

# TUGAS AKHIR

## STUDI SIFAT TERMAL-OPTIK PADA CITRA MIKROSKOPIK *THERMOCHROMIC LIQUID CRYSTAL* TERHADAP VARIASI SUDUT POLARISATOR



ZIKRI RIZKI

NPM: 2017720005

PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
2020

**FINAL PROJECT**

**STUDY THE THERMAL-OPTICAL PROPERTIES  
MICROSCOPIC IMAGES OF THERMOCHROMIC LIQUID  
CRYSTAL FOR VARIOUS POLARIZER ANGLES**



**ZIKRI RIZKI**

**NPM: 2017720005**

**DEPARTMENT OF PHYSICS  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES  
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
2020**

# LEMBAR PENGESAHAN

Studi Sifat Termal-Optik Pada Citra Mikroskopik *Thermochromic Liquid Crystal* Terhadap Variasi Sudut Polarisator

ZIKRI RIZKI

NPM: 2017720005

Bandung, 6 Januari 2020

Menyetujui,  
Pembimbing Utama

Risti Suryantari, M.Sc.

Ketua Tim Penguji

Anggota Tim Penguji

Dr. Aloysius Rusli

Flaviana, S.Si., M.T.

Mengetahui,  
Ketua Program Studi

Reinard Primulando, Ph.D

## PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul:

**STUDI SIFAT TERMAL-OPTIK PADA CITRA MIKROSKOPIK  
*THERMOCHROMIC LIQUID CRYSTAL* TERHADAP VARIASI SUDUT  
POLARISATOR**

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,  
Tanggal 6 Januari 2020

Meterai Rp. 6000
---------------------

Zikri Rizki  
NPM: 2017720005

## ABSTRAK

Pada penelitian ini akan dilakukan pengamatan sifat optik dari kristal cair termokromik dengan menggunakan mikroskop dan dua polarisator. Tujuan utama dari penelitian ini adalah menganalisis tekstur lapisan tipis kristal cair termokromik terhadap perubahan sudut polarisator pada temperatur tertentu. Ketebalan lapisan diatur dengan menggunakan *spacer* yang telah diketahui ketebalannya. Termoelektrik dimanfaatkan untuk memberikan sumber panas yang terdistribusi pada lapisan kristal cair termokromik. Pada masing-masing temperatur diperoleh citra dari lapisan, hasil dari citra lapisan tersebut dikonversikan dari citra RGB menjadi citra *grayscale* diperoleh intensitas citra untuk variasi temperatur dan sudut polarisator, hasil penelitian ini memperlihatkan hubungan antara intensitas citra dengan temperatur dengan teramati temperatur transisi pada rentang  $34^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $36^{\circ}\text{C}$  yang ditandai adanya penurunan intensitas secara signifikan, pengaruh temperatur juga memperlihatkan proses perubahan tekstur citra lapisan yang semakin tinggi temperatur akan mengubah sifat bahan menjadi isotropik yang teramati pada suhu  $46^{\circ}\text{C}$ . Hubungan intensitas citra terhadap sudut polarisator yang memiliki kurva karakteristik berbentuk elips, yang menunjukkan sifat anisotropik dari bahan tersebut.

**Kata-kata kunci:** Kristal cair termokromik, polarisasi, distribusi kalor.

## **ABSTRACT**

In this study, the optical properties of thermochromic liquid crystals will be observed using a microscope and two polarisators. The main objective of this research is to analyze the texture of the thermochromic liquid crystal thin film on the change in polarisator angle at a certain temperature. The thickness of the layer is regulated by using a spacer with known thickness. Thermoelectric is used to provide a heat source that is distributed to the thermochromic liquid crystal layer. At each temperature image obtained from the layer, the results of the layer image are converted from RGB images to grayscale images obtained image intensity for variations in temperature and polarization angle. the relationship between the intensity of the image with the temperature with the observed transition temperature in the range 34°C to 36°C which is marked by a significant decrease in intensity, the effect of temperature also shows the process of changing the texture of the layer the higher the temperature will change the nature of the material into isotropic observed at 46°C. The relationship of image intensity to the polarisator angle which has an elliptical characteristic curve, which shows the anisotropic nature of the material

**Keywords:** Thermochromic liquid crystal, polarization, heat distribution

*Dedicated to my family and friends*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga skripsi dengan judul 'STUDI SIFAT TERMAL-OPTIK PADA CITRA MIKROSKOPIK THERMOCHROMIC LIQUID CRYSTAL TERHADAP VARIASI SUDUT POLARISATOR' dapat disusun dengan lancar. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Fakultas Teknologi Informasi dan Sains Universitas Katolik Parahyangan. Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang berguna bagi penulisan ini. Oleh sebab itu, dengan segala ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibunda tercinta Rohana atas doa dan dukungan moril, materil serta kesabarannya yang diberikan kepada penulis
2. Kakakku yang tersayang Rina adriani, Mahyuni, Nida Fitria, Nita Rahayu, Suri handayani, Khairul Amri, Zam Zami dan Ilham Syahputra atas dukungan motivasi, moril, materil, dan kesabarannya.
3. Ibu Risti Suryantari, M.Sc., selaku dosen pembimbing utama yang selalu memberi masukan dan nasihat agar tugas akhir saya dilakukan dengan baik.
4. Bapak Dr. Aloysius Rusli dan Ibu Flaviana, S.Si.,M.T selaku dosen penguji yang memberi masukan dan nasihat agar tugas akhir saya dilakukan dengan baik.
5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Fisika Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Prof. Rustam Siregar guru besar Fisika Universitas Padjadjaran, serta Dr.Fitrilawati Dosen Fisika Universitas Padjadjaran yang telah memberikan ilmu dan nasehat kepada penulis selama menempuh studi di Universitas Padjadjaran.
7. Untuk seluruh staf dan karyawan FTIS Universitas Katolik Parahyangan yang telah banyak membantu kelancaran administratif selama menempuh studi.
8. Cindyawati angkatan 2016 yang telah membantu dalam penulisan ini.
9. Rekan angkatan 2015, 2016, 2017 dan 2018 yang telah memberikan motivasinya.
10. Sahabat karibku Syafriyono, M.T yang selalu memberikan motivasi, nasihatnya serta proyeknya.

Bandung, Januari 2020

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xxi</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	2
1.3 Tujuan Penelitian . . . . .	2
1.4 Batasan Masalah . . . . .	2
1.5 Sistematika Pembahasan . . . . .	2
<b>2 LANDASAN TEORI</b>	<b>5</b>
2.1 Kristal Cair . . . . .	5
2.1.1 Kristal Cair Kolesterik . . . . .	6
2.1.2 <i>Thermochromic Liquid Crystal (TLC)</i> . . . . .	6
2.2 Sifat Optik Kristal Cair Kolesterik . . . . .	8
2.2.1 Polarisasi . . . . .	8
2.3 Pembiasan Ganda ( <i>Birefringence</i> ) . . . . .	12
2.4 Bragg <i>Scattering</i> . . . . .	13
2.5 Polarizer . . . . .	15
2.6 Pengolahan Citra . . . . .	16
<b>3 METODE PENELITIAN</b>	<b>19</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian . . . . .	19
3.2 Alat dan Bahan Penelitian . . . . .	19
3.3 Tahap Pengambilan Data . . . . .	21
3.4 Teknik Pengolahan Data . . . . .	23
3.5 Alur Penelitian . . . . .	25
<b>4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>27</b>
4.1 Hasil pengamatan citra lapisan <i>TLC</i> pada variasi temperatur untuk 3 macam ketebalan sampel. . . . .	27
4.2 Analisis intensitas lapisan <i>TLC</i> terhadap perubahan temperatur pada sudut polarisator $\theta = 0^\circ$ dan $\theta = 90^\circ$ . . . . .	29
4.3 Analisis intensitas citra lapisan <i>TLC</i> terhadap perubahan sudut polarisator pada temperatur $40^\circ\text{C}$ untuk ketebalan sampel yang berbeda . . . . .	31
4.4 Analisis tekstur dan fase temperatur transisi isotropik pada sudut $\theta = 90^\circ$ . . . . .	33
<b>5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>37</b>
5.1 Kesimpulan . . . . .	37

5.2 Saran . . . . .	38
<b>DAFTAR REFERENSI</b>	<b>39</b>
<b>A HASIL EKSPERIMEN CITRA <i>TLC</i></b>	<b>41</b>
<b>B KODE PROGRAM</b>	<b>47</b>

## DAFTAR GAMBAR

2.1	Susunan molekul pada fase a) Padat, b dan c) Kristal cair dan d) Cair [1] . . . . .	5
2.2	Susunan molekul pada fase nematik [1] . . . . .	6
2.3	a) Struktur molekul heliks kolesterik, b) molekul yang sejajar bidang $xy$ dan tegak lurus pada arah $z$ [1] . . . . .	6
2.4	Pergeseran panjang gelombang terhadap perubahan temperatur [2] . . . . .	7
2.5	Molekul kolesterik pada keadaan temperatur tinggi dan rendah [3] . . . . .	7
2.6	Medan $E$ dan $B$ saling tegak lurus [4] . . . . .	8
2.7	Dua macam berkas cahaya dilihat dari arah depan. Anak panah menunjukkan getaran medan listrik maupun medan magnet gelombang cahaya. a) Berkas tak terpolarisasi dan b) Berkas terpolarisasi [4] . . . . .	9
2.8	Polarisasi linear [4] . . . . .	10
2.9	Polarisasi melingkar [4] . . . . .	11
2.10	Skema cahaya <i>birefringence</i> pada kristal . . . . .	12
2.11	Skema <i>birefringence</i> pada kristal cair kolesterik [5] . . . . .	13
2.12	Skema hamburan sinar-X pada struktur kristal [6] . . . . .	14
2.13	Hamburan cahaya yang mengenai kristal cair kolesterik [6] . . . . .	14
2.14	Seberkas cahaya terpolarisasi sebesar sudut $\theta$ [7] . . . . .	15
2.15	a) Skema sinar melewati polarisator (P) terpolarisasi pada arah sumbu $x$ dan $y$ pada bahan anisotropik terpolarisasi elips (E) melewati sebuah analisator (A) dan b) Skema arah polarisator dan analisator [8] . . . . .	15
2.16	Warna RGB [9] . . . . .	16
2.17	Konfigurasi warna RGB [9] . . . . .	17
2.18	Matriks RGB . . . . .	17
2.19	Citra <i>grayscale</i> serta matrik intensitas . . . . .	18
3.1	Mikroskop Optik Multimedia BEM 126 . . . . .	19
3.2	Sel Termoelektrik Peltier TEC1-12706 . . . . .	20
3.3	<i>Power Supply</i> DC . . . . .	20
3.4	Termometer <i>infrared</i> . . . . .	21
3.5	Skema pengambilan data . . . . .	21
3.6	Skema lapisan tipis terlihat a) dari bagian atas b) dari bagian samping c) lapisan tipis <i>TLC</i> . . . . .	22
3.7	1) Set up alat penelitian, 2) Konfigurasi Polarisator, 3) lapisan <i>TLC</i> dan Analisator . . . . .	23
3.8	Sketsa teknik pemotongan citra . . . . .	23
3.9	Citra tekstur lapisan <i>TLC</i> (kiri), hasil <i>cropping</i> dari citra (kanan) . . . . .	24
3.10	Citra <i>grayscale</i> tekstur lapisan tipis <i>TLC</i> dengan nilai intensitas citra pada salah satu piksel. . . . .	24
3.11	Alur penelitian . . . . .	25
4.1	Pola <i>cross polar</i> . . . . .	29
4.2	Persentase intensitas lapisan <i>TLC</i> terhadap perubahan temperatur pada masing-masing ketebalan lapisan pada sudut $\theta = 0^\circ$ . . . . .	29

4.3	Persentase intensitas lapisan <i>TLC</i> terhadap perubahan temperatur pada masing-masing ketebalan lapisan pada sudut $\theta = 90^\circ$ . . . . .	30
4.4	Persentase intensitas lapisan <i>TLC</i> pada temperatur konstan $40^\circ\text{C}$ untuk ketebalan yang berbeda. . . . .	31
4.5	Grafik polar dengan kurva merah data eksperimen dan kurva hitam pendekatan elips yang ditarik dari hasil eksperimen pada ketebala $50\ \mu\text{m}$ . . . . .	32
4.6	Grafik polar dengan kurva merah data eksperimen dan kurva hitam pendekatan elips yang ditarik dari hasil eksperimen pada ketebala $100\ \mu\text{m}$ . . . . .	32
4.7	Grafik polar dengan kurva merah data eksperimen dan kurva hitam pendekatan elips yang ditarik dari hasil eksperimen pada ketebala $200\ \mu\text{m}$ . . . . .	33
4.8	Perubahan intensitas transmisi terhadap kenaikan temperatur pada ketebalan yang berbeda . . . . .	35
A.1	Data <i>TLC</i> pada ketebalan sampel $50\ \mu\text{m}$ terhadap variasi sudut . . . . .	41
A.2	Data <i>TLC</i> pada ketebalan sampel $100\ \mu\text{m}$ terhadap variasi sudut . . . . .	42
A.3	Data <i>TLC</i> pada ketebalan sampel $200\ \mu\text{m}$ terhadap variasi sudut . . . . .	43
A.4	Hasil <i>crop</i> citra dengan menggunakan teknik pengolahan <i>crop</i> citra RGB di dalam Matlab. . . . .	44
A.5	Hasil konversi citra RGB menjadi citra <i>Grayscale</i> di dalam Matlab. . . . .	45

## DAFTAR TABEL

4.1	Citra lapisan <i>TLC</i> pada ketebalan 50 $\mu m$ . . . . .	27
4.2	Citra lapisan <i>TLC</i> pada ketebalan 100 $\mu m$ . . . . .	28
4.3	Citra lapisan <i>TLC</i> pada ketebalan 200 $\mu m$ . . . . .	28
4.4	Perubahan tekstur lapisan terhadap kenaikan temperatur ketebalan 50 $\mu m$ . . . . .	34
4.5	Perubahan tekstur lapisan terhadap kenaikan temperatur ketebalan 100 $\mu m$ . . . . .	34
4.6	Perubahan tekstur lapisan terhadap kenaikan temperatur ketebalan 200 $\mu m$ . . . . .	34
5.1	Tabel perubahan fase pada lapisan <i>TLC</i> . . . . .	37
5.2	Tabel perbandingan intensitas minimum dan maksimum pada ketiga ketebalan . . . . .	37

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kristal cair merupakan material yang berada antara fase padat dan fase cair. Keteraturan arah molekul-molekulnya cenderung sama. Secara fisik material ini berbentuk cairan, sehingga molekul-molekulnya memiliki sifat seperti material pada fase cair yang dapat bergerak bebas. Fase kristal cair ini berada lebih dekat dengan fase cair karena dengan sedikit penambahan temperatur (pemanasan), fasenya langsung berubah menjadi cair. Sifat ini menunjukkan sensitivitas yang tinggi terhadap temperatur.

Terdapat tiga tipe pada kristal cair, yaitu tipe nematik, tipe smektik, dan tipe kolesterik. Molekul-molekul pada tipe nematik, memiliki orientasi yang cenderung searah. Molekul-molekul pada tipe smektik, selain memiliki orientasi yang searah, molekul-molekulnya juga saling menyusun pada satu arah membentuk lapisan tertentu tetapi, posisi molekul dalam lapisan tidak beraturan. Pada fase kolesterik, molekul-molekulnya tersusun secara heliks [10].

Kristal cair kolesterik adalah sebuah bahan yang memiliki struktur molekul yang tersusun secara heliks dan dapat dianggap sebagai kristal fotonik satu dimensi [11]. Hal menjadikan kristal cair kolesterik memiliki respons terhadap berbagai rangsangan eksternal (listrik, termal dan optik), dengan demikian dapat diaplikasikan pada perangkat optik seperti filter optik [5], kisi difraksi [1], laser tanpa lensa [12], mikrolensa [13], dan pelindung mata [14].

Salah satu aplikasi kristal cair kolesterik adalah *Thermochromic Liquid Crystal (TLC)* dapat diaplikasikan pada termometer dengan perubahan warna pada suhu tertentu, prinsip kerja dari kristal cair termokromik dengan memantulkan cahaya yang datang di daerah spektrum cahaya tampak. Fenomena ini disebabkan oleh pantulan cahaya secara selektif pada struktur molekul *chiral* terhadap perubahan distribusi temperatur. Cahaya yang dipantulkan menghasilkan warna dari merah ke ungu dari spektrum cahaya tampak pada rentang 400-700 nm terhadap perubahan temperatur, efek ini yang dikenal sebagai *Color Play*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Timothy B. Roth dan Ann. M. Anderson pada tahun 2007, tentang 'Efek Ketebalan Film, Cahaya Polarisasi, dan Intensitas Cahaya pada *Thermochromic Liquid Crystal*' [15], digunakan TLC R25C10W untuk pengukuran jumlah cahaya transmisi pada daerah cahaya tampak dengan memvariasi temperatur dari 25°C sampai 55°C dengan pengujian menggunakan alat spektrofotometer pada keadaan cahaya tidak terpolarisasi, linear dan cross polarisasi. Spektrum transmisi akan meningkat ketika suhu ditingkatkan, persentase jumlah cahaya transmisi meningkat sebanding meningkatnya panjang gelombang, hasil analisis data spektrofotometer disajikan dalam 3 bentuk, yakni jumlah cahaya yang ditransmisi, jumlah cahaya merah, biru dan hijau yang ditransmisi, dan kurva karakteristik spektrum (transmisi maksimum, perubahan panjang gelombang, dan panjang gelombang maksimum) yang semuanya merupakan fungsi dari suhu [15].

Pada penelitian ini akan ditinjau sifat termal-optik dari kristal cair termokromik dengan pengamatan mikroskop dan dua polarisator, diperoleh citra sampel, yang kemudian dapat diolah lebih lanjut berdasarkan persentase intensitas cahaya transmisi terhadap perubahan temperatur dan sudut polarisator. Fokus dari penelitian ini mengamati efek dari perubahan sudut polarisator pada setiap temperatur tetap tertentu terhadap intensitas citra yang diperoleh.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penulisan tugas akhir ini yaitu:

1. Bagaimana tekstur yang terbentuk pada sampel kristal cair termokromik terhadap variasi temperatur pada ketebalan sampel yang berbeda ?
2. Bagaimana sifat optik yang diperlihatkan oleh lapisan tipis kristal cair termokromik pada variasi temperatur menggunakan mikroskop dan polarisator untuk ketebalan sampel yang berbeda ?
3. Bagaimana sifat optik dari lapisan tipis kristal cair termokromik terhadap variasi sudut polarisator pada ketebalan sampel yang berbeda ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengamati dan memahami tekstur yang terbentuk pada kristal cair termokromik terhadap variasi temperatur pada ketebalan sampel yang berbeda.
2. Mengamati dan memahami sifat optik dari kristal cair termokromik terhadap variasi temperatur pada ketebalan sampel yang berbeda.
3. Mengetahui pengaruh sifat optik kristal cair termokromik terhadap variasi sudut polarisasi pada ketebalan sampel yang berbeda.

## 1.4 Batasan Masalah

Agar dalam pembahasan lebih terarah dengan baik, maka diperlukan adanya batasan permasalahan yang akan dibahas meliputi :

1. Prinsip dasar fisika dari struktur kristal cair kolesterik.
2. Penjelasan tentang sifat optik polarisasi, *birefringence*, difraksi Bragg yang ditunjukkan oleh kristal cair kolesterik.
3. Prinsip dasar kerja polarisasi pada mikroskop optik.

## 1.5 Sistematika Pembahasan

### 1. Bab I Pendahuluan

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### 2. Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini membahas tentang dasar teori tentang lapisan tipis pada bidang material, penjelasan mengenai struktur kristal cair kolesterik sifat optiknya yang meliputi polarisasi, *birefringence*, difraksi Bragg, dan mikroskop polarisasi.

### 3. Bab III Metode Penelitian

Pada bab ini mendeskripsikan mengenai tahapan dari proses penelitian yang diawali dengan fabrikasi lapisan tipis kristal cair serta karakterisasi sifat optik dengan menggunakan mikroskop optik.

**4. Bab IV Hasil dan Pembahasan**

Pada bab ini membahas hasil data yang diperoleh dari pengukuran dan pengamatan perubahan temperatur terhadap pola tekstur molekul lapisan tipis kristal cair.

**5. Bab V Kesimpulan dan Saran**

Pada Bab ini membahas kesimpulan dan saran yang diberikan oleh peneliti untuk orang lain terkait dengan literatur sebagai landasan awal penelitian ini.