandingkan dengan minyak nabati yang lain.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy minyak kelapa sawit dengan berbagai variasi temperatur dengan memanfaatkan instrumen spektrometer dalam penentuan panjang gelombang dan indeks bias dari bahan. Kedua jenis konstanta tersebut digunakan untuk menunjukkan identitas atau karakteristik dispersi dari bahan yang bersangkutan. Terdapat dua set alat yang digunakan pada penelitian ini, diantaranya adalah spektrometer kisi dan spektrometer prisma. Spektrometer kisi digunakan untuk menentukan panjang gelombang spektrum yang berasal dari sumber cahaya yang berupa lampu *mercury* Philips HPL-N 80W, sedangkan spektrometer prisma digunakan untuk mengetahui indeks bias dari minyak kelapa sawit dengan berbagai

perlakuan temperatur. Prisma yang digunakan pada penentuan indeks bias minyak kelapa sawit terbuat dari kaca benda (*object glass*) memiliki dimensi sisi alas 2,6 cm dan tinggi 7,6 cm serta tebal dinding prisma 1 mm.

Setelah diketahui panjang gelombang dan indeks bias bahan maka dapat diketahui nilai dari konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy minyak kelapa sawit. Penentuan konstanta Sellmeier dilakukan dengan penyesuaian data panjang gelombang dan indeks bias minyak, sedangkan penentuan konstanta Cauchy dilakukan dengan menyesuaikan persamaan Sellmeier dan persamaan Cauchy dengan memanfaatkan ekspansi deret binomial.

Berdasarkan hasil analisis diperoleh bahwa perubahan temperatur yang dikenakan pada minyak kelapa sawit menghasilkan perubahan nilai konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy. Hanya saja, berdasarkan grafik yang dilengkapi dengan *standart error bar* dapat diketahui bahwa tidak semua perubahan temperatur yang dikenakan pada bahan menghasilkan perubahan nilai yang cukup signifikan pada konstanta Sellmeier A untuk ketiga merk minyak kelapa sawit yang digunakan. Sedangkan untuk konstanta Sellmeier B tidak mengalami perubahan yang signifikan akibat adanya perubahan temperatur yang dikenakan pada ketiga merk minyak kelapa sawit yang digunakan.

Sedangkan hasil uji statistik *one-way* ANOVA menunjukkan bahwa pengujian pengaruh temperatur pada konstanta Sellmeier (A dan B) untuk ketiga merk minyak kelapa sawit yang digunakan diperoleh bahwa $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $P (sig) > 0,05$ (H_0 diterima) yang berarti bahwa temperatur tidak mempengaruhi nilai konstanta Sellmeier. Adapun uji statistik untuk konstanta Cauchy pada ketiga merk minyak juga diperoleh bahwa $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $P (sig) > 0,05$ (H_0 diterima) yang juga berarti temperatur tidak mempengaruhi besarnya konstanta Cauchy. Dengan demikian hasil uji statistik menyatakan bahwa perubahan temperatur tidak menyebabkan terjadinya perubahan nilai yang signifikan, baik nilai konstanta Sellmeier (A dan B) maupun konstanta Cauchy (C_1 , C_2 , C_3 dan C_4).

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penentuan Konstanta Sellmeier dan Konstanta Cauchy Minyak Kelapa Sawit pada Berbagai Temperatur Menggunakan Spektrometer Prisma”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini telah mendapatkan bantuan, pengarahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Endhah Purwandari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi Ph.D., selaku Dosen Penguji I dan Supriyadi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu untuk menguji dan memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Segenap dosen dan karyawan Fakultas MIPA yang selalu membantu dan mendukung;
4. keluarga besar jurusan fisika khususnya teman-teman angkatan 2011 yang telah memberikan semangat dan motivasi;
5. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Juni 2015

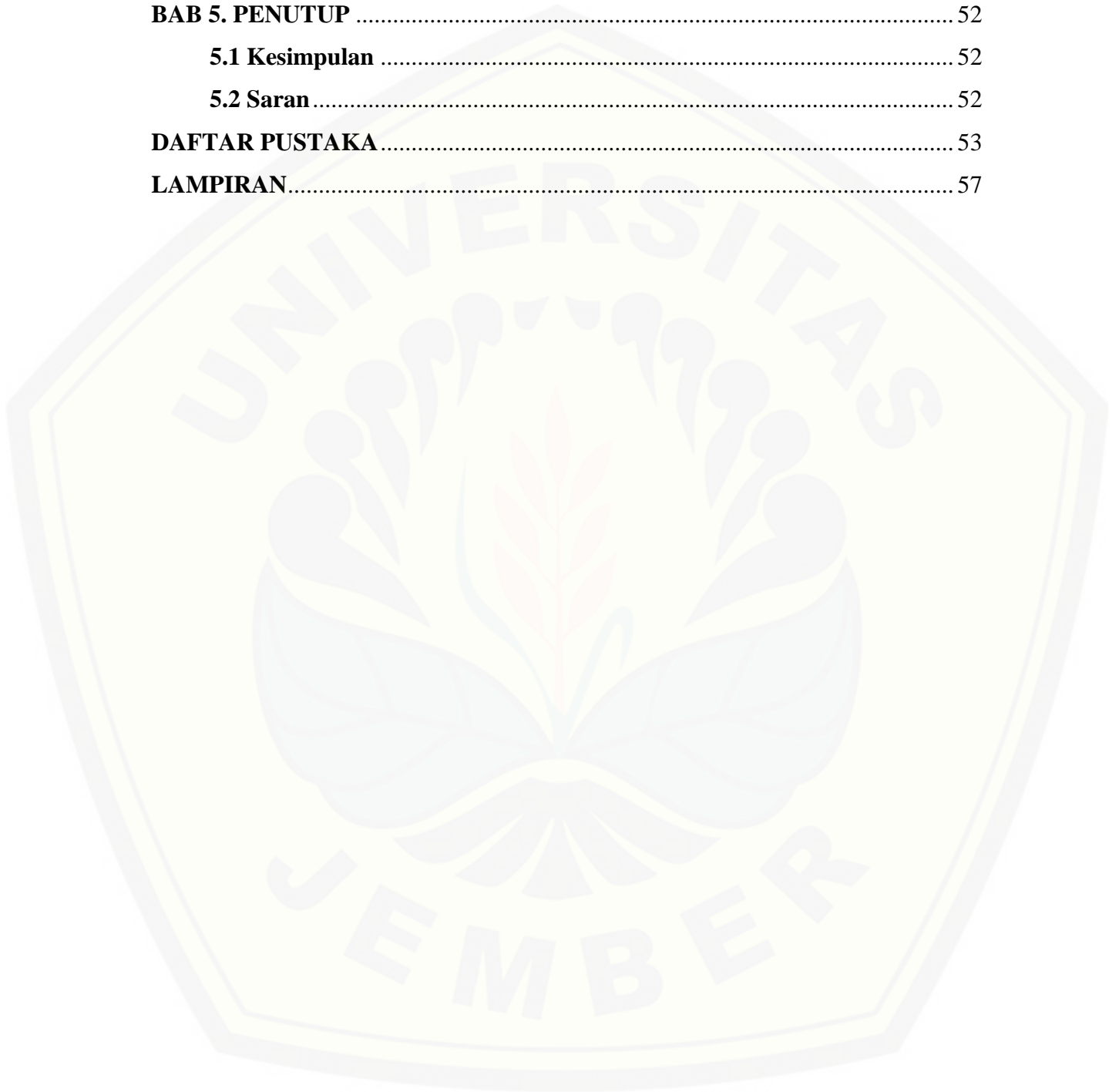
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Minyak Goreng	6
2.2 Cahaya	9
2.3 Sifat-sifat Cahaya	10
2.3.1 Cahaya dapat Dipantulkan dan Dibiaskan.....	10

2.3.2 Cahaya dapat Diuraikan (Fenomena Dispersi).....	11
2.3.2 Cahaya dapat Melalui Celah Sempit (Fenomena Difraksi).....	12
2.4 Persamaan Cauchy dan Persamaan Sellmeier	14
2.4.1 Indeks Bias	15
2.4.2 Konstanta Sellmeier dan Konstanta Cauchy	20
2.5 Spektrometer.....	23
2.5.1 Spektrometer Kisi.....	24
2.5.2 Spektrometer Prisma	24
2.5.3 Sumber Cahaya <i>Mercury</i>	27
2.6 Penentuan Konstanta Sellmeier Minyak Kelapa Sawit	29
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	31
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.2 Alat dan Bahan	31
3.2.1 Alat Penelitian	31
3.2.2 Bahan Penelitian.....	32
3.3 Prosedur Penelitian	33
3.3.1 Tahapan Penelitian	33
3.3.2 Persiapan Alat dan Bahan.....	34
3.3.3 Kalibrasi Alat	34
3.3.4 Pengkondisian Temperatur Bahan.....	34
3.4 Proses Pengambilan Data	35
3.5 Metode Analisis.....	37
3.5.1 Penentuan Panjang Gelombang Spektrum	37
3.5.2 Penentuan Nilai Indeks Bahan.....	37
3.5.3 Penentuan Konstanta Sellmeier dan Konstanta Cauchy Bahan	38
3.5.4 Uji Statistik Menggunakan <i>one-way</i> ANOVA	39
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Hasil	40

4.2 Pembahasan	47
BAB 5. PENUTUP	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	57



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Standar mutu minyak goreng (SNI).....	7
2.2 Nilai indeks bias beberapa cairan	17
2.3 Nilai indeks bias minyak goreng kelapa sawit pada beberapa suhu	20
2.4 Tabel konstanta Sellmeier air suling (<i>water distillation of HPLC water</i>)	22
2.5 Tabel konstanta Sellmeier pada minyak zaitun (<i>olive oil</i>)	22
2.6 Konstanta Sellmeier dan Cauchy dari air suling, air keras, klorofom dan karbon tetraklorida pada temperature 20°C	23
2.7 Garis spektrum lampu gas <i>mercury</i>	29
4.1 Tabel panjang gelombang spektrum dari lampu <i>mercury</i> Philips HPL-N 80W.....	40
4.2 Indeks bias (n) minyak kelapa sawit merk X untuk masing-masing spektrum.....	41
4.3 Indeks bias (n) minyak kelapa sawit merk Y untuk masing-masing spektrum.....	42
4.4 Indeks bias (n) minyak kelapa sawit merk Z untuk masing-masing spektrum.....	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Diagram spektrum gelombang elektromagnetik	9
2.2 Skema pemantulan dan pembiasan cahaya	11
2.3 Dispersi cahaya pada prisma.....	12
2.4 Skema spektrometer menggunakan kisi difraksi.....	13
2.5 Kurva dispersi untuk cairan H ₂ O dan D ₂ O.....	18
2.6 Indeks bias air sebagai fungsi temperatur.....	19
2.7 Skema pembiasan cahaya menggunakan prisma.....	25
2.8 Grafik penentuan sudut deviasi minimum prisma.....	26
2.9 Skema spektrometer prisma.....	30
3.1 Diagram alir penelitian.....	33
3.2 Skema rancangan alat penelitian.....	34
4.1 Grafik hubungan konstanta Sellmeier terhadap temperatur minyak X	43
4.2 Grafik hubungan konstanta Cauchy C ₁ dan C ₂ terhadap temperatur minyak X	44
4.3 Grafik hubungan konstanta Cauchy C ₃ dan C ₄ terhadap temperatur minyak Y	44
4.4 Grafik hubungan konstanta Sellmeier terhadap temperatur minyak Y	45
4.5 Grafik hubungan konstanta Cauchy C ₁ dan C ₂ terhadap temperatur minyak Y	45
4.6 Grafik hubungan konstanta Cauchy C ₃ dan C ₄ terhadap temperatur minyak Y	46
4.7 Grafik hubungan konstanta Sellmeier terhadap temperatur minyak Z	46
4.8 Grafik hubungan konstanta Cauchy C ₁ dan C ₂ terhadap temperatur minyak Z	47
4.9 Grafik hubungan konstanta Cauchy C ₃ dan C ₄ terhadap temperatur minyak Z	47

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A Ekspansi persamaan Sellmeier dan Cauchy.....	57
B Data hasil percobaan dan pengukuran panjang gelombang spektrum lampu <i>mercury</i> Philips HPL-N 80W.....	59
C Kandungan gizi bahan.....	60
D Pengujian lamanya minyak mengalami penurunan temperatur.....	62
E Data percobaan dan perhitungan indeks bias minyak kelapa sawit.....	64
F Perhitungan Konstanta Sellmeier.....	71
G Crosscheck indeks bias minyak kelapa sawit berdasarkan konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy.....	85
H Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi.....	90
I Analisis statistik <i>one-way</i> ANOVA pengaruh temperatur terhadap konstanta Sellmeier dan Cauchy.....	105
J Foto alat penelitian.....	109

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak goreng merupakan minyak pangan yang tersusun atas asam lemak dan gliserol yang berfungsi menghantarkan panas. Asam lemak dalam minyak goreng ada yang bersifat jenuh dan ada pula yang bersifat tidak jenuh. Minyak merupakan sumber energi paling efektif bagi tubuh jika dibandingkan dengan karbohidrat dan protein. Satu gram minyak dapat menghasilkan 9 kkal, sedangkan karbohidrat dan protein hanya menghasilkan 4 kkal/gram. Minyak juga berfungsi sebagai pelarut vitamin A, D, E dan K bagi tubuh (Ketaren, 1986).

Berdasarkan sumbernya minyak goreng dibedakan menjadi dua, yaitu minyak nabati dan minyak hewani. Minyak nabati dapat diperoleh dari berbagai macam tanaman diantaranya adalah minyak jagung, minyak biji kapas, minyak wijen, minyak kedelai, minyak zaitun, minyak kelapa dan minyak kelapa sawit. Sedangkan minyak hewani diantaranya adalah minyak ikan sardine, minyak babi dan minyak ikan paus (Chalid *et al.*, 2008).

Umumnya, minyak goreng yang paling sering digunakan oleh masyarakat terutama di kawasan Asia Tenggara adalah minyak goreng kelapa sawit mengingat melimpahnya kandungan beta karotin sebagai sumber utama provitamin A dan harga minyak goreng kelapa sawit yang relatif terjangkau. Selain itu, minyak goreng kelapa sawit memiliki asam lemak tidak jenuh yang cukup banyak sehingga tidak mudah rusak bila dipanaskan, karena itulah minyak goreng kelapa sawit lebih diminati dibandingkan dengan minyak goreng lainnya (Mukherjee & Mitra, 2009).

Kualitas minyak dapat diidentifikasi dari beberapa parameter baik sifat fisik maupun sifat kimianya. Sifat fisik meliputi warna, bau, sifat larut, titik cair, titik didih, titik pelunakan, titik kekeruhan, *slipping point*, *shot melting point*, titik asap,

titik nyala, titik api, bobot jenis, viskositas dan indeks bias. Sedangkan sifat kimianya dapat dilihat dari ikatan asam lemak penyusun minyak tersebut (Mitayani, 2009). Selain itu, proses pemanasan juga berpengaruh terhadap kualitas minyak goreng. Pemanasan minyak goreng dengan temperatur yang tinggi akan mengakibatkan penurunan kualitasnya baik secara fisik maupun kerusakan struktur kimia. Menurut Susan (2010), perubahan sifat fisika maupun kimia yang disebabkan adanya penggunaan minyak goreng yang kurang tepat dapat mempengaruhi kandungan gizi pada minyak goreng tersebut, maka secara langsung maupun tidak langsung juga berpengaruh terhadap sistem kesehatan tubuh manusia yang mengkonsumsi minyak goreng tersebut.

Salah satu pengujian kualitas minyak goreng yang mudah dilakukan adalah pengujian nilai indeks biasnya. Di Indonesia patokan kualitas minyak goreng yang digunakan harus berada dalam rentangan nilai indeks bias minyak goreng berdasarkan SNI. Berbagai macam teknologi pengujian indeks bias pun telah ditemukan, salah satunya adalah teknologi berbasis optik dan kelistrikan atau yang lebih dikenal dengan optoelektronika.

Era modern seperti saat ini, optoelektronika sudah tidak asing lagi. Bahkan perkembangannya telah digunakan di berbagai bidang demi memenuhi kebutuhan manusia. Salah satu alat optoelektronika yang dapat digunakan untuk menentukan indeks bias bahan adalah spektrometer prisma. Menurut Giancoli (1998), spektrometer prisma merupakan alat optik yang digunakan untuk mengamati dan mengukur sudut deviasi cahaya datang dari suatu sumber cahaya yang dilewatkan pada sebuah prisma. Cahaya dari sumber akan melewati celah sempit pada kolimator yang dibuat sejajar dengan lensa, sehingga cahaya paralel dari lensa jatuh pada prisma. Teleskop yang dapat digerakkan digunakan untuk memfokuskan berkas-berkas cahaya akibat adanya pembiasan dan dispersi oleh prisma. Ketika teleskop diposisikan pada sudut puncak difraksi, berkas cahaya dari panjang gelombang yang

dipancarkan dapat terlihat atau teramati. Besar sudut deviasi yang ditemukan digunakan untuk menentukan besar indeks bias bahan yang diletakkan dalam prisma.

Nilai indeks bias suatu bahan transparan dapat dihubungkan dengan panjang gelombang cahaya yang melewatinya dalam sebuah fenomena dispersi. Hubungan tersebut dapat dinyatakan dengan suatu persamaan yang disebut persamaan Sellmeier. Tan *et al.* (2006) menyatakan bahwa persamaan Sellmeier merupakan suatu hubungan empiris antara indeks bias dan panjang gelombang cahaya untuk bahan transparan tertentu dalam bentuk deret *osilator single-dipole*. Persamaan ini berlaku untuk dispersi normal pada daerah panjang gelombang cahaya tampak maupun tidak tampak. Hubungan indeks bias bahan dan panjang gelombang cahaya dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan dispersi bahan melalui kurva dispersi. Pada dasarnya persamaan Sellmeier adalah bentuk sederhana dari persamaan dispersi Cauchy. Satu suku resonansi pada persamaan Sellmeier dapat digunakan untuk menyederhanakan persamaan Cauchy dengan cara mengekspansikan persamaan Sellmeier ke dalam sebuah deret berpangkat (Kedenburg *et al.*, 2012).

Beberapa penelitian mengenai penentuan indeks bias dan konstanta Sellmeier maupun konstanta Cauchy cairan menggunakan spektrometer prisma pernah dilakukan oleh Daimon & Masumura (2007), bahan yang digunakan adalah air suling pada beberapa temperatur menggunakan panjang gelombang $1129 \text{ nm} - 182 \text{ nm}$. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Bodurov *et al.* (2013) tentang pendeteksian adanya pemalsuan minyak zaitun menggunakan metode optik dan termal yakni dengan menentukan indeks bias minyak zaitun yang kemudian digunakan untuk menentukan dua konstanta Sellmeier pada suku pertama sebagai uji kemurnian minyak zaitun. Sedangkan Kedenburg *et al.* (2012) melakukan pengukuran indeks bias berbagai cairan menggunakan suatu refraktometer Abbe dan melakukan perhitungan konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy bahan untuk menentukan koefisien absorpsi bahan.

Oleh karena itu, akan dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy pada beberapa merk minyak kelapa sawit dengan variasi temperatur. Nilai indeks bias minyak ditentukan melalui fenomena dispersi pada spektrometer prisma dan panjang gelombang spektrum ditentukan melalui fenomena difraksi pada spektrometer kisi. Adanya penelitian ini diharapkan dapat menambah daftar konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy bahan dan dapat dijadikan sebagai acuan metode penelitian lebih lanjut pada bahan optik maupun bahan semikonduktor.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat ditentukan permasalahan dalam tugas akhir ini yaitu berapa nilai konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy dari minyak goreng kelapa sawit pada berbagai temperatur?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah temperatur ruang penelitian yang digunakan berkisar pada temperatur 25° - 27° C.

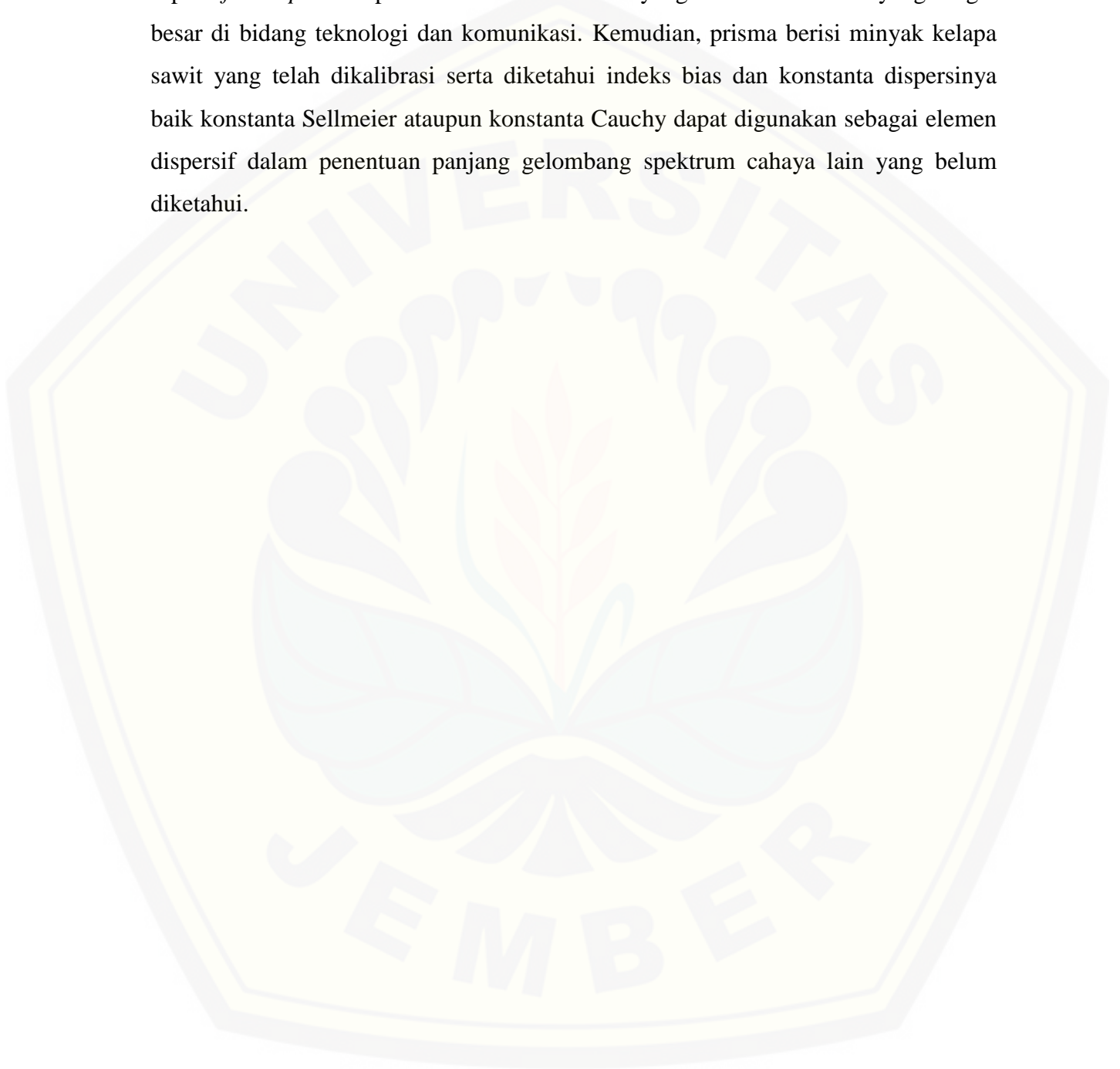
1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan spektrometer prisma dan sumber cahaya lampu *mercury* Philips HPL-N 80 watt untuk mengetahui konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy dari minyak kelapa sawit pada berbagai temperatur.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini yaitu dapat diketahui nilai konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy minyak goreng kelapa sawit berdasarkan temperatur sebagai identitas yang menunjukkan karakteristik dispersi minyak kelapa sawit. Selain itu, penelitian ini dapat digunakan sebagai tolok ukur kelayakan alat dan acuan metode

analisis dalam penentuan konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy bahan lain seperti *fiber optic* ataupun bahan semikonduktor yang memiliki manfaat yang sangat besar di bidang teknologi dan komunikasi. Kemudian, prisma berisi minyak kelapa sawit yang telah dikalibrasi serta diketahui indeks bias dan konstanta dispersinya baik konstanta Sellmeier ataupun konstanta Cauchy dapat digunakan sebagai elemen dispersif dalam penentuan panjang gelombang spektrum cahaya lain yang belum diketahui.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Goreng

Minyak goreng merupakan minyak pangan yang terdiri dari asam lemak dan gliserol yang berfungsi sebagai media penghantar panas dalam proses penggorengan. Minyak tersusun atas asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh. Asam lemak jenuh yaitu asam lemak dengan rantai tunggal sedangkan asam lemak tidak jenuh yaitu asam lemak yang mempunyai ikatan rangkap baik rangkap tunggal maupun rangkap ganda. Asam lemak jenuh banyak terdapat dalam minyak atau lemak yang berasal dari hewan (minyak hewani) diantaranya adalah minyak ikan, minyak sapi (*tallow*) dan minyak babi (*lard*), sedangkan asam lemak tidak jenuh banyak dikandung oleh minyak yang berasal dari tumbuhan (minyak nabati) misalnya minyak zaitun, minyak jagung, minyak kelapa, minyak kelapa sawit dan lain-lain. Asam lemak tidak jenuh memiliki manfaat yang lebih besar bagi tubuh manusia namun asam lemak ini mudah rusak apabila terkena panas yang berlebihan, sehingga strukturnya mudah berubah menjadi lemak jenuh (Chalid *et al.*, 2008).

Di Indonesia minyak pangan yang banyak digunakan adalah minyak nabati. Menurut Ketaren (1996), minyak nabati dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu :

- a. Minyak tidak mengering (*non drying oil*) yaitu jenis minyak yang tidak akan membentuk lapisan keras jika dibiarkan mengering di udara. Contoh minyak jenis ini adalah minyak kelapa sawit.
- b. Minyak nabati setengah mengering (*semi drying oil*) yaitu jenis minyak yang mudah teoksidasi jika berinteraksi dengan udara sehingga cepat menimbulkan bau tengik. Contoh minyak jenis ini adalah minyak biji kapas dan minyak biji bunga matahari.

- c. Minyak nabati mengering (*drying oil*) yaitu minyak yang mudah mengering jika bereaksi dengan udara dan berubah menjadi lapisan tebal, bersifat kental dan membentuk sejenis selaput jika terus dibiarkan di udara terbuka. Contoh minyak jenis ini adalah minyak kacang kedelai.

Proses penggunaan minyak goreng sebagai minyak pangan yang kurang tepat dapat mengubah sifat fisik dan sifat kimia minyak tersebut (Susan, 2010). Perubahan sifat fisik dapat dilihat dari warna, kelarutan, titik cair, titik didih, titik lunak, bobot jenis, indeks bias, titik asap, dan titik kekeruhan. Sedangkan perubahan sifat kimia terdiri dari hidrolisa, oksidasi, hidrogenasi dan esterifikasi.

Tabel 2.1 Standar mutu minyak goreng (SNI)

Karakteristik	Kisaran
Bilangan peroksida (meq/kg)	< 2
Titik asap (°C)	>200
Bilangan penyabunan	196-206
Bilangan iodin	45-46
Berat jenis (g/ml)	< 0,921
Indeks bias pada 40°C	1,4565-1,4585
Cita rasa dan bau	Tidak berbau (hambar)

Sumber : Standar Nasional Indonesia 3741-1995, dalam Paramitha (2012).

Mutu minyak goreng yang baik berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) dapat dilihat dari beberapa sifat fisik dan sifat kimianya diantaranya yaitu bilangan peroksida, titik asap, bilangan iodin, berat jenis, indeks bias, rasa dan bau seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1. Bilangan peroksida merupakan nilai yang digunakan untuk menentukan derajat kerusakan minyak. Minyak yang baik harus memiliki bilangan peroksida tidak lebih dari 2 meq/kg. Bilangan iodin menunjukkan banyaknya asam lemak tak jenuh yang terkandung dalam suatu minyak. Bau tengik merupakan indikasi adanya kerusakan pada minyak. Titik asap adalah temperatur pada saat minyak menghasilkan asap tipis saat dipanaskan. Sedangkan indeks bias dan berat jenis digunakan untuk untuk pengujian kemurnian minyak (Ketaren, 1996).

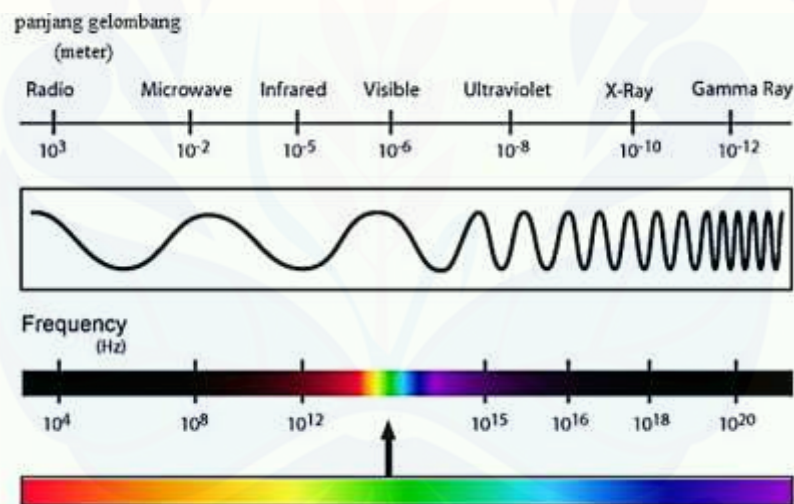
Menurut Winarni *et al.* (2010), kerusakan pada minyak goreng dapat menimbulkan dampak yang tidak sehat seperti keracunan yang selanjutnya dapat mengakibatkan diare, pengendapan lemak dalam pembuluh darah hingga dapat menyebabkan kanker. Salah satu penyebab kerusakan minyak adalah penggunaan minyak goreng yang berulang-ulang dan ditambah dengan pemanasan pada suhu tinggi sehingga melepaskan ikatan asam lemak pada minyak. Terlepasnya ikatan asam lemak akan mengakibatkan minyak mudah teroksidasi menjadi aldehid maupun keton yang menyebabkan bau tengik (menyengat). Selain itu, penggunaan minyak dengan suhu tinggi akan menyebabkan makanan menjadi gosong, rasanya pahit dan minyak akan berubah warna menjadi hitam dan mengental.

Minyak sawit adalah minyak nabati yang berasal dari daging buah kelapa sawit. Untuk memperoleh minyak sawit, buah dari tanaman kelapa sawit harus melalui proses penekanan atau diperas di pabrik-pabrik pengolahan minyak sawit. Kelapa sawit hanya tumbuh di daerah tropis. Tahun 2013 tercatat hampir 85% minyak sawit yang ada di dunia diproduksi di Indonesia dan Malaysia. Minyak sawit memiliki karakteristik memasak yang baik, hal ini dibuktikan oleh keunggulan-keunggulan minyak sawit diantaranya yaitu:

1. Minyak sawit dapat mempertahankan karakteristiknya bahkan dalam suhu yang relatif tinggi.
2. Teksturnya yang tidak berbau membuat minyak sawit sempurna untuk digunakan dalam berbagai resep, contohnya untuk makanan-makanan yang dipanggang.
3. Minyak sawit memiliki efek pengawet natural yang memperpanjang masa kadaluarsa produk pangan.
4. Selain digunakan sebagai bahan makanan, minyak sawit juga digunakan sebagai bahan bakar kendaraan dan pembangkit listrik.
5. Minyak sawit sebagai minyak nabati yang paling terjangkau di seluruh dunia (RSPO, 2013).

2.2 Cahaya

Cahaya merupakan kuantum energi atau gelombang elektromagnetik yang dapat merambat dengan atau tanpa adanya medium rambatan. Berdasarkan jenisnya, cahaya dibedakan menjadi cahaya yang tampak dan cahaya yang tidak tampak. Cahaya tampak merupakan cahaya yang jika mengenai benda maka benda tersebut akan dapat dilihat oleh manusia, contohnya adalah cahaya matahari. Cahaya tak tampak merupakan cahaya yang bila mengenai benda tidak akan tampak lebih terang atau masih sama sebelum terkena cahaya. Contoh cahaya tak tampak adalah sinar inframerah dan sinar x. Cahaya tampak dibagi menjadi 2 yaitu monokromatik dan polikromatik (Tugino, 2012). Secara lengkap pembagian spektrum cahaya tampak dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram spektrum gelombang elektromagnetik (Sumber: Saroyo, 2011)

2.3 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 tertinggi yaitu $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ (Gibilisco, 2009).

2.3.1 Cahaya dapat Dipantulkan dan Dibiaskan

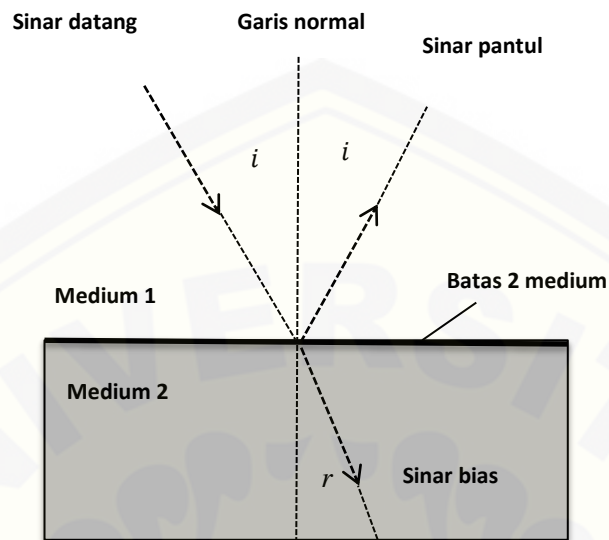
Ketika suatu gelombang cahaya mengenai suatu penghalang datar misalnya sebuah cermin, gelombang-gelombang baru akan dibangkitkan dan bergerak menjauhi cermin. Fenomena ini disebut dengan pemantulan. Pemantulan terjadi pada bidang batas antara dua medium yang berbeda. Terdapat dua butir hukum pemantulan 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. Gelombang yang ditransmisikan adalah hasil interferensi dari gelombang datang dan gelombang yang dihasilkan oleh penyerapan dan radiasi ulang energi cahaya oleh atom-atom dalam medium tersebut. Pada peristiwa pembiasan berlaku hukum Snellius yang dapat diekspresikan melalui persamaan (2.1).

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \quad (2.1)$$

dimana i merupakan besar sudut sinar datang dan r adalah besar sudut sinar bias.



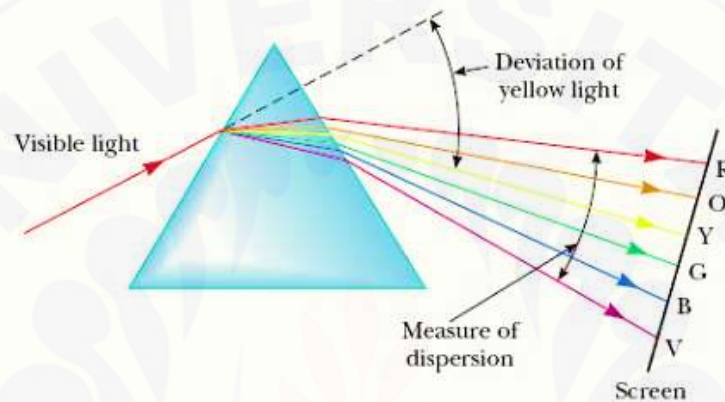
Gambar 2.2 Skema pemantulan dan pembiasan cahaya (Sumber: Gibilisco, 2009)

Pulsa gelombang cahaya yang merambat dari medium 1 menuju medium 2 ditampilkan pada Gambar 2.2. Pulsa gelombang mengalami perubahan kecepatan dan panjang gelombang ketika menembus ke medium 2 sementara frekuensi gelombangnya tidak mengalami perubahan (Halliday & Resnick, 2011).

2.3.2 Cahaya dapat Diuraikan (Fenomena Dispersi)

Sumber cahaya polikromatik akan terurai menjadi cahaya monokromatik ketika melewati suatu medium yang bersifat dispersif. Sebagai contoh adalah cahaya putih yang memiliki komponen spektrum-spektrum yang berwarna merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. Ketika cahaya melewati sebuah prisma dengan nilai sudut tertentu maka cahaya dengan panjang gelombang yang lebih pendek dibelokkan lebih besar dari cahaya yang memiliki panjang gelombang cahaya yang lebih panjang (Tipler, 2001). Dispersi pada sebuah prisma ditunjukkan oleh Gambar 2.3. Setiap spektrum cahaya dibelokkan membentuk sudut dispersi tertentu yang

sering disebut dengan sudut deviasi (sudut pembelokan). Contoh peristiwa dispersi cahaya yang terjadi secara alami adalah peristiwa terbentuknya pelangi. Pada dasarnya cahaya matahari yang kita lihat berwarna putih sebenarnya tersusun atas 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.



Gambar 2.3 Dispersi cahaya pada prisma (Sumber: French& Yang, 2004)

2.3.3 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 tidak sama (semakin jauh semakin kecil intensitasnya).

Terdapat dua jenis difraksi cahaya berdasarkan jarak sumber cahaya dan celah, yaitu:

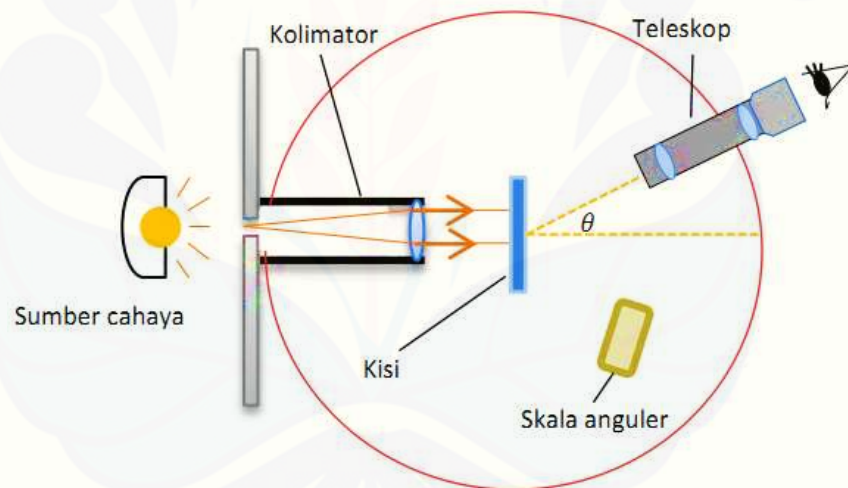
a. Difraksi Franhofer

- Sumber cahaya jauh dari celah sehingga cahaya 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 ataupun 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. Umumnya, alat yang digunakan untuk mengetahui panjang gelombang spektrum adalah spektrometer seperti Gambar 2.4 (Djuhana, 2011).



Gambar 2.4 Skema spektrometer menggunakan kisi difraksi (Sumber: Djuhana, 2011)

Jika sebuah gelombang cahaya polikromatik tiba pada suatu kisi/celah banyak, maka gelombang ini akan mengalami lenturan/pembelokan membentuk suatu pola interferensi yang berupa pola warna pelangi di belakang celah (kisi) tersebut (Tugino, 2012). Gejala inilah yang disebut difraksi.

2.4 Persamaan Cauchy dan Persamaan Sellmeier

Persamaan Cauchy merupakan persamaan pertama yang berhasil menggambarkan fenomena dispersi yaitu pada tahun 1836. Persamaan Cauchy menyatakan bahwa dalam suatu fenomena dispersi, nilai indeks bias suatu medium transparan dipengaruhi oleh panjang gelombang cahaya yang melewatinya dan jenis bahan itu sendiri. Secara definisi dinyatakan bahwa persamaan Cauchy adalah suatu hubungan empiris antara indeks bias dan panjang gelombang cahaya untuk bahan transparan tertentu. Persamaan ini berlaku untuk dispersi normal pada daerah panjang gelombang cahaya tampak. Persamaan (2.2) merupakan persamaan Cauchy secara umum (Tan *et al.*, 2006).

$$n = C_1 + \sum_{i=1} \frac{C_{i+1}}{\lambda^{2i}} \quad \text{atau} \quad n^2 = C_1' + \sum_{i=1} \frac{C_{i+1}'}{\lambda^{2i}} \quad (2.2)$$

Keterangan:

n : indeks bias

λ : panjang gelombang(m)

C_1, C_{i+1} : konstanta Cauchy dengan $i = 1, 2, 3, \dots$

Tahun 1871 Wolfgang Sellmeier menemukan bahwa indeks bias suatu medium transparan dan non-transparan bergantung pada panjang gelombang di sekitar panjang gelombang cahaya tampak dan infra merah. Karena yang menemukan pertama kali adalah Wolfgang Sellmeier, persamaan tersebut dikenal dengan persamaan Sellmeier. Indeks bias fungsi dari panjang gelombang memiliki nilai yang lebih efektif daripada fungsi bilangan gelombang, frekuensi maupun energi (Tropf *et al.*, 1995).

Persamaan Sellmeier merupakan optimalisasi dari persamaan Cauchy yang dapat diaplikasikan pada daerah panjang gelombang cahaya tampak dan cahaya tak tampak seperti sinar ultraviolet dan inframerah. Persamaan umum dari persamaan Sellmeier ditunjukkan oleh persamaan (2.3). Setiap bahan akan memiliki nilai

konstanta yang berbeda-beda. Keadaan atau perlakuan bahan seperti pengkondisian temperatur dan tekanan bahan juga akan mempengaruhi nilai konstanta Sellmeier suatu bahan (Ghosh *et al.*, 1994).

$$n^2 = 1 + \sum_{i=1} \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - B_i} \quad (2.3)$$

Keterangan:

n : indeks bias

λ : panjang gelombang(m)

A_i, B_i : konstanta Sellmeier, dengan $i = 1, 2, 3, \dots$

Tiwald (2009) menyatakan bahwa persamaan Cauchy rata-rata tidak dapat menggambarkan dispersi secara tepat di daerah panjang gelombang inframerah. Namun persamaan Sellmeier mampu menggambarannya secara tepat. Hal ini dikarenakan persamaan dispersi Sellmeier merupakan penjumlahan dari perluasan nol (*zero-broadened*) osilator Lorentz. Persamaan Sellmeier lebih sesuai dengan teori atomik bahan jika dibandingkan dengan persamaan Cauchy yang hanya suatu ekspansi binomial dari satu suku resonansi pada persamaan Sellmeier. Menurutnya, dalam penentuan formula dispersi suatu material dua suku dari persamaan Sellmeier lebih baik daripada tiga suku persamaan Cauchy.

2.4.1 Indeks Bias

Indeks bias suatu medium optik didefinisikan sebagai perbandingan kecepatan cahaya dalam vakum dengan kecepatan cahaya pada medium tersebut yang dinyatakan sebagai:

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

dimana n merupakan indeks bias medium, c adalah kecepatan cahaya dalam vakum yang besarnya 3×10^8 m/s dan v adalah kecepatan cahaya dalam medium (m/s).

Selain menyatakan perbandingan kecepatan gelombang, indeks bias juga merupakan sebuah ukuran kerapatan optik medium. Suatu medium dikatakan memiliki kerapatan optik yang tinggi apabila indeks biasnya tinggi begitu pula sebaliknya (Jenkins & White, 2001).

Berdasarkan persamaan Maxwell diketahui bahwa indeks bias medium berhubungan dengan konstanta dielektrik medium itu sendiri. Ekspresi persamaan Maxwell untuk kedua variabel tersebut dinyatakan oleh persamaan berikut ini:

$$n = \sqrt{\epsilon_r \mu_r} \quad (2.5)$$

dimana ϵ_r adalah konstanta dielektrik statis atau permitivitas relatif bahan dan μ_r adalah permeabilitas relatif bahan. Diketahui bahwa dalam bahan nonmagnetik μ_r mendekati 1, sehingga diperoleh bahwa indeks bias sebanding dengan akar kuadrat dari besarnya permitivitas relatif bahan tersebut (Tan *et al.*, 2006). Pernyataan tersebut dapat diungkapkan dengan persamaan berikut:

$$n \approx \sqrt{\epsilon_r} \quad (2.6)$$

Selain permitivitas relatif bahan, 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. Menurut Tipler (2001), jika λ adalah panjang gelombang cahaya di ruang hampa dan λ' adalah panjang gelombang cahaya di suatu medium maka indeks bias medium dapat dituliskan sebagai:

$$\lambda' = \frac{v}{f} = \frac{c/n}{f} = \frac{\lambda}{n} \quad (2.7)$$

$$\frac{\lambda'}{\lambda} = n \quad (2.8)$$

dimana n adalah indeks bias medium.

Kedenburg *et al.* (2012) telah melakukan penelitian mengenai indeks bias cairan sebagai fungsi panjang gelombang. Dalam penelitiannya, Kedenburg *et al.* menggunakan cahaya putih Yukawa AQ4305 sebagai sumber cahaya karena cahaya

ini mampu memancarkan spektrum cahaya dengan panjang gelombang dari 400 *nm* hingga 1800 *nm*. Cairan yang digunakan diantaranya adalah air, air keras, etanol, toluene, disulfida, nitrobenzena, kloroform dan karbon tetraklorida. Tabel 2.2 merupakan tabel hasil pengukuran indeks bias beberapa cairan yang digunakan pada penelitian tersebut.

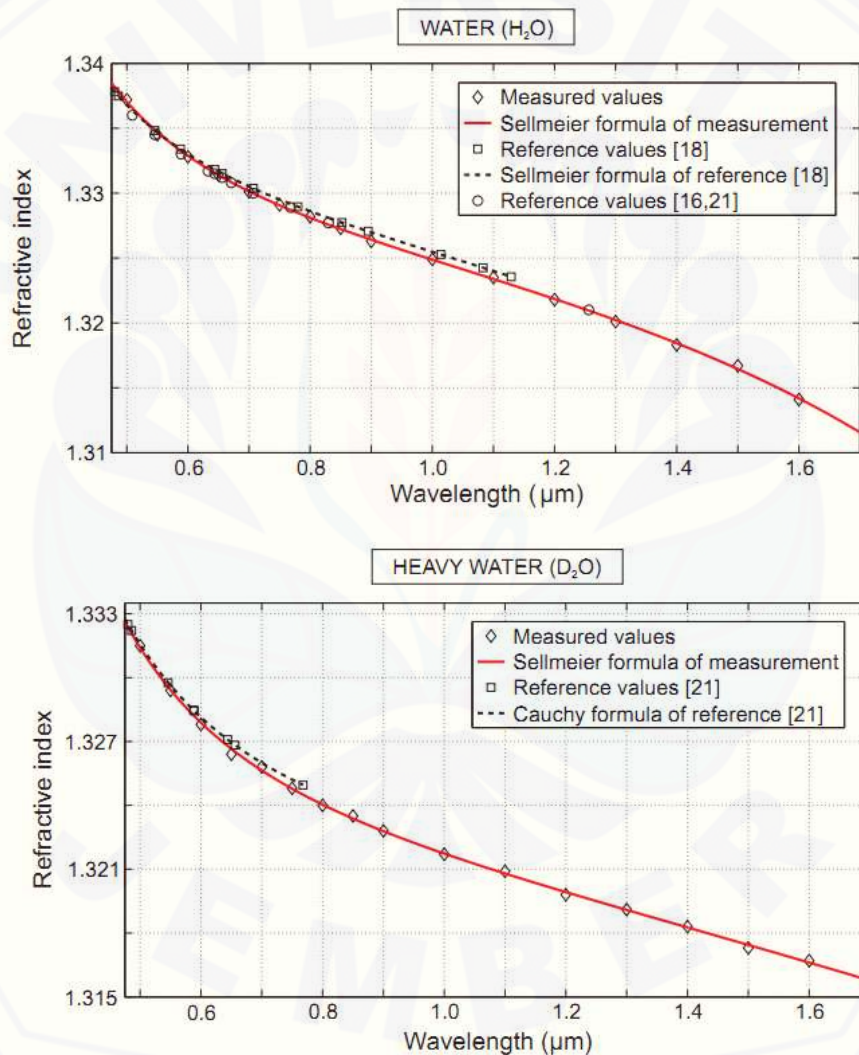
Tabel 2.2 Nilai indeks bias berdasarkan panjang gelombang untuk air, air keras, kloroform dan karbon tetraklorida

λ (μm)	n_{air}	$n_{\text{air keras}}$	$n_{\text{kloroform}}$	$n_{\text{Karbon Tetraklorida}}$
0,50	$1,3372 \pm 0,0002$	$1,3315 \pm 0,0002$	$1,4495 \pm 0,0003$	$1,4652 \pm 0,0002$
0,55	$1,3345 \pm 0,0002$	$1,3294 \pm 0,0002$	$1,4461 \pm 0,0002$	$1,4616 \pm 0,0002$
0,60	$1,3328 \pm 0,0002$	$1,3278 \pm 0,0002$	$1,4434 \pm 0,0002$	$1,4595 \pm 0,0002$
0,65	$1,3314 \pm 0,0003$	$1,3264 \pm 0,0002$	$1,4418 \pm 0,0002$	$1,4570 \pm 0,0003$
0,70	$1,3301 \pm 0,0002$	$1,3258 \pm 0,0002$	$1,4402 \pm 0,0004$	$1,4558 \pm 0,0002$
0,75	$1,3291 \pm 0,0003$	$1,3248 \pm 0,0002$	$1,4391 \pm 0,0002$	$1,4547 \pm 0,0002$
0,80	$1,3282 \pm 0,0001$	$1,3240 \pm 0,0002$	$1,4383 \pm 0,0003$	$1,4536 \pm 0,0002$
0,85	$1,3273 \pm 0,0002$	$1,3235 \pm 0,0002$	$1,4374 \pm 0,0003$	$1,4523 \pm 0,0002$
0,90	$1,3263 \pm 0,0003$	$1,3228 \pm 0,0002$	$1,4369 \pm 0,0005$	$1,4519 \pm 0,0002$
1,00	$1,3249 \pm 0,0002$	$1,3217 \pm 0,0004$	$1,4357 \pm 0,0004$	$1,4512 \pm 0,0003$
1,10	$1,3235 \pm 0,0003$	$1,3209 \pm 0,0004$	$1,4351 \pm 0,0004$	$1,4505 \pm 0,0003$
1,20	$1,3218 \pm 0,0004$	$1,3198 \pm 0,0003$	$1,4346 \pm 0,0003$	$1,4497 \pm 0,0004$
1,30	$1,3201 \pm 0,0002$	$1,3191 \pm 0,0002$	$1,4342 \pm 0,0003$	$1,4491 \pm 0,0004$
1,40	$1,3183 \pm 0,0003$	$1,3183 \pm 0,0003$	$1,4340 \pm 0,0003$	$1,4488 \pm 0,0004$
1,50	$1,3167 \pm 0,0004$	$1,3173 \pm 0,0004$	$1,4335 \pm 0,0003$	$1,4484 \pm 0,0003$
1,60	$1,3141 \pm 0,0004$	$1,3167 \pm 0,0005$	$1,4332 \pm 0,0003$	$1,4479 \pm 0,0003$

Sumber: Kedenburg *et al.* (2012).

Nilai indeks bias berdasarkan panjang gelombang cahaya yang melewatinya dapat dibuat menjadi suatu kurva dispresi. Suatu kurva sebaran indeks bias menggambarkan bahwa suatu medium dispersif selalu memiliki nilai indeks bias yang berbeda sesuai dengan panjang gelombangnya (Tipler, 2001). Gambar 2.5 merupakan kurva sebaran indeks bias untuk air (H_2O) dan air keras (D_2O) yang telah diverifikasi oleh penulis dengan beberapa referensi baik menggunakan persamaan Cauchy maupun persamaan Sellmeier. Kurva tersebut menunjukkan bahwa indeks bias yang terukur cenderung menurun seiring dengan bertambahnya panjang

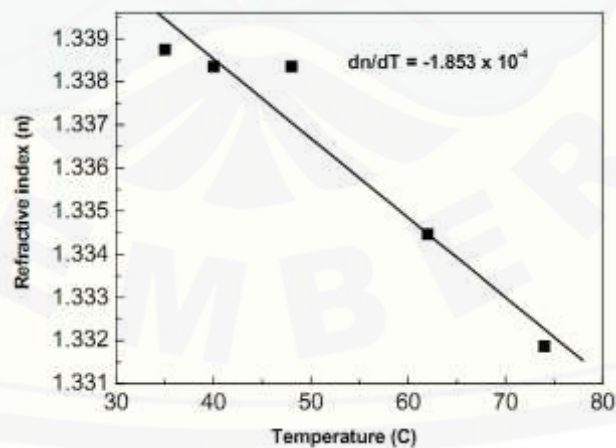
gelombang cahaya yang didispersikan oleh medium tersebut. Hal ini telah sesuai dengan persamaan (2.8) yang menyebutkan bahwa hubungan antara indeks bias dan panjang gelombang adalah berbanding terbalik. Selain itu, tampak pula bahwa hasil pengukuran oleh Kedenburg *et al.* yang dilambangkan dengan segiempat (\diamond) telah sesuai dengan beberapa referensi yang dirujuk oleh penulis dan membentuk suatu kurva *nonlinier*.



Gambar 2.5 Kurva sebaran indeks bias H₂O dan D₂O (Sumber: Kedenburg *et al.*, 2012)

Indeks bias merupakan salah satu sifat optik yang penting dari suatu bahan/medium. Indeks bias memiliki fungsi yang beragam di berbagai bidang, diantaranya adalah dalam teknologi film tipis dan *fiber optic* (serat optik). Di bidang spektroskopi, indeks bias dapat digunakan untuk menginterpretasikan data-data spektroskopi (Rofiq, 2010). Pengukuran indeks bias secara luas telah banyak digunakan antara lain untuk mengetahui konsentrasi larutan dan mengetahui komposisi bahan-bahan penyusun larutan (Subedi *et al.*, 2006). Selain itu digunakan untuk mengetahui kualitas suatu cairan serta dapat digunakan untuk mengetahui kemurnian dan kadaluarsa dari suatu cairan (Yunus *et al.*, dalam Rofiq, 2009).

Salah satu parameter yang mempengaruhi nilai indeks bias suatu bahan adalah densitas/kerapatan molekul bahan. Densitas suatu bahan bergantung terhadap temperatur, sehingga secara tidak langsung temperatur juga turut mempengaruhi nilai indeks bias bahan (Subedi *et al.*, 2006). Temperatur merupakan salah satu parameter yang sering dimanfaatkan untuk menguji kualitas dari suatu bahan. Pada penelitiannya, Subedi *et al.* (2006) melakukan penentuan indeks bias dengan variasi temperatur untuk mengetahui koefisien temperatur dari indeks bias (dn/dT) pada air. Hasil berupa grafik hubungan indeks bias dan temperatur ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Indeks bias air sebagai fungsi temperatur (Subedi *et al.*, 2006)

Sedangkan pada tahun 2008, Sutiah *et al.* telah melakukan pengujian kualitas minyak goreng dengan dan tanpa pemanasan berdasarkan nilai indeks biasnya. Penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa minyak yang memiliki kualitas paling bagus adalah minyak dengan indeks bias yang paling tinggi yaitu minyak tanpa pemanasan atau pada temperatur ruang. Penelitian lain telah dilakukan oleh Dughaiish (2010) dan oleh Hartanti (2014) tentang pengukuran indeks bias beberapa minyak nabati sebagai fungsi temperatur. Keduanya menyatakan bahwa indeks bias minyak cenderung menurun akibat proses pemanasan. Dengan kata lain, indeks bias minyak tertinggi ditemui pada temperatur minyak yang paling rendah dan sebaliknya indeks bias minyak terendah ditemui pada temperatur minyak yang paling tinggi. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2.3 Nilai indeks bias minyak goreng kelapa sawit pada beberapa suhu

Suhu (°C)	Indeks bias	K (%)
40	1,455 ± 0,004	99,740
70	1,444 ± 0,006	99,569
75	1,433 ± 0,004	99,717
80	1,428 ± 0,007	99,545
85	1,413 ± 0,007	99,483
90	1,407 ± 0,003	99,794
90	1,405 ± 0,005	99,635
100	1,401 ± 0,003	99,820

Sumber: Hartanti (2014).

2.4.2 Konstanta Sellmeier dan Konstanta Cauchy

Indeks bias suatu medium transparan bergantung terhadap panjang gelombang cahaya yang melewatinya, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.5. Hakekatnya setiap jenis bahan transparan memiliki formula tersendiri untuk menyatakan hubungan indeks bias dan panjang gelombang cahaya yang melewatinya. Persamaan Sellmeier dengan dua konstanta (2.9) dan persamaan

Cauchy dengan tiga konstanta (2.10) dapat digunakan untuk menyatakan hubungan antara indeks bias dan panjang gelombang suatu medium dispersif (Tan *et al.*, 2006).

$$n^2 = 1 + \frac{A_1 \lambda^2}{\lambda^2 - B_1} \quad (2.9)$$

$$n = C_1 + \frac{C_2}{\lambda^2} + \frac{C_3}{\lambda^4} \quad (2.10)$$

Penggunaan dua konstanta pada suku kedua persamaan Sellmeier (A_1 dan B_1) dapat digunakan untuk mencari tiga konstanta pada persamaan Cauchy (C_1, C_2 dan C_3) dengan cara mengkuadratkan persamaan Cauchy dan mengekspansikan persamaan Sellmeier ke dalam sebuah deret berpangkat (*power series*), kemudian keduanya disesuaikan (Kedenburg *et al.*, 2012). Persamaan (2.10) dan (2.11) berturut-turut merupakan kuadrat dari persamaan Cauchy dengan tiga konstanta dan ekspansi persamaan sellmeier dengan dua konstanta ke dalam deret berpangkat:

$$n^2 = C_1^2 + \frac{2C_1C_2}{\lambda^2} + \frac{2C_1C_3}{\lambda^4} + \frac{C_2^2}{\lambda^4} + \frac{2C_2C_3}{\lambda^6} + O(\lambda^8) \quad (2.11)$$

$$n^2 = 1 + A_1 + \frac{A_1B_1}{\lambda^2} + \frac{A_1B_1^2}{\lambda^4} + \frac{A_1B_1^3}{\lambda^6} \quad (2.12)$$

Penentuan indeks bias dan konstanta Sellmeier cairan pernah dilakukan oleh Daimon & Masumura (2007), bahan yang digunakan adalah air suling dengan berbagai temperatur dari panjang gelombang 1129 nm – 182 nm. Penentuan indeks bias air digunakan sebuah spektrofotometer dan prisma yang terbuat dari *fused silica* setebal 6 mm. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah konstanta Sellmeier air suling (*water distillation*) bervariasi untuk masing-masing temperatur. Hasil selengkapnya ditampilkan pada Tabel 2.4. Pada penelitian tersebut, penentuan nilai indeks bias air suling pada temperatur 20°C ditentukan dengan metode interpolasi menggunakan data indeks bias pada ketiga temperatur lainnya. Dengan mengetahui indeks bias pada temperatur 20°C, maka dapat diketahui besarnya konstanta Sellmeier air suling pada temperatur 20°C.

Tabel 2.4 Tabel konstanta Sellmeier air suling (*water distillation of HPLC water*)

	19,0 °C	21,5 °C	24,0 °C	20,0 °C
A_1	$5,672526103 \times 10^{-1}$	$5,689093832 \times 10^{-1}$	$5,666959820 \times 10^{-1}$	$5,684027565 \times 10^{-1}$
A_2	$1,736581125 \times 10^{-1}$	$1,719708856 \times 10^{-1}$	$1,731900098 \times 10^{-1}$	$1,726177391 \times 10^{-1}$
A_3	$2,121531502 \times 10^{-2}$	$2,062501582 \times 10^{-2}$	$2,095951857 \times 10^{-2}$	$2,086189578 \times 10^{-2}$
A_4	$1,138493213 \times 10^{-1}$	$1,123965424 \times 10^{-1}$	$1,125228406 \times 10^{-1}$	$1,130748688 \times 10^{-1}$
$B_1^{1/2}$	$5,085550461 \times 10^{-3}$	$5,110301794 \times 10^{-3}$	$5,084151894 \times 10^{-3}$	$5,101829712 \times 10^{-3}$
$B_2^{1/2}$	$1,814938654 \times 10^{-2}$	$1,825180155 \times 10^{-2}$	$1,818488474 \times 10^{-2}$	$1,821153936 \times 10^{-2}$
$B_3^{1/2}$	$2,617260739 \times 10^{-2}$	$2,624158904 \times 10^{-2}$	$2,625439472 \times 10^{-2}$	$2,620722293 \times 10^{-2}$
$B_4^{1/2}$	$1,073888649 \times 10^{-1}$	$1,067505178 \times 10^{-1}$	$1,073842352 \times 10^{-1}$	$1,069792721 \times 10^{-1}$

Sumber: Daimon dan Masumura (2007).

Selain itu penelitian serupa juga dilakukan oleh Bodurov *et al.* (2013) mengenai pendeteksian adanya pemalsuan minyak zaitun menggunakan metode optik dan termal. Penelitian tersebut dilakukan dengan menggunakan spektrometer serat optik AvaSpect 2038 untuk menentukan indeks bias minyak zaitun yang kemudian digunakan untuk menentukan dua konstanta Sellmeier pada suku pertama sebagai uji kemurnian minyak zaitun. Tabel 2.5 menunjukkan hasil perbandingan konstanta Sellmeier minyak zaitun murni berupa *extra virgin olive oils* (EVOO) dan minyak zaitun campuran berupa *salad mixtures of olive oils* (SMOO). Secara umum dapat dilihat bahwa minyak zaitun murni memiliki nilai konstanta A_1 yang relatif lebih kecil dan konstanta B_1 yang relatif lebih besar jika dibandingkan minyak zaitun campuran.

Tabel 2.5 Tabel konstanta Sellmeier pada minyak zaitun (*olive oil*)

Jenis Minyak Zaitun	Kandungan		A_1	B_1 (nm ²)
	B-Karotin ppm	Klorofil ppm		
EVOO 1	48,74	4,656	1,111	112
EVOO 2	52,64	3,744	1,114	113
EVOO 3	51,21	7,152	1,111	111
SMOO 1	3,18	0,07	1,134	106
SMOO 2	47,45	0,175	1,132	107
SMOO 3	35,67	0,155	1,133	108

Sumber: Bodurov *et al.* (2013).

Sedangkan Kedenburg *et al.* (2012), melakukan pengukuran indeks bias berbagai cairan menggunakan suatu refraktrometer Abbe dan melakukan perhitungan untuk menentukan konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy bahan untuk menentukan sifat dispersi dan koefisien absorpsi bahan. Hasil perhitungan konstanta Sellmeier yang dilakukan Kedenburg *et al.* (2012) ditunjukkan oleh Tabel 2.6

Tabel 2.6 Konstanta Sellmeier dan Cauchy dari air suling, air keras, klorofom dan Karbon Tetraklorida pada temperatur 20°C

Cairan	Konstanta Sellmeier	Konstanta Cauchy
Air (H ₂ O)	$A_1 = 0,75831 \pm 0,00082$	$C_1 = 1,76880 \pm 0,00134$
	$B_1 = 0,01007 \pm 0,00027 \mu\text{m}^2$	$C_2 = 0,00237 \pm 0,00093 \mu\text{m}^2$
	$A_2 = 0,08495 \pm 0,01912$	$C_3 = 0,00087 \pm 0,00017 \mu\text{m}^4$
	$B_2 = 8,91377 \pm 1,35076 \mu\text{m}^2$	
Air keras (D ₂ O)	$A_1 = -0,30637 \pm 0,76766$	$C_1 = 1,74679 \pm 0,00108$
	$B_1 = -47,2668 \pm 126,477 \mu\text{m}^2$	$C_2 = 0,00633 \pm 0,00075 \mu\text{m}^2$
	$A_2 = 0,74659 \pm 0,00104$	$C_3 = 0,00014 \pm 0,00014 \mu\text{m}^4$
	$B_2 = 0,00893 \pm 0,00031 \mu\text{m}^2$	
Klorofom (CHCl ₃)	$A_1 = 1,04647 \pm 0,00921$	$C_1 = 2,05159 \pm 0,00100$
	$B_1 = 0,01048 \pm 0,00130 \mu\text{m}^2$	$C_2 = 0,01005 \pm 0,00069 \mu\text{m}^2$
	$A_2 = 0,00345 \pm 0,00941$	$C_3 = 0,00059 \pm 0,00013 \mu\text{m}^4$
	$B_2 = 0,15207 \pm 0,09540 \mu\text{m}^2$	
Karbon tetraklorida (CCl ₄)	$A_1 = 1,09215 \pm 0,00027$	$C_1 = 2,09503 \pm 0,00208$
	$B_1 = 0,01187 \pm 0,00012 \mu\text{m}^2$	$C_2 = 0,01102 \pm 0,00144 \mu\text{m}^2$
		$C_3 = 0,00050 \pm 0,00026 \mu\text{m}^4$

Sumber: Kedenburg *et al.* (2012).

2.5 Spektrometer

Spektrometer umumnya digunakan untuk mengetahui panjang gelombang cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Berdasarkan media pendispersinya spektrometer dibedakan menjadi dua yaitu spektrometer biasa dan spektrometer prisma. Spektrometer biasa menggunakan kisi difraksi untuk menganalisis cahaya dari sumber cahaya. Sedangkan spektrometer prisma menggunakan suatu prisma untuk mendispersikan cahaya. Menurut Poelman & Smet (2003), penentuan indeks

bias prisma secara praktis dapat dilakukan dengan suatu spektrometer atau spektrofotometer untuk mendeteksi posisi deviasi minimum spektrum suatu prisma.

2.5.1 Spektrometer Kisi

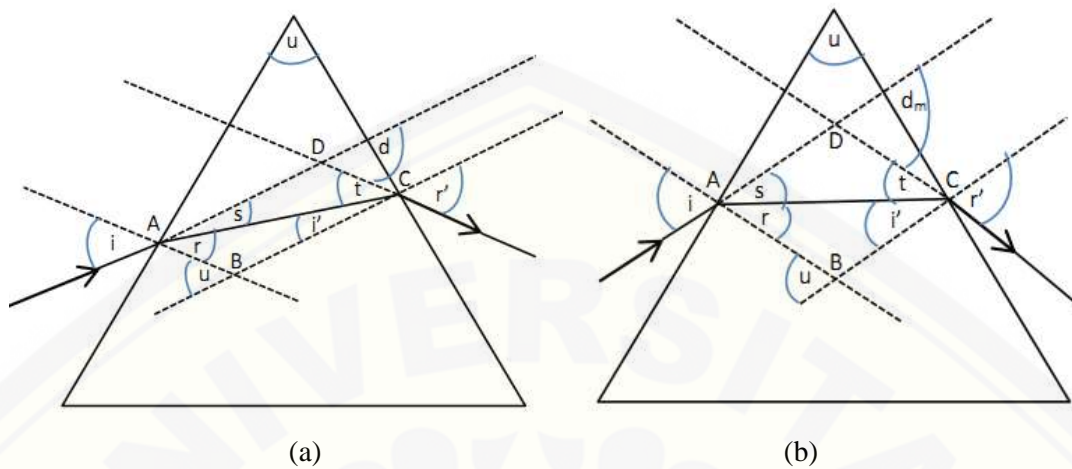
Spektrometer kisi adalah alat yang digunakan untuk mengetahui pola interferensi gelombang cahaya dengan memasang kisi difraksi sebagai pendifraksi cahaya. Kisi difraksi dapat dimanfaatkan dalam penentuan panjang gelombang cahaya. Kisi difraksi terdiri atas sejumlah celah yang berjarak sama pada permukaan sebuah bidang datar seperti kaca atau plat logam. Jarak (d) celah dapat diketahui dari jumlah celah per centimeter bidang datar. Misalkan terdapat 10000 celah per centimeter, maka jarak celah adalah $d = (1 \text{ cm})/10000 = 10^{-4} \text{ cm}$. Pola interferensi yang dihasilkan memiliki kedudukan maksimum dengan sudut tertentu sebesar θ . Sudut interfensi maksimum dipengaruhi oleh jarak kisi difraksi dan panjang gelombang cahaya. Pola interfensi maksimum tidak bergantung pada jumlah sumber cahaya (jumlah celah kisi), namun semakin banyak jumlah sumber cahaya semakin tajam dan semakin besar intensitas maksimum yang terjadi (Tipler, 2001).

$$d \sin \theta = n \lambda \quad \text{dengan} \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (2.13)$$

n adalah bilangan orde.

2.5.2 Spektrometer Prisma

Spektrometer prisma merupakan alat yang digunakan untuk mengukur panjang gelombang dengan akurat dengan menggunakan prisma untuk memisahkan panjang gelombang cahaya yang berbeda dari suatu sumber cahaya polikromatik. Cahaya dilewatkan celah sempit pada kolimator yang berada pada titik fokus lensa sehingga cahaya paralel jatuh pada prisma. Prisma berfungsi sebagai pembelok cahaya berdasarkan panjang gelombangnya. Masing-masing panjang gelombang akan menghasilkan sudut dispersi yang berbeda (Giancoli, 1998).



(a) (b)

Keterangan : i = sudut datang dari medium 1 ke medium 2
 r = sudut bias dari sinar i
 i' = sudut datang dari medium 2 ke medium 1
 r' = sudut bias dari sinar i'
 u = sudut puncak segitiga prisma
 d = sudut deviasi

Gambar 2.7 Skema pembiasan cahaya menggunakan prisma (Sumber: Tipler, 2001)

Jika sinar datang pada sebuah prisma maka yang terjadi adalah sinar tersebut akan berbelok atau menyimpang ketika keluar dari prisma seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7a. Sudut simpangan ini biasanya disebut sebagai sudut deviasi. Persamaan sudut deviasi dapat dicari berdasarkan hukum Snellius. Secara umum hukum Snellius dapat ditulis sebagai berikut:

$$n_0 \sin i = n' \sin r \quad (2.14)$$

dan

$$n' \sin i' = n_0 \sin r' \quad (2.15)$$

dimana n' adalah indeks bias prisma. Dengan mengambil nilai indeks bias udara ($n_0 = 1$) di luar prisma, dapat ditentukan nilai r' . Sebelumnya kita tinjau ΔABC pada Gambar 2.7a terlebih dahulu sehingga diperoleh bahwa:

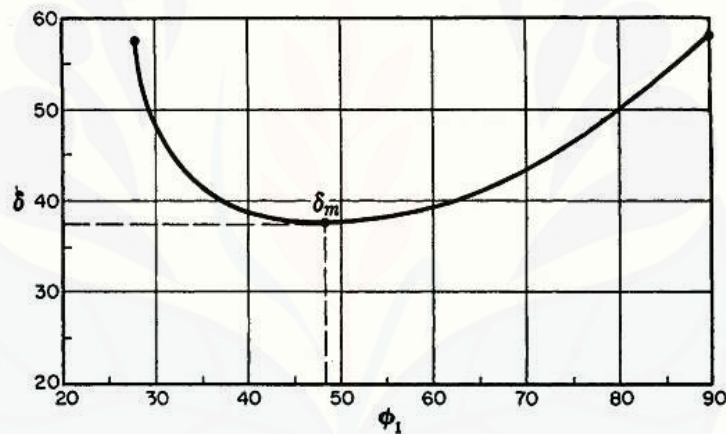
$$180 - u + r + i' = 180 \quad \text{maka} \quad u = r + i' \quad (2.16)$$

selanjutnya kita tinjau ΔACD maka:

$$d = s + t = (i - r) + (r' - i') = i + r - (r + i') \quad (2.17)$$

$$d = i + r' - u \quad (2.18)$$

Inilah yang disebut sudut deviasi atau sudut simpangan seberkas sinar yang masuk ke prisma. Jika nilai sudut datang sinar diubah-ubah, dapat diperoleh grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8, dimana pada grafik tersebut dapat diketahui sudut deviasi minimum dari sebuah prisma dengan sudut prisma tetap yaitu $u = 60^\circ$ dan indeks bias prisma $n' = 1,5$. Grafik tersebut memperlihatkan sudut deviasi minimum sebuah prisma adalah $dm = 37,2^\circ$ dengan sudut datang sinar adalah $48,6^\circ$.



Gambar 2.8 Grafik penentuan sudut deviasi minimum prisma (Sumber: Bortner, 2013)

Deviasi minimum dm terjadi pada saat sudut datang tertentu yaitu ketika sinar bias memotong prisma menjadi segitiga samakaki seperti terlihat pada gambar 2.7b.

Pada keadaan ini diperoleh:

$$s = t, \quad r = i' = \frac{1}{2}u \quad \text{dan} \quad i = r' = \frac{1}{2}(dm + u) \quad (2.19)$$

$$u = r + i' = 2r, \quad \text{maka} \quad r = \frac{1}{2}u \quad (2.20)$$

sehingga persamaan (2.18) dapat dituliskan kembali menjadi:

$$d + u = i + r' = 2i \quad \text{sehingga} \quad i = r' = \frac{1}{2}(dm + u) \quad (2.21)$$

dari hukum Snellius diperoleh:

$$\frac{n_{prisma}}{n_o} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin r'}{\sin i'} \quad (2.22)$$

maka persamaan indeks bias prisma sebagai fungsi sudut deviasi minimum dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{n_{prisma}}{n_o} = \frac{\sin \frac{1}{2}(dm + u)}{\sin \frac{1}{2}u} \quad (2.23)$$

Keterangan: u = sudut prisma

dm = sudut deviasi minimum

n_{prisma} = indeks bias prisma

n_o = indeks bias udara ($n_o = 1$)

(Tipler, 2001).

Abila sinar datang berupa sinar polikromatik, maka sinar tersebut akan diuraikan oleh prisma (Halliday & Resnick, 1997). Dengan mengetahui deviasi minimumnya dan panjang gelombang masing-masing warna, maka dapat ditentukan indeks bias prisma berdasarkan panjang gelombang yang melewatinya menggunakan persamaan (2.23).

2.5.3 Sumber Cahaya *Mercury*

Sumber cahaya yang berupa tabung gas akan memancarkan cahaya apabila terjadi eksitasi atom pengisi tabung tersebut akibat penembakan elektron yang dipercepat oleh tegangan tinggi yang terjadi dalam *tube* (tabung). Spektrum yang dipancarkan tidaklah kontinu, hanya saja spektrum tersebut terdiri atas panjang gelombang tertentu yang menjadi karakteristik atom pengisi sumber cahaya (Tipler, 2001).

Mercury/raksa (Hg) merupakan unsur logam yang sangat penting dalam perkembangan teknologi. *Mercury* adalah unsur yang memiliki nomor atom ($Z=80$) serta mempunyai massa molekul relatif ($MR=200,59$ g/mol). Pada tabel periodik, *mercury* disimbolkan dengan Hg yaitu *Hydratgyricum* (bahasa Yunani) yang berarti cairan perak. Bentuk fisik dan kimianya sangat menguntungkan karena satu-satunya logam yang berbentuk cair pada suhu kamar (25°C). Sifat lainnya adalah *mercury* memiliki kecenderungan menguap lebih besar dari cairan lainnya, mudah bercampur dengan logam lainnya menjadi suatu *alloy*, memiliki titik beku paling rendah yaitu -39°C dan mampu menjadi konduktor yang sangat baik untuk tegangan rendah maupun tegangan tinggi (Alfian, 2008).

Di bidang industri, telah banyak diproduksi lampu-lampu maupun baterai dengan bahan utamanya adalah *mercury*. Hal ini dikarenakan *mercury* mampu mengalirkan voltase yang tinggi dan ketahanan *mercury* terhadap keadaan lembab menjadikan lampu maupun baterai lebih tahan lama (Hatch, 1968). Lampu *mercury* memiliki energi yang efisien dibandingkan dengan lampu pijar dan memiliki cahaya yang lebih terang yaitu sekitar 35 sampai 65 lumens/watt. Keuntungan dari lampu *mercury* adalah waktu hidup yang cukup lama yaitu 24.000 jam dan memiliki intensitas yang tinggi serta cahaya putih yang bersih dan cerah (Schiler, 1997).

Pemancaran cahaya pada lampu *mercury* terjadi akibat loncatan elektron di dalam tabung. Suatu lampu *mercury* terdiri dari dua tabung, yaitu tabung dalam dari gelas kuarsa yang berisi uap *mercury* dan sedikit gas argon dan bohlam luar dilapisi dengan bubuk fluoresen berfungsi sebagai rumah lampu dan untuk menstabilkan suhu disekitar tabung. Menurut Jaka (2013), terdapat dua elektroda utama yang dibelokkan pada kedua ujung tabung, dan sebuah elektroda tambahan yang dipasang pada posisi berdekatan dengan salah satu elektroda utama. Saat sumber listrik disambung, arus listrik yang mengalir tidak akan cukup untuk mencapai terjadinya loncatan elektron diantara kedua elektroda utama. Namun, ionisasi dapat terjadi diantara salah satu elektroda utama (E_1) dengan elektroda pengasut (E_p) melalui gas

argon. Ionisasi yang terjadi mampu menyebarkan elektron menuju elektroda utama yang lain (E_2), sehingga panas dan cahaya akan timbul akibat pelepasan elektron dan mampu menguapkan *mercury*. Cahaya awal yang dihasilkan berwarna kemerahan dan setelah lampu bekerja normal menjadi berwarna putih. Jika sumber listrik diputuskan, maka lampu tidak dapat dinyalakan kembali sampai tekanan di dalam tabung berkurang. Lampu uap *mercury* merupakan jenis lampu yang memancarkan cahaya polikromatik sehingga ketika cahaya lampu ini dilewatkan pada medium dispersif dapat dihasilkan cahaya monokromatik dengan berbagai warna. Tabel 2.7 menunjukkan warna, besar frekuensi dan panjang gelombang cahaya monokromatik dari sebuah lampu gas *mercury* dengan intensitas 3000 lumens.

Tabel 2.7 Garis spektrum lampu gas *mercury*

Warna	Frekuensi (Hz)	λ (nm)
Merah	$4,764 \times 10^{14}$	629,7
Kuning 1	$5,199 \times 10^{14}$	577,0
Kuning 2	$5,181 \times 10^{14}$	579,0
Hijau	$5,493 \times 10^{14}$	546,1
Biru	$6,883 \times 10^{14}$	435,8
Nila	$7,356 \times 10^{14}$	407,8
Ungu	$7,413 \times 10^{14}$	404,7

Sumber: Pasco (2015).

2.6 Penentuan Konstanta Sellmeier dan Cauchy Minyak Kelapa Sawit

Penentuan konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy bahan diawali dengan penentuan panjang gelombang sumber cahaya yang digunakan, kemudian penentuan indeks bias bahan. Keduanya ditentukan menggunakan satu set alat berupa spektrometer seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.9. Penentuan panjang gelombang cahaya dapat ditentukan dengan metode kisi difraksi berdasarkan prinsip Huygens. Sedangkan indeks bias bahan yang berupa minyak ditentukan menggunakan wadah yang transparan dan berbentuk prisma serta cukup tipis sehingga indeks bias wadah tersebut dapat diabaikan (Kumar & Jolly, 2008). Bahan yang berupa minyak diisi

dalam wadah transparan tersebut kemudian diletakkan di meja spektrometer. Pada percobaan untuk menentukan indeks bias ini, sumber cahaya yang telah didispersikan oleh prisma akan dilewatkan pada bahan kemudian cahaya akan dibiarkan berdasarkan panjang gelombang cahayanya. Indeks bias bahan dapat ditentukan dengan sudut deviasi minimum yang diperoleh dari percobaan (Halliday, 1997).



Gambar 2.9 Skema spektrometer prisma
(Sumber: Department of Physics National University of Singapore, 2008)

Berdasarkan data indeks bias dan panjang gelombang, dilakukan penentuan konstanta Sellmeier secara analitik maupun numerik. Sebuah kurva dispersi bahan juga dapat digambarkan dengan sumbu y adalah indeks bias dan sumbu x adalah λ dengan nilai 0 sebagai titik asal kedua sumbu (Anonymous, 2014). Menurut Kedenburg *et al.* (2012) dari nilai indeks bias pada beberapa panjang gelombang dapat ditentukan nilai dari konstanta Sellmeier. Kemudian konstanta Cauchy dapat ditentukan dari data konstanta Sellmeier yang ada. Setelah kedua konstanta tersebut diperoleh, maka dapat diformulasikan persamaan dispersi berdasarkan persamaan Sellmeier maupun persamaan Cauchy.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian tentang penentuan konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy minyak kelapa sawit menggunakan spektrometer diawali dengan studi pustaka mengenai topik yang telah ditentukan. Studi pustaka dilakukan pada bulan Desember 2014 hingga bulan Pebruari 2015. Selain itu dilakukan pula observasi pada bulan Pebruari sampai dengan April 2015. Adapun penelitian dilaksanakan pada bulan April hingga Juni 2015 di Laboratorium Optoelektronika dan Fisika Modern Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat Penelitian

- a. *Stavol* berfungsi sebagai penyetabil tegangan listrik
- b. Spektrometer PASCO OS 8537 untuk menentukan panjang gelombang spektrum cahaya dan indeks bias bahan melalui pengamatan spektrum warna
- c. Lampu *mercury* Philips HPL-N 80 watt sebagai sumber cahaya yang akan diamati
- d. Kisi difraksi dengan lebar celah $d = 1,6667 \times 10^{-3}$ mm sebagai pendifraksi cahaya untuk mengetahui panjang gelombang spektrum yang dihasilkan
- e. Prisma transparan dengan alas berbentuk segitiga sama sisi sebagai wadah bahan penelitian sekaligus sebagai elemen dispersif cahaya polikromatik dengan dimensi sisi alas 2,6 cm, tinggi 7,6 cm dan tebal 1 mm
- f. Kompor listrik dan gelas alumunium untuk memanaskan bahan
- g. Termometer sebagai alat ukur temperatur
- h. *Stop watch* sebagai alat ukur waktu
- i. Gelas ukur sebagai alat ukur volume cairan

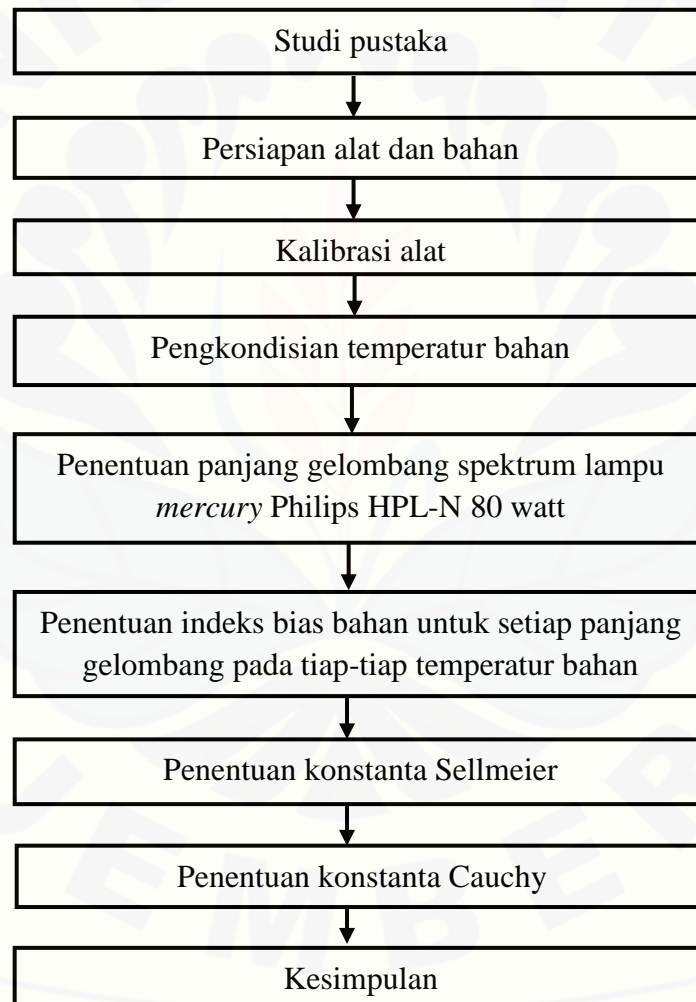
3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah tiga merk minyak kelapa sawit yang berbeda dengan informasi gizi tiap merk diberikan pada lampiran C.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Tahapan Penelitian

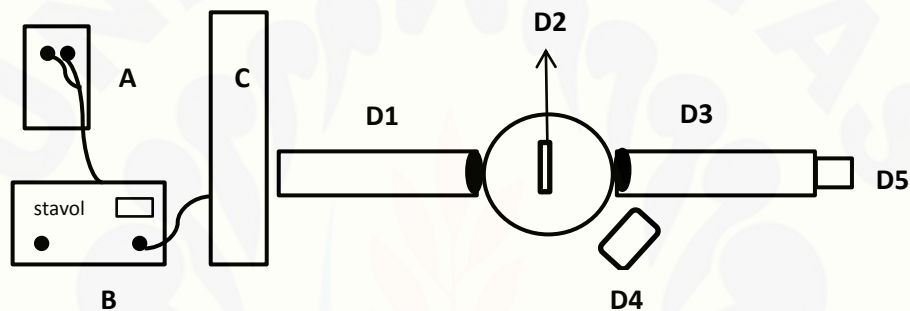
Prosedur penelitian dalam bentuk diagram alir ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.3.2 Persiapan Alat dan Bahan

Terdapat dua rancangan alat dalam penelitian penentuan konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy minyak kelapa sawit yaitu spektrometer kisi dan spektrometer prisma. Spektrometer kisi digunakan untuk menentukan panjang gelombang spektrum cahaya yang dihasilkan oleh lampu *mercury* HPL-N 80 watt. Sedangkan spektrometer prisma digunakan untuk mengidentifikasi indeks bias bahan yang kemudian digunakan untuk menentukan konstanta Sellmeier bahan. Berikut merupakan skema alat penelitian yang digunakan.



Gambar 3.2 Skema rancangan alat penelitian

Keterangan dari setiap bagian rancangan alat pada gambar 3.2 yaitu:

- A. PLN sebagai sumber listrik AC
- B. *Stavol* sebagai penyetabil tegangan listrik AC
- C. Lampu *mercury* Philips HPL-N 80 watt sebagai sumber cahaya
- D. Spektrometer
 - D1. Kolimator
 - D2. Kisi pada spektrometer kisi atau prisma pada spektrometer prisma
 - D3. Teleskop
 - D4. *Angular scale*
 - D5. *Eyes piece*

Adapun bahan yang digunakan berupa tiga merk minyak goreng kelapa sawit yang berbeda. Masing-masing merk minyak diuji nilai indek biasanya pada sepuluh variasi temperatur yaitu 35°C, 40°C, 45°C, 50 °C, 55°C, 60 °C, 65°C,70 °C, 75°C, dan 80 °C. Proses pemanasan minyak dilakukan tanpa adanya bahan. Penelitian dilakukan pada temperatur ruang Laboratorium Optoelektronika dan Fisika Modern yaitu 25° - 27°C. Volume minyak yang digunakan untuk setiap penelitian adalah 20 ml.

3.3.3 Kalibrasi Alat

Pengkalibrasian spektrometer kisi dilakukan dengan mengukur panjang gelombang *violet laser pointer* dan *laser He-Ne PASCO OS 9171* yang kemudian hasilnya dibandingkan dengan referensi. Sedangkan pengkalibrasian spektrometer prisma dilakukan dengan menggunakan beberapa cairan yaitu aquades, minyak goreng, larutan gula 30% dan larutan gula 50%. Masing-masing cairan dengan volume sebanyak 20 ml yang ditempatkan dalam prisma yang sama dengan wadah minyak yang akan digunakan pada penelitian. Proses pengkalibrasian ini digunakan untuk membandingkan hasil indeks bias masing-masing cairan yang terhitung dengan indeks bias referensi sehingga dapat diperoleh faktor koreksinya. Menurut Taylor (1997) jika perbandingan hasil yang diperoleh dan referensi memiliki nilai deskripsi kurang dari 5% maka dapat dikatakan alat penelitian cukup akurat sehingga layak untuk digunakan.

3.3.4 Pengkondisian Temperatur Bahan

Minyak ditempatkan pada cangkir aluminium dan dipanaskan menggunakan kompor listrik hingga mencapai 5°C diatas masing-masing temperatur yang ditentukan. Kemudian minyak dituangkan ke dalam prisma. Setelah minyak ditempatkan di dalam prisma, temperatur selalu diamati menggunakan termometer. Pengambilan data akan dilakukan secepat mungkin ketika minyak masih berada pada 1°C atau 2°C atau 3°C di atas temperatur yang telah ditentukan. Agar pengambilan

data dapat dilakukan pada kisaran temperatur yang ditentukan, maka sebelumnya dilakukan percobaan untuk mengetahui estimasi waktu terhadap perubahan temperatur minyak tiap 1°C . Percobaan ini dilakukan pada ketiga merk minyak. Minyak dipanaskan hingga suhu 85°C , kemudian waktu yang dibutuhkan untuk penurunan tiap 1°C dicatat. Penurunan temperatur diamati dari 85°C hingga 35°C . Dari hasil tersebut dapat diketahui lama waktu yang dibutuhkan pada tiap pengambilan data sebelum minyak mengalami penurunan temperatur secara drastis. Hal ini perlu dilakukan karena temperatur minyak yang telah ditempatkan di dalam prisma akan terus turun mengikuti temperatur ruang.

Adapun penambahan temperatur pengukuran untuk masing-masing variasi temperatur yang ditentukan yaitu untuk temperatur 35°C sampai dengan 50°C adalah sebesar 1°C , untuk temperatur 55°C sampai dengan 65°C adalah 2°C dan untuk temperatur 70°C sampai dengan 80°C adalah 3°C . Penambahan temperatur tersebut dilakukan agar selama pengukuran berlangsung temperatur minyak tidak berada jauh di bawah temperatur yang ditentukan. Selain itu estimasi waktu penurunan temperatur ini juga digunakan untuk mendukung tingkat presisi penentuan indeks bias minyak kelapa sawit.

3.4 Proses Pengambilan Data

Langkah awal yang dilakukan adalah penentuan panjang gelombang spektrum cahaya yang dihasilkan oleh lampu *mercury* Philips HPL-N 80 watt menggunakan konsep difraksi oleh kisi dengan spektrometer kisi. Cahaya polikromatik dari lampu *mercury* akan menghasilkan tujuh spektrum monokromatik yang masing-masing spektrum memiliki nilai panjang gelombang tertentu. Masing-masing spektrum cahaya akan membentuk sudut difraksi, sehingga berdasarkan persamaan difraksi dapat diketahui nilai panjang gelombang spektrum cahaya tersebut. Pengamatan dilakukan pada spektrum cahaya merah, jingga, kuning, hijau,

biru dan ungu orde satu dan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk mengurangi kesalahan pengamatan.

Langkah selanjutnya adalah penentuan indeks bias masing-masing merk minyak goreng dengan spektrometer prisma. Sebelumnya, alat penelitian disusun seperti Gambar 3.2, hanya saja kisi diganti dengan prisma transparan yang berisi bahan berupa minyak kelapa sawit. Penentuan indeks bias dilakukan dengan mengamati spektrum yang telah diketahui panjang gelombangnya yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, dan ungu pada orde satu yang dipancarkan oleh sumber cahaya *mercury* dan melewati prisma transparan yang berisi minyak kelapa sawit dengan temperatur 80°C , sehingga dapat diketahui besar sudut deviasi (d_{kanan} dan d_{kiri}) yang ditunjukkan oleh *angular scale* untuk masing-masing spektrum warna. Langkah selanjutnya adalah menghitung deviasi minimum (dm) yang diperoleh dari nilai tengah selisih sudut deviasi kanan dan kiri. Kemudian nilai indeks bias minyak goreng dapat ditentukan dengan persamaan indeks bias. Prosedur tersebut dilakukan untuk sepuluh variasi temperatur yang telah ditentukan untuk setiap merk minyak goreng. Penelitian dilakukan dengan 3 kali pengulangan untuk setiap variasi temperatur, sehingga jumlah data penentuan indeks bias minyak yang diperoleh adalah sebanyak 3 merk x 10 variasi temperatur x 3 pengulangan x 6 spektrum warna x 2 sudut deviasi = 1080 data.

Setelah panjang gelombang dan indeks bias masing-masing merk diperoleh, dilakukan analisis data untuk mengetahui besarnya konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy minyak kelapa sawit. Penentuan konstanta Sellmeier dilakukan dengan penyesuaian ekspresi persamaan Sellmeier dengan data eksperimen yang berupa indeks bias dan panjang gelombang. Sedangkan penentuan konstanta Cauchy dilakukan dengan penyesuaian ekspresi persamaan Sellmeier dengan persamaan Cauchy secara analitik. Selanjutnya dapat dianalisis apakah perubahan temperatur bahan mempengaruhi konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy yang dihasilkan berdasarkan tabel hasil maupun grafik. Analisa tersebut dilakukan melalui analisis

grafik berdasarkan nilai *error bar* yang dihasilkan untuk masing-masing konstanta dispersi yang diperoleh baik konstanta Sellmeier ataupun konstanta Cauchy. Selain itu, dilakukan pula uji statistik *one-way* ANOVA untuk mengetahui signifikansi hasil yang telah diperoleh.

3.5 Metode Analisis

3.5.1 Penentuan Panjang Gelombang Spektrum

Pengolahan data yang pertama adalah panjang gelombang spektrum dari lampu *mercury* HPL-N 80 watt. Data yang diperoleh adalah sudut deviasi kanan (θ_{kanan}) dan sudut deviasi kiri (θ_{kiri}) dari masing-masing spektrum. Berikut merupakan persamaan difraksi untuk menentukan panjang gelombang (λ) spektrum:

$$d \sin \theta = n \lambda \quad (3.1)$$

d merupakan lebar celah kisi dan n adalah orde spektrum. Dalam hal ini digunakan spektrum pada orde pertama dengan alasan spektrum yang dimunculkan pada orde pertama lebih jelas daripada orde-orde berikutnya. Besarnya sudut difraksi (θ) diperoleh dari nilai tengah selisih θ_{kanan} dan θ_{kiri} .

3.5.2 Penentuan Nilai Indeks Bahan

Pengolahan data selanjutnya adalah penentuan indeks bias bahan. Data yang diperoleh dari penelitian yaitu berupa sudut deviasi kanan (d_{kanan}) dan sudut deviasi kiri (d_{kiri}) untuk masing-masing spektrum, sehingga dapat ditentukan nilai indeks bias bahan menggunakan persamaan berikut:

$$n = \frac{\sin \frac{dm + u}{2}}{\sin \frac{u}{2}} \quad (3.2)$$

dengan u adalah sudut ruang yang dibentuk oleh prisma sama sisi yaitu 60° dan dm merupakan nilai tengah dari selisih sudut deviasi kanan dan sudut deviasi kiri yang didapatkan. Besarnya dm adalah:

$$dm = \frac{d_{kanan} - d_{kiri}}{2} \quad (3.3)$$

dengan ketentuan bahwa sudut sinar datang dari medium 1 ke medium 2 (sinar yang masuk ke prisma) sama dengan sudut sinar bias yang keluar dari prisma $i = r'$ (tinjau Gambar 2.6b).

Pengambilan data pada setiap temperatur dan masing-masing panjang gelombang dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan, sehingga diperoleh nilai indeks bias sebanyak tiga buah untuk tiap temperatur dan tiap panjang gelombang. Nilai indeks bias akhir dihitung menggunakan nilai rata-rata dari ketiga nilai indeks bias yang diperoleh. Selain mencari nilai indeks bias juga akan dicari ralat (*standard error*) pada tiap temperatur dan tiap panjang gelombang menggunakan persamaan (3.4) berikut:

$$\Delta n = \sqrt{\frac{\sum_1^3 (n - \bar{n})^2}{N - 1}} \quad (3.4)$$

3.5.3 Penentuan Konstanta Sellmeier dan Konstanta Cauchy Bahan

Persamaan Sellmeier adalah persamaan empiris yang menghubungkan antara nilai indeks bias medium (n) dengan panjang gelombang sinar (λ) yang melewatinya. Persamaan Sellmeier dengan dua konstanta dapat ditunjukkan sebagai berikut:

$$n^2 = 1 + \frac{A\lambda^2}{\lambda^2 - B} \quad (3.6)$$

n^2 adalah kuadrat indeks bias medium, A dan B adalah konstanta Sellmeier.

Persamaan Sellmeier merupakan bentuk sederhana dari persamaan Cauchy, sehingga dari persamaan Sellmeier dapat diformulasikan persamaan Cauchy. Dengan diketahui konstanta Sellmeier maka dapat dicari konstanta Cauchy dengan cara mengkuadratkan persamaan Cauchy dan mengekspansikan persamaan Sellmeier ke dalam sebuah deret berpangkat (*power series*), kemudian kedua ekspresi disesuaikan. Persamaan Cauchy dengan empat konstanta dapat dituliskan sebagai berikut:

$$n = C_1 + \frac{C_2}{\lambda^2} + \frac{C_3}{\lambda^4} + \frac{C_4}{\lambda^6} \quad (3.7)$$

dimana: n = indeks bias medium

λ = panjang gelombang

C_i = konstanta Cauchy dengan $i = 1, 2, 3, 4$

3.5.4 Uji Statistik Menggunakan *one-way* ANOVA

Uji statistik menggunakan *one – way* ANOVA digunakan untuk mengetahui pengaruh perubahan temperatur minyak kelapa sawit terhadap nilai konstanta Sellmeier maupun konstanta Cauchy pada masing-masing merk minyak kelapa sawit yang digunakan. Hipotesis nol (H_0) yang ditentukan adalah bahwa temperatur tidak mempengaruhi nilai konstanta Sellmeier dan Cauchy. Apabila nilai pada ANOVA menunjukkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ atau $P (sig) < 0,05$, maka H_0 ditolak. Hal ini mendefinisikan diterimanya hipotesis alternatif (H_1) yaitu adanya pengaruh temperatur bahan terhadap nilai konstanta Sellmeier maupun konstanta Cauchy. Akan tetapi jika uji statistik menunjukkan nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $P (sig) > 0,05$, maka hipotesis nol (H_0) diterima dan hipotesis alternatif (H_1) ditolak.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh data konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy dari tiga merk minyak kelapa sawit dengan sepuluh variasi temperatur untuk masing-masing merk. Variasi temperatur yang digunakan dalam penelitian adalah 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C, 55 °C, 60 °C, 65 °C, 70 °C, 75 °C dan 80 °C. Data konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy didasarkan pada indeks bias minyak kelapa sawit untuk masing-masing panjang gelombang dari sumber cahaya yang berupa lampu *mercury* merk Philips HPL-N 80W.

Sebagai langkah awal dilakukan kalibrasi berupa pengukuran panjang gelombang *violet laser pointer* dan *laser He-Ne PASCO 9171* menggunakan spektrometer kisi. Hasil yang diperoleh berturut-turut yaitu 412,692 nm dengan deskripsi 1,90% dan 638,301 nm dengan deskripsi 0,87%. Berdasarkan hasil kalibrasi tersebut dapat dikatakan bahwa spektrometer kisi sudah sesuai dan dapat digunakan untuk penentuan panjang gelombang sumber cahaya yang digunakan. Panjang gelombang hasil pengukuran menggunakan spektrometer kisi ditunjukkan oleh Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Panjang gelombang spektrum dari lampu *mercury* Philips HPL-N 80W diukur dengan menggunakan spektrometer kisi

Spektrum	$\lambda \pm \Delta\lambda$ (nm)
Merah	$623,589 \pm 0,007$
Jingga	$599,171 \pm 0,013$
Kuning	$583,288 \pm 0,007$
Hijau	$552,916 \pm 0,011$
Biru	$439,162 \pm 0,007$
Ungu	$410,645 \pm 0,007$

Pada tabel di atas terlihat bahwa panjang gelombang minimum dari lampu *mercury* Philips HPL-N 80W yang dapat dihitung adalah $(410,645 \pm 0,007)$ nm yaitu panjang gelombang spektrum ungu sedangkan panjang gelombang maksimum yang dapat terukur adalah $(623,589 \pm 0,007)$ nm yang merupakan panjang gelombang spektrum merah.

Adapun pengukuran indeks bias minyak kelapa sawit dilakukan dengan menggunakan spektrometer prisma. Penentuan indeks bias bahan diawali dengan melakukan kalibrasi spektrometer prisma menggunakan beberapa bahan cair yaitu aquades, minyak goreng, larutan gula 30% dan larutan gula 50%. Nilai indeks bias yang dihasilkan dari keempat cairan tersebut berturut-turut adalah 1,4173; 1,5561; 1,4627 dan 1,5075. Nilai-nilai ini kemudian dibandingkan dengan referensi dan menghasilkan faktor koreksi penentuan indeks bias sebesar $-0,0874$. Nilai faktor koreksi ini diterapkan untuk setiap pengukuran indeks bias minyak kelapa sawit.

Tabel 4.2 Indeks bias (n) minyak kelapa sawit merk X untuk masing-masing spektrum pada variasi temperatur diperoleh dengan menggunakan spektrometer prisma

T(°C)	n_{merah}	n_{jingga}	n_{kuning}	n_{hijau}	n_{biru}	n_{ungu}
35	1,4506±0,0011	1,4523±0,0013	1,4541±0,0013	1,4557±0,0011	1,4608±0,0021	1,4620±0,0019
40	1,4489±0,0012	1,4501±0,0015	1,4520±0,0015	1,4540±0,0012	1,4608±0,0051	1,4618±0,0044
45	1,4475±0,0009	1,4484±0,0009	1,4501±0,0012	1,4520±0,0012	1,4603±0,0003	1,4618±0,0000
50	1,4459±0,0012	1,4473±0,0010	1,4487±0,0010	1,4506±0,0010	1,4605±0,0012	1,4620±0,0016
55	1,4447±0,0008	1,4459±0,0007	1,4475±0,0008	1,4493±0,0008	1,4595±0,0024	1,4608±0,0025
60	1,4447±0,0017	1,4459±0,0015	1,4472±0,0018	1,4490±0,0018	1,4575±0,0012	1,4594±0,0012
65	1,4416±0,0007	1,4431±0,0010	1,4450±0,0010	1,4469±0,0010	1,4561±0,0010	1,4572±0,0012
70	1,4405±0,0008	1,4414±0,0008	1,4431±0,0007	1,4450±0,0007	1,4543±0,0007	1,4554±0,0009
75	1,4386±0,0009	1,4405±0,0009	1,4418±0,0005	1,4434±0,0003	1,4518±0,0012	1,4539±0,0005
80	1,4343±0,0008	1,4358±0,0005	1,4376±0,0005	1,4395±0,0005	1,4492±0,0010	1,4504±0,0015

Tabel 4.3 Indeks bias (n) minyak kelapa sawit merk Y untuk masing-masing spektrum pada variasi temperatur diperoleh dengan menggunakan spektrometer prisma

T(°C)	n_{merah}	n_{jingga}	n_{kuning}	n_{hijau}	n_{biru}	n_{ungu}
35	1,4520±0,0003	1,4532±0,0003	1,4549±0,0005	1,4568±0,0005	1,4640±0,0031	1,4655±0,0032
40	1,4498±0,0009	1,4528±0,0023	1,4548±0,0022	1,4566±0,0022	1,4632±0,0038	1,4643±0,0035
45	1,4479±0,0009	1,4510±0,0038	1,4529±0,0038	1,4548±0,0038	1,4624±0,0034	1,4640±0,0037
50	1,4473±0,0026	1,4484±0,0026	1,4503±0,0026	1,4521±0,0026	1,4620±0,0015	1,4634±0,0012
55	1,4467±0,0024	1,4478±0,0023	1,4497±0,0023	1,4515±0,0023	1,4617±0,0014	1,4631±0,0014
60	1,4439±0,0044	1,4450±0,0044	1,4469±0,0047	1,4487±0,0047	1,4578±0,0044	1,4592±0,0044
65	1,4408±0,0011	1,4420±0,0010	1,4437±0,0009	1,4456±0,0009	1,4549±0,0009	1,4565±0,0010
70	1,4398±0,0007	1,4408±0,0007	1,4427±0,0007	1,4445±0,0007	1,4538±0,0007	1,4548±0,0007
75	1,4380±0,0011	1,4395±0,0008	1,4414±0,0008	1,4433±0,0008	1,4523±0,0013	1,4537±0,0010
80	1,4364±0,0045	1,4375±0,0047	1,4394±0,0047	1,4412±0,0047	1,4506±0,0047	1,4518±0,0045

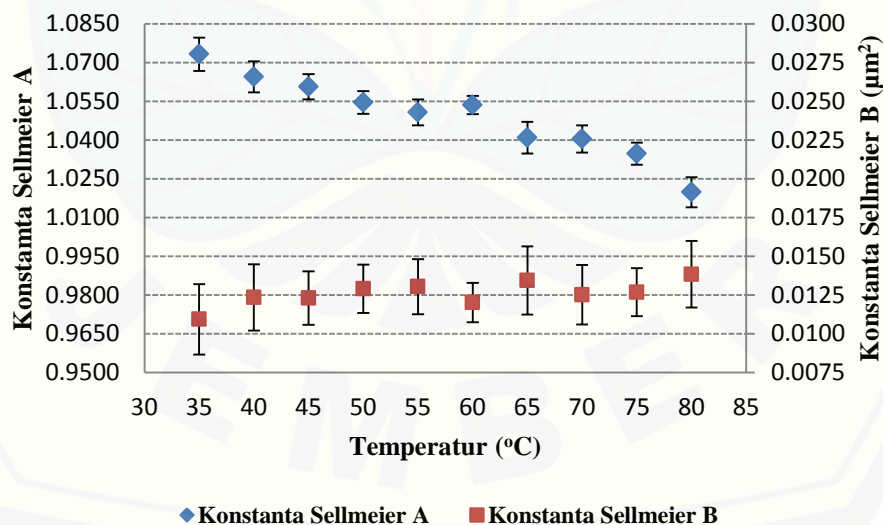
Tabel 4.4 Indeks bias (n) minyak kelapa sawit merk Z untuk masing-masing spektrum pada variasi temperatur diperoleh dengan menggunakan spektrometer prisma

T(°C)	n_{merah}	n_{jingga}	n_{kuning}	n_{hijau}	n_{biru}	n_{ungu}
35	1,4531±0,0037	1,4543±0,0037	1,4558±0,0037	1,4577±0,0037	1,4669±0,0037	1,4679±0,0034
40	1,4504±0,0015	1,4534±0,0028	1,4552±0,0028	1,4572±0,0026	1,4664±0,0025	1,4678±0,0023
45	1,4481±0,0015	1,4510±0,0046	1,4527±0,0043	1,4546±0,0043	1,4626±0,0037	1,4643±0,0038
50	1,4458±0,0007	1,4470±0,0008	1,4489±0,0008	1,4507±0,0008	1,4600±0,0008	1,4614±0,0005
55	1,4445±0,0005	1,4458±0,0007	1,4475±0,0005	1,4493±0,0005	1,4586±0,0005	1,4598±0,0005
60	1,4425±0,0005	1,4439±0,0005	1,4450±0,0003	1,4469±0,0003	1,4561±0,0003	1,4577±0,0000
65	1,4420±0,0019	1,4433±0,0020	1,4448±0,0019	1,4467±0,0019	1,4560±0,0019	1,4574±0,0024
70	1,4394±0,0003	1,4403±0,0003	1,4422±0,0003	1,4441±0,0003	1,4543±0,0018	1,4554±0,0020
75	1,4378±0,0005	1,4391±0,0009	1,4409±0,0009	1,4428±0,0009	1,4521±0,0009	1,4534±0,0011
80	1,4376±0,0046	1,4386±0,0042	1,4401±0,0043	1,4419±0,0045	1,4512±0,0045	1,4523±0,0047

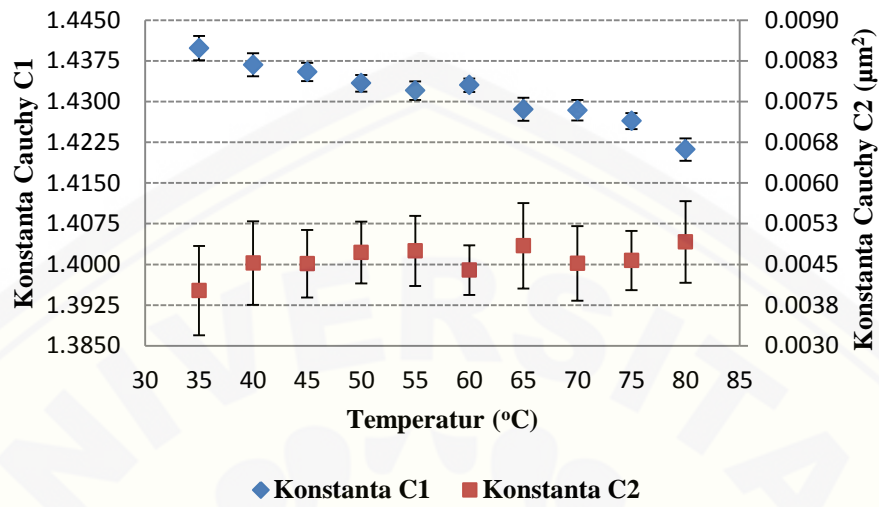
Tabel 4.2 hingga Tabel 4.4 di atas menunjukkan data indeks bias minyak kelapa sawit berdasarkan temperatur yang ditentukan untuk masing-masing spektrum warna yang dihasilkan oleh sumber cahaya. Dari tabel tersebut dapat diketahui hubungan antara indeks bias bahan dengan panjang gelombang spektrum dan hubungan antara indeks bias bahan dengan temperatur bahan. Nilai indeks bias semakin tinggi seiring dengan menurunnya panjang gelombang spektrum warna yang digunakan. Hal ini

terlihat dari nilai indeks bias berdasarkan panjang gelombang merah menghasilkan nilai yang paling kecil dan indeks bias berdasarkan panjang gelombang ungu menghasilkan nilai yang paling besar untuk masing-masing perlakuan temperatur bahan. Selain itu, peningkatan temperatur bahan juga turut memberikan pengaruh terhadap penurunan nilai indeks bahan. Terlihat bahwa minyak kelapa sawit menghasilkan indeks bias yang paling tinggi pada temperatur 35°C dan menghasilkan nilai indeks bias yang paling rendah pada temperatur 80°C untuk masing-masing merk minyak kelapa sawit yang digunakan.

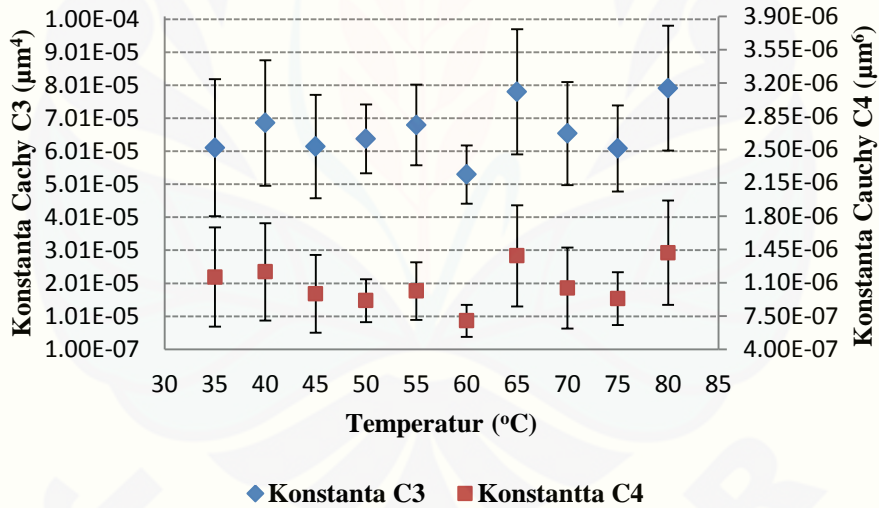
Data penelitian yang berupa nilai indeks bias untuk masing-masing panjang gelombang pada setiap merk minyak kelapa sawit dengan variasi temperaturnya, selanjutnya diolah secara analitik untuk dihasilkan konstanta Sellmeier dari bahan. Selanjutnya, konstanta Sellmeier yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan konstanta Cauchy bahan. Gambar 4.1 hingga 4.9 merupakan grafik hubungan konstanta Sellmeier dan temperatur serta konstanta Cauchy dan temperatur yang dilengkapi dengan *standart error bar* untuk ketiga merk minyak kelapa sawit yang digunakan.



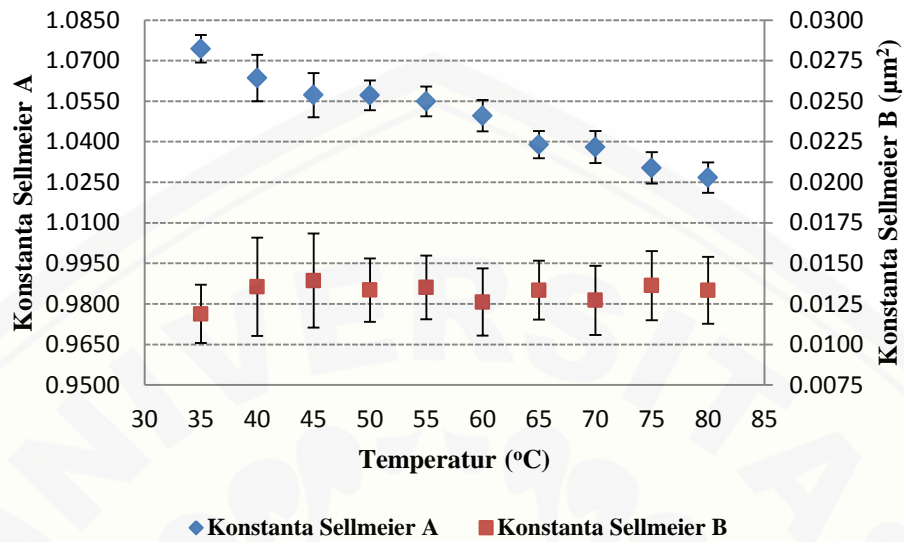
Gambar 4.1 Grafik hubungan konstanta Sellmeier terhadap temperatur untuk minyak kelapa sawit merk X



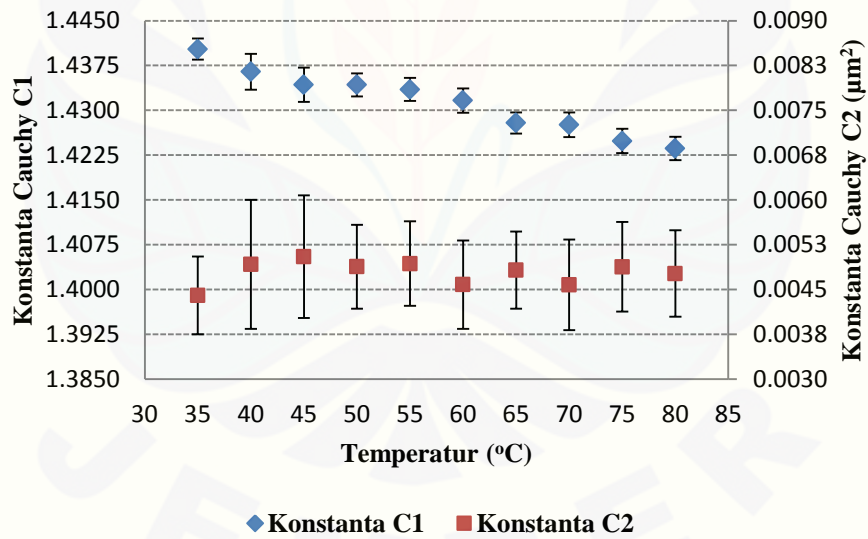
Gambar 4.2 Grafik hubungan konstanta Cauchy (C_1 dan C_2) terhadap temperatur untuk minyak kelapa sawit merk X



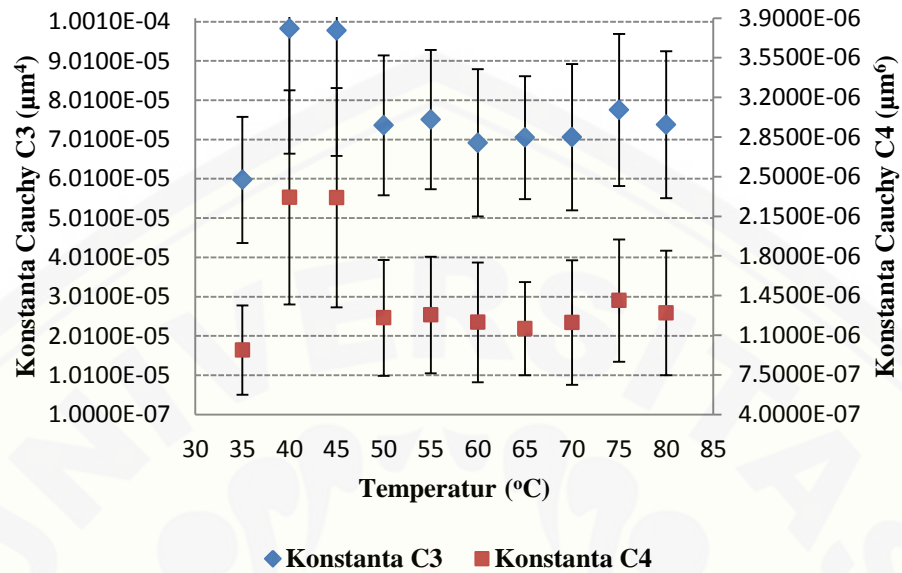
Gambar 4.3 Grafik hubungan konstanta Cauchy (C_3 dan C_4) terhadap temperatur untuk minyak kelapa sawit merk X



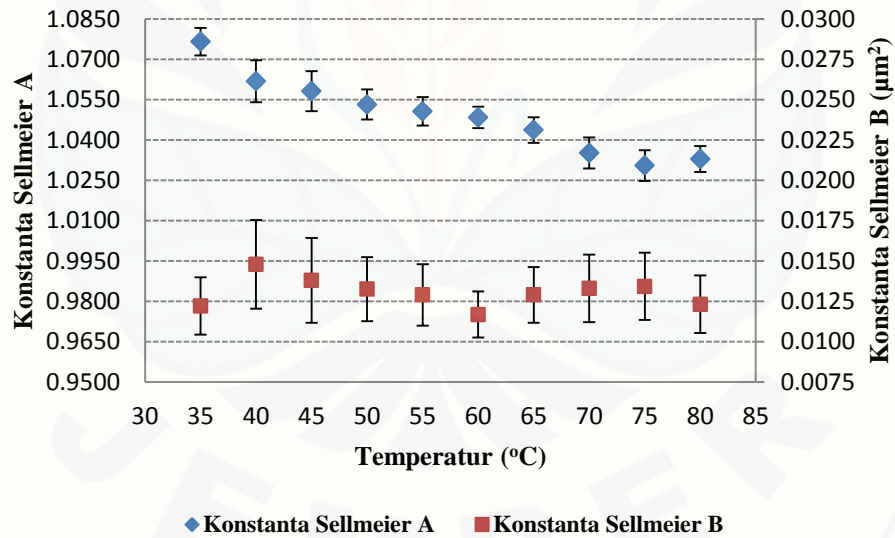
Gambar 4.4 Grafik hubungan konstanta Sellmeier terhadap temperatur untuk minyak kelapa sawit merk Y



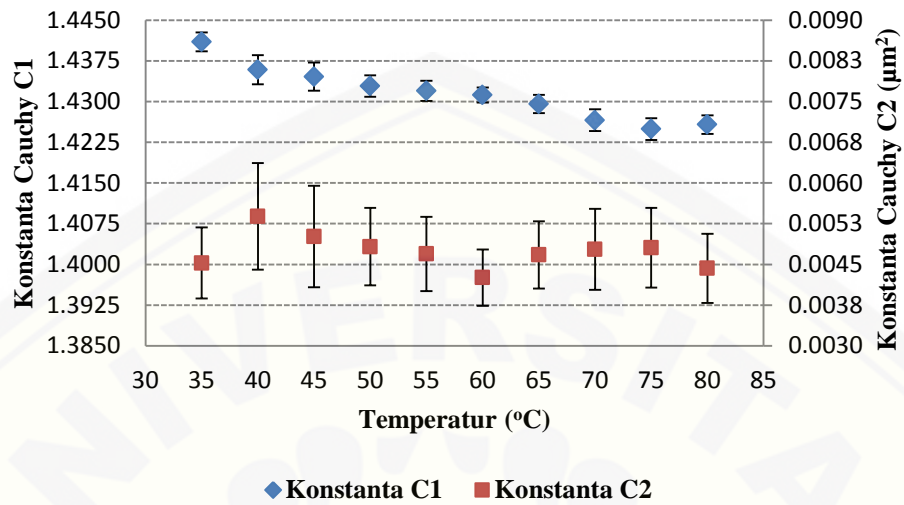
Gambar 4.5 Grafik hubungan konstanta Cauchy (C_1 dan C_2) terhadap temperatur untuk minyak kelapa sawit merk Y



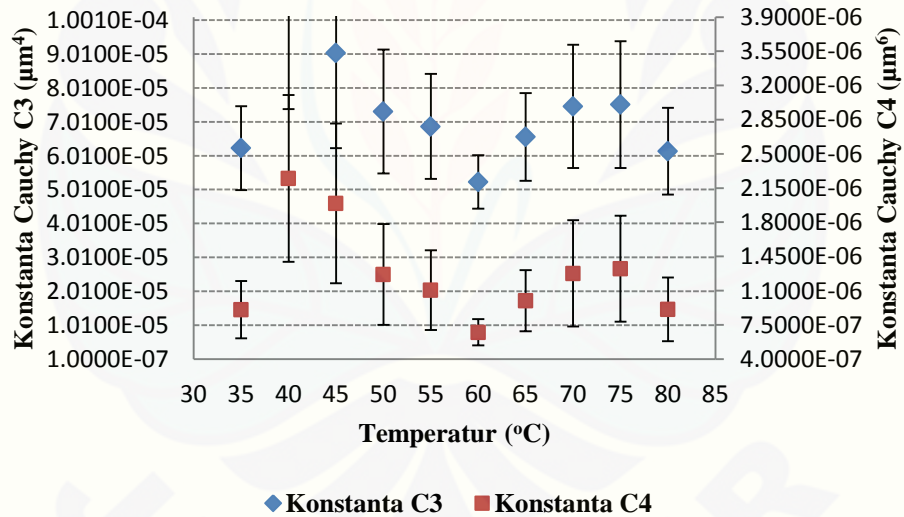
Gambar 4.6 Grafik hubungan konstanta Cauchy (C_3 dan C_4) terhadap temperatur untuk minyak kelapa sawit merk Y



Gambar 4.7 Grafik hubungan konstanta Sellmeier terhadap temperatur untuk minyak kelapa sawit merk Z



Gambar 4.8 Grafik hubungan konstanta Cauchy (C_1 dan C_2) terhadap temperatur untuk minyak kelapa sawit merk Z



Gambar 4.9 Grafik hubungan konstanta Cauchy (C_3 dan C_4) terhadap temperatur untuk minyak kelapa sawit merk Z

Secara umum, tampak bahwa konstanta Sellmeier A cenderung menurun dengan bertambahnya temperatur bahan dan konstanta Sellmeier B yang diperoleh tidak menunjukkan pola tertentu atau dengan kata lain nilainya acak. Sama halnya

dengan konstanta Sellmeier A, nilai konstanta Cauchy C_1 juga cenderung menurun seiring bertambahnya temperatur bahan serta konstanta Cauchy lainnya yaitu C_2 , C_3 dan C_4 nilainya adalah acak. Namun demikian, berdasarkan *standart error bar* yang diperoleh, dapat diketahui bahwa konstanta Sellmeier A mengalami perubahan yang cukup signifikan pada temperatur 45°C , 65°C dan 80°C untuk merk X dan Y, sedangkan untuk merk Z pada temperatur 40°C , 60°C dan 75°C . Disisi lain konstanta Sellmeier B tidak mengalami perubahan yang signifikan untuk ketiga merk minyak kelapa sawit yang digunakan. Sementara itu, untuk konstanta Cauchy C_1 mengalami perubahan yang signifikan 45°C , 65°C dan 80°C untuk merk X dan Y, sedangkan untuk merk Z pada temperatur 45°C dan 70°C . Dan sama halnya dengan konstanta Sellmeier B, konstanta C_2 , C_3 dan C_4 juga tidak mengalami perubahan yang signifikan untuk ketiga merk minyak kelapa sawit.

Pada penelitian ini telah dilakukan pula *crosscheck* perhitungan indeks bias berdasarkan konstanta Sellmeier maupun konstanta Cauchy tiap merk minyak pada masing-masing temperatur kemudian dibandingkan dengan nilai indeks bias hasil pengukuran. Hasil *crosscheck* selengkapnya dapat dilihat pada lampiran G.

4.2 Pembahasan

Penentuan panjang gelombang sumber cahaya dilakukan dengan sebuah instrumen spektrometer kisi. Hasil kalibrasi menggunakan *violet laser pointer* dan *laser He-Ne PASCO 9171* menunjukkan akurasi yang cukup tinggi yang ditunjukkan dengan deskripsi yang cukup kecil ($<5\%$). Lampu *mercury* yang digunakan mampu menghasilkan beberapa spektrum warna yang masing-masing memiliki nilai panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang spektrum lampu *mercury* Philips HPL-N 80W dapat dilihat pada Tabel 4.1. Spektrum merah diketahui memiliki panjang gelombang terbesar dan spektrum ungu memiliki panjang gelombang terkecil. Data pengukuran secara lengkap dapat dilihat pada lampiran B.

Indeks bias merupakan salah satu sifat optik yang penting dari suatu bahan/medium. Terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi nilai indeks bias bahan/medium, diantaranya adalah panjang gelombang cahaya yang digunakan untuk mengukur indeks bias bahan dan temperatur bahan tersebut. Hasil penentuan indeks bias untuk masing-masing merk minyak kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 4.2 hingga Tabel 4.4. Tabel tersebut menampilkan nilai indeks bias berdasarkan spektrum warna untuk masing-masing variasi temperatur. Nilai indeks bias yang diperoleh memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan panjang gelombang maupun dengan temperatur bahan. Semakin tinggi temperatur bahan dan semakin besar panjang gelombang yang digunakan, maka indeks bias bahan yang terukur akan semakin kecil. Nilai indeks bias tertinggi untuk masing-masing merk ditemui ketika digunakan spektrum ungu (panjang gelombang terkecil) pada temperatur 35°C, sedangkan nilai indeks bias terendah ditemui ketika digunakan spektrum merah (panjang gelombang terbesar) pada temperatur 80°C. Dari tabel juga dapat diketahui nilai standar deviasi pengukuran yang nilainya relatif kecil untuk masing-masing hasil perhitungan. Nilai standar deviasi yang diperoleh memberikan nilai keseksamaan yang besar yaitu lebih dari 99% untuk masing-masing merk minyak yang digunakan. Berdasarkan nilai keseksamaan tersebut dapat terlihat bahwa hasil pengukuran menunjukkan tingkat presisi yang cukup baik. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran E.

Hasil penentuan indeks bias tersebut memiliki kecenderungan yang serupa dengan hasil penelitian Subedi *et al.* (2006), yang menunjukkan kecenderungan penurunan indeks bias terhadap penambahan temperatur bahan. Berdasarkan sifat fisika maupun sifat kimia, bertambahnya temperatur minyak akan mempengaruhi indeks bias minyak tersebut. Berdasarkan sifat fisika dijelaskan bahwa ketika temperatur suatu bahan dinaikkan, maka densitas atau kerapatan bahan tersebut akan semakin berkurang (molekul penyusunnya semakin renggang) akibatnya indeks bias bahan tersebut cenderung berkurang (Subedi *et al.* 2006). Sedangkan berdasarkan

sifat kimia, dikatakan bahwa pemanasan suatu bahan yang dalam hal ini berupa minyak dapat mengubah beberapa struktur kimianya, akibatnya terjadi penurunan nilai indeks bias dari minyak tersebut (Dughaish, 2010).

Selain itu, dari tabel tampak bahwa indeks bias minyak yang diukur menggunakan spektrum ungu selalu menghasilkan nilai yang paling besar kemudian diikuti dengan spektrum biru, hijau, kuning, jingga dan paling kecil adalah merah untuk setiap merk. Hal ini menunjukkan bahwa dalam rentang panjang gelombang cahaya yang diamati, pengukuran indeks bias menggunakan spektrum ungu menghasilkan nilai yang paling tinggi dibandingkan dengan pengukuran menggunakan spektrum lainnya. Hasil tersebut telah sesuai dengan persamaan (2.8) yang menyatakan bahwa nilai indeks bias suatu medium transparan berbanding terbalik dengan panjang gelombang cahaya yang melewati medium tersebut. Dengan kata lain, semakin pendek panjang gelombang cahaya yang melewati suatu medium transparan maka nilai indeks bias medium yang terukur akan semakin besar. Secara umum, dapat dikatakan bahwa nilai indeks bias tertinggi dari ketiga merk yang digunakan adalah minyak kelapa sawit merk Z, kemudian disusul dengan merk Y dan merk X.

Setelah diketahui indeks bias sebagai fungsi panjang gelombang untuk suatu bahan/medium maka dapat ditentukan konstanta Sellmeier dari bahan/medium tersebut. Penelitian ini dibatasi untuk menentukan dua konstanta Sellmeier bahan. Hakekatnya, karena hanya dua konstanta yang dicari maka dua persamaan indeks bias sebagai fungsi panjang gelombang telah cukup untuk mengetahui konstanta yang dicari, akan tetapi semakin banyak persamaan yang digunakan maka akan semakin akurat hasil yang diperoleh. Penentuan konstanta Sellmeier pada penelitian ini dilakukan dengan enam persamaan indeks bias sebagai fungsi panjang gelombang untuk masing-masing temperatur bahan pada setiap merk minyak kelapa sawit. Selanjutnya, setelah diketahui dua konstanta Sellmeier bahan maka dapat diketahui konstanta Cauchy bahan di empat suku pertama pada persamaan dispersi Cauchy

dengan menggunakan penyesuaian persamaan seperti pada lampiran A. Perhitungan untuk menentukan konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy masing-masing merk minyak kelapa sawit yang digunakan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran F.

Selanjutnya hubungan indeks bias dan panjang gelombang tersebut dapat dinyatakan dalam kurva sebaran indeks bias seperti gambar di lampiran H. Dari gambar dapat diketahui bahwa nilai indeks bias minyak kelapa sawit berdasarkan pengukuran menggunakan spektrometer maupun perhitungan berdasarkan konstanta dispersi memiliki nilai yang hampir sama. Hal tersebut dibuktikan bahwa kurva yang diperoleh saling berhimpit satu sama lain untuk masing-masing panjang gelombang yang digunakan. Kurva sebaran indeks bias untuk berbagai panjang gelombang membentuk kurva *nonlinier* yang menyatakan bahwa indeks bias menurun seiring dengan bertambahnya nilai panjang gelombang cahaya yang digunakan. Kurva yang dihasilkan memiliki kesamaan pola dengan kurva sebaran indeks bias minyak zaitun hasil penelitian Bodurov *et al.* (2013) dan kurva sebaran indeks bias beberapa cairan hasil penelitian Kedenburg *et al.* (2012). Dengan demikian secara umum dapat dikatakan bahwa medium fluida memiliki pola sebaran indeks bias yang seragam (serupa).

Grafik hubungan konstanta Sellmeier dengan temperatur dan hubungan konstanta Cauchy dengan temperatur dapat dilihat pada Gambar 4.1 hingga Gambar 4.9. Grafik tersebut menunjukkan bahwa perubahan temperatur bahan mempengaruhi besarnya konstanta dispersi bahan baik konstanta Sellmeier maupun konstanta Cauchy. Hanya saja, ketika dilihat dari *standart error bar* pada grafik untuk masing-masing konstanta dapat dikatakan bahwa tidak semua perubahan temperatur yang dikenakan pada bahan menghasilkan perubahan yang cukup signifikan pada konstanta Sellmeier maupun konstanta Cauchy minyak. Perubahan yang signifikan hanya ditemui pada konstanta Sellmeier A dan konstanta Cauchy C_1 . Sedangkan untuk konstanta Sellmeier B dan konstanta Cauchy C_2 , C_3 , C_4 tidak mengalami

perubahan yang signifikan akibat adanya perubahan temperatur yang dikenakan pada ketiga merk minyak kelapa sawit yang digunakan.

Lain halnya dengan hasil analisis grafik, uji statistik *one-way* ANOVA menghasilkan analisis yang sedikit berbeda. Uji statistik *one-way* ANOVA untuk konstanta Sellmeier (A dan B) pada ketiga merk minyak kelapa sawit yang digunakan diperoleh F_{hitung} A dan B memiliki nilai berkisar pada 0,058 – 0,068 dan F_{tabel} keduanya adalah 3,020. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau $P (sig) > 0,05$ (H_0 diterima) yang berarti perubahan temperatur tidak mempengaruhi nilai konstanta Sellmeier secara signifikan. Adapun uji statistik untuk konstanta Cauchy (C_1 , C_2 , C_3 dan C_4) pada ketiga merk minyak diperoleh F_{hitung} berada pada rentang 0,065 – 0,068 dan F_{tabel} adalah 3,020 atau $P (sig) > 0,05$ (H_0 diterima) yang juga berarti bahwa perubahan temperatur tidak mempengaruhi nilai konstanta Cauchy secara signifikan.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan yaitu dengan menggunakan data panjang gelombang dan indeks bias yang diukur menggunakan spektrometer, telah diketahui nilai dari konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy minyak kelapa sawit pada berbagai temperatur. Perubahan temperatur yang dikenakan pada minyak kelapa sawit menghasilkan perubahan nilai konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy. Namun demikian, berdasarkan hasil uji statistik *one-way* ANOVA menunjukkan bahwa perubahan temperatur tidak menyebabkan terjadinya perubahan yang signifikan, baik pada konstanta Sellmeier (A dan B) maupun konstanta Cauchy (C_1 , C_2 , C_3 dan C_4).

5.2 Saran

Saran dari penelitian penentuan konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy minyak kelapa sawit menggunakan spektrometer prisma adalah:

1. Temperatur ruang perlu dikondisikan menggunakan *air conditioner* dalam setiap pengukuran indeks bias bahan agar diperoleh data yang lebih akurat.
2. Perlu diperhatikan pula konsistensi temperatur prisma yang digunakan.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan temperatur bahan yang lain untuk meyakinkan pengaruh temperatur terhadap konstanta dispersi.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dalam penentuan konstanta Cauchy untuk memperkecil nilai kesalahan yang dihasilkan.
5. Perlu dilakukan pengembangan analisis data guna mendapatkan enam konstanta Sellmeier agar diperoleh formula penentuan indeks bias yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

Djuhana, D. 2011. *Difraksi Cahaya*. Jakarta: Departement of Physics University of Indonesia.

Giancoli, D. 1998. *Fisika Edisi 4 (terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.

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

Halliday, D., & Resnick, R. 1997. *Fisika Edisi ke 3 (terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.

Jenkins F.A., & White H.E. 2001. *Fundamentals of Optics Fourth Edition*. United States of America: The McGraw-Hill Companies.

Jonathan, S. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Ketaren, S. 1986. *Pengantar Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI Press.

Sarojo, G. A. 2011. *Gelombang dan Optika*. Jakarta: Salemba Teknika.

Schiler, M. 1997. *Simplified Design of Building Lighting, 4th Ed*. ISBN 0-471-19210-4. USA: John Wiley and Sons, Ltd.

Tan, Koughia, Singh and Kasap. 2006. *Fundamental Optical Properties of Meterials*. USA : John Wiley & Sons, Ltd.

Tipler, P., A., 2001. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.

Jurnal/Skripsi

Alfian, Z. 2006. “Merkuri : Antara Manfaat dan Efek Penggunaannya Bagi Kesehatan Manusia dan Lingkungannya”. Skripsi. Sumatra Utara: USU e-Repository.

- Bodurov, Vlaeva, Marudova, Yovcheva, Nikolova, Eftimov and Plachkova. 2013. Detection of Adulteration in Olive Oils Using Optical and Thermal Methods. *Journal of Bulgarian Chemical Communications*. Vol. **45**: 81-85.
- Chalid, S.Y., Muawanah, A., dan Jubaedah, I. 2008. Analisa Radikal Bebas Pada Minyak Goreng Pedagang Gorengan Kaki Lima. *Valensi* Vol. **1** (2): 82-86.
- Daimon and Masumura. 2007. Measurement of the refractive index of distilled water from the near-infrared region to the ultraviolet region. *Journal of Applied Optics*. Vol. **46** (18): 3811-3820.
- Dughaish, Z.H. 2010. Effect of γ -ray Irradiation and Heat Treatment on Some Physical Properties of Vegetable Oils. Saudi Arabia. *Journal of Natural Science and Mathematics*. Vol. **4** (2): 157-170.
- French, R.H. & Yang, M.K. 2004. Immersion Fluid Refractive Indices Using Prism Minimum Deviation Techniques. *Proceedings of SPIE 5377*: 1689-1694.
- Ghosh, G., Endo, M., and Iwasalu, T. 1994. Temperature-Dependent Sellmeier Coefficients and Chromatic Dispersions for Some Optical Fiber Glasses. *Journal Of Lightwave Technology*. Vol. **12** (8): 1338-1342.
- Hartanti, Y. 2014. "Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Nilai Indeks Bias Minyak Goreng Kelapa Sawit Menggunakan Difraksi Fraunhofer". Skripsi. Jember: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember.
- Hatch, W.R., & Ott W.L. 1968. Determination of Sub-Microgram Quantities of Mercury. *Atomic Absorption Spectrophotometry Anal Chem*. Vol. **24**: 2085-2087.
- Kedenburg, Vieweg, Gissibl and Giessen. 2012. Linear Refractive Index and Absorption Measurements of Nonlinear Optical Liquids in The Visible and Near-Infrared Spectral Region. *Optical Society of America* Vol. **2** (11) : 1588-1611.
- Kumar J.P.K., & Jolly N. 2008. Refractive Index of Liquids Using Laser Light. *Laboratory Instruments Company Punjabi*. Vol. **8** (3).
- Mukherjee, S., & Mitra, A. 2009. Health Effects Of Palm Oil. *J Hum Ecol*. Vol. **26** (3): 197-203.

- Paramitha, A.R. 2012. “Studi Kualitas Minyak Makanan Gorengan pada Penggunaan Minyak Goreng Berulang” Skripsi. Makassar: Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian- Universitas Hasanudin.
- Poelman, D., & Smet, P.F. 2003. Methods for The Determination of The Optical Constants of Thin films From Single Transmission Measurements: A Critical Review. *Journal Of Physics: Applied Physics* No. 36: 1850–1857.
- Rofiq, A. 2010. “Analisis Indeks Bias pada Pengukuran Konsentrasi Larutan Sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) Menggunakan Portable Brix Meter”. Skripsi. Semarang: Jurusan Fisika FMIPA UNDIP Semarang.
- Subedi, D.P., D.R. Adhikari, U.M. Joshi, H.N. Poudel, dan B. Niraula. 2006. Study of Temperature and Concentration Dependence of Refractive Index of Liquids using a Novel Technique. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*. Vol. 2 (1): 1-7.
- Susan, A. 2010. “Alternatif Uji Kualitas Minyak Goreng Berdasarkan Perubahan Sudut Polarisasi Cahaya”. Skripsi. Semarang : Jurusan Fisika FMIPA UNDIP Semarang.
- Sutiah, Firdausi, K. S., dan Setiabudi, W. 2008. Studi Kualitas Minyak Goreng dengan Parameter Viskositas dan Indeks Bias. *Jurnal Berkala Fisika*. ISSN 1410 – 9662. Vol. 11 (2): 53-58.
- Tiwald, T. 2009. Sellmeier Dispersion. *Journal of J.A.Woollam Company*. Vol. 10: 8-9.
- Tropf, W.J., Thomas, M.E., and Harris, T.J. 1995. Optical and Physical Properties of Materials: Properties of Crystals and Glasses. Chap. 33 in *Handbook of Optics*: 25-30.
- Winarni, Sunarto, W. dan Mantini, S. 2010. Penetralkan dan Absorpsi Minyak Goreng Bekas Menjadi Minyak Goreng Layak Konsumsi. *Jurnal Kimia*. Surabaya: Jurusan Kimia FMIPA UNNES. Vol. 8 (1): 46-56.

Serial Online

- Anonymous. 2014. Spectrometer-Determination of Cauchy's Constants. [serial online]. <http://vlab.amrita.edu/?sub=1&brch=281&sim=1514&cnt=2>. [1 Desember 2014].

- Bortner, L. 2013. Dispersion. [serial online]. <http://www.physics.uc.edu/~bortner/labs/Physics%20%20experiments/Dispersion/Dispersion%20htm.htm>. [1 Desember 2014].
- Jaka, M. 2013. Artikel Lampu Mercury. [serial online]. <http://www.smkayani-pbl.sch.id>. [24 Februari 2015].
- Pasco. 2015. Educational Spectrofotometer Accessory Kit and System OS-8537 and OS-8539. [serial online]. [http://hepweb.ucsd.edu/2dl/pasco/Educational%20Spectrophotometer%20kit%20Manual\(OS-8539\).pdf](http://hepweb.ucsd.edu/2dl/pasco/Educational%20Spectrophotometer%20kit%20Manual(OS-8539).pdf). [26 Februari 2015].
- RSPO. 2013. Mengapa Minyak Sawit Penting dalam Kehidupan Sehari-hari. [serial online]. <http://www.rspo.org/publications/download/688ee1cdae75c51.html>. [15 Januari 2015].
- Tugino. 2012. Sifat- Sifat Cahaya. [serial online]. <http://www.pusatmateri.com/sifat-cahaya-dan-pemanfaatannya.html>. [1 Desember 2014].

LAMPIRAN

Lampiran A. Ekspansi persamaan Sellmeier dan Cauchy

Persamaan Sellmeier

$$n^2 = 1 + \frac{A_1\lambda^2}{\lambda^2 - B_1} + \frac{A_2\lambda^2}{\lambda^2 - B_2} + \frac{A_3\lambda^2}{\lambda^2 - B_3} + \dots$$

Persamaan Cauchy

$$n = C_1 + \frac{C_2}{\lambda^2} + \frac{C_3}{\lambda^4} + \frac{C_4}{\lambda^6} + \dots$$

Penentuan konstanta Cauchy dari konstanta Sellmeier

$$n^2(\text{Sellmeier}) = n^2(\text{Cauchy})$$

$$1 + \frac{A\lambda^2}{\lambda^2 - B} = \left(C_1 + \frac{C_2}{\lambda^2} + \frac{C_3}{\lambda^4} + \frac{C_4}{\lambda^6} + \dots \right)^2$$

Persamaan Sellmeier dengan dua konstanta

$$n^2 = 1 + \frac{A\lambda^2}{\lambda^2 - B} \approx 1 + A \left(1 + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{B^2}{\lambda^4} + \frac{B^3}{\lambda^6} \right)$$

$$n^2 = 1 + A_1 + \frac{AB}{\lambda^2} + \frac{AB^2}{\lambda^4} + \frac{AB^3}{\lambda^6}$$

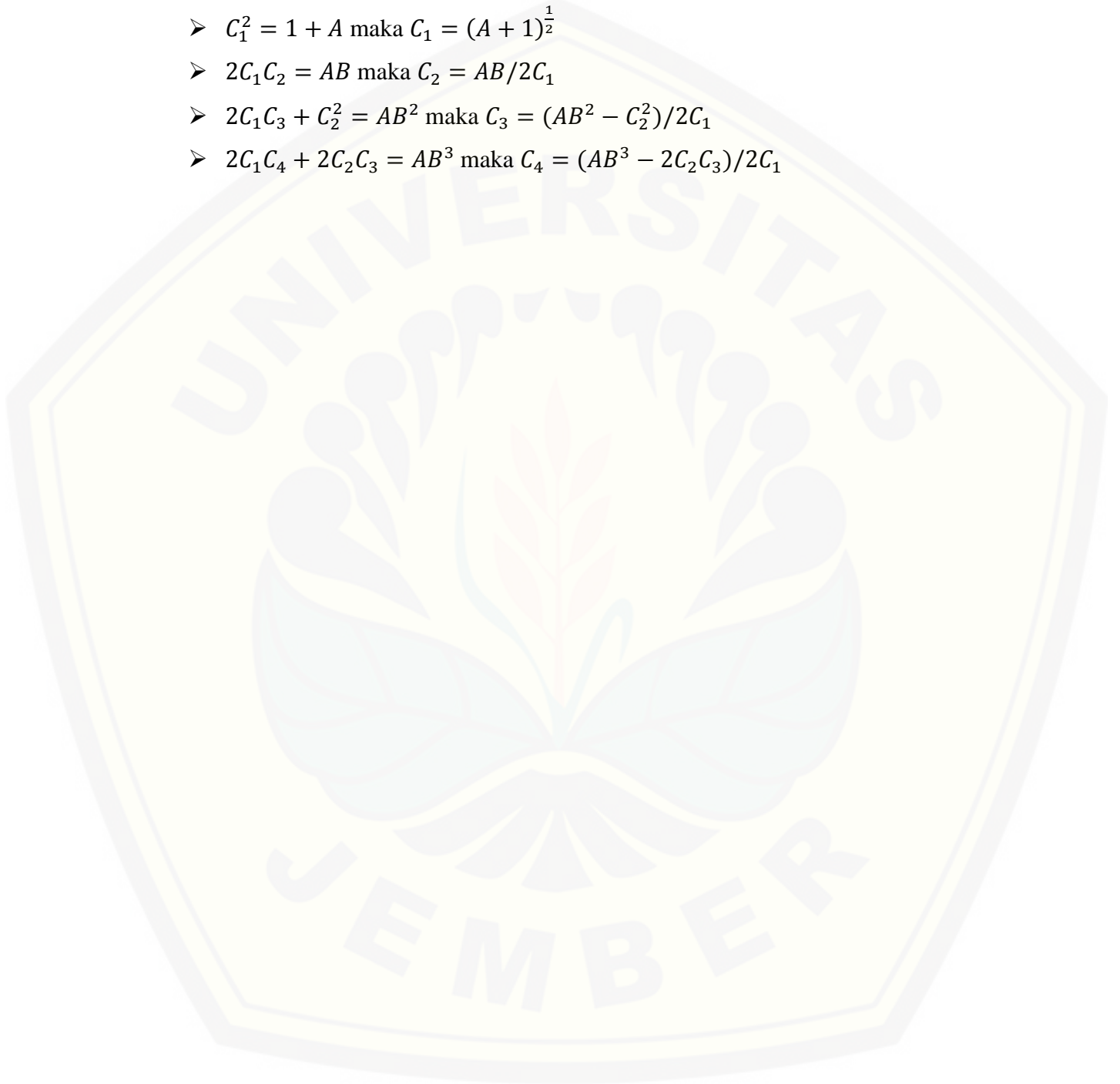
Kuadrat persamaan Cauchy dengan empat konstanta

$$n^2 = C_1^2 + \frac{2C_1C_2}{\lambda^2} + \frac{2C_1C_3}{\lambda^4} + \frac{C_2^2}{\lambda^4} + \frac{2C_1C_4}{\lambda^6} + \frac{2C_2C_3}{\lambda^6} + \frac{2C_2C_4}{\lambda^8} + \frac{C_3^2}{\lambda^8} + \frac{2C_3C_4}{\lambda^{10}} + \frac{C_4^2}{\lambda^{12}}$$

$$n^2 = C_1^2 + \frac{2C_1C_2}{\lambda^2} + \frac{2C_1C_3}{\lambda^4} + \frac{C_2^2}{\lambda^4} + \frac{2C_1C_4}{\lambda^6} + \frac{2C_2C_3}{\lambda^6} + O(\lambda^8)$$

Sehingga dapat diketahui bahwa

- $C_1^2 = 1 + A$ maka $C_1 = (A + 1)^{\frac{1}{2}}$
- $2C_1C_2 = AB$ maka $C_2 = AB/2C_1$
- $2C_1C_3 + C_2^2 = AB^2$ maka $C_3 = (AB^2 - C_2^2)/2C_1$
- $2C_1C_4 + 2C_2C_3 = AB^3$ maka $C_4 = (AB^3 - 2C_2C_3)/2C_1$



Lampiran B. Data hasil percobaan dan pengukuran panjang gelombang spektrum lampu *mercury* Philips HPL-N 80W

Spektrum	pengulangan ke-1 (derajat)				pengulangan ke-2				pengulangan ke-3				$\bar{\lambda}$	$\Delta\lambda$
	kanan	kiri	θ_1	λ_1	kanan	kiri	θ_2	λ_2	kanan	kiri	θ_3	λ_3		
Ungu	205	176.5	14.25	4.1E-07	205	176.417	14.2915	4.11E-07	205	176.5	14.25	4.1E-07	4.11E-07	6.75E-10
Biru	206	175.5	15.25	4.38E-07	206	175.417	15.2915	4.4E-07	206	175.417	15.2915	4.4E-07	4.39E-07	6.72E-10
Hijau	210	171.167	19.4165	5.54E-07	210	171.25	19.375	5.53E-07	210	171.333	19.3335	5.52E-07	5.53E-07	1.14E-09
Kuning	211.083	170.167	20.458	5.83E-07	211.167	170.167	20.5	5.84E-07	211.167	170.169	20.499	5.84E-07	5.83E-07	6.53E-10
Jingga	211.667	169.583	21.042	5.98E-07	211.75	169.5	21.125	6.01E-07	211.667	169.583	21.042	5.98E-07	5.99E-07	1.3E-09
Merah	212.75	168.75	22	6.24E-07	212.583	168.667	21.958	6.23E-07	212.583	168.667	21.958	6.23E-07	6.24E-07	6.54E-10

Persamaan yang digunakan adalah:

$$\lambda = d \sin \theta$$

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{3}(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)$$

$$\Delta\lambda = \sqrt{\frac{\sum_1^3(\lambda - \bar{\lambda})^2}{N - 1}}$$

Lampiran C. Kandungan gizi bahan

Tabel C1. Informasi nilai gizi pada minyak merk X

INFORMASI NILAI GIZI		
Takaran saji	: 5 g	
Jumlah sajian per kemasan	: ±162	
Jumlah per sajian		
Energi Total : 45 kkal Energi dari lemak : 20 kkal		
		%AKG
Lemak Total	5 g	9%
Lemak jenuh	3 g	10 %
Lemak tak jenuh	2 g	
Kolesterol	0 mg	0%
Protein	0 g	0%
Karbohidrat Total	0 g	0%
Natrium	0 mg	0%
Vitamin A		15%
Vitamin E**		204%
*Persen AKG berdasarkan pada kebutuhan energy 2200 kkal.		
** Vitamin E (100% sebagai tocopherol)		
Mengandung: Omega 9 = 2 g dan Omega 6 = 1,5 g per sajian		
Tanggal kadaluarsa : 27 Desember 2016		

Tabel C2. Informasi nilai gizi pada minyak merk Y

INFORMASI NILAI GIZI		
Takaran saji	: 10 g	
Jumlah sajian per kemasan	: ±68	
Jumlah per sajian		
Energi Total : 100 kkal Energi dari lemak : 90 kkal		
		%AKG
Lemak Total	11 g	17%
Lemak jenuh	5 g	21 %
Lemak tak jenuh	6 g	
Kolesterol	0 mg	0%
Protein	0 g	0%
Karbohidrat Total	0 g	0%
Natrium	0 mg	0%
Vitamin A		2%
Vitamin E**		8%
*Persen AKG berdasarkan pada kebutuhan energy 2200 kkal.		
Mengandung: Omega 9 = 5 g per sajian		
Omega 6 = 1,2 g per sajian		
Tanggal kadaluarsa : 17 September 2016		

Tabel C3. Informasi nilai gizi pada minyak merk Z

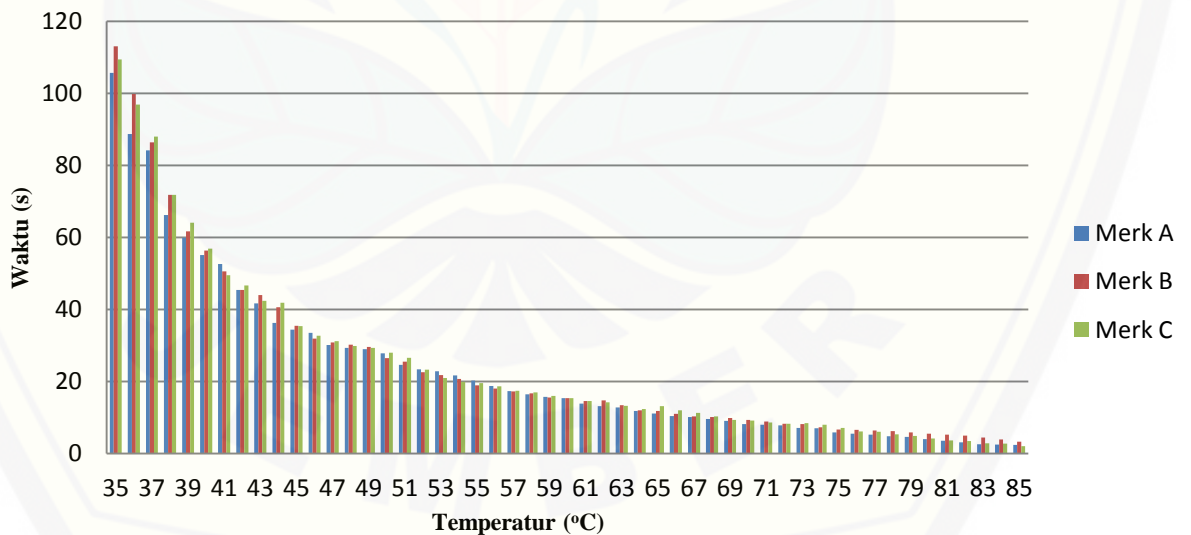
INFORMASI NILAI GIZI		
Takaran saji	: 14 g	
Jumlah sajian per kemasan	: ± 64	
Jumlah per sajian		
Energi Total : 180 kkal Energi dari lemak : 130 kkal		
		% AKG
Lemak Total	14 g	23%
Lemak jenuh	6 g	33 %
Lemak tak jenuh	7 g	
Omega 9	5496 mg	0%
Omega 6	1484 mg	0%
Kolesterol	0 mg	0%
Protein	0 g	0%
Karbohidrat Total	0 g	0%
Natrium	0 mg	85%
Vitamin A		
Vitamin E**		
*Persen AKG berdasarkan pada kebutuhan energy 2200 kkal.		
Tanggal kadaluarsa : 13 September 2016		

Lampiran D. Pengujian lamanya minyak mengalami penurunan temperatur

T (°C)	Merk X				Merk Y				Merk Z			
	Waktu				Waktu				Waktu			
	1	2	3	rata-rata	1	2	3	rata-rata	1	2	3	rata-rata
35	110.34	106.8	100.1	105.73	114.65	113.65	110.81	113.04	109.08	114.3	105	109.46
36	87.44	91.58	87.12	88.71	92.4	103.87	103.27	99.85	88.27	100.8	101.6	96.89
37	78.87	87.39	86.13	84.13	82.43	84.92	91.87	86.41	85.08	88.28	90.64	88
38	65.39	72.01	61.2	66.2	73.34	69.48	72.58	71.8	65.65	77.23	72.59	71.82
39	61.54	63.41	54.61	59.85	57.41	62.99	64.6	61.67	54.92	74.73	62.56	64.07
40	55.69	57.33	52.25	55.09	56.95	56.38	55.56	56.29	53.72	58.42	58.56	56.9
41	51.76	54.89	51.24	52.63	51.28	48.76	51.76	50.6	47.23	50.86	50.33	49.47
42	46.85	44.73	44.64	45.40	42.1	43.87	50.1	45.36	41.2	49.66	48.99	46.61
43	40.34	44.14	40.49	41.65	41.23	43.73	47	43.99	34.8	46.43	45.8	42.34
44	35.03	37.68	36.11	36.27	40.2	42.24	39.38	40.61	38.52	47.89	38.99	41.79
45	31.97	36.57	34.48	34.34	32.92	35.4	37.91	35.41	32.12	37.77	36.07	35.32
46	31.05	35.05	34.24	33.44	31.5	31.2	33.01	31.90	31.29	33.65	33.18	32.71
47	30.69	29.82	29.79	30.1	30.81	30.35	31.16	30.77	28.86	31.73	32.92	31.17
48	29.75	29.11	28.97	29.27	29.94	29.44	31.13	30.17	27.82	30.68	30.89	29.79
49	29.14	28.69	29.11	28.98	29.55	28.15	30.94	29.55	26.99	30.87	30.08	29.31
50	27.55	27.89	28.03	27.82	25.51	27.07	26.68	26.42	25.04	29.73	29.24	28.
51	23.93	24.76	25.04	24.57	24.67	26.42	25.41	25.5	23.66	28.77	27.28	26.57
52	23.33	23.47	23.31	23.37	20.54	22.83	24.22	22.53	22.22	23.55	23.97	23.25
53	22.66	22.85	22.92	22.81	20.21	22.31	22.84	21.79	18.77	22.56	21.45	20.93
54	21.06	21.91	21.9	21.62	20.08	20.38	21.62	20.69	18.7	21.16	19.69	19.85
55	19.29	20.31	21.22	20.27	18.45	18.53	19.76	18.91	18.79	20.5	19.3	19.53
56	18.57	18.14	19.39	18.7	17.71	17.65	18.69	18.02	17.9	19.47	18.6	18.66
57	17	17.79	17.21	17.33	16.27	17.55	17.88	17.23	16.33	18.02	17.93	17.43
58	16.06	16.91	16.31	16.42	15.58	17.33	17.01	16.64	15.67	18.05	17.01	16.91
59	15.38	15.67	15.95	15.67	14.43	15.79	16.42	15.55	14.95	16.81	16.24	16
60	15.33	15.12	15.66	15.37	14.39	15.7	15.89	15.33	14.19	16.46	15.38	15.34
61	14.2	13.97	13.35	13.84	13.56	14.56	15.6	14.57	13.02	15.97	14.62	14.54
62	13.12	13.25	13.12	13.16	13.72	14.88	15.51	14.70	12.72	15.8	13.93	14.15
63	12.43	12.69	13.05	12.72	12.75	12.95	14.52	13.41	12.62	14.21	12.89	13.24
64	11.45	11.78	12.03	11.75	11.03	12.06	12.85	11.98	10.74	13.39	12.85	12.33
65	10.68	11.21	11.42	11.10	10.76	11.7	12.85	11.77	12.93	13.6	12.74	13.09
66	10.18	10.77	10.21	10.39	10.41	11.18	11.29	10.96	12.45	11.94	11.51	11.97
67	10.06	10.34	9.96	10.12	8.99	11.26	10.61	10.29	10.93	11.32	11.38	11.21

68	9.52	9.6	9.56	9.56	8.51	11.18	10.58	10.09	10.41	10.22	10.32	10.32
69	8.4	9.58	9.01	8.99	8.27	11.14	10.07	9.82	9.16	9.99	8.78	9.31
70	7.88	8.14	8.46	8.16	8.24	10.13	9.53	9.3	8.71	9.64	8.93	9.09
71	7.8	7.98	8.02	7.93	7.14	10.02	9.43	8.86	8.08	8.89	8.68	8.55
72	7.71	7.8	7.97	7.82	6.54	9.44	8.7	8.23	8	8.64	8.02	8.22
73	7.16	6.92	7.16	7.08	6.41	9.39	8.49	8.09	8.39	8.35	8.37	8.37
74	7.15	6.86	7.05	7.02	5.55	8.16	8.03	7.25	7.96	8.01	7.81	7.93
75	6.03	5.64	5.87	5.84	5.21	7.75	6.99	6.65	6.09	7.73	7.42	7.08
76	5.4	5.49	5.52	5.47	5.37	7.62	6.59	6.53	5.54	6.11	6.57	6.07
77	5	5.39	5.23	5.2	5.11	7.53	6.47	6.37	5.99	6.05	6.06	6.03
78	4.7	4.7	4.82	4.74	5.08	7.03	6.32	6.14	5.02	5.34	5.65	5.34
79	4.67	4.62	4.45	4.58	4.98	6.64	5.76	5.79	4.6	5.12	4.89	4.87
80	4.02	3.92	3.98	3.97	4.87	5.71	5.76	5.45	3.53	4.65	4.12	4.1
81	3.69	3.48	3.4	3.52	4.84	5.2	5.46	5.17	3.34	3.89	3.47	3.57
82	3.23	2.97	3.12	3.10	4.57	4.92	5.4	4.96	3.23	3.67	3.31	3.40
83	2.65	2.66	2.29	2.53	4.04	4.04	5.15	4.41	2.5	3.04	2.95	2.83
84	2.37	2.46	2.48	2.43	3.41	3.94	4.15	3.83	2.29	2.98	2.9	2.72
85	2.26	2.39	2.44	2.36	3.03	3.51	3.27	3.27	2.03	2.06	1.92	2

Grafik Penurunan Temperatur terhadap Waktu



Lampiran E. Data percobaan dan perhitungan indeks bias minyak kelapa sawit

E1. Minyak kelapa sawit merk X

T(°C)	Spektrum	pengulangan 1				pengulangan 2				pengulangan 3				\bar{n}	Δn	K
		kanan	kiri	dm	n-fk	kanan	kiri	dm	n-fk	kanan	kiri	dm	n-fk			
35	merah	260.500	179.333	40.584	1.451	260.500	179.333	40.584	1.451	260.333	179.500	40.417	1.4493	1.4506	0.0011	99.9258
	jingga	260.667	179.167	40.750	1.453	260.667	179.167	40.750	1.453	260.417	179.333	40.542	1.4507	1.4523	0.0013	99.9079
	kuning	260.833	179.000	40.917	1.455	260.833	179.000	40.917	1.455	260.583	179.167	40.708	1.4526	1.4541	0.0013	99.9079
	hijau	261.000	178.917	41.042	1.456	261.000	178.917	41.042	1.456	260.750	179.000	40.875	1.4545	1.4557	0.0011	99.9267
	biru	260.750	178.083	41.334	1.460	260.750	178.083	41.334	1.460	261.500	178.167	41.667	1.4632	1.4608	0.0021	99.8547
	ungu	260.917	178.000	41.459	1.461	260.917	178.000	41.459	1.461	261.667	178.167	41.750	1.4641	1.4620	0.0019	99.8730
40	merah	260.333	179.500	40.417	1.449	260.167	179.667	40.250	1.447	260.417	179.500	40.459	1.4498	1.4489	0.0012	99.9149
	jingga	260.417	179.333	40.542	1.451	260.250	179.583	40.334	1.448	260.500	179.333	40.584	1.4512	1.4501	0.0015	99.8968
	kuning	260.583	179.167	40.708	1.453	260.417	179.417	40.500	1.450	260.667	179.167	40.750	1.4531	1.4520	0.0015	99.8972
	hijau	260.750	179.000	40.875	1.454	260.667	179.250	40.709	1.453	260.833	179.000	40.917	1.4549	1.4540	0.0012	99.9158
	biru	261.500	178.167	41.667	1.463	260.417	178.583	40.917	1.455	261.667	178.167	41.750	1.4641	1.4608	0.0051	99.6525
	ungu	261.667	178.167	41.750	1.464	260.583	178.417	41.083	1.457	261.750	178.167	41.792	1.4646	1.4618	0.0044	99.6994
45	merah	260.250	179.583	40.334	1.448	260.167	179.667	40.250	1.447	260.083	179.750	40.167	1.4465	1.4475	0.0009	99.9355
	jingga	260.333	179.500	40.417	1.449	260.250	179.583	40.334	1.448	260.167	179.667	40.250	1.4475	1.4484	0.0009	99.9357
	kuning	260.500	179.333	40.584	1.451	260.417	179.417	40.500	1.450	260.333	179.583	40.375	1.4489	1.4501	0.0012	99.9192
	hijau	260.667	179.167	40.750	1.453	260.583	179.250	40.667	1.452	260.500	179.417	40.542	1.4507	1.4520	0.0012	99.9195
	biru	261.500	178.667	41.417	1.460	261.417	178.583	41.417	1.460	261.333	178.583	41.375	1.4600	1.4603	0.0003	99.9818
	ungu	261.583	178.500	41.542	1.462	261.500	178.417	41.542	1.462	261.500	178.417	41.542	1.4618	1.4618	0.0000	100.0000
50	merah	260.083	179.667	40.208	1.447	260.083	180.083	40.000	1.445	260.000	179.750	40.125	1.4461	1.4459	0.0012	99.9188
	jingga	260.250	179.583	40.334	1.448	260.250	179.917	40.167	1.447	260.083	179.667	40.208	1.4470	1.4473	0.0010	99.9328
	kuning	260.333	179.417	40.458	1.450	260.333	179.750	40.292	1.448	260.250	179.583	40.334	1.4484	1.4487	0.0010	99.9332
	hijau	260.500	179.250	40.625	1.452	260.500	179.583	40.459	1.450	260.417	179.417	40.500	1.4503	1.4506	0.0010	99.9334

	biru	261.333	178.583	41.375	1.460	261.333	178.250	41.542	1.462	261.250	178.583	41.334	1.4595	1.4605	0.0012	99.9167
	ungu	261.500	178.417	41.542	1.462	261.500	178.083	41.709	1.464	261.333	178.500	41.417	1.4605	1.4620	0.0016	99.8894
55	merah	260.000	180.083	39.959	1.444	260.167	180.000	40.084	1.446	260.083	180.167	39.958	1.4442	1.4447	0.0008	99.9439
	jingga	260.083	180.000	40.042	1.445	260.250	179.917	40.167	1.447	260.250	180.000	40.125	1.4461	1.4459	0.0007	99.9507
	kuning	260.250	179.833	40.209	1.447	260.417	179.750	40.334	1.448	260.333	179.917	40.208	1.4470	1.4475	0.0008	99.9441
	hijau	260.417	179.667	40.375	1.449	260.583	179.583	40.500	1.450	260.500	179.750	40.375	1.4489	1.4493	0.0008	99.9444
	biru	261.250	178.833	41.209	1.458	261.417	178.250	41.584	1.462	261.333	178.917	41.208	1.4581	1.4595	0.0024	99.8359
	ungu	261.417	178.750	41.334	1.460	261.583	178.167	41.708	1.464	261.417	178.833	41.292	1.4591	1.4608	0.0025	99.8268
60	merah	259.833	179.583	40.125	1.446	260.083	180.000	40.042	1.445	259.833	180.167	39.833	1.4428	1.4447	0.0017	99.8832
	jingga	259.917	179.500	40.209	1.447	260.250	179.917	40.167	1.447	259.917	180.000	39.959	1.4442	1.4459	0.0015	99.8962
	kuning	260.000	179.333	40.334	1.448	260.333	179.750	40.292	1.448	260.000	179.917	40.042	1.4451	1.4472	0.0018	99.8778
	hijau	260.167	179.167	40.500	1.450	260.500	179.583	40.459	1.450	260.167	179.750	40.209	1.4470	1.4490	0.0018	99.8784
	biru	261.000	178.667	41.167	1.458	261.333	178.833	41.250	1.459	261.000	178.917	41.042	1.4563	1.4575	0.0012	99.9202
	ungu	261.167	178.500	41.334	1.460	261.500	178.667	41.417	1.460	261.167	178.750	41.209	1.4582	1.4594	0.0012	99.9206
65	merah	259.500	179.917	39.792	1.442	259.667	180.333	39.667	1.441	259.750	180.333	39.709	1.4414	1.4416	0.0007	99.9505
	jingga	259.667	179.750	39.959	1.444	259.750	180.167	39.792	1.442	259.833	180.167	39.833	1.4428	1.4431	0.0010	99.9323
	kuning	259.833	179.583	40.125	1.446	259.917	180.000	39.959	1.444	260.000	180.000	40.000	1.4447	1.4450	0.0010	99.9327
	hijau	260.000	179.417	40.292	1.448	260.083	179.833	40.125	1.446	260.167	179.833	40.167	1.4466	1.4469	0.0010	99.9330
	biru	260.833	178.583	41.125	1.457	260.917	179.000	40.959	1.455	261.000	179.000	41.000	1.4558	1.4561	0.0010	99.9340
	ungu	260.917	178.417	41.250	1.459	261.000	178.917	41.042	1.456	261.083	178.917	41.083	1.4568	1.4572	0.0012	99.9161
70	merah	259.833	180.500	39.667	1.441	259.583	180.500	39.542	1.440	259.750	180.417	39.667	1.4409	1.4405	0.0008	99.9436
	jingga	259.917	180.417	39.750	1.442	259.667	180.417	39.625	1.440	259.833	180.333	39.750	1.4419	1.4414	0.0008	99.9436
	kuning	260.000	180.250	39.875	1.443	259.833	180.250	39.792	1.442	260.000	180.167	39.917	1.4437	1.4431	0.0007	99.9504
	hijau	260.167	180.083	40.042	1.445	260.000	180.083	39.959	1.444	260.167	180.000	40.084	1.4456	1.4450	0.0007	99.9506
	biru	261.000	179.250	40.875	1.454	260.833	179.250	40.792	1.454	261.000	179.167	40.917	1.4549	1.4543	0.0007	99.9513
	ungu	261.083	179.167	40.958	1.455	260.917	179.167	40.875	1.454	261.083	179.000	41.042	1.4563	1.4554	0.0009	99.9365
75	merah	259.500	180.750	39.375	1.438	260.333	181.417	39.458	1.439	260.833	181.750	39.542	1.4395	1.4386	0.0009	99.9347

	jingga	259.667	180.583	39.542	1.440	260.500	181.250	39.625	1.440	261.000	181.583	39.709	1.4414	1.4405	0.0009	99.9349
	kuning	259.833	180.417	39.708	1.441	260.617	181.167	39.725	1.442	261.083	181.500	39.792	1.4423	1.4418	0.0005	99.9656
	hijau	260.000	180.250	39.875	1.443	260.750	181.000	39.875	1.443	261.167	181.333	39.917	1.4437	1.4434	0.0003	99.9811
	biru	260.833	179.583	40.625	1.452	261.250	180.167	40.542	1.451	262.000	180.500	40.750	1.4531	1.4518	0.0012	99.9195
	ungu	261.000	179.417	40.792	1.454	261.617	180.000	40.809	1.454	262.167	180.417	40.875	1.4545	1.4539	0.0005	99.9662
	merah	259.000	180.750	39.125	1.435	259.333	181.333	39.000	1.433	259.417	181.167	39.125	1.4348	1.4343	0.0008	99.9430
80	jingga	259.083	180.583	39.250	1.436	259.500	181.167	39.167	1.435	259.500	181.083	39.209	1.4358	1.4358	0.0005	99.9671
	kuning	259.250	180.417	39.417	1.438	259.667	181.000	39.334	1.437	259.667	180.917	39.375	1.4376	1.4376	0.0005	99.9674
	hijau	259.417	180.250	39.584	1.440	259.833	180.833	39.500	1.439	259.833	180.750	39.542	1.4395	1.4395	0.0005	99.9673
	biru	260.583	179.583	40.500	1.450	260.667	180.000	40.334	1.448	260.667	179.917	40.375	1.4489	1.4492	0.0010	99.9332
	ungu	260.750	179.417	40.667	1.452	260.750	179.917	40.417	1.449	260.750	179.833	40.459	1.4498	1.4504	0.0015	99.8970

E2. Minyak kelapa sawit merk Y

T(°C)	Spektrum	pengulangan 1				pengulangan 2				pengulangan 3			\bar{n}	Δn	K	
		kanan	kiri	dm	n-fk	kanan	kiri		kiri	dm	n-fk					
35	merah	260.500	179.167	40.667	1.4521	260.583	179.333	40.625	1.4517	260.667	179.333	40.667	1.4521	1.4520	0.0003	99.9815
	jingga	260.667	179.083	40.792	1.4535	260.667	179.167	40.750	1.4531	260.750	179.250	40.750	1.4531	1.4532	0.0003	99.9814
	kuning	260.833	178.917	40.958	1.4554	260.833	179.000	40.917	1.4549	260.833	179.083	40.875	1.4545	1.4549	0.0005	99.9683
	hijau	261.000	178.750	41.125	1.4572	261.000	178.833	41.084	1.4568	261.000	178.917	41.042	1.4563	1.4568	0.0005	99.9682
	biru	260.750	177.917	41.417	1.4605	261.833	178.000	41.917	1.4660	261.833	178.083	41.875	1.4655	1.4640	0.0031	99.7911
	ungu	260.917	177.833	41.542	1.4618	262.000	177.917	42.042	1.4673	262.000	177.917	42.042	1.4673	1.4655	0.0032	99.7834
40	merah	260.500	179.417	40.542	1.4507	260.417	179.500	40.459	1.4498	260.333	179.583	40.375	1.4489	1.4498	0.0009	99.9359
	jingga	260.583	179.333	40.625	1.4517	260.500	179.333	40.584	1.4512	261.417	179.500	40.959	1.4554	1.4528	0.0023	99.8425
	kuning	260.833	179.167	40.833	1.4540	260.667	179.167	40.750	1.4531	261.583	179.333	41.125	1.4572	1.4548	0.0022	99.8496
	hijau	261.000	179.000	41.000	1.4558	260.833	179.000	40.917	1.4549	261.750	179.167	41.292	1.4591	1.4566	0.0022	99.8501
	biru	260.750	178.167	41.292	1.4591	261.667	178.167	41.750	1.4641	262.583	178.667	41.958	1.4664	1.4632	0.0038	99.7429

	ungu	260.833	178.000	41.417	1.4605	261.750	178.083	41.834	1.4651	262.667	178.583	42.042	1.4673	1.4643	0.0035	99.7604
45	merah	260.250	179.667	40.292	1.4479	260.333	179.583	40.375	1.4489	260.167	179.750	40.209	1.4470	1.4479	0.0009	99.9357
	jingga	260.333	179.500	40.417	1.4493	261.417	179.500	40.959	1.4554	260.250	179.583	40.334	1.4484	1.4510	0.0038	99.7394
	kuning	260.500	179.333	40.584	1.4512	261.583	179.333	41.125	1.4572	260.417	179.417	40.500	1.4503	1.4529	0.0038	99.7403
	hijau	260.667	179.167	40.750	1.4531	261.750	179.167	41.292	1.4591	260.583	179.250	40.667	1.4521	1.4548	0.0038	99.7410
	biru	261.500	178.667	41.417	1.4605	262.583	178.667	41.958	1.4664	261.417	178.583	41.417	1.4605	1.4624	0.0034	99.7645
	ungu	261.583	178.500	41.542	1.4618	262.750	178.500	42.125	1.4683	261.583	178.500	41.542	1.4618	1.4640	0.0037	99.7468
50	merah	260.250	179.750	40.250	1.4475	260.667	179.750	40.459	1.4498	260.000	180.000	40.000	1.4447	1.4473	0.0026	99.8225
	jingga	260.333	179.583	40.375	1.4489	260.750	179.667	40.542	1.4507	260.083	179.917	40.083	1.4456	1.4484	0.0026	99.8208
	kuning	260.500	179.417	40.542	1.4507	260.917	179.500	40.709	1.4526	260.250	179.750	40.250	1.4475	1.4503	0.0026	99.8214
	hijau	260.667	179.250	40.709	1.4526	261.083	179.333	40.875	1.4545	260.417	179.583	40.417	1.4493	1.4521	0.0026	99.8221
	biru	261.500	178.583	41.459	1.4609	261.917	178.500	41.709	1.4637	261.250	178.250	41.500	1.4614	1.4620	0.0015	99.8989
	ungu	261.667	178.500	41.584	1.4623	262.000	178.417	41.792	1.4646	261.417	178.083	41.667	1.4632	1.4634	0.0012	99.9212
55	merah	260.167	179.917	40.125	1.4461	260.667	179.833	40.417	1.4493	260.000	180.000	40.000	1.4447	1.4467	0.0024	99.8344
	jingga	260.250	179.750	40.250	1.4475	260.750	179.750	40.500	1.4503	260.083	179.917	40.083	1.4456	1.4478	0.0023	99.8379
	kuning	260.417	179.583	40.417	1.4493	260.917	179.583	40.667	1.4521	260.250	179.750	40.250	1.4475	1.4497	0.0023	99.8384
	hijau	260.583	179.417	40.583	1.4512	261.083	179.417	40.833	1.4540	260.417	179.583	40.417	1.4493	1.4515	0.0023	99.8392
	biru	261.417	178.583	41.417	1.4605	261.917	178.583	41.667	1.4632	261.250	178.250	41.500	1.4614	1.4617	0.0014	99.9039
	ungu	261.500	178.417	41.542	1.4618	262.000	178.417	41.792	1.4646	261.333	178.083	41.625	1.4628	1.4631	0.0014	99.9041
60	merah	259.583	180.500	39.542	1.4395	260.000	180.167	39.917	1.4437	260.500	179.833	40.334	1.4484	1.4439	0.0044	99.6920
	jingga	259.667	180.417	39.625	1.4405	260.083	180.000	40.042	1.4451	260.583	179.750	40.417	1.4493	1.4450	0.0044	99.6927
	kuning	259.833	180.250	39.792	1.4423	260.250	179.917	40.167	1.4465	260.833	179.583	40.625	1.4517	1.4469	0.0047	99.6770
	hijau	260.000	180.083	39.959	1.4442	260.417	179.750	40.334	1.4484	261.000	179.417	40.792	1.4535	1.4487	0.0047	99.6782
	biru	260.833	179.250	40.792	1.4535	261.250	178.917	41.167	1.4577	261.750	178.583	41.584	1.4623	1.4578	0.0044	99.6989
	ungu	260.917	179.083	40.917	1.4549	261.417	178.833	41.292	1.4591	261.833	178.417	41.708	1.4637	1.4592	0.0044	99.7000
65	merah	259.750	180.333	39.709	1.4414	259.750	180.667	39.542	1.4395	259.833	180.417	39.708	1.4414	1.4408	0.0011	99.9247
	jingga	259.833	180.167	39.833	1.4428	259.833	180.500	39.667	1.4409	259.917	180.333	39.792	1.4423	1.4420	0.0010	99.9323

	kuning	260.000	180.000	40.000	1.4447	260.000	180.333	39.834	1.4428	260.000	180.167	39.917	1.4437	1.4437	0.0009	99.9353
	hijau	260.167	179.833	40.167	1.4466	260.167	180.167	40.000	1.4447	260.167	180.000	40.084	1.4456	1.4456	0.0009	99.9353
	biru	261.000	179.000	41.000	1.4558	261.000	179.333	40.834	1.4540	261.000	179.167	40.917	1.4549	1.4549	0.0009	99.9364
	ungu	261.083	178.833	41.125	1.4572	261.167	179.250	40.959	1.4554	261.167	179.000	41.084	1.4568	1.4565	0.0010	99.9340
70	merah	259.667	180.500	39.584	1.4400	259.750	180.500	39.625	1.4405	259.583	180.583	39.500	1.4391	1.4398	0.0007	99.9502
	jingga	259.750	180.417	39.667	1.4409	259.833	180.417	39.708	1.4414	259.667	180.500	39.584	1.4400	1.4408	0.0007	99.9505
	kuning	259.917	180.250	39.834	1.4428	260.000	180.250	39.875	1.4433	259.833	180.333	39.750	1.4419	1.4427	0.0007	99.9504
	hijau	260.083	180.083	40.000	1.4447	260.167	180.083	40.042	1.4452	260.000	180.167	39.917	1.4437	1.4445	0.0007	99.9504
	biru	260.917	179.250	40.834	1.4540	261.000	179.250	40.875	1.4545	260.833	179.333	40.750	1.4531	1.4538	0.0007	99.9513
	ungu	261.000	179.167	40.917	1.4549	261.083	179.167	40.958	1.4554	260.917	179.250	40.834	1.4540	1.4548	0.0007	99.9516
75	merah	259.500	180.583	39.459	1.4386	259.333	180.750	39.292	1.4367	259.500	180.583	39.459	1.4386	1.4380	0.0011	99.9243
	jingga	259.667	180.500	39.584	1.4400	259.500	180.583	39.459	1.4386	259.667	180.500	39.584	1.4400	1.4395	0.0008	99.9435
	kuning	259.833	180.333	39.750	1.4419	259.667	180.417	39.625	1.4405	259.833	180.333	39.750	1.4419	1.4414	0.0008	99.9436
	hijau	260.000	180.167	39.917	1.4437	259.833	180.250	39.792	1.4423	260.000	180.167	39.917	1.4437	1.4433	0.0008	99.9438
	biru	260.833	179.333	40.750	1.4531	260.667	179.583	40.542	1.4507	260.833	179.333	40.750	1.4531	1.4523	0.0013	99.9079
	ungu	260.917	179.250	40.834	1.4540	260.833	179.417	40.708	1.4526	261.000	179.250	40.875	1.4545	1.4537	0.0010	99.9334
80	merah	259.917	180.667	39.625	1.4405	258.750	180.083	39.334	1.4372	259.083	181.417	38.833	1.4315	1.4364	0.0045	99.6846
	jingga	260.000	180.500	39.750	1.4419	258.833	180.000	39.417	1.4381	259.167	181.333	38.917	1.4325	1.4375	0.0047	99.6705
	kuning	260.167	180.333	39.917	1.4437	259.000	179.833	39.584	1.4400	259.333	181.167	39.083	1.4343	1.4394	0.0047	99.6711
	hijau	260.333	180.167	40.083	1.4456	259.167	179.667	39.750	1.4419	259.500	181.000	39.250	1.4362	1.4412	0.0047	99.6725
	biru	261.167	179.333	40.917	1.4549	260.000	178.833	40.584	1.4512	260.333	180.167	40.083	1.4456	1.4506	0.0047	99.6770
	ungu	261.250	179.250	41.000	1.4558	260.167	178.750	40.709	1.4526	260.417	180.000	40.209	1.4470	1.4518	0.0045	99.6926

E3. Minyak kelapa sawit merk Z

T(°C)	Spektrum	pengulangan 1				pengulangan 2				pengulangan 3			\bar{n}	Δn	K	
		kanan	kiri	dm	n-fk	kanan	kiri		kiri	dm	n-fk					
35	merah	260.083	179.250	40.417	1.449	260.500	179.333	40.584	1.451	260.667	179.167	40.750	1.453	1.4531	0.0037	99.7445
	jingga	260.250	179.167	40.542	1.451	261.583	179.167	41.208	1.458	260.750	179.083	40.834	1.454	1.4543	0.0037	99.7446
	kuning	260.333	179.000	40.667	1.452	261.667	179.000	41.334	1.460	260.917	178.917	41.000	1.456	1.4558	0.0037	99.7457
	hijau	260.500	178.833	40.834	1.454	261.833	178.833	41.500	1.461	261.083	178.750	41.167	1.458	1.4577	0.0037	99.7466
	biru	261.333	178.000	41.667	1.463	262.667	178.000	42.334	1.471	261.917	177.917	42.000	1.467	1.4669	0.0037	99.7503
	ungu	261.500	177.917	41.792	1.465	262.750	177.917	42.417	1.471	262.000	177.833	42.084	1.468	1.4679	0.0034	99.7663
40	merah	260.417	179.500	40.459	1.450	260.333	179.500	40.417	1.449	260.583	179.250	40.667	1.452	1.4504	0.0015	99.8970
	jingga	260.500	179.417	40.541	1.451	261.417	179.333	41.042	1.456	260.667	179.167	40.750	1.453	1.4534	0.0028	99.8075
	kuning	260.667	179.250	40.709	1.453	261.583	179.167	41.208	1.458	260.833	179.000	40.917	1.455	1.4552	0.0028	99.8085
	hijau	260.833	179.000	40.917	1.455	261.750	179.000	41.375	1.460	261.000	178.833	41.084	1.457	1.4572	0.0026	99.8235
	biru	261.667	178.167	41.750	1.464	262.583	178.167	42.208	1.469	261.833	178.000	41.917	1.466	1.4664	0.0025	99.8263
	ungu	261.750	178.000	41.875	1.466	262.667	178.083	42.292	1.470	262.000	177.833	42.084	1.468	1.4678	0.0023	99.8441
45	merah	260.500	179.583	40.459	1.450	260.167	179.750	40.209	1.447	260.167	179.667	40.250	1.447	1.4481	0.0015	99.8966
	jingga	261.583	179.500	41.042	1.456	260.250	179.583	40.334	1.448	260.250	179.583	40.334	1.448	1.4510	0.0046	99.6862
	kuning	261.667	179.333	41.167	1.458	260.417	179.417	40.500	1.450	260.417	179.417	40.500	1.450	1.4527	0.0043	99.7052
	hijau	261.833	179.167	41.333	1.460	260.583	179.250	40.667	1.452	260.583	179.250	40.667	1.452	1.4546	0.0043	99.7063
	biru	262.667	178.667	42.000	1.467	261.417	178.583	41.417	1.460	261.417	178.583	41.417	1.460	1.4626	0.0037	99.7464
	ungu	262.833	178.500	42.167	1.469	261.583	178.417	41.583	1.462	261.583	178.500	41.542	1.462	1.4643	0.0038	99.7375
50	merah	260.000	179.833	40.084	1.446	260.250	179.917	40.167	1.447	260.000	179.917	40.042	1.445	1.4458	0.0007	99.9507
	jingga	260.083	179.750	40.167	1.447	260.333	179.750	40.292	1.448	260.083	179.750	40.167	1.447	1.4470	0.0008	99.9442
	kuning	260.250	179.583	40.334	1.448	260.500	179.583	40.459	1.450	260.250	179.583	40.334	1.448	1.4489	0.0008	99.9443
	hijau	260.417	179.417	40.500	1.450	260.667	179.417	40.625	1.452	260.417	179.417	40.500	1.450	1.4507	0.0008	99.9445
	biru	261.250	178.583	41.334	1.460	261.500	178.583	41.459	1.461	261.250	178.583	41.334	1.460	1.4600	0.0008	99.9454
	ungu	261.417	178.417	41.500	1.461	261.583	178.500	41.542	1.462	261.417	178.500	41.459	1.461	1.4614	0.0005	99.9686

55	merah	260.000	180.083	39.959	1.444	260.083	180.000	40.042	1.445	259.917	180.000	39.959	1.444	1.4445	0.0005	99.9628
	jingga	260.083	180.000	40.042	1.445	260.250	179.917	40.167	1.447	260.083	179.917	40.083	1.446	1.4458	0.0007	99.9507
	kuning	260.250	179.833	40.209	1.447	260.333	179.750	40.292	1.448	260.250	179.750	40.250	1.447	1.4475	0.0005	99.9679
	hijau	260.417	179.667	40.375	1.449	260.500	179.583	40.459	1.450	260.417	179.583	40.417	1.449	1.4493	0.0005	99.9678
	biru	261.250	178.833	41.209	1.458	261.333	178.750	41.292	1.459	261.250	178.750	41.250	1.459	1.4586	0.0005	99.9685
	ungu	261.333	178.667	41.333	1.460	261.500	178.667	41.417	1.460	261.333	178.667	41.333	1.460	1.4598	0.0005	99.9635
60	merah	259.833	180.333	39.750	1.442	259.833	180.167	39.833	1.443	259.833	180.167	39.833	1.443	1.4425	0.0005	99.9627
	jingga	259.917	180.167	39.875	1.443	259.917	180.000	39.959	1.444	259.917	180.000	39.959	1.444	1.4439	0.0005	99.9625
	kuning	260.000	180.000	40.000	1.445	260.000	179.917	40.042	1.445	260.000	179.917	40.042	1.445	1.4450	0.0003	99.9814
	hijau	260.167	179.833	40.167	1.447	260.167	179.750	40.209	1.447	260.167	179.750	40.209	1.447	1.4469	0.0003	99.9815
	biru	261.000	179.000	41.000	1.456	261.000	178.917	41.042	1.456	261.000	178.917	41.042	1.456	1.4561	0.0003	99.9817
	ungu	261.167	178.833	41.167	1.458	261.167	178.833	41.167	1.458	261.083	178.750	41.167	1.458	1.4577	0.0000	99.9998
65	merah	259.667	180.333	39.667	1.441	259.833	180.500	39.667	1.441	259.833	179.917	39.958	1.444	1.4420	0.0019	99.8689
	jingga	259.750	180.167	39.792	1.442	259.917	180.417	39.750	1.442	259.917	179.750	40.084	1.446	1.4433	0.0020	99.8586
	kuning	259.917	180.000	39.959	1.444	260.000	180.250	39.875	1.443	260.000	179.583	40.209	1.447	1.4448	0.0019	99.8653
	hijau	260.083	179.833	40.125	1.446	260.167	180.083	40.042	1.445	260.167	179.417	40.375	1.449	1.4467	0.0019	99.8659
	biru	260.917	179.000	40.959	1.455	261.000	179.250	40.875	1.454	261.000	178.583	41.209	1.458	1.4560	0.0019	99.8678
	ungu	261.000	178.833	41.084	1.457	261.083	179.167	40.958	1.455	261.167	178.417	41.375	1.460	1.4574	0.0024	99.8373
70	merah	259.583	180.583	39.500	1.439	259.667	180.583	39.542	1.440	259.083	180.000	39.542	1.440	1.4394	0.0003	99.9811
	jingga	259.667	180.500	39.584	1.440	259.750	180.500	39.625	1.440	259.167	179.917	39.625	1.440	1.4403	0.0003	99.9813
	kuning	259.833	180.333	39.750	1.442	259.917	180.333	39.792	1.442	259.333	179.750	39.792	1.442	1.4422	0.0003	99.9812
	hijau	260.000	180.167	39.917	1.444	260.083	180.167	39.958	1.444	259.500	179.583	39.959	1.444	1.4441	0.0003	99.9813
	biru	260.833	179.333	40.750	1.453	260.917	179.333	40.792	1.454	260.333	178.250	41.042	1.456	1.4543	0.0018	99.8796
	ungu	260.917	179.250	40.834	1.454	261.000	179.250	40.875	1.454	260.417	178.083	41.167	1.458	1.4554	0.0020	99.8614
75	merah	259.500	180.667	39.417	1.438	259.417	180.750	39.334	1.437	259.417	180.583	39.417	1.438	1.4378	0.0005	99.9623
	jingga	259.667	180.500	39.584	1.440	259.500	180.667	39.417	1.438	259.500	180.500	39.500	1.439	1.4391	0.0009	99.9346
	kuning	259.833	180.333	39.750	1.442	259.667	180.500	39.584	1.440	259.667	180.333	39.667	1.441	1.4409	0.0009	99.9350

	hijau	260.000	180.167	39.917	1.444	259.833	180.333	39.750	1.442	259.833	180.167	39.833	1.443	1.4428	0.0009	99.9352
	biru	260.833	179.333	40.750	1.453	260.667	179.500	40.584	1.451	260.667	179.333	40.667	1.452	1.4521	0.0009	99.9361
	ungu	260.917	179.250	40.834	1.454	260.750	179.417	40.667	1.452	260.833	179.167	40.833	1.454	1.4534	0.0011	99.9263
	merah	259.883	180.500	39.692	1.441	260.000	181.000	39.500	1.439	259.000	181.167	38.917	1.432	1.4376	0.0046	99.6826
	jingga	259.917	180.417	39.750	1.442	260.083	180.917	39.583	1.440	259.083	181.000	39.042	1.434	1.4386	0.0042	99.7093
	kuning	260.000	180.250	39.875	1.443	260.250	180.750	39.750	1.442	259.250	180.917	39.167	1.435	1.4401	0.0043	99.7039
80	hijau	260.167	180.083	40.042	1.445	260.417	180.583	39.917	1.444	259.417	180.833	39.292	1.437	1.4419	0.0045	99.6862
	biru	261.000	179.250	40.875	1.454	261.250	179.750	40.750	1.453	260.250	180.000	40.125	1.446	1.4512	0.0045	99.6909
	ungu	261.167	179.167	41.000	1.456	261.333	179.667	40.833	1.454	260.333	179.917	40.208	1.447	1.4523	0.0047	99.6794

Lampiran F. Perhitungan konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy

F1. Minyak kelapa sawit merk X

T	merah jingga		kuning hijau		biru ungu		merah ungu		kuning ungu		hijau ungu	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
35	1.0480	0.0198	1.0762	0.0099	1.1095	-0.0019	1.0800	0.0085	1.0929	0.0040	1.0972	0.0025
40	1.0577	0.0147	1.0590	0.0142	1.1125	-0.0047	1.0720	0.0096	1.0814	0.0063	1.0872	0.0043
45	1.0638	0.0112	1.0573	0.0135	1.1023	-0.0025	1.0652	0.0106	1.0713	0.0085	1.0748	0.0072
50	1.0442	0.0166	1.0532	0.0134	1.1027	-0.0043	1.0574	0.0119	1.0633	0.0098	1.0659	0.0088
55	1.0456	0.0148	1.0496	0.0134	1.1059	-0.0067	1.0539	0.0119	1.0597	0.0098	1.0623	0.0089
60	1.0455	0.0149	1.0487	0.0138	1.0883	-0.0004	1.0565	0.0109	1.0615	0.0091	1.0648	0.0080
65	1.0268	0.0185	1.0424	0.0129	1.0990	-0.0076	1.0457	0.0117	1.0552	0.0082	1.0585	0.0071
70	1.0434	0.0114	1.0434	0.0114	1.0936	-0.0068	1.0441	0.0112	1.0498	0.0091	1.0531	0.0079
75	1.0084	0.0222	1.0381	0.0114	1.0676	0.0007	1.0379	0.0115	1.0463	0.0084	1.0484	0.0077
80	1.0109	0.0171	1.0212	0.0133	1.0758	-0.0068	1.0244	0.0121	1.0329	0.0090	1.0359	0.0079

T	merah hijau		merah biru		kuning biru		merah kuning		jingga kuning		jingga hijau	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
35	1.0529	0.0181	1.0765	0.0097	1.0902	0.0049	1.0370	0.0237	1.0199	0.0297	1.0557	0.0171
40	1.0480	0.0181	1.0672	0.0113	1.0590	0.0142	1.0402	0.0209	1.0137	0.0303	1.0426	0.0201
45	1.0498	0.0161	1.0608	0.0122	1.0663	0.0103	1.0445	0.0180	1.0154	0.0283	1.0421	0.0188
50	1.0438	0.0167	1.0521	0.0138	1.0571	0.0120	1.0372	0.0191	1.0262	0.0230	1.0435	0.0168
55	1.0402	0.0168	1.0478	0.0141	1.0525	0.0124	1.0336	0.0191	1.0151	0.0258	1.0372	0.0179
60	1.0431	0.0157	1.0527	0.0123	1.0573	0.0107	1.0392	0.0171	1.0294	0.0206	1.0418	0.0162
65	1.0253	0.0190	1.0395	0.0139	1.0484	0.0107	1.0136	0.0233	0.9932	0.0306	1.0245	0.0193
70	1.0295	0.0165	1.0382	0.0133	1.0430	0.0116	1.0242	0.0183	0.9952	0.0289	1.0218	0.0192
75	1.0211	0.0176	1.0344	0.0128	1.0429	0.0097	1.0093	0.0219	1.0109	0.0213	1.0283	0.0150
80	1.0060	0.0189	1.0184	0.0143	1.0261	0.0115	0.9955	0.0227	0.9721	0.0314	1.0033	0.0199

T	jingga biru		jingga ungu		hijau biru		rata-rata		ΔA	ΔB
	A	B	A	B	A	B	A	B		
35	1.0818	0.0079	1.0853	0.0067	1.0946	0.0034	1.0732	0.0109	0.0251	0.0088
40	1.0690	0.0107	1.0743	0.0088	1.0819	0.0061	1.0644	0.0123	0.0233	0.0083
45	1.0603	0.0124	1.0655	0.0106	1.0691	0.0093	1.0606	0.0123	0.0189	0.0067
50	1.0535	0.0133	1.0595	0.0111	1.0583	0.0115	1.0545	0.0129	0.0170	0.0061
55	1.0481	0.0139	1.0552	0.0114	1.0534	0.0121	1.0507	0.0130	0.0193	0.0069
60	1.0540	0.0118	1.0583	0.0103	1.0622	0.0089	1.0536	0.0120	0.0137	0.0049
65	1.0418	0.0131	1.0488	0.0106	1.0502	0.0101	1.0409	0.0134	0.0237	0.0086
70	1.0373	0.0136	1.0442	0.0111	1.0448	0.0109	1.0404	0.0125	0.0206	0.0075
75	1.0392	0.0110	1.0427	0.0097	1.0444	0.0091	1.0347	0.0127	0.0165	0.0060
80	0.3747	0.2511	1.0197	0.0138	1.0277	0.0109	1.0198	0.0138	0.0226	0.0083

T	merah jingga				kuning hijau				biru ungu			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
35	1.4311	0.0072	0.000125	2.2E-06	1.4409	0.0037	3.1544E-05	2.7646E-07	1.4524	-0.0007	1.1420E-06	-1.8825E-09
40	1.4345	0.0054	6.95E-05	9.09E-07	1.4349	0.0053	6.5146E-05	8.2562E-07	1.4534	-0.0018	7.2465E-06	-3.0059E-08
45	1.4366	0.0041	4.02E-05	4E-07	1.4343	0.0050	5.8164E-05	6.9694E-07	1.4499	-0.0010	2.0917E-06	-4.6780E-09
50	1.4298	0.0060	8.74E-05	1.29E-06	1.4329	0.0049	5.7393E-05	6.8416E-07	1.4501	-0.0016	6.0576E-06	-2.3051E-08
55	1.4303	0.0054	7.02E-05	9.27E-07	1.4316	0.0049	5.7522E-05	6.8737E-07	1.4512	-0.0026	1.4939E-05	-8.9171E-08
60	1.4302	0.0054	7.06E-05	9.36E-07	1.4313	0.0050	6.0411E-05	7.4005E-07	1.4451	-0.0002	5.9279E-08	-2.2427E-11
65	1.4237	0.0067	0.000108	1.78E-06	1.4291	0.0047	5.2784E-05	6.0582E-07	1.4488	-0.0029	1.8805E-05	-1.2624E-07
70	1.4295	0.0042	4.14E-05	4.21E-07	1.4295	0.0042	4.1442E-05	4.2130E-07	1.4469	-0.0026	1.4978E-05	-8.9911E-08
75	1.4172	0.0079	0.000154	3.05E-06	1.4276	0.0042	4.1381E-05	4.2119E-07	1.4379	0.0003	1.5607E-07	9.6509E-11
80	1.4180	0.0061	9.12E-05	1.39E-06	1.4217	0.0048	5.5533E-05	6.5895E-07	1.4408	-0.0025	1.4937E-05	-9.0103E-08

T	merah ungu				kuning ungu				hijau ungu			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
35	1.4422	0.0032	2.36E-05	1.78E-07	1.4467	0.0015	5.1923E-06	1.8355E-08	1.4482	0.0009	2.0065E-06	4.4028E-09
40	1.4395	0.0036	3.00E-05	2.57E-07	1.4427	0.0024	1.2996E-05	7.2979E-08	1.4447	0.0016	5.9560E-06	2.2595E-08
45	1.4371	0.0039	3.65E-05	3.46E-07	1.4392	0.0032	2.3413E-05	1.7710E-07	1.4404	0.0027	1.6985E-05	1.0929E-07
50	1.4344	0.0044	4.52E-05	4.77E-07	1.4364	0.0036	3.0719E-05	2.6692E-07	1.4373	0.0033	2.5223E-05	1.9841E-07
55	1.4331	0.0044	4.53E-05	4.80E-07	1.4352	0.0036	3.0848E-05	2.6895E-07	1.4361	0.0033	2.5348E-05	2.0014E-07
60	1.4341	0.0040	3.84E-05	3.74E-07	1.4358	0.0034	2.6947E-05	2.1944E-07	1.4369	0.0030	2.0500E-05	1.4544E-07
65	1.4303	0.0043	4.34E-05	4.52E-07	1.4336	0.0030	2.1818E-05	1.6024E-07	1.4348	0.0026	1.6034E-05	1.0083E-07
70	1.4297	0.0041	3.97E-05	3.96E-07	1.4317	0.0033	2.6396E-05	2.1365E-07	1.4329	0.0029	1.9946E-05	1.4018E-07
75	1.4276	0.0042	4.19E-05	4.29E-07	1.4305	0.0031	2.2705E-05	1.7066E-07	1.4312	0.0028	1.8831E-05	1.2881E-07
80	1.4228	0.0044	4.62E-05	5.00E-07	1.4258	0.0033	2.5627E-05	2.0567E-07	1.4268	0.0029	1.9794E-05	1.3946E-07

T	merah hijau				merah biru				kuning biru			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
35	1.4328	0.0066	1.0445E-04	1.6798E-06	1.4410	0.0036	3.0898E-05	2.6799E-07	1.4458	0.0019	7.9322E-06	3.4691E-08
40	1.4311	0.0066	1.0516E-04	1.7000E-06	1.4378	0.0042	4.1444E-05	4.1769E-07	1.4349	0.0053	6.5146E-05	8.2562E-07
45	1.4317	0.0059	8.3087E-05	1.1932E-06	1.4356	0.0045	4.7937E-05	5.2079E-07	1.4375	0.0038	3.3958E-05	3.0989E-07
50	1.4296	0.0061	8.9127E-05	1.3285E-06	1.4325	0.0051	6.0615E-05	7.4287E-07	1.4343	0.0044	4.6053E-05	4.9106E-07
55	1.4284	0.0061	8.9456E-05	1.3377E-06	1.4310	0.0052	6.3251E-05	7.9311E-07	1.4327	0.0045	4.9051E-05	5.4068E-07
60	1.4294	0.0057	7.8759E-05	1.1039E-06	1.4327	0.0045	4.8425E-05	5.3032E-07	1.4343	0.0039	3.6611E-05	3.4805E-07
65	1.4231	0.0069	1.1402E-04	1.9356E-06	1.4281	0.0051	6.1547E-05	7.6359E-07	1.4312	0.0039	3.6741E-05	3.5103E-07
70	1.4246	0.0059	8.5428E-05	1.2534E-06	1.4277	0.0048	5.5907E-05	6.6139E-07	1.4293	0.0042	4.2612E-05	4.3933E-07
75	1.4217	0.0063	9.7306E-05	1.5284E-06	1.4263	0.0046	5.1721E-05	5.8936E-07	1.4293	0.0035	2.9827E-05	2.5728E-07
80	1.4163	0.0067	1.1075E-04	1.8667E-06	1.4207	0.0051	6.4382E-05	8.2345E-07	1.4234	0.0041	4.1476E-05	4.2453E-07

T	merah kuning				jingga kuning				jingga hijau			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
35	1.4272	0.0086	1.7760E-04	3.7465E-06	1.4212	0.0106	2.7604E-04	7.3062E-06	1.4338	0.0063	9.3625E-05	1.4242E-06
40	1.4284	0.0076	1.3846E-04	2.5758E-06	1.4190	0.0108	2.8628E-04	7.7351E-06	1.4292	0.0073	1.2792E-04	2.2855E-06
45	1.4299	0.0066	1.0311E-04	1.6527E-06	1.4196	0.0101	2.5115E-04	6.3515E-06	1.4290	0.0069	1.1294E-04	1.8962E-06
50	1.4273	0.0069	1.1528E-04	1.9591E-06	1.4235	0.0083	1.6625E-04	3.4067E-06	1.4295	0.0061	9.0109E-05	1.3507E-06
55	1.4261	0.0069	1.1579E-04	1.9746E-06	1.4195	0.0092	2.0741E-04	4.7673E-06	1.4273	0.0065	1.0116E-04	1.6103E-06
60	1.4280	0.0062	9.3068E-05	1.4200E-06	1.4246	0.0075	1.3426E-04	2.4695E-06	1.4289	0.0059	8.3515E-05	1.2059E-06
65	1.4190	0.0083	1.6924E-04	3.5159E-06	1.4118	0.0108	2.8908E-04	7.9110E-06	1.4228	0.0070	1.1758E-04	2.0277E-06
70	1.4228	0.0066	1.0576E-04	1.7299E-06	1.4125	0.0102	2.5667E-04	6.6133E-06	1.4219	0.0069	1.1601E-04	1.9891E-06
75	1.4175	0.0078	1.4905E-04	2.9105E-06	1.4181	0.0076	1.4176E-04	2.6982E-06	1.4242	0.0054	7.0675E-05	9.4353E-07
80	1.4126	0.0080	1.5951E-04	3.2396E-06	1.4043	0.0109	2.9850E-04	8.3705E-06	1.4154	0.0070	1.2245E-04	2.1723E-06

T	jingga biru				jingga ungu				hijau biru			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
35	1.4428	0.0030	2.0287E-05	1.4231E-07	1.4440	0.0025	1.4557E-05	8.6398E-08	1.44727	0.00128	3.77E-06	1.13E-08
40	1.4384	0.0040	3.7114E-05	3.5374E-07	1.4403	0.0033	2.5251E-05	1.9814E-07	1.442885	0.002299	1.23E-05	6.69E-08
45	1.4354	0.0046	4.9391E-05	5.4478E-07	1.4372	0.0039	3.5967E-05	3.3791E-07	1.438443	0.003442	2.78E-05	2.29E-07
50	1.4330	0.0049	5.6271E-05	6.6411E-07	1.4351	0.0041	3.9683E-05	3.9244E-07	1.434688	0.004257	4.28E-05	4.4E-07
55	1.4311	0.0051	6.2043E-05	7.7038E-07	1.4336	0.0042	4.1906E-05	4.2655E-07	1.432968	0.004432	4.66E-05	5E-07
60	1.4332	0.0043	4.4846E-05	4.7241E-07	1.4347	0.0038	3.4174E-05	3.1377E-07	1.436026	0.003297	2.56E-05	2.03E-07
65	1.4289	0.0048	5.4470E-05	6.3520E-07	1.4314	0.0039	3.5759E-05	3.3701E-07	1.431854	0.00369	3.24E-05	2.9E-07
70	1.4273	0.0049	5.8714E-05	7.1205E-07	1.4297	0.0041	3.9476E-05	3.9156E-07	1.429972	0.00398	3.78E-05	3.67E-07
75	1.4280	0.0040	3.8657E-05	3.8014E-07	1.4292	0.0036	3.0244E-05	2.6272E-07	1.429816	0.00334	2.66E-05	2.17E-07
80	1.4212	0.0050	6.0013E-05	7.4068E-07	1.4236	0.0041	4.0437E-05	4.0862E-07	1.423964	0.003939	3.76E-05	3.66E-07

T	rata-rata							
	C ₁	Δ C ₁	C ₂	Δ C ₂	C ₃	Δ C ₃	C ₄	Δ C ₄
35	1.4398	0.0087	0.0040	0.0032	6.1176E-05	8.0244E-05	1.1586E-06	2.0213E-06
40	1.4368	0.0081	0.0045	0.0030	6.8659E-05	7.3773E-05	1.2144E-06	1.9832E-06
45	1.4355	0.0066	0.0045	0.0024	6.1512E-05	6.0791E-05	9.8399E-07	1.5858E-06
50	1.4334	0.0059	0.0047	0.0022	6.3876E-05	4.0307E-05	9.1122E-07	8.7136E-07
55	1.4320	0.0067	0.0047	0.0025	6.8054E-05	4.7417E-05	1.0131E-06	1.1724E-06
60	1.4330	0.0048	0.0044	0.0018	5.3078E-05	3.4204E-05	6.9878E-07	6.4701E-07
65	1.4286	0.0083	0.0048	0.0031	7.8098E-05	7.3364E-05	1.3825E-06	2.0568E-06
70	1.4284	0.0072	0.0045	0.0027	6.5489E-05	6.0473E-05	1.0439E-06	1.6457E-06
75	1.4264	0.0058	0.0046	0.0021	6.0970E-05	5.0470E-05	9.3240E-07	1.0795E-06
80	1.4212	0.0079	0.0049	0.0029	7.9223E-05	7.3180E-05	1.4145E-06	2.1238E-06

F2. Minyak kelapa sawit merk Y

T	merah jingga		kuning hijau		biru ungu		merah ungu		kuning ungu		hijau ungu	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
35	1.0668	0.0146	1.0712	0.0130	1.1130	-0.0017	1.0798	0.0100	1.0880	0.0071	1.0923	0.0056
40	1.0087	0.0329	1.0708	0.0110	1.1196	-0.0062	1.0717	0.0107	1.0903	0.0041	1.0953	0.0023
45	0.9990	0.0346	1.0654	0.0110	1.1085	-0.0043	1.0633	0.0118	1.0809	0.0055	1.0849	0.0041
50	1.0583	0.0129	1.0577	0.0132	1.1101	-0.0055	1.0615	0.0118	1.0682	0.0094	1.0709	0.0085
55	1.0565	0.0130	1.0560	0.0131	1.1093	-0.0058	1.0591	0.0120	1.0657	0.0097	1.0681	0.0088
60	1.0483	0.0131	1.0477	0.0133	1.0979	-0.0047	1.0531	0.0114	1.0602	0.0088	1.0634	0.0077
65	1.0343	0.0150	1.0343	0.0150	1.0865	-0.0038	1.0435	0.0117	1.0505	0.0092	1.0534	0.0081
70	1.0417	0.0114	1.0417	0.0114	1.0953	-0.0080	1.0423	0.0112	1.0489	0.0088	1.0522	0.0076
75	1.0163	0.0187	1.0321	0.0130	1.0818	-0.0051	1.0354	0.0118	1.0449	0.0083	1.0481	0.0071
80	1.0266	0.0134	1.0262	0.0135	1.0798	-0.0061	1.0314	0.0116	1.0386	0.0090	1.0418	0.0078

T	merah hijau		merah biru		kuning biru		merah kuning		jingga kuning		jingga hijau	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
35	1.0599	0.0170	1.0759	0.0114	1.0839	0.0085	1.0520	0.0197	1.0295	0.0276	1.0561	0.0183
40	1.0349	0.0237	1.0661	0.0127	1.0708	0.0110	1.0109	0.0321	1.0145	0.0309	1.0502	0.0183
45	1.0295	0.0238	1.0580	0.0137	1.0765	0.0071	1.0055	0.0323	1.0162	0.0285	1.0475	0.0174
50	1.0464	0.0172	1.0558	0.0138	1.0616	0.0118	1.0385	0.0200	1.0084	0.0307	1.0398	0.0195
55	1.0446	0.0172	1.0532	0.0141	1.0588	0.0122	1.0367	0.0200	1.0066	0.0307	1.0380	0.0195
60	1.0364	0.0173	1.0478	0.0133	1.0543	0.0110	1.0286	0.0202	0.9987	0.0309	1.0299	0.0197
65	1.0274	0.0175	1.0384	0.0135	1.0448	0.0112	1.0195	0.0204	0.9969	0.0285	1.0236	0.0189
70	1.0262	0.0170	1.0361	0.0134	1.0416	0.0114	1.0196	0.0194	0.9864	0.0314	1.0177	0.0201
75	1.0150	0.0192	1.0299	0.0138	1.0390	0.0105	1.0032	0.0235	0.9830	0.0309	1.0142	0.0195
80	1.0148	0.0177	1.0257	0.0137	1.0321	0.0114	1.0069	0.0206	0.9770	0.0315	1.0083	0.0201

T	jingga biru		jingga ungu		hijau biru		rata-rata		ΔA	ΔB
	A	B	A	B	A	B	A	B		
35	1.0775	0.0108	1.0819	0.0092	1.0879	0.0071	1.0744	0.0119	0.0198	0.0070
40	1.0771	0.0088	1.0823	0.0069	1.0902	0.0041	1.0635	0.0136	0.0332	0.0117
45	1.0693	0.0097	1.0742	0.0079	1.0800	0.0059	1.0572	0.0139	0.0316	0.0112
50	1.0553	0.0140	1.0620	0.0116	1.0628	0.0113	1.0572	0.0212	0.0213	0.0076
55	1.0526	0.0143	1.0595	0.0119	1.0597	0.0118	1.0550	0.0135	0.0214	0.0076
60	1.0477	0.0133	1.0538	0.0111	1.0768	0.0029	1.0496	0.0126	0.0224	0.0080
65	1.0391	0.0133	1.0449	0.0112	1.0466	0.0106	1.0389	0.0133	0.0195	0.0070
70	1.0351	0.0138	1.0424	0.0112	1.0434	0.0108	1.0380	0.0127	0.0228	0.0083
75	1.0324	0.0129	1.0384	0.0107	1.0412	0.0097	1.0303	0.0136	0.0226	0.0082
80	1.0256	0.0138	1.0322	0.0113	1.0339	0.0107	1.0267	0.0133	0.0218	0.0080

T	merah jingga				kuning hijau				biru ungu			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
35	1.4376	0.0054	6.849E-05	8.875E-07	1.4392	0.0048	5.484E-05	6.349E-07	1.4536	-0.0006	9.211E-07	-1.362E-09
40	1.4173	0.0117	0.0003371	9.902E-06	1.4390	0.0041	3.924E-05	3.844E-07	1.4559	-0.0024	1.289E-05	-7.111E-08
45	1.4138	0.0122	0.0003704	1.144E-05	1.4372	0.0041	3.941E-05	3.875E-07	1.4521	-0.0016	5.993E-06	-2.264E-08
50	1.4347	0.0048	5.378E-05	6.194E-07	1.4345	0.0049	5.576E-05	6.541E-07	1.4526	-0.0021	9.892E-06	-4.798E-08
55	1.4341	0.0048	5.392E-05	6.221E-07	1.4339	0.0048	5.548E-05	6.496E-07	1.4523	-0.0022	1.122E-05	-5.800E-08
60	1.4312	0.0048	5.466E-05	6.369E-07	1.4310	0.0049	5.647E-05	6.690E-07	1.4484	-0.0018	7.270E-06	-3.036E-08
65	1.4263	0.0054	7.139E-05	9.556E-07	1.4263	0.0054	7.139E-05	9.557E-07	1.4445	-0.0014	4.843E-06	-1.657E-08
70	1.4289	0.0042	4.122E-05	4.182E-07	1.4289	0.0042	4.122E-05	4.182E-07	1.4475	-0.0030	2.116E-05	-1.509E-07
75	1.4200	0.0067	0.0001097	1.83E-06	1.4255	0.0047	5.335E-05	6.179E-07	1.4429	-0.0019	8.604E-06	-3.930E-08
80	1.4236	0.0048	5.633E-05	6.718E-07	1.4234	0.0049	5.774E-05	6.973E-07	1.4421	-0.0023	1.196E-05	-6.448E-08

T	merah ungu				kuning ungu				hijau ungu			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
35	1.4422	0.0037	3.24E-05	2.88E-07	1.4450	0.0027	1.66E-05	1.05E-07	1.4465	0.0021	1.03E-05	5.15E-08
40	1.4393	0.0040	3.69E-05	3.51E-07	1.4458	0.0016	5.56E-06	2.04E-08	1.4475	0.0009	1.81E-06	3.76E-09
45	1.4364	0.0044	4.48E-05	4.70E-07	1.4425	0.0021	1.00E-05	4.94E-08	1.4439	0.0016	5.58E-06	2.05E-08
50	1.4358	0.0044	4.49E-05	4.73E-07	1.4381	0.0035	2.88E-05	2.41E-07	1.4391	0.0032	2.33E-05	1.76E-07
55	1.4350	0.0044	4.66E-05	5.00E-07	1.4372	0.0036	3.05E-05	2.63E-07	1.4381	0.0033	2.53E-05	1.99E-07
60	1.4329	0.0042	4.16E-05	4.21E-07	1.4353	0.0033	2.51E-05	1.97E-07	1.4365	0.0028	1.90E-05	1.30E-07
65	1.4295	0.0043	4.36E-05	4.55E-07	1.4319	0.0034	2.69E-05	2.20E-07	1.4330	0.0030	2.10E-05	1.51E-07
70	1.4291	0.0041	3.98E-05	3.97E-07	1.4314	0.0032	2.47E-05	1.94E-07	1.4326	0.0028	1.83E-05	1.24E-07
75	1.4267	0.0043	4.40E-05	4.63E-07	1.4300	0.0030	2.21E-05	1.64E-07	1.4311	0.0026	1.63E-05	1.03E-07
80	1.4253	0.0042	4.27E-05	4.42E-07	1.4278	0.0033	2.57E-05	2.06E-07	1.4289	0.0029	1.96E-05	1.37E-07

T	merah hijau				merah biru				kuning biru			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
35	1.4352	0.0063	9.259E-05	1.398E-06	1.4408	0.0042	4.199E-05	4.247E-07	1.4436	0.0032	2.375E-05	1.801E-07
40	1.4265	0.0086	1.772E-04	3.736E-06	1.4374	0.0047	5.180E-05	5.840E-07	1.4390	0.0041	3.924E-05	3.844E-07
45	1.4246	0.0086	1.782E-04	3.775E-06	1.4346	0.0050	6.014E-05	7.326E-07	1.4410	0.0027	1.643E-05	1.039E-07
50	1.4305	0.0063	9.422E-05	1.443E-06	1.4338	0.0051	6.150E-05	7.582E-07	1.4358	0.0044	4.464E-05	4.679E-07
55	1.4299	0.0063	9.430E-05	1.445E-06	1.4329	0.0052	6.403E-05	8.062E-07	1.4349	0.0045	4.747E-05	5.136E-07
60	1.4270	0.0063	9.537E-05	1.474E-06	1.4310	0.0049	5.637E-05	6.672E-07	1.4333	0.0040	3.851E-05	3.759E-07
65	1.4239	0.0063	9.654E-05	1.507E-06	1.4277	0.0049	5.817E-05	7.020E-07	1.4300	0.0041	4.022E-05	4.026E-07
70	1.4235	0.0061	9.103E-05	1.380E-06	1.4269	0.0049	5.719E-05	6.848E-07	1.4288	0.0042	4.153E-05	4.229E-07
75	1.4195	0.0069	1.154E-04	1.979E-06	1.4247	0.0050	5.994E-05	7.365E-07	1.4279	0.0038	3.470E-05	3.233E-07
80	1.4194	0.0063	9.790E-05	1.546E-06	1.4233	0.0049	5.908E-05	7.219E-07	1.4255	0.0041	4.085E-05	4.140E-07

T	merah kuning				jingga kuning				jingga hijau			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
35	1.4325	0.0072	1.245E-04	2.186E-06	1.4246	0.0100	2.410E-04	5.938E-06	1.4339	0.0067	1.075E-04	1.751E-06
40	1.4181	0.0115	3.217E-04	9.223E-06	1.4193	0.0110	2.978E-04	8.202E-06	1.4319	0.0067	1.066E-04	1.733E-06
45	1.4162	0.0115	3.235E-04	9.322E-06	1.4199	0.0102	2.541E-04	6.463E-06	1.4309	0.0064	9.654E-05	1.496E-06
50	1.4278	0.0073	1.267E-04	2.257E-06	1.4172	0.0109	2.924E-04	8.001E-06	1.4282	0.0071	1.211E-04	2.108E-06
55	1.4271	0.0073	1.272E-04	2.270E-06	1.4165	0.0109	2.936E-04	8.053E-06	1.4276	0.0071	1.211E-04	2.110E-06
60	1.4243	0.0073	1.282E-04	2.305E-06	1.4137	0.0109	2.950E-04	8.137E-06	1.4247	0.0071	1.224E-04	2.149E-06
65	1.4211	0.0073	1.299E-04	2.358E-06	1.4131	0.0101	2.513E-04	6.403E-06	1.4225	0.0068	1.121E-04	1.887E-06
70	1.4211	0.0070	1.178E-04	2.037E-06	1.4094	0.0110	3.028E-04	8.503E-06	1.4205	0.0072	1.262E-04	2.261E-06
75	1.4153	0.0083	1.714E-04	3.598E-06	1.4082	0.0108	2.914E-04	8.038E-06	1.4192	0.0070	1.187E-04	2.064E-06
80	1.4166	0.0073	1.318E-04	2.424E-06	1.4061	0.0110	3.026E-04	8.526E-06	1.4171	0.0071	1.255E-04	2.249E-06

T	jingga biru				jingga ungu				hijau biru			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
35	1.4414	0.0040	3.786E-05	3.633E-07	1.4429	0.0035	2.789E-05	2.294E-07	1.444961	0.002686	1.67E-05	1.06E-07
40	1.4412	0.0033	2.506E-05	1.957E-07	1.4430	0.0026	1.569E-05	9.673E-08	1.445766	0.001558	5.6E-06	2.06E-08
45	1.4385	0.0036	3.016E-05	2.591E-07	1.4402	0.0030	2.046E-05	1.445E-07	1.442204	0.002204	1.13E-05	5.91E-08
50	1.4336	0.0052	6.294E-05	7.850E-07	1.4360	0.0043	4.362E-05	4.519E-07	1.436252	0.004196	4.15E-05	4.19E-07
55	1.4327	0.0053	6.593E-05	8.425E-07	1.4351	0.0044	4.552E-05	4.822E-07	1.435152	0.004373	4.51E-05	4.76E-07
60	1.4310	0.0049	5.668E-05	6.727E-07	1.4331	0.0041	3.965E-05	3.927E-07	1.441109	0.001076	2.7E-06	6.92E-09
65	1.4280	0.0048	5.593E-05	6.616E-07	1.4300	0.0041	3.981E-05	3.964E-07	1.430599	0.003864	3.56E-05	3.35E-07
70	1.4266	0.0050	6.031E-05	7.418E-07	1.4291	0.0041	3.960E-05	3.937E-07	1.429492	0.003927	3.69E-05	3.53E-07
75	1.4256	0.0047	5.243E-05	6.019E-07	1.4277	0.0039	3.618E-05	3.443E-07	1.428696	0.003524	2.97E-05	2.56E-07
80	1.4232	0.0050	5.959E-05	7.312E-07	1.4255	0.0041	4.071E-05	4.118E-07	1.426166	0.003878	3.62E-05	3.45E-07

T	rata-rata							
	C ₁	Δ C ₁	C ₂	Δ C ₂	C ₃	Δ C ₃	C ₄	Δ C ₄
35	1.4403	0.0069	0.0044	0.0025	5.9818E-05	6.2087E-05	9.6951E-07	1.5274E-06
40	1.4365	0.0116	0.0049	0.0042	9.8275E-05	1.2303E-04	2.3178E-06	3.6606E-06
45	1.4343	0.0110	0.0051	0.0040	9.7800E-05	1.2337E-04	2.3137E-06	3.7501E-06
50	1.4343	0.0074	0.0049	0.0027	7.3670E-05	6.8945E-05	1.2536E-06	1.9815E-06
55	1.4335	0.0075	0.0049	0.0027	7.5148E-05	6.8589E-05	1.2783E-06	1.9873E-06
60	1.4316	0.0078	0.0046	0.0029	6.9260E-05	7.2690E-05	1.2137E-06	2.0443E-06
65	1.4279	0.0068	0.0048	0.0025	7.0576E-05	6.0622E-05	1.1582E-06	1.5977E-06
70	1.4276	0.0080	0.0046	0.0029	7.0657E-05	7.2130E-05	1.2119E-06	2.1298E-06
75	1.4249	0.0079	0.0049	0.0029	7.7595E-05	7.5004E-05	1.4055E-06	2.0922E-06
80	1.4236	0.0077	0.0048	0.0028	7.3882E-05	7.2498E-05	1.2973E-06	2.1295E-06

F3. Minyak kelapa sawit merk Z

T	merah jingga		kuning hijau		biru ungu		merah ungu		kuning ungu		hijau ungu	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
35	1.0700	0.0145	1.0739	0.0131	1.1304	-0.0067	1.0802	0.0109	1.0867	0.0086	1.0900	0.0075
40	1.0105	0.0329	1.0685	0.0124	1.1230	-0.0068	1.0678	0.0126	1.0837	0.0070	1.0877	0.0057
45	1.0039	0.0330	1.0650	0.0113	1.1062	-0.0032	1.0635	0.0119	1.0793	0.0063	1.0830	0.0050
50	1.0488	0.0148	1.0537	0.0130	1.1043	-0.0050	1.0579	0.0115	1.0657	0.0088	1.0688	0.0077
55	1.0452	0.0148	1.0496	0.0133	1.1033	-0.0059	1.0549	0.0114	1.0621	0.0088	1.0652	0.0077
60	1.0342	0.0168	1.0423	0.0138	1.0900	-0.0033	1.0493	0.0113	1.0541	0.0096	1.0571	0.0085
65	1.0379	0.0150	1.0379	0.0150	1.0926	-0.0048	1.0477	0.0114	1.0540	0.0092	1.0571	0.0081
70	1.0403	0.0114	1.0403	0.0114	1.0936	-0.0079	1.0388	0.0120	1.0448	0.0098	1.0475	0.0088
75	1.0258	0.0151	1.0308	0.0133	1.0844	-0.0062	1.0352	0.0117	1.0431	0.0088	1.0463	0.0076
80	1.0331	0.0122	1.0319	0.0126	1.0846	-0.0066	1.0362	0.0111	1.0416	0.0091	1.0441	0.0082

T	merah hijau		merah biru		kuning biru		merah kuning		jingga kuning		jingga hijau	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
35	1.0645	0.0164	1.0743	0.0130	1.0799	0.0110	1.0579	0.0187	1.0394	0.0252	1.0615	0.0175
40	1.0367	0.0236	1.0614	0.0149	1.0685	0.0124	1.0153	0.0312	1.0230	0.0285	1.0520	0.0182
45	1.0328	0.0227	1.0584	0.0137	1.0750	0.0078	1.0112	0.0304	1.0230	0.0262	1.0498	0.0167
50	1.0404	0.0178	1.0524	0.0135	1.0596	0.0109	1.0312	0.0211	1.0043	0.0307	1.0358	0.0194
55	1.0383	0.0173	1.0492	0.0134	1.0556	0.0111	1.0304	0.0201	1.0076	0.0283	1.0344	0.0187
60	1.0368	0.0158	1.0445	0.0131	1.0484	0.0117	1.0329	0.0172	1.0309	0.0180	1.0382	0.0153
65	1.0325	0.0169	1.0424	0.0134	1.0479	0.0114	1.0259	0.0193	1.0074	0.0259	1.0295	0.0180
70	1.0249	0.0170	1.0324	0.0143	1.0372	0.0126	1.0183	0.0194	0.9851	0.0314	1.0164	0.0201
75	1.0174	0.0182	1.0294	0.0138	1.0366	0.0112	1.0082	0.0215	0.9815	0.0313	1.0128	0.0198
80	1.0235	0.0157	1.0305	0.0132	1.0349	0.0116	1.0176	0.0179	0.9939	0.0265	1.0182	0.0177

T	jingga biru		jingga ungu		hijau biru		rata-rata		ΔA	ΔB
	A	B	A	B	A	B	A	B		
35	1.0751	0.0127	1.0819	0.0103	1.0817	0.0104	1.0765	0.0122	0.0197	0.0069
40	1.0711	0.0115	1.0774	0.0093	1.0804	0.0082	1.0618	0.0148	0.0302	0.0106
45	1.0689	0.0100	1.0735	0.0083	1.0781	0.0067	1.0581	0.0138	0.0287	0.0102
50	1.0531	0.0133	1.0593	0.0110	1.0615	0.0103	1.0531	0.0216	0.0216	0.0077
55	1.0499	0.0131	1.0564	0.0108	1.0574	0.0105	1.0506	0.0129	0.0206	0.0074
60	1.0464	0.0124	1.0517	0.0105	1.0684	0.0045	1.0483	0.0117	0.0153	0.0055
65	1.0432	0.0131	1.0492	0.0109	1.0498	0.0107	1.0437	0.0129	0.0185	0.0067
70	1.0310	0.0148	1.0386	0.0120	1.0381	0.0122	1.0352	0.0133	0.0224	0.0081
75	1.0301	0.0135	1.0367	0.0111	1.0385	0.0105	1.0305	0.0134	0.0222	0.0081
80	1.0301	0.0133	1.0367	0.0109	1.0358	0.0112	1.0329	0.0123	0.0189	0.0069

T	merah jingga				kuning hijau				biru ungu			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
35	1.4172	0.0122	0.000366	1.12E-05	1.4401	0.0042	4.132E-05	4.148E-07	1.4596	-0.0033	2.474E-05	-1.885E-07
40	1.4179	0.0117	0.000336	9.86E-06	1.4382	0.0046	4.999E-05	5.531E-07	1.4571	-0.0026	1.547E-05	-9.341E-08
45	1.4156	0.0117	0.000338	9.95E-06	1.4370	0.0042	4.157E-05	4.199E-07	1.4513	-0.0012	3.481E-06	-1.003E-08
50	1.4314	0.0054	6.99E-05	9.21E-07	1.4331	0.0048	5.446E-05	6.322E-07	1.4506	-0.0019	8.329E-06	-3.714E-08
55	1.4301	0.0054	7E-05	9.24E-07	1.4316	0.0049	5.633E-05	6.661E-07	1.4503	-0.0023	1.167E-05	-6.162E-08
60	1.4263	0.0061	8.89E-05	1.33E-06	1.4291	0.0051	6.103E-05	7.531E-07	1.4457	-0.0013	3.633E-06	-1.075E-08
65	1.4276	0.0054	7.1E-05	9.47E-07	1.4276	0.0054	7.103E-05	9.473E-07	1.4466	-0.0018	7.428E-06	-3.141E-08
70	1.4284	0.0042	4.15E-05	4.22E-07	1.4284	0.0042	4.145E-05	4.220E-07	1.4469	-0.0030	2.052E-05	-1.442E-07
75	1.4233	0.0054	7.19E-05	9.7E-07	1.4250	0.0048	5.594E-05	6.638E-07	1.4437	-0.0023	1.267E-05	-7.021E-08
80	1.4259	0.0044	4.73E-05	5.15E-07	1.4255	0.0046	5.054E-05	5.698E-07	1.4438	-0.0025	1.408E-05	-8.219E-08

T	merah ungu				kuning ungu				hijau ungu			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
35	1.4392	0.0045	4.828E-05	5.244E-07	1.4445	0.0025	1.503E-05	9.057E-08	1.4457	0.0021	1.038E-05	5.191E-08
40	1.4380	0.0047	5.173E-05	5.824E-07	1.4435	0.0026	1.621E-05	1.016E-07	1.4449	0.0021	1.051E-05	5.294E-08
45	1.4365	0.0044	4.556E-05	4.821E-07	1.4420	0.0023	1.284E-05	7.171E-08	1.4432	0.0019	8.098E-06	3.587E-08
50	1.4345	0.0043	4.282E-05	4.401E-07	1.4373	0.0032	2.473E-05	1.926E-07	1.4383	0.0028	1.897E-05	1.292E-07
55	1.4335	0.0042	4.143E-05	4.194E-07	1.4360	0.0033	2.497E-05	1.957E-07	1.4371	0.0028	1.895E-05	1.292E-07
60	1.4315	0.0042	4.100E-05	4.137E-07	1.4332	0.0035	2.967E-05	2.542E-07	1.4342	0.0031	2.343E-05	1.782E-07
65	1.4310	0.0042	4.182E-05	4.264E-07	1.4332	0.0034	2.691E-05	2.196E-07	1.4343	0.0030	2.083E-05	1.494E-07
70	1.4279	0.0044	4.541E-05	4.841E-07	1.4300	0.0036	3.057E-05	2.667E-07	1.4309	0.0032	2.486E-05	1.954E-07
75	1.4266	0.0042	4.324E-05	4.504E-07	1.4294	0.0032	2.464E-05	1.932E-07	1.4305	0.0028	1.865E-05	1.270E-07
80	1.4270	0.0040	3.892E-05	3.844E-07	1.4289	0.0033	2.640E-05	2.144E-07	1.4297	0.0030	2.148E-05	1.571E-07

T	merah hijau				merah biru				kuning biru			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
35	1.4289	0.0082	1.621E-04	3.260E-06	1.4368	0.0054	6.902E-05	8.986E-07	1.4422	0.0034	2.752E-05	2.249E-07
40	1.4271	0.0086	1.769E-04	3.724E-06	1.4358	0.0055	7.170E-05	9.525E-07	1.4382	0.0046	4.999E-05	5.531E-07
45	1.4258	0.0082	1.636E-04	3.316E-06	1.4347	0.0050	6.012E-05	7.321E-07	1.4405	0.0029	1.976E-05	1.372E-07
50	1.4284	0.0065	1.005E-04	1.592E-06	1.4326	0.0050	5.831E-05	7.009E-07	1.4351	0.0040	3.838E-05	3.733E-07
55	1.4277	0.0063	9.518E-05	1.469E-06	1.4315	0.0049	5.739E-05	6.851E-07	1.4337	0.0041	3.970E-05	3.933E-07
60	1.4272	0.0058	7.945E-05	1.121E-06	1.4299	0.0048	5.437E-05	6.328E-07	1.4312	0.0043	4.349E-05	4.521E-07
65	1.4257	0.0061	9.038E-05	1.362E-06	1.4291	0.0049	5.676E-05	6.755E-07	1.4311	0.0042	4.119E-05	4.168E-07
70	1.4230	0.0061	9.112E-05	1.383E-06	1.4256	0.0052	6.446E-05	8.205E-07	1.4273	0.0046	4.998E-05	5.592E-07
75	1.4204	0.0065	1.032E-04	1.672E-06	1.4246	0.0050	5.998E-05	7.373E-07	1.4271	0.0041	3.949E-05	3.928E-07
80	1.4225	0.0057	7.768E-05	1.089E-06	1.4250	0.0048	5.464E-05	6.408E-07	1.4265	0.0042	4.239E-05	4.373E-07

T	merah kuning				jingga kuning				jingga hijau			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
35	1.4213	0.0108	2.857E-04	7.692E-06	1.4281	0.0085	1.742E-04	3.637E-06	1.4358	0.0058	7.890E-05	1.099E-06
40	1.4196	0.0111	3.036E-04	8.442E-06	1.4223	0.0102	2.544E-04	6.457E-06	1.4325	0.0067	1.065E-04	1.730E-06
45	1.4182	0.0108	2.884E-04	7.830E-06	1.4223	0.0094	2.164E-04	5.066E-06	1.4317	0.0061	8.955E-05	1.335E-06
50	1.4252	0.0076	1.403E-04	2.637E-06	1.4157	0.0109	2.915E-04	7.975E-06	1.4268	0.0071	1.197E-04	2.074E-06
55	1.4249	0.0073	1.280E-04	2.298E-06	1.4169	0.0101	2.488E-04	6.280E-06	1.4263	0.0068	1.107E-04	1.847E-06
60	1.4258	0.0062	9.382E-05	1.441E-06	1.4251	0.0065	1.019E-04	1.631E-06	1.4277	0.0056	7.436E-05	1.015E-06
65	1.4233	0.0069	1.170E-04	2.012E-06	1.4168	0.0092	2.093E-04	4.847E-06	1.4246	0.0065	1.021E-04	1.638E-06
70	1.4207	0.0070	1.180E-04	2.043E-06	1.4089	0.0110	3.027E-04	8.503E-06	1.4200	0.0072	1.262E-04	2.261E-06
75	1.4171	0.0077	1.441E-04	2.769E-06	1.4076	0.0109	2.987E-04	8.349E-06	1.4187	0.0071	1.229E-04	2.175E-06
80	1.4204	0.0064	1.000E-04	1.595E-06	1.4121	0.0093	2.166E-04	5.130E-06	1.4206	0.0063	9.760E-05	1.537E-06

T	jingga biru				jingga ungu				hijau biru			
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
35	1.4405	0.0041	3.827E-05	3.696E-07	1.4429	0.0032	2.349E-05	1.773E-07	1.442806	0.003203	2.38E-05	1.81E-07
40	1.4391	0.0043	4.290E-05	4.392E-07	1.4413	0.0035	2.796E-05	2.306E-07	1.442344	0.003086	2.21E-05	1.62E-07
45	1.4384	0.0037	3.222E-05	2.862E-07	1.4400	0.0031	2.260E-05	1.678E-07	1.441561	0.002506	1.46E-05	8.72E-08
50	1.4329	0.0049	5.634E-05	6.654E-07	1.4350	0.0041	3.912E-05	3.842E-07	1.435776	0.003797	3.4E-05	3.11E-07
55	1.4318	0.0048	5.524E-05	6.468E-07	1.4340	0.0040	3.757E-05	3.620E-07	1.434372	0.003856	3.52E-05	3.27E-07
60	1.4305	0.0045	4.897E-05	5.406E-07	1.4324	0.0038	3.502E-05	3.263E-07	1.438194	0.001656	6.43E-06	2.55E-08
65	1.4294	0.0048	5.435E-05	6.327E-07	1.4315	0.0040	3.788E-05	3.674E-07	1.431696	0.003921	3.66E-05	3.48E-07
70	1.4251	0.0053	6.907E-05	9.107E-07	1.4278	0.0044	4.605E-05	4.943E-07	1.427609	0.004448	4.75E-05	5.18E-07
75	1.4248	0.0049	5.793E-05	6.997E-07	1.4271	0.0040	3.934E-05	3.907E-07	1.427748	0.003818	3.5E-05	3.27E-07
80	1.4248	0.0048	5.602E-05	6.654E-07	1.4271	0.0040	3.768E-05	3.662E-07	1.426812	0.00408	4E-05	4.01E-07

T	rata-rata							
	C ₁	Δ C ₁	C ₂	Δ C ₂	C ₃	Δ C ₃	C ₄	Δ C ₄
35	1.4410	0.0068	0.0045	0.0025	6.2357E-05	4.7951E-05	9.0430E-07	1.1379E-06
40	1.4359	0.0105	0.0054	0.0038	1.0241E-04	1.1077E-04	2.2496E-06	3.3082E-06
45	1.4346	0.0100	0.0050	0.0036	9.0437E-05	1.0889E-04	1.9937E-06	3.1644E-06
50	1.4329	0.0075	0.0048	0.0028	7.3151E-05	7.0840E-05	1.2660E-06	2.0029E-06
55	1.4320	0.0072	0.0047	0.0027	6.8739E-05	5.9873E-05	1.1054E-06	1.5759E-06
60	1.4312	0.0053	0.0043	0.0020	5.2363E-05	3.0656E-05	6.7342E-07	5.2252E-07
65	1.4296	0.0065	0.0047	0.0024	6.5642E-05	5.0119E-05	9.9727E-07	1.2101E-06
70	1.4266	0.0078	0.0048	0.0029	7.4619E-05	7.0464E-05	1.2759E-06	2.1065E-06
75	1.4249	0.0078	0.0048	0.0029	7.5184E-05	7.2480E-05	1.3232E-06	2.0997E-06
80	1.4258	0.0066	0.0044	0.0025	6.1421E-05	4.9635E-05	9.0797E-07	1.2590E-06

Lampiran G. Crosscheck indeks bias minyak kelapa sawit berdasarkan konstanta Sellmeier dan konstanta Cauchy

G1. Minyak merk X

T(°C)	\bar{n} (ukur)	Lamda	Konstanta Sellmeier		n (hitung)	Konstanta Cauchy				n (hitung)
			A	B		C1	C2	C3	C4	
35	1.4506	0.6236			1.4506					1.4506
	1.4523	0.5992			1.4515					1.4515
	1.4541	0.5833			1.4522					1.4522
	1.4557	0.5529	1.0732	0.0109	1.4536	1.4398	0.0040	6.118E-05	1.159E-06	1.4537
	1.4608	0.4392			1.4621					1.4625
	1.4620	0.4107			1.4654					1.4660
	1.4489	0.6236			1.4489					1.4489
40	1.4501	0.5992			1.4499					1.4499
	1.4520	0.5833	1.0644	0.0123	1.4507	1.4368	0.0045	6.866E-05	1.214E-06	1.4507
	1.4540	0.5529			1.4523					1.4523
	1.4608	0.4392			1.4619					1.4622
	1.4618	0.4107			1.4657					1.4663
	1.4475	0.6236			1.4475					1.4475
45	1.4484	0.5992			1.4485					1.4485
	1.4501	0.5833			1.4493					1.4493
	1.4520	0.5529	1.0606	0.0123	1.4509	1.4355	0.0045	6.151E-05	9.840E-07	1.4493
	1.4603	0.4392			1.4604					1.4509
	1.4618	0.4107			1.4642					1.4606
	1.4475	0.6236			1.4642					1.4646
50	1.4459	0.6236			1.4459					1.4459
	1.4473	0.5992			1.4470					1.4470
	1.4487	0.5833			1.4478					1.4478
	1.4506	0.5529	1.0545	0.0129	1.4478	1.4334	0.0047	6.388E-05	9.112E-07	1.4478
	1.4506	0.5529			1.4495					1.4495
	1.4605	0.4392			1.4595					1.4597
	1.4620	0.4107			1.4635					1.4638
55	1.4447	0.6236			1.4447					1.4447
	1.4459	0.5992			1.4458					1.4458
	1.4475	0.5833			1.4466					1.4466
	1.4493	0.5529	1.0507	0.0130	1.4483	1.4320	0.0047	6.805E-05	1.013E-06	1.4483
	1.4595	0.4392			1.4584					1.4586
	1.4608	0.4107			1.4624					1.4628
	1.4447	0.6236			1.4447					1.4447
60	1.4459	0.5992			1.4457					1.4457
	1.4472	0.5833	1.0536	0.0120	1.4464	1.4330	0.0044	5.308E-05	6.988E-07	1.4464
	1.4490	0.5529			1.4480					1.4480
	1.4575	0.4392			1.4572					1.4480
	1.4575	0.4392			1.4572					1.4573

	1.4594	0.4107			1.4609					1.4611
	1.4416	0.6236			1.4416					1.4416
	1.4431	0.5992			1.4427					1.4427
65	1.4450	0.5833	1.0409	0.0134	1.4435	1.4286	0.0048	7.810E-05	1.382E-06	1.4435
	1.4469	0.5529			1.4452					1.4453
	1.4561	0.4392			1.4556					1.4560
	1.4572	0.4107			1.4598					1.4603
	1.4405	0.6236			1.4405					1.4405
	1.4414	0.5992			1.4415					1.4415
70	1.4431	0.5833	1.0404	0.0125	1.4422	1.4284	0.0045	6.549E-05	1.044E-06	1.4423
	1.4450	0.5529			1.4439					1.4439
	1.4543	0.4392			1.4534					1.4537
	1.4554	0.4107			1.4573					1.4577
	1.4386	0.6236			1.4386					1.4386
	1.4405	0.5992			1.4396					1.4396
75	1.4418	0.5833	1.0347	0.0127	1.4404	1.4264	0.0046	6.097E-05	9.324E-07	1.4404
	1.4434	0.5529			1.4420					1.4420
	1.4518	0.4392			1.4517					1.4519
	1.4539	0.4107			1.4556					1.4559
	1.4343	0.6236			1.4343					1.4343
	1.4358	0.5992			1.4355					1.4355
80	1.4376	0.5833	1.0198	0.0138	1.4363	1.4212	0.0049	7.922E-05	1.414E-06	1.4363
	1.4395	0.5529			1.4381					1.4381
	1.4492	0.4392			1.4486					1.4490
	1.4504	0.4107			1.4529					1.4534

G2. Minyak merk Y

T(°C)	\bar{n} (ukur)	Lamda	Konstanta Sellmeier		n (hitung)	Konstanta Cauchy				n (hitung)
			A	B		C1	C2	C3	C4	
	1.4520	0.6236			1.4520					1.4520
	1.4532	0.5992			1.4530					1.4530
35	1.4549	0.5833	1.0744	0.0119	1.4537	1.4403	0.0044	5.982E-05	9.695E-07	1.4537
	1.4568	0.5529			1.4553					1.4553
	1.4640	0.4392			1.4646					1.4648
	1.4655	0.4107			1.4683					1.4687
	1.4498	0.6236			1.4498					1.4498
	1.4528	0.5992			1.4510					1.4510
40	1.4548	0.5833			1.4518	1.4365	0.0049	9.828E-05	2.318E-06	1.4518
	1.4566	0.5529	1.0635	0.0136	1.4536					1.4537
	1.4632	0.4392			1.4642					1.4649

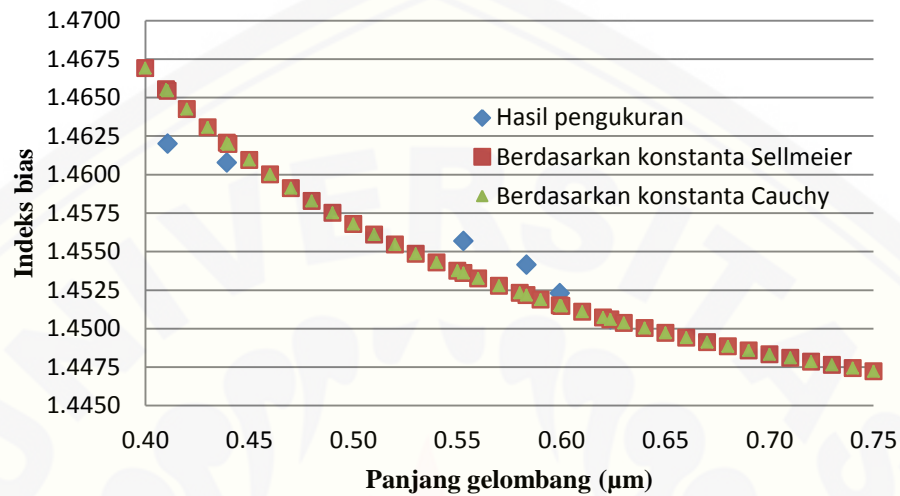
	1.4643	0.4107			1.4685					1.4696
	1.4479	0.6236			1.4479					1.4479
	1.4510	0.5992			1.4491					1.4491
45	1.4529	0.5833	1.0572	0.0139	1.4500	1.4343	0.0051	9.780E-05	2.314E-06	1.4500
	1.4548	0.5529			1.4518					1.4519
	1.4624	0.4392			1.4627					1.4634
	1.4640	0.4107			1.4671					1.4681
	1.4473	0.6236			1.4473					1.4473
	1.4484	0.5992			1.4484					1.4485
50	1.4503	0.5833	1.0572	0.0134	1.4493	1.4343	0.0049	7.367E-05	1.254E-06	1.4493
	1.4521	0.5529			1.4510					1.4511
	1.4620	0.4392			1.4614					1.4617
	1.4634	0.4107			1.4656					1.4661
	1.4467	0.6236			1.4467					1.4467
	1.4478	0.5992			1.4478					1.4479
55	1.4497	0.5833			1.4487	1.4335	0.0049	7.515E-05	1.278E-06	1.4487
	1.4515	0.5529	1.0550	0.0135	1.4504					1.4505
	1.4617	0.4392			1.4610					1.4613
	1.4631	0.4107			1.4652					1.4657
	1.4439	0.6236			1.4439					1.4439
	1.4450	0.5992			1.4449					1.4450
60	1.4469	0.5833	1.0496	0.0126	1.4457	1.4316	0.0046	6.926E-05	1.214E-06	1.4457
	1.4487	0.5529			1.4473					1.4474
	1.4578	0.4392			1.4571					1.4574
	1.4592	0.4107			1.4610					1.4615
	1.4408	0.6236			1.4408					1.4408
	1.4420	0.5992			1.4419					1.4419
65	1.4437	0.5833	1.0389	0.0133	1.4427	1.4279	0.0048	7.058E-05	1.158E-06	1.4427
	1.4456	0.5529			1.4444					1.4445
	1.4549	0.4392			1.4547					1.4550
	1.4565	0.4107			1.4588					1.4592
	1.4398	0.6236			1.4398					1.4398
	1.4408	0.5992			1.4409					1.4409
70	1.4427	0.5833	1.0380	0.0127	1.4416	1.4276	0.0046	7.066E-05	1.212E-06	1.4417
	1.4445	0.5529			1.4433					1.4434
	1.4538	0.4392			1.4530					1.4534
	1.4548	0.4107			1.4569					1.4575
	1.4380	0.6236			1.4380					1.4380
	1.4395	0.5992			1.4391					1.4391
75	1.4414	0.5833	1.0303	0.0136	1.4399	1.4249	0.0049	7.759E-05	1.406E-06	1.4399
	1.4433	0.5529			1.4417					1.4417
	1.4523	0.4392			1.4521					1.4525

	1.4537	0.4107			1.4563					1.4568
	1.4364	0.6236			1.4364					1.4364
	1.4375	0.5992			1.4375					1.4375
80	1.4394	0.5833	1.0267	0.0133	1.4383	1.4236	0.0048	7.388E-05	1.297E-06	1.4383
	1.4412	0.5529			1.4400					1.4400
	1.4506	0.4392			1.4502					1.4505
	1.4518	0.4107			1.4543					1.4548

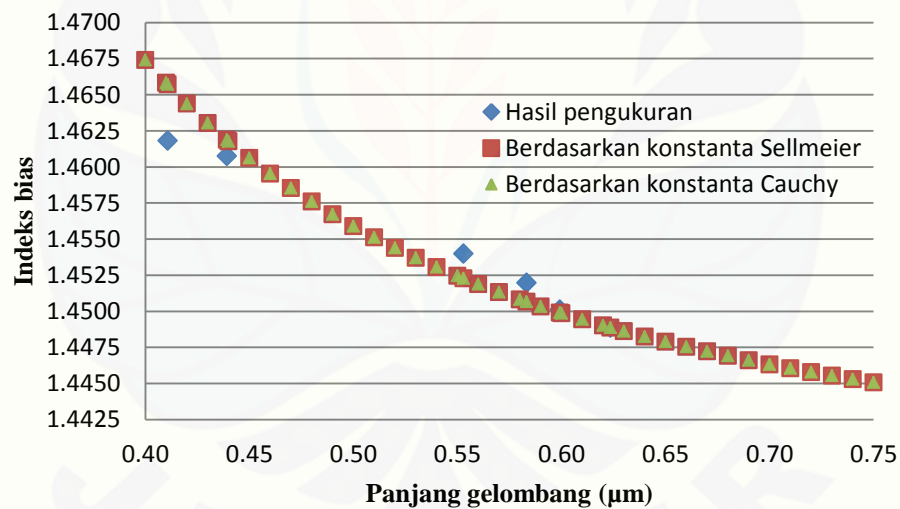
G3. Minyak merk Z

T(°C)	\bar{n} (ukur)	Lamda	Konstanta Sellmeier		n (hitung)	Konstanta Cauchy				n (hitung)
			A	B		C1	C2	C3	C4	
	1.4531	0.623602			1.4531					1.4531
	1.4543	0.599183			1.4541					1.4541
35	1.4558	0.5833	1,0765	0,0197	1.4548	1,4410	0,0045	6.2357E-05	9.0430E-07	1.4549
	1.4577	0.552927			1.4565					1.4565
	1.4669	0.439171			1.4660					1.4663
	1.4679	0.410654			1.4699					1.4702
	1.4504	0.623602			1.4504					1.4504
	1.4534	0.599183			1.4517					1.4517
40	1.4552	0.5833	1.0618	0.0148	1.4526	1.4359	0.0054	1.024E-04	2.250E-06	1.4526
	1.4572	0.552927			1.4546					1.4547
	1.4664	0.439171			1.4663					1.4669
	1.4678	0.410654			1.4710					1.4719
	1.4481	0.623602			1.4481					1.4481
	1.4510	0.599183			1.4493					1.4493
45	1.4527	0.5833	1.0581	0.0138	1.4501	1.4346	0.0050	9.044E-05	1.994E-06	1.4501
	1.4546	0.552927			1.4519					1.4520
	1.4626	0.439171			1.4627					1.4633
	1.4643	0.410654			1.4671					1.4679
	1.4458	0.623602			1.4458					1.4458
	1.4470	0.599183			1.4469					1.4469
50	1.4489	0.5833	1.0531	0.0132	1.4477	1.4329	0.0048	7.315E-05	1.266E-06	1.4477
	1.4507	0.552927			1.4494					1.4495
	1.4600	0.439171			1.4597					1.4600
	1.4614	0.410654			1.4639					1.4643
	1.4445	0.623602			1.4445					1.4445
	1.4458	0.599183			1.4456					1.4456
55	1.4475	0.5833	1.0506	0.0129	1.4464	1.4320	0.0047	6.874E-05	1.105E-06	1.4464
	1.4493	0.552927			1.4481					1.4481
	1.4586	0.439171			1.4580					1.4583

	1.4598	0.410654			1.4621					1.4625
	1.4425	0.623602			1.4425					1.4425
	1.4439	0.599183			1.4435					1.4435
60	1.4450	0.5833	1.0483	0.0117	1.4442	1.4312	0.0043	5.236E-05	6.734E-07	1.4442
	1.4469	0.552927			1.4457					1.4457
	1.4561	0.439171			1.4546					1.4548
	1.4577	0.410654			1.4582					1.4584
	1.4420	0.623602			1.4420					1.4420
	1.4433	0.599183			1.4431					1.4431
65	1.4448	0.5833	1.0437	0.0129	1.4439	1.4296	0.0047	6.564E-05	9.973E-07	1.4439
	1.4467	0.552927			1.4455					1.4456
	1.4560	0.439171			1.4555					1.4557
	1.4574	0.410654			1.4595					1.4598
	1.4394	0.623602			1.4394					1.4394
	1.4403	0.599183			1.4405					1.4405
70	1.4422	0.5833	1.0352	0.0133	1.4413	1.4266	0.0048	7.462E-05	1.276E-06	1.4413
	1.4441	0.552927			1.4430					1.4430
	1.4543	0.439171			1.4532					1.4535
	1.4554	0.410654			1.4573					1.4578
	1.4378	0.623602			1.4378					1.4378
	1.4391	0.599183			1.4389					1.4389
75	1.4409	0.5833			1.4397					1.4397
	1.4428	0.552927	1.0305	0.0134	1.4414	1.4249	0.0048	7.518E-05	1.323E-06	1.4415
	1.4521	0.439171			1.4517					1.4521
	1.4534	0.410654			1.4559					1.4564
	1.4376	0.623602			1.4376					1.4376
	1.4386	0.599183			1.4386					1.4386
80	1.4401	0.5833			1.4393					1.4393
	1.4419	0.552927	1.0329	0.0123	1.4409	1.4258	0.0044	6.142E-05	9.080E-07	1.4409
	1.4512	0.439171			1.4503					1.4505
	1.4523	0.410654			1.4540					1.4544

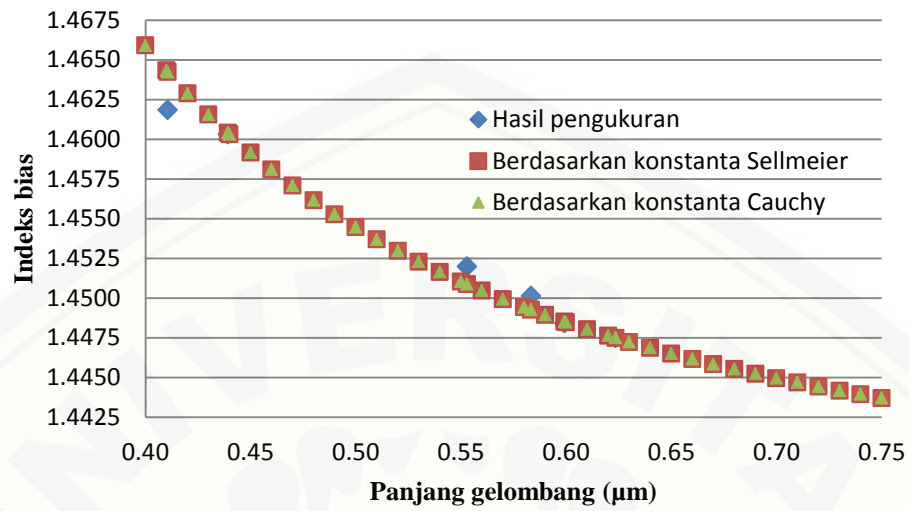
Lampiran H. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi**H1. Minyak kelapa sawit merk X**

(a)

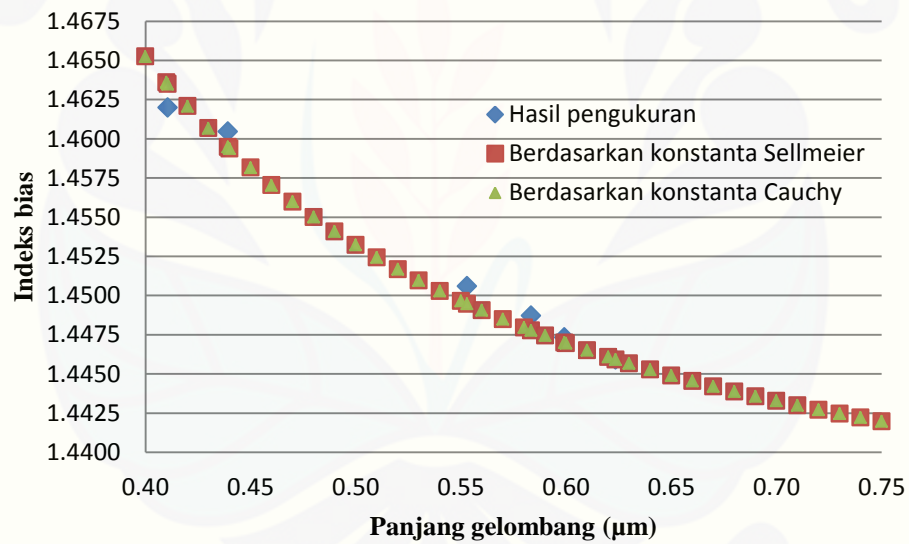


(b)

Gambar H1. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi minyak kelapa sawit merk X pada temperatur (a) 35°C (b) 40°C

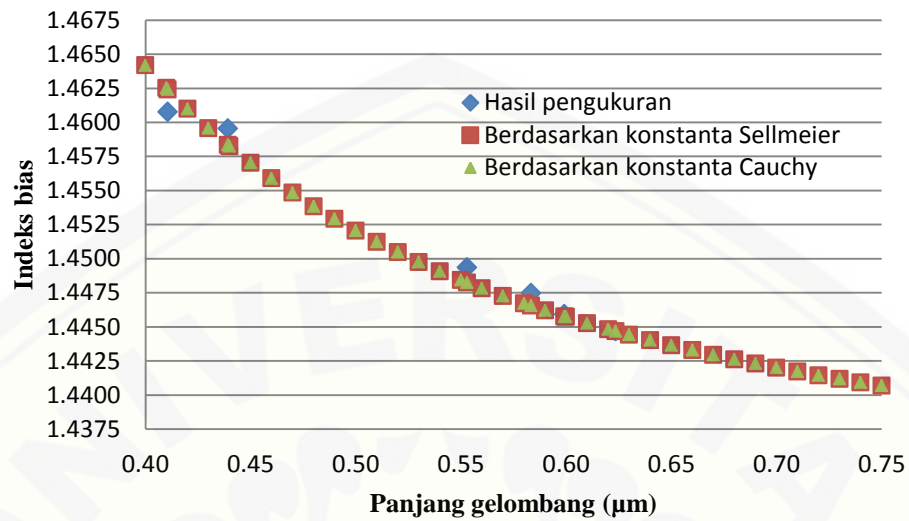


(a)

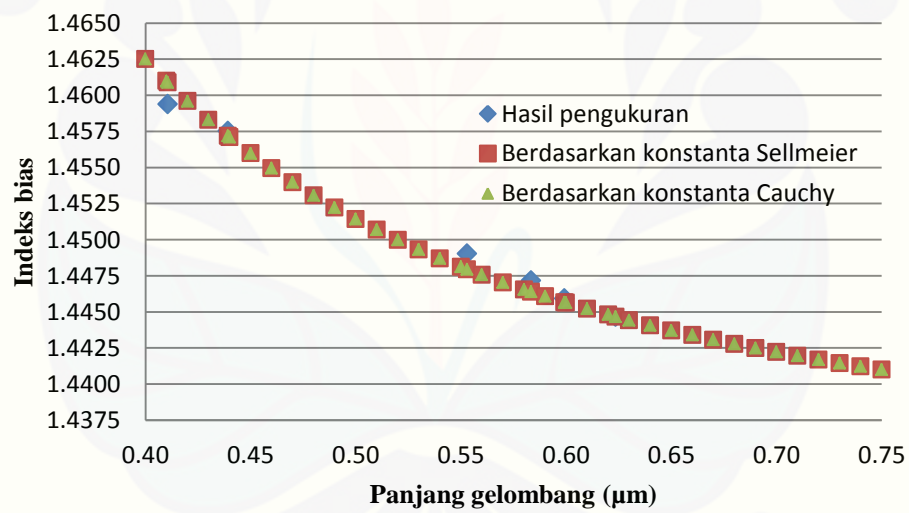


(b)

Gambar H2. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi minyak kelapa sawit merk X pada temperatur (a) 45°C (b) 50°C

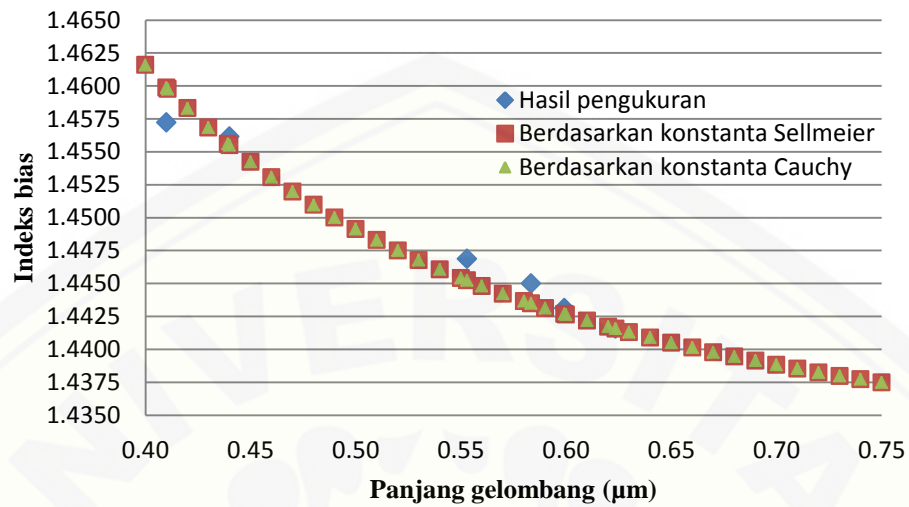


(a)

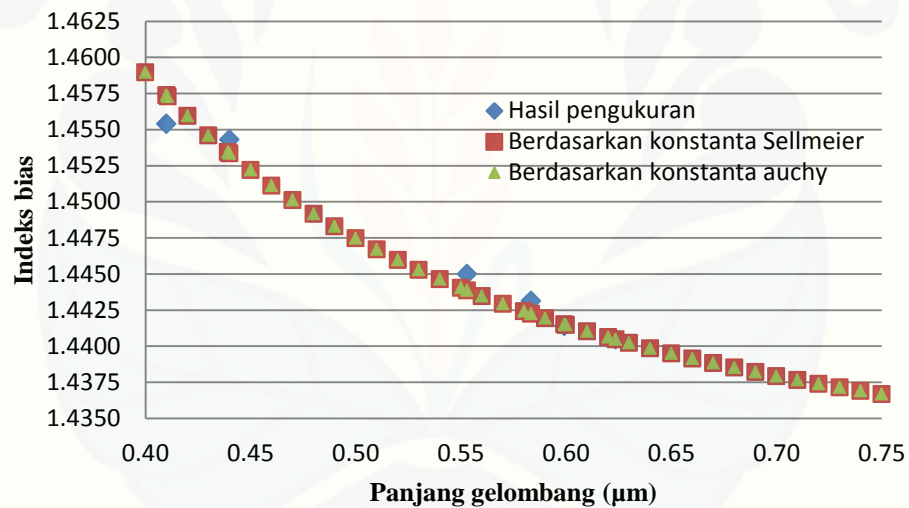


(b)

Gambar H3. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi minyak kelapa sawit merk X pada temperatur (a) 55°C (b) 60°C

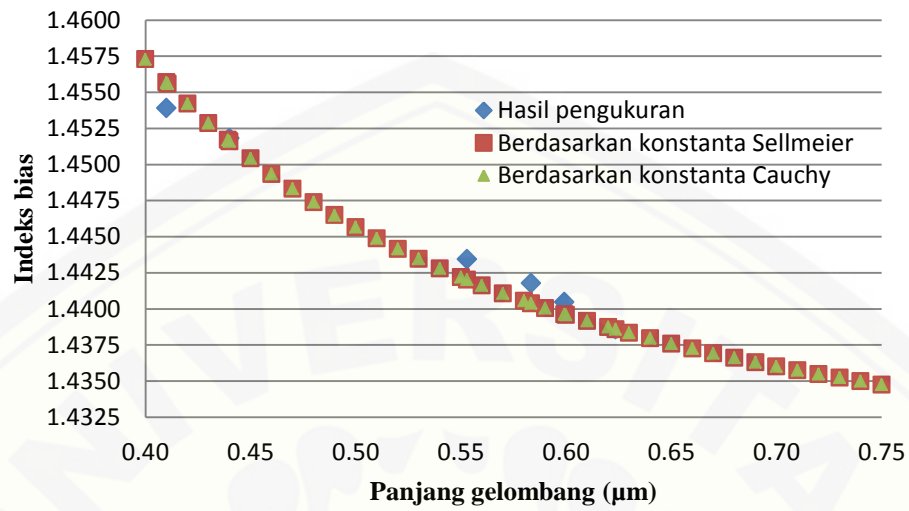


(a)

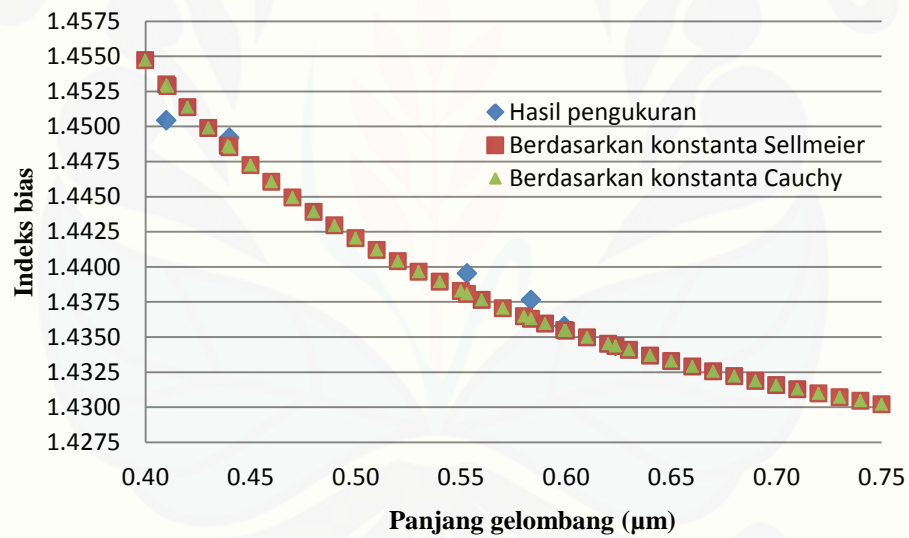


(b)

Gambar H4. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi minyak kelapa sawit merk X pada temperatur (a) 65°C (b) 70°C

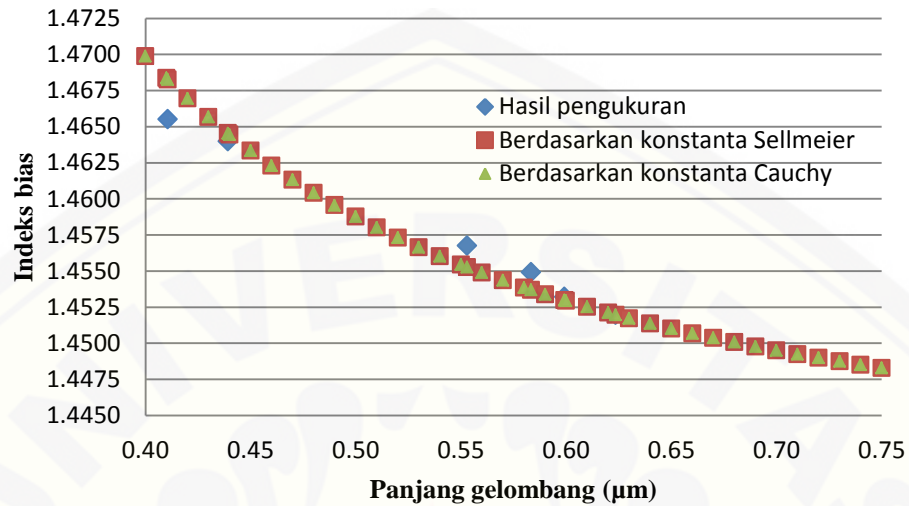


(a)

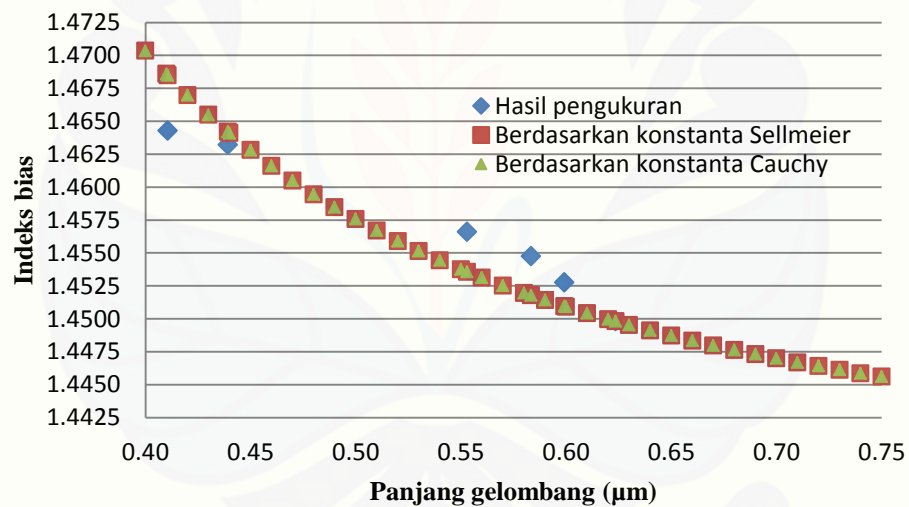


(b)

Gambar H5. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi minyak kelapa sawit merk X pada temperatur (a) 75°C (b) 80°C

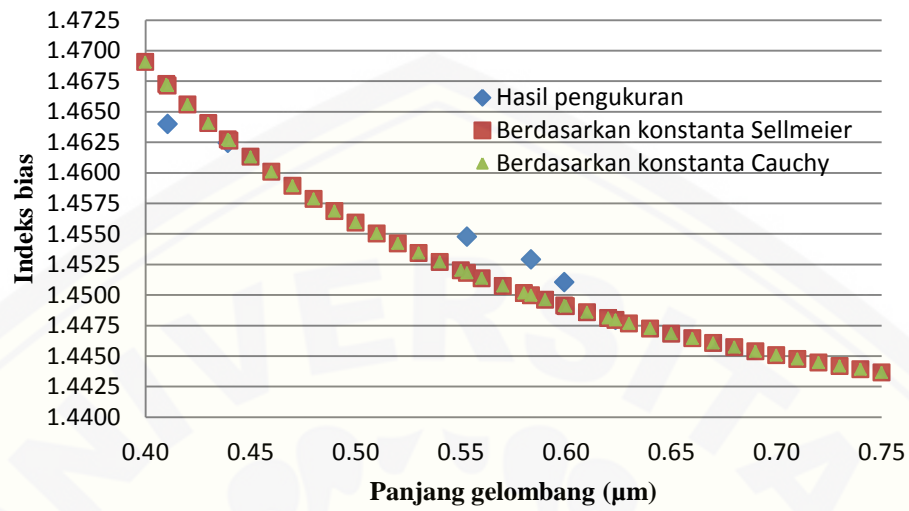
H2. Minyak kelapa sawit merk Y

(a)

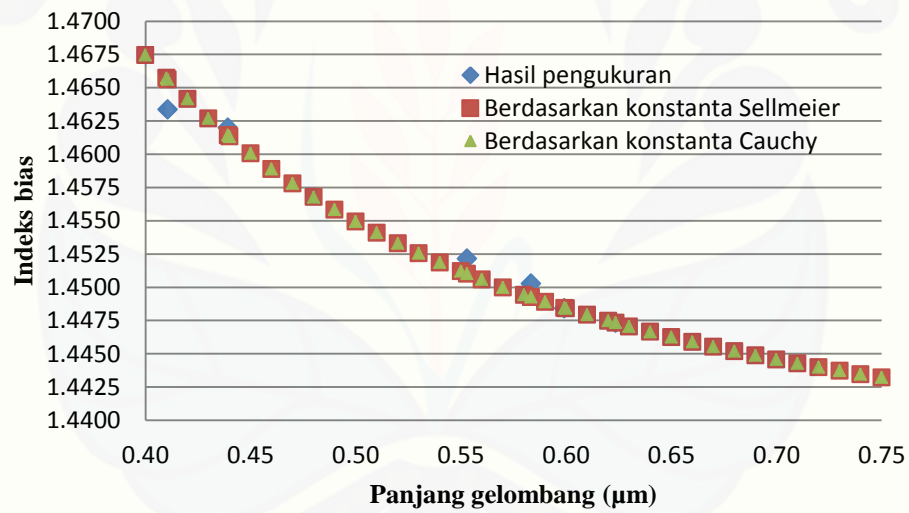


(b)

Gambar H6. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi minyak kelapa sawit merk Y pada temperatur (a) 35°C (b) 40°C

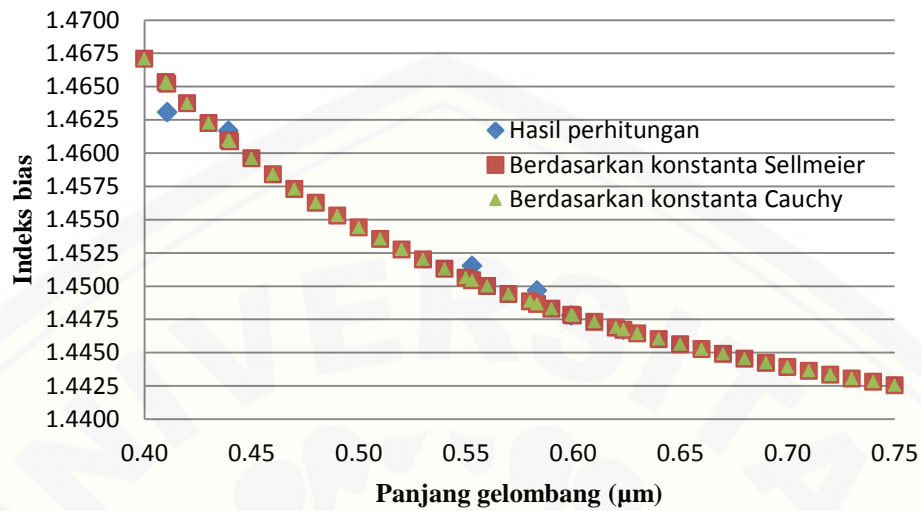


(a)

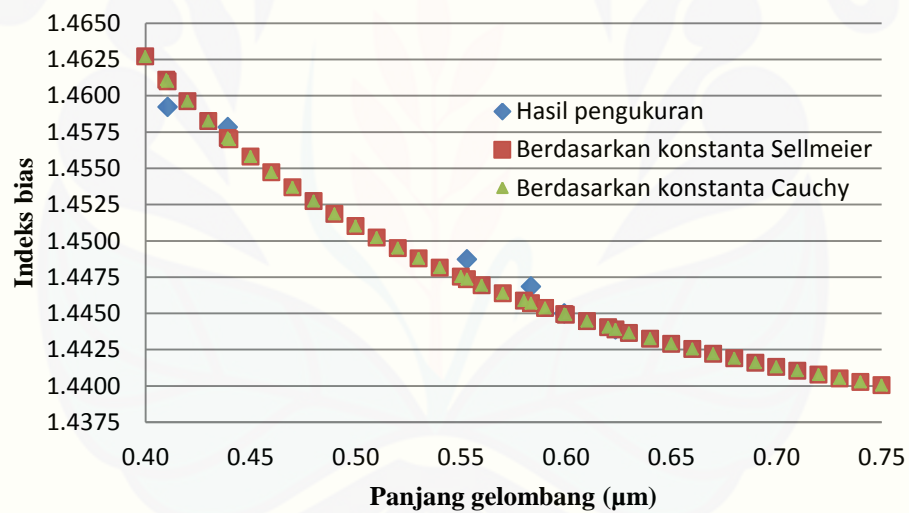


(b)

Gambar H7. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi minyak kelapa sawit merk Y pada temperatur (a) 45°C (b) 50°C

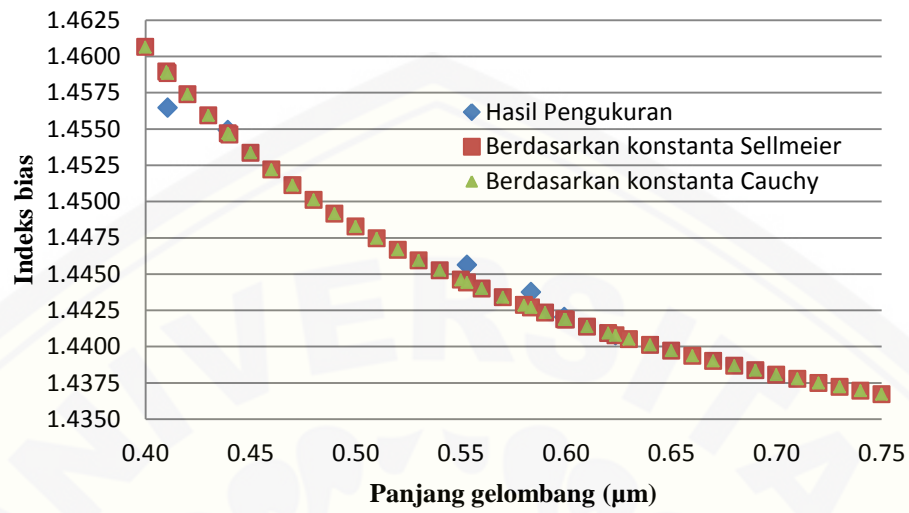


(a)

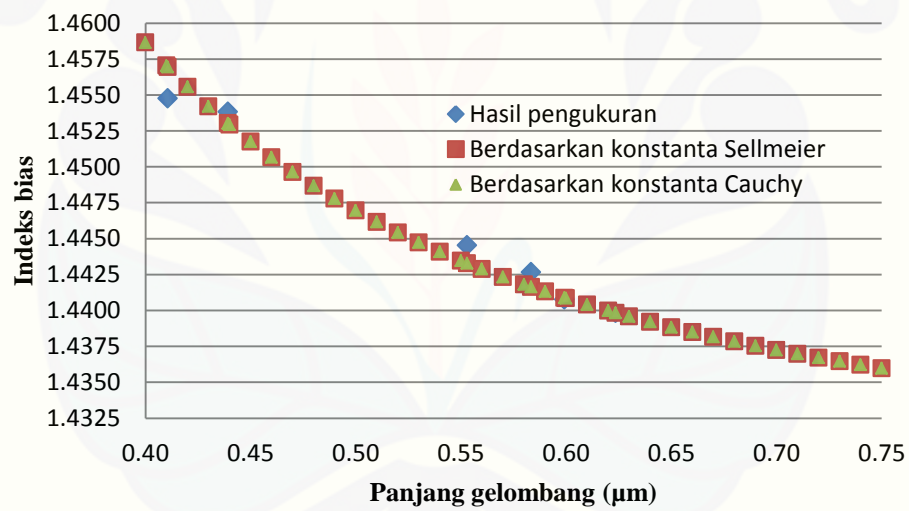


(b)

Gambar H8. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi minyak kelapa sawit merk Y pada temperatur (a) 55°C (b) 60°C

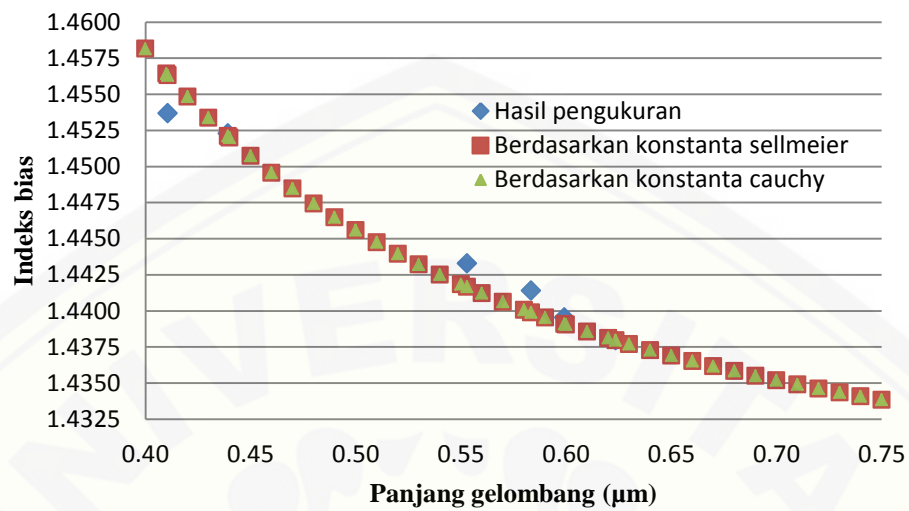


(a)

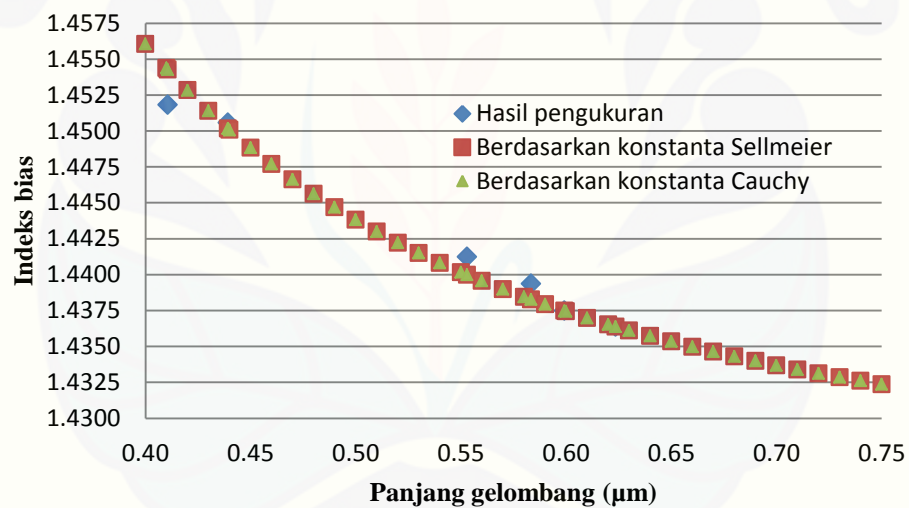


(b)

Gambar H9. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi minyak kelapa sawit merk Y pada temperatur (a) 65°C (b) 70°C



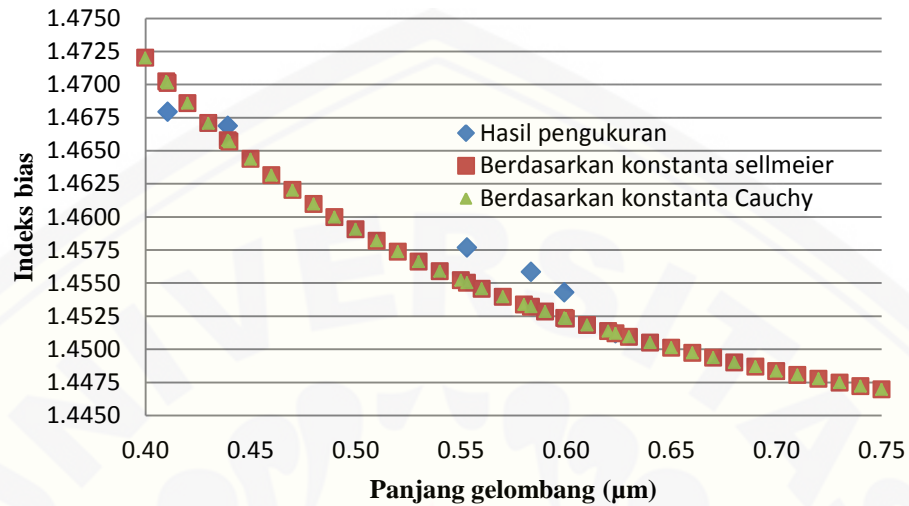
(a)



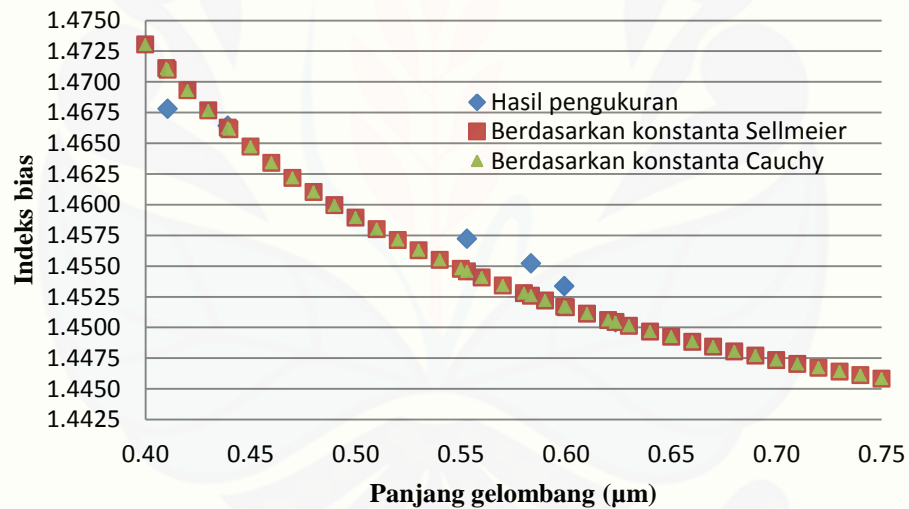
(b)

Gambar H10. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi minyak kelapa sawit merk Y pada temperatur (a) 75°C (b) 80°C

H3. Minyak kelapa sawit merk Z

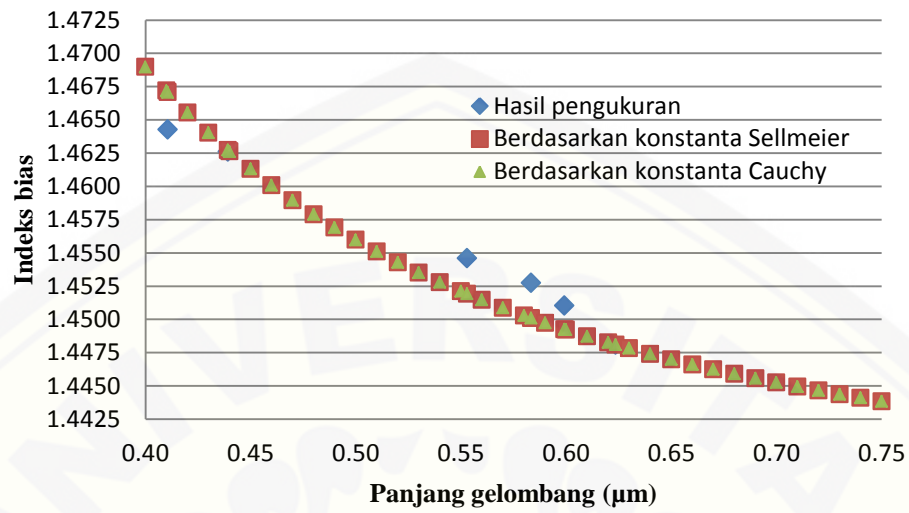


(a)

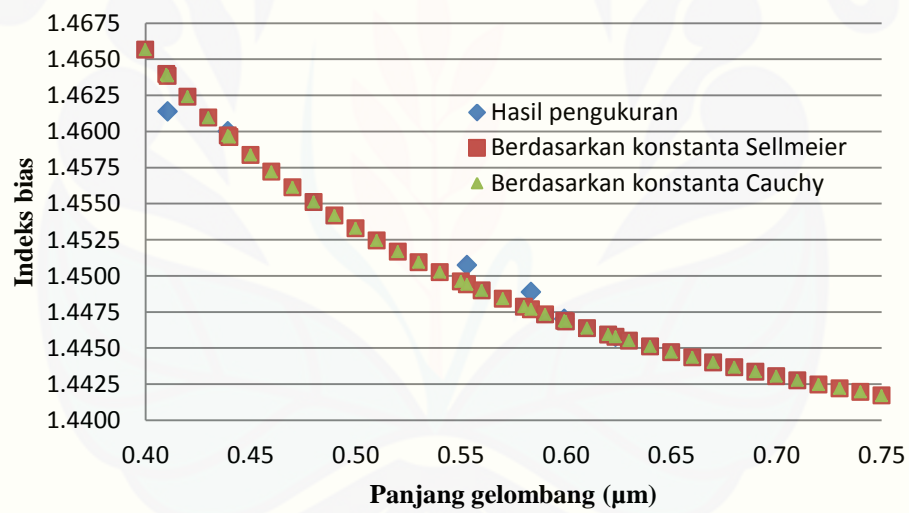


(b)

Gambar H11. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi minyak kelapa sawit merk Z pada temperatur (a) 35°C (b) 40°C

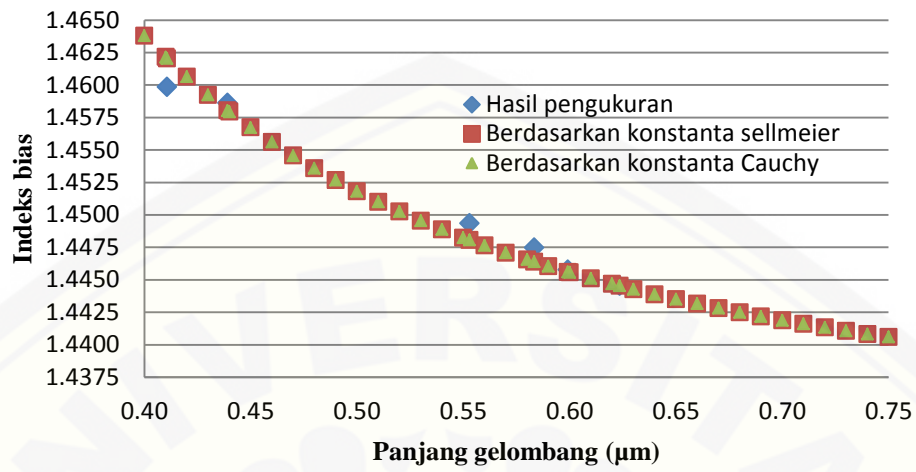


(a)

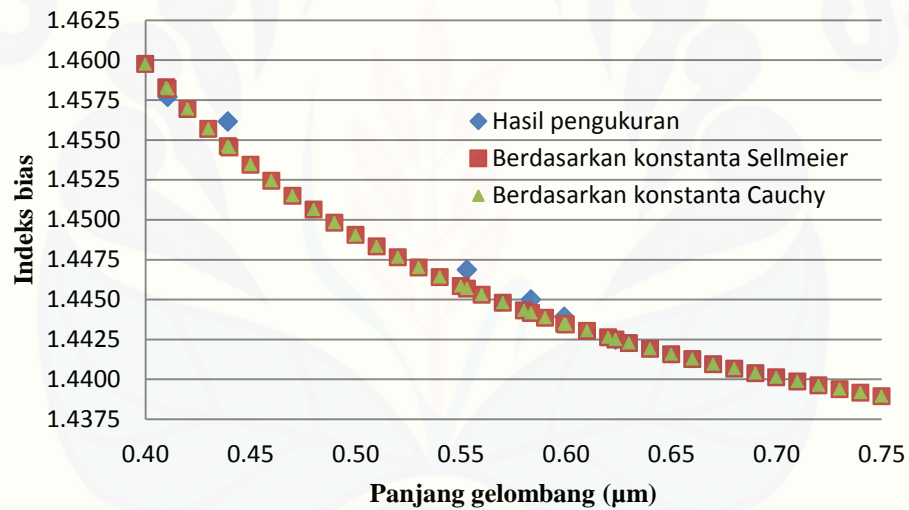


(b)

Gambar H12. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi minyak kelapa sawit merk Z pada temperatur (a) 45°C (b) 50°C

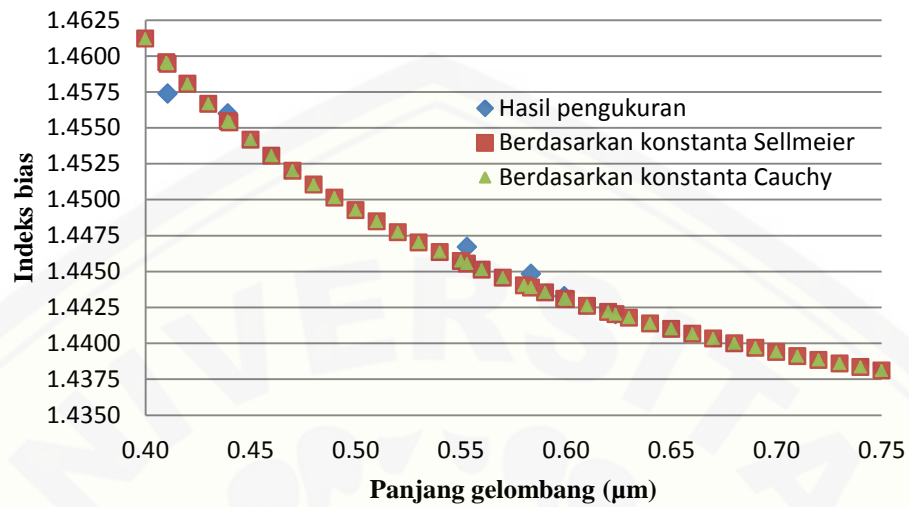


(a)

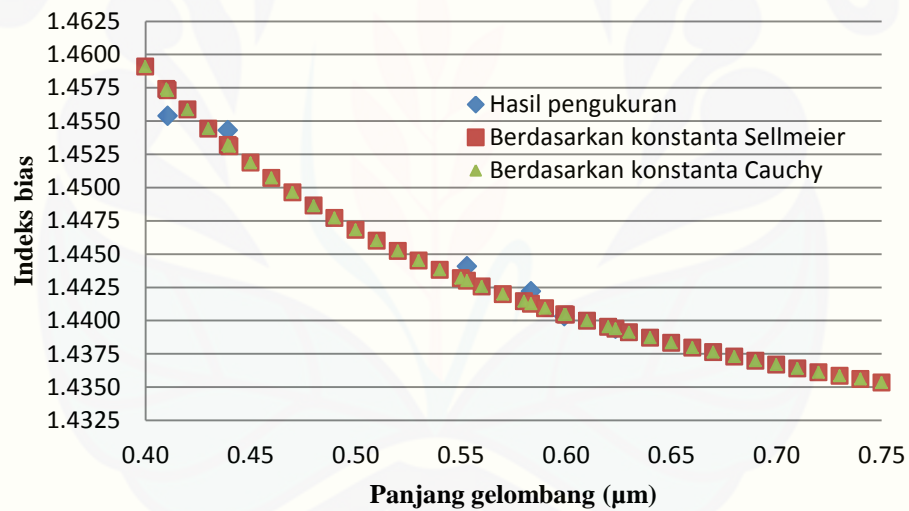


(b)

Gambar H13. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi minyak kelapa sawit merk Z pada temperatur (a) 55°C (b) 60°C

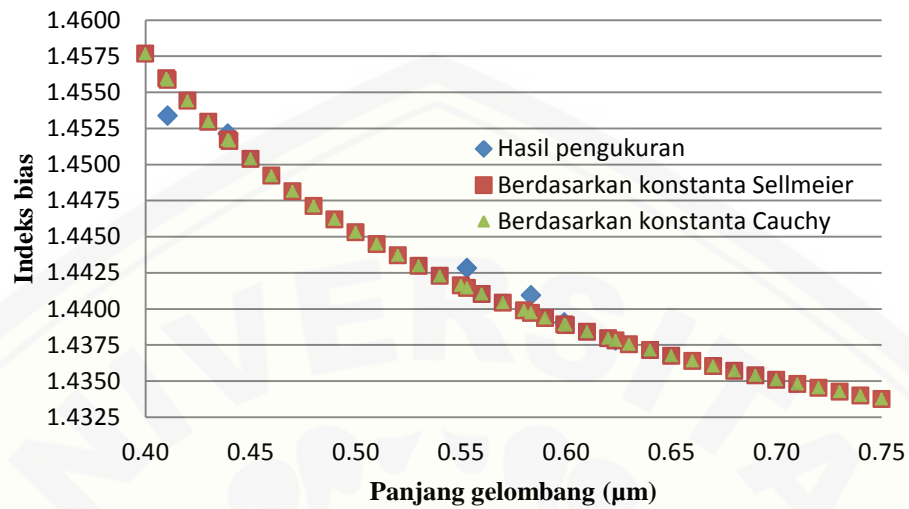


(a)

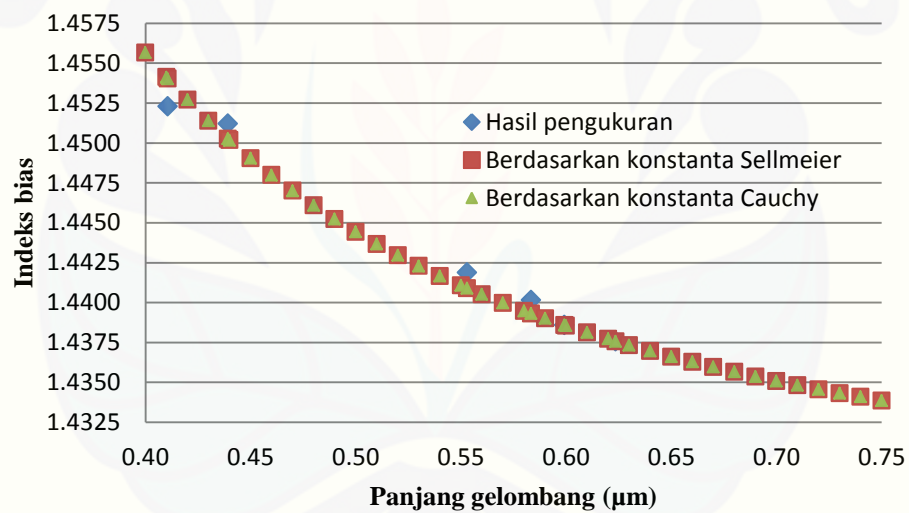


(b)

Gambar H14. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi minyak kelapa sawit merk Z pada temperatur (a) 65°C (b) 70°C



(a)



(b)

Gambar H15. Kurva sebaran indeks bias berdasarkan konstanta dispersi minyak kelapa sawit merk Z pada temperatur (a) 75°C (b) 80°C

Lampiran I. Analisa Statistik *one-way* ANOVA Pengaruh Temperatur terhadap Konstanta Sellmeier dan Cauchy

I1. Minyak merk X

Konstanta Sellmeier A

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1029.181	9	114.3534	0.067399	0.999799	3.020383
Within Groups	16966.75	10	1696.675			
Total	17995.93	19				

Konstanta Sellmeier B

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1031.325	9	114.5917	0.065275	0.999824	3.020383
Within Groups	17555.19	10	1755.519			
Total	18586.51	19				

Konstanta Cauchy C₁

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1030.527	9	114.503	0.068359	0.999788	3.020383
Within Groups	16750.36	10	1675.036			
Total	17780.89	19				

Konstanta Cauchy C₂

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	750.0127	8	93.75159	0.058757	0.999735	3.229583
Within Groups	14360.24	9	1595.582			
Total	15110.25	17				

Konstanta Cauchy C₃

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1031.25	9	114.5834	0.065243	0.999824	3.020383
Within Groups	17562.46	10	1756.246			
Total	18593.71	19				

Konstanta Cauchy C₄

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1031.25	9	114.5833	0.065243	0.999824	3.020383
Within Groups	17562.5	10	1756.25			
Total	18593.75	19				

I2. Minyak merek Y

Konstanta Sellmeier A

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1029.207	9	114.3564	0.0674	0.999799	3.020383
Within Groups	16966.82	10	1696.682			
Total	17996.03	19				

Konstanta Sellmeier B

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	750.0127	8	93.75159	0.058774	0.999735	3.229583
Within Groups	14355.97	9	1595.107			
Total	15105.98	17				

Konstanta Cauchy C_1

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1030.537	9	114.5041	0.068359	0.999787	3.020383
Within Groups	16750.38	10	1675.038			
Total	17780.92	19				

Konstanta Cauchy C_2

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1031.25	9	114.5834	0.065253	0.999824	3.020383
Within Groups	17559.75	10	1755.975			
Total	18591	19				

Konstanta Cauchy C_3

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1031.25	9	114.5833	0.065243	0.999824	3.020383
Within Groups	17562.46	10	1756.246			
Total	18593.71	19				

Konstanta Cauchy C_4

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1031.25	9	114.5833	0.065243	0.999824	3.020383
Within Groups	17562.5	10	1756.25			
Total	18593.75	19				

I3. Minyak merk Z

Konstanta Sellmeier A

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1029.357	9	114.373	0.06741	0.999799	3.020383
Within Groups	16966.69	10	1696.669			
Total	17996.04	19				

Konstanta Sellmeier B

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1031.217	9	114.5796	0.065269	0.999824	3.020383
Within Groups	17555.03	10	1755.503			
Total	18586.25	19				

Konstanta Cauchy C₁

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1030.589	9	114.5099	0.068363	0.999787	3.020383
Within Groups	16750.34	10	1675.034			
Total	17780.92	19				

Konstanta Cauchy C₂

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1031.232	9	114.5814	0.065252	0.999824	3.020383
Within Groups	17559.79	10	1755.979			
Total	18591.03	19				

Konstanta Cauchy C_3

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1031.249	9	114.5832	0.065243	0.999824	3.020383
Within Groups	17562.46	10	1756.246			
Total	18593.71	19				

Konstanta Cauchy C_4

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1031.25	9	114.58333	0.0652432	0.9998242	3.0203829
Within Groups	17562.499	10	1756.2499			
Total	18593.749	19				

Lampiran J. Foto alat penelitian

