

TUGAS AKHIR

ANALISIS TEKSTUR CITRA KRISTAL CAIR TERMOKROMIK MENGGUNAKAN MIKROSKOP POLARISASI DENGAN METODE EKSTRAKSI CIRI ORDE DUA



CINDYAWATI

NPM: 2016720003

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

FINAL PROJECT

**IMAGE TEXTURE ANALYSIS OF THERMOCHROMIC
LIQUID CRYSTAL USING POLARIZING MICROSCOPE BY
SECOND ORDER FEATURE EXTRACTION METHOD**



CINDYAWATI

NPM: 2016720003

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

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKSTUR CITRA KRISTAL CAIR TERMOKROMIK MENGUNAKAN MIKROSKOP POLARISASI DENGAN METODE EKSTRAKSI CIRI ORDE DUA

Cindyawati

NPM: 2016720003

Bandung, 20 Juli 2020

Menyetujui,
Pembimbing Utama



Risti Suryantari, M.Sc.

Ketua Tim Penguji



Dr. Aloysius Rusli

Anggota Tim Penguji



Flaviana, M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Reinard Primulando, Ph.D

PERNYATAAN

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

ANALISIS TEKSTUR CITRA KRISTAL CAIR TERMOKROMIK MENGUNAKAN MIKROSKOP POLARISASI DENGAN METODE EKSTRAKSI CIRI ORDE DUA

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 di kemudian 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 20 Juli 2020



NPM: 2016720003

ABSTRAK

Kristal cair kolesterik memiliki sifat termo-optik saat dipanaskan pada rentang temperatur tertentu. Sifat termo-optik tersebut dapat memberikan efek perubahan warna sesuai dengan panjang gelombang cahaya tampak. Seiring bertambahnya temperatur saat dipanaskan, kristal cair kolesterik juga memberikan perubahan pola. Pola tersebut membentuk *cross* sepanjang garis pilinan dari kristal cair kolesterik. Salah satu aplikasi dari kristal cair kolesterik yang dijual secara komersil adalah *Thermochromic Liquid Crystal*. Perubahan pola dari *Thermochromic Liquid Crystal* dapat dianalisis di bawah mikroskop polarisator. Analisis pola tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan analisis tekstur citra dengan metode ekstraksi ciri orde dua. Metode tersebut didasarkan pada probabilitas hubungan ketetanggaan antara dua piksel pada jarak dan orientasi sudut tertentu yang lebih dikenal sebagai *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM). Dalam ekstraksi ciri orde dua terdapat 4 komponen yang dapat dianalisis antara lain: energi, kontras, korelasi, dan homogenitas.

Pada tugas akhir ini dirancang untuk mengetahui hubungan perubahan pola terhadap variasi temperatur dan ketebalan sampel berdasarkan analisis tekstur dari molekul *Thermochromic Liquid Crystal*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop polarisator yang arah polarisasinya dipasang tegak lurus (90°). Kemudian, citra yang didapat diubah terlebih dahulu menjadi citra HSV dan dianalisis dengan menggunakan ekstraksi ciri orde dua. Kemudian, nilai per komponen dari hasil ekstraksi ciri orde dua akan diplot terhadap temperatur. Sehingga didapatkan bahwa hubungan perubahan pola terhadap variasi temperatur dan ketebalan sampel akan mempengaruhi hasil perhitungan pada komponen ekstraksi ciri orde dua.

Kata-kata kunci: *Thermochromic Liquid Crystal*, analisis tekstur, ekstraksi ciri orde dua

ABSTRACT

Cholesteric liquid crystals have thermo-optical properties when heated over a certain temperature range. The thermo-optical properties can effect color changes according to the wavelength of visible light. As the temperature increases when heated, the cholesteric liquid crystal also provides a change in pattern. The pattern forms a cross along twist line of the cholesteric liquid crystal. One of the applications of cholesteric liquid crystals is *Thermochromic Liquid Crystal*. Changes in the pattern of *Thermochromic Liquid Crystal* can be analyzed under a polarisator microscope. Analysis of the pattern can be done using image texture analysis with the second order feature extraction method. The method is based on the probability of a neighborhood relationship between two pixels at a certain distance and angular orientation, better known as the *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM). In the second order feature extraction there are 4 components that can be analyzed include: energy, contrast, correlation, and homogeneity.

In this final project is designed to determine the relationship of pattern changes to variations in temperature and thickness of the sample based on texture analysis of the *Thermochromic Liquid Crystal* molecule. This research was carried out using a polarisator microscope whose direction of polarization was mounted perpendicular (90°). Then, the image obtained is first converted into an HSV image and analyzed by using second order feature extraction. Then, the value per component from the second order feature extraction will be plotted against temperature. So it was found that the relationship of pattern changes to variations in temperature and thickness of the sample will affect the results of calculations on the second order feature extraction component.

Keywords: *Thermochromic Liquid Crystal*, texture analysis, second-order feature extraction

Teruntuk diri saya...

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul "Analisis Tekstur Citra Kristal Cair Termokromik Menggunakan Mikroskop Polarisasi dengan Metode Ekstraksi Ciri Orde Dua" dengan baik dan 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 tugas akhir ini melibatkan bantuan berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang berguna bagi penulisan ini. Oleh itu, dengan segala ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua dan adik saya yang selalu memberikan semangat dan dukungan doa.
2. Ibu Risti Suryantari, M.Sc. selaku dosen pembimbing utama yang selalu memberikan dukungan semangat, setia membimbing, dan mengarahkan penulis.
3. Bapak Dr. Aloysius Rusli selaku dosen penguji 1 yang sabar dalam memberikan pertanyaan.
4. Ibu Flaviana, M.T. selaku dosen penguji 2 yang selalu memberikan semangat serta masukan kepada penulis.
5. Bapak Reinard Primulando, Ph.D selaku ketua jurusan Fisika yang selalu memberikan semangat.
6. Ibu Sylvia Hastuti Susanto, Ph.D selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi dan saran.
7. Dosen Fisika UNPAR: Pak Janto, Pak Philips, Pa Haryanto, Pa Paulus, Pa Kianming, Ibu Elok yang sudah mengajarkan saya banyak hal dan pengalaman.
8. Dekanat FTIS UNPAR
9. Staf TU dan karyawan FTIS UNPAR
10. Pegawai FTIS UNPAR yang sudah membantu membukakan pintu lab. riset
11. Rizki Budiman yang sudah membantu penulis dalam proses pengambilan data serta memberikan masukan bagi penulis.
12. Rekan-rekan kerja Ketua Himpunan UNPAR 2018/2019.
13. Rekan-rekan pengajar dan pengurus Bengkel Sains
14. Mahasiswa Fisika angkatan 2015-2019
15. Serta pihak-pihak lain yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu

Bandung, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| KATA PENGANTAR | xv |
| DAFTAR ISI | xvii |
| DAFTAR GAMBAR | xix |
| DAFTAR TABEL | xxi |
| 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah | 2 |
| 1.5 Metodologi | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| 2 LANDASAN TEORI | 5 |
| 2.1 Kristal Cair | 5 |
| 2.1.1 Kristal Cair <i>Cholesteric</i> (Kolesterik) | 6 |
| 2.1.2 <i>Double Twist Cholesteric</i> | 7 |
| 2.2 <i>Thermochromic Liquid Crystal (TLC)</i> | 8 |
| 2.3 Polarisasi Cahaya | 8 |
| 2.3.1 Polarisasi Linear | 9 |
| 2.3.2 Polarisasi Melingkar | 10 |
| 2.3.3 <i>Film Polarizer</i> | 11 |
| 2.4 Pembiasan Ganda | 12 |
| 2.5 <i>Bragg Scattering</i> | 13 |
| 2.6 Temperatur transisi dalam <i>TLC</i> | 14 |
| 2.7 Pemrograman MATLAB | 15 |
| 2.8 Citra Digital | 15 |
| 2.8.1 Pengolahan Citra | 15 |
| 2.8.2 <i>Thresholding</i> | 15 |
| 2.9 Model Citra | 16 |
| 2.9.1 Citra RGB | 16 |
| 2.9.2 Citra HSV | 16 |
| 2.9.3 RGB ke HSV | 17 |
| 2.10 Analisis Tekstur | 18 |
| 2.11 Ekstraksi Ciri Statistik | 19 |
| 2.11.1 Ekstraksi Ciri Orde Satu | 19 |
| 2.11.2 Ekstraksi Ciri Orde Dua | 20 |
| 3 METODE PENELITIAN | 25 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 25 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.2 | Alat dan Bahan Penelitian | 25 |
| 3.3 | Tahap Pengambilan Data | 27 |
| 3.4 | Tahap Pengolahan Data | 29 |
| 3.5 | Alur Penelitian | 33 |
| 4 | HASIL DAN PEMBAHASAN | 35 |
| 4.1 | Hasil pengamatan citra <i>TLC</i> | 35 |
| 4.1.1 | Hasil pengamatan citra <i>TLC</i> pada fase anisotropik | 35 |
| 4.1.2 | Hasil pengamatan citra <i>TLC</i> pada fase isotropik | 37 |
| 4.2 | Hasil pengolahan citra <i>TLC</i> | 37 |
| 4.2.1 | Hasil pengamatan citra <i>TLC</i> dengan HSV | 37 |
| 4.2.2 | Hasil pengamatan citra <i>TLC</i> dengan <i>thresholding</i> | 39 |
| 4.3 | Hasil analisis tekstur citra <i>TLC</i> | 41 |
| 5 | KESIMPULAN DAN SARAN | 47 |
| 5.1 | Kesimpulan | 47 |
| 5.2 | Saran | 47 |
| | DAFTAR REFERENSI | 49 |
| | A DATA EKSTRAKSI CIRI ORDE DUA | 51 |
| | B KODE PROGRAM | 57 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------|--|----|
| 2.1 | Gambaran formasi molekul pada fase a) padat, b) kristal cair, c) cair | 5 |
| 2.2 | Bentuk molekul kristal cair a) <i>nematic</i> , b) <i>smectic</i> , c) <i>cholesteric</i> [1] | 6 |
| 2.3 | Bentuk susunan molekul kristal cair kolesterik [2] | 7 |
| 2.4 | <i>Double Twist Cholesteric</i> | 7 |
| 2.5 | a. <i>Double Twist</i> tampak atas , b. <i>Double Twist</i> tampak samping | 7 |
| 2.6 | Grafik hubungan panjang gelombang dengan temperatur [2] | 8 |
| 2.7 | Ilustrasi gelombang elektromagnet | 9 |
| 2.8 | Ilustrasi polarisasi linier | 10 |
| 2.9 | Ilustrasi polarisasi melingkar a)kiri, b)kanan | 11 |
| 2.10 | Ilustrasi polarisasi 2 polarizer | 12 |
| 2.11 | Ilustrasi pembiasan ganda | 12 |
| 2.12 | Pembiasan ganda pada kristal cair [3] | 13 |
| 2.13 | Ilustrasi hukum Bragg pada kristal cair kolesterik [3] | 14 |
| 2.14 | Ilustrasi hukum Bragg pada kristal | 14 |
| 2.15 | a. Citra Asli, b. Citra <i>Thresholding</i> | 15 |
| 2.16 | Model citra RGB | 16 |
| 2.17 | Model citra HSV | 16 |
| 2.18 | Model citra HSI | 17 |
| 2.19 | Hubungan RGB dengan HSV | 18 |
| 2.20 | Contoh tekstur visual dari Album Tekstur Brodatz . Atas: makrostruktur Bawah: mikrostruktur | 18 |
| 2.21 | Ilustrasi Ekstraksi Ciri Statistik | 19 |
| 2.22 | a. Citra Masukan, b. Matriks dasar dari citra masukan | 21 |
| 2.23 | a.Tabel area kerja matriks, b. Pembentukan matriks GLCM | 21 |
| 2.24 | Prosedur membuat matriks simetris | 21 |
| 2.25 | a. Proses normalisasi matriks, b. Matriks GLCM yang sudah ternormalisasi | 22 |
| 2.26 | Ilustrasi grafik korelasi | 23 |
| 3.1 | Mikroskop multimedia | 25 |
| 3.2 | Termoelektrik TEC1-12706 | 26 |
| 3.3 | Catu Daya | 26 |
| 3.4 | Termometer IR | 26 |
| 3.5 | Bahan penelitian yang digunakan | 27 |
| 3.6 | Skema rancangan pengambilan data | 27 |
| 3.7 | Skema lapisan <i>TLC</i> a) tampak atas, b) tampak depan, c) Lapisan <i>TLC</i> | 28 |
| 3.8 | a) <i>Setup</i> mikroskop dengan analisator dan sampel, b) <i>Setup</i> termoelektrik pada mikroskop, c) <i>Setup</i> polarisator pada sumber cahaya, d) <i>Setup</i> catu daya dengan mikroskop | 29 |
| 3.9 | Sketsa teknik <i>cropping</i> | 29 |
| 3.10 | Koding untuk teknik <i>cropping</i> | 30 |
| 3.11 | Penjabaran perhitungan teknik <i>cropping</i> | 30 |
| 3.12 | Hasil citra <i>cropping</i> pada <i>TLC</i> | 30 |

| | | |
|------|--|----|
| 3.13 | Perintah untuk citra HSV | 31 |
| 3.14 | Perintah untuk <i>thresholding</i> | 31 |
| 3.15 | a) Hasil citra dengan komponen <i>value</i> dan b) hasil citra <i>thresholding</i> | 31 |
| 3.16 | Tampilan GUI untuk menghitung ekstraksi ciri orde dua | 32 |
| 3.17 | Alur penelitian | 33 |
| | | |
| 4.1 | Citra <i>TLC</i> pada ketebalan 50 μm | 35 |
| 4.2 | Citra <i>TLC</i> pada ketebalan 100 μm | 35 |
| 4.3 | Citra <i>TLC</i> pada ketebalan 200 μm | 36 |
| 4.4 | Pola <i>cross</i> pada <i>TLC</i> | 36 |
| 4.5 | Perubahan pola <i>TLC</i> terhadap kenaikan temperatur pada ketebalan 50 μm | 37 |
| 4.6 | Perubahan pola <i>TLC</i> terhadap kenaikan temperatur pada ketebalan 100 μm | 37 |
| 4.7 | Perubahan pola <i>TLC</i> terhadap kenaikan temperatur pada ketebalan 200 μm | 37 |
| 4.8 | Citra <i>TLC</i> dengan komponen V pada ketebalan 50 μm | 38 |
| 4.9 | Citra <i>TLC</i> dengan komponen V pada ketebalan 100 μm | 38 |
| 4.10 | Citra <i>TLC</i> dengan komponen V pada ketebalan 200 μm | 38 |
| 4.11 | Citra <i>TLC</i> dengan komponen V pada ketebalan 50 μm pada temperatur 41-48 $^{\circ}\text{C}$ | 38 |
| 4.12 | Citra <i>TLC</i> dengan komponen V pada ketebalan 100 μm pada temperatur 41-48 $^{\circ}\text{C}$ | 39 |
| 4.13 | Citra <i>TLC</i> dengan komponen V pada ketebalan 200 μm pada temperatur 41-48 $^{\circ}\text{C}$ | 39 |
| 4.14 | Citra <i>TLC thresholding</i> ketebalan 50 μm | 39 |
| 4.15 | Citra <i>TLC thresholding</i> ketebalan 100 μm | 39 |
| 4.16 | Citra <i>TLC thresholding</i> ketebalan 200 μm | 40 |
| 4.17 | Citra <i>TLC thresholding</i> ketebalan 50 μm pada temperatur 41-48 $^{\circ}\text{C}$ | 40 |
| 4.18 | Citra <i>TLC thresholding</i> ketebalan 100 μm pada temperatur 41-48 $^{\circ}\text{C}$ | 40 |
| 4.19 | Citra <i>TLC thresholding</i> ketebalan 200 μm pada temperatur 41-48 $^{\circ}\text{C}$ | 40 |
| 4.20 | Matriks citra asal komponen V, <i>thresholding</i> , dan GLCM dengan orientasi sudut 90 $^{\circ}$ pada masing-masing temperatur | 41 |
| 4.21 | Grafik homogenitas ketebalan 50 μm terhadap orientasi sudut | 42 |
| 4.22 | Grafik homogenitas ketebalan 100 μm terhadap orientasi sudut | 42 |
| 4.23 | Grafik homogenitas ketebalan 200 μm terhadap orientasi sudut | 43 |
| 4.24 | Grafik energi ketebalan 50 μm terhadap orientasi sudut | 43 |
| 4.25 | Grafik energi ketebalan 100 μm terhadap orientasi sudut | 44 |
| 4.26 | Grafik energi ketebalan 200 μm terhadap orientasi sudut | 44 |
| 4.27 | Grafik kontras ketebalan 50 μm terhadap orientasi sudut | 45 |
| 4.28 | Grafik kontras ketebalan 100 μm terhadap orientasi sudut | 45 |
| 4.29 | Grafik kontras ketebalan 200 μm terhadap orientasi sudut | 46 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-----|---|----|
| A.1 | Tabel nilai homogenitas <i>TLC</i> pada lapisan 50 μm | 51 |
| A.2 | Tabel nilai homogenitas <i>TLC</i> pada lapisan 100 μm | 51 |
| A.3 | Tabel nilai homogenitas <i>TLC</i> pada lapisan 200 μm | 52 |
| A.4 | Tabel nilai energi <i>TLC</i> pada lapisan 50 μm | 52 |
| A.5 | Tabel nilai energi <i>TLC</i> pada lapisan 100 μm | 53 |
| A.6 | Tabel nilai energi <i>TLC</i> pada lapisan 200 μm | 53 |
| A.7 | Tabel nilai kontras <i>TLC</i> pada lapisan 50 μm | 54 |
| A.8 | Tabel nilai kontras <i>TLC</i> pada lapisan 100 μm | 54 |
| A.9 | Tabel nilai kontras <i>TLC</i> pada lapisan 200 μm | 55 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kristal cair adalah suatu material yang memiliki ciri khas sifat fisis seperti zat padat akan tetapi secara fisik berwujud zat cair. Salah satu bukti eksperimental dilakukan oleh Friedrich Reinitzer pada tahun 1888. Dia mengamati bahwa sampel *cholesteryl benzoate* tidak hanya meleleh dari padat menjadi cair melainkan melewati kondisi mesofase karena suhu dinaikkan secara bertahap. Tidak lama setelah penemuan zat *cholesteryl benzoate*, pada tahun 1889 Otto Lehmann mendefinisikan zat tersebut sebagai bahan baru yang bernama kristal cair karena munculnya sifat kristal dan cairan pada fase mesofase [4].

Kristal cair dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis yaitu *thermotropic*, *lyotropic*, dan *polymeric*. Kristal cair *thermotropic* dibedakan menjadi 3 fase yakni, *smectic*, *nematic*, dan *cholesteric*. Perbedaan dari fase-fase tersebut terdapat pada struktur susunan molekulnya. Fase kristal cair yang pertama adalah *smectic* dimana ada pengaturan lapisan seperti gerak translasi dan gerak rotasi molekul. Fase kedua adalah *nematic*, dimana molekul dengan cepat berdifusi keluar dari struktur kisi awal dan dari susunan lapisannya juga. Pada temperatur yang lebih tinggi, materialnya berubah menjadi cairan isotropik dimana gerakan molekulnya berubah lagi. Sedangkan fase *cholesteric* hanya terjadi pada turunan kolesterol. Kristal cair *cholesteric* memiliki struktur molekul berupa heliks atau *twisted* yang responsif terhadap perubahan temperatur. Saat terjadi perubahan temperatur, struktur heliks pada molekul kristal cair *cholesteric* akan mengalami perubahan, ditandai dengan semakin besar atau kecilnya *pitch* pada kristal cair *cholesteric* tersebut. Semakin besar temperatur kristal cair *cholesteric*, maka akan semakin kecil *pitch* heliks pada kristal cair *cholesteric*, dan semakin kecil temperatur kristal cair maka *pitch* akan semakin besar.

Salah satu bahan yang secara komersil diproduksi adalah *Thermochromic Liquid Crystal* dimana bahan penyusunnya berjenis kristal cair *cholesteric* atau *twisted nematic*. Ketika diberikan pengaruh dari luar seperti temperatur dengan sumber cahaya tertentu, maka susunan molekulnya berubah sehingga *Thermochromic Liquid Crystal* memiliki respon berupa sifat optik yang diberikan oleh adanya perubahan warna. Perubahan warna tersebut terjadi dikarenakan hasil pantulan oleh molekul kristal cair dalam rentang panjang gelombang cahaya tampak.

Selain perubahan warna, *Thermochromic Liquid Crystal* juga mengalami perubahan pola seiring bertambahnya temperatur. Perubahan pola dari *Thermochromic Liquid Crystal* dapat dianalisis melalui tekstur citra mikroskopik yang dihasilkan. Salah satu metode yang digunakan adalah ekstraksi ciri orde dua untuk menentukan tekstur dari kristal cair tersebut. Dalam mendapatkan informasi dari suatu citra biasanya menggunakan ekstraksi ciri. Ciri yang umum dibedakan di antaranya adalah ukuran, warna, geometri, dan tekstur. Membedakan tekstur objek satu dengan objek lainnya, dapat menggunakan ciri statistik orde satu atau ciri statistik orde dua. Ciri orde satu bersumber pada karakteristik histogram citra. Ciri orde satu umumnya digunakan untuk membedakan tekstur makrostruktur (perulangan pola lokal secara periodik). Ciri orde satu menghitung beberapa komponen antara lain: *mean*, *variance*, *skewness*, kurtosis, dan entropi. Sementara ciri orde dua bersumber pada peluang hubungan ketetanggaan antara dua piksel pada jarak dan orientasi sudut tertentu. Ciri orde dua umumnya digunakan untuk membedakan

tekstur mikrostruktur (pola lokal dan perulangan tidak begitu jelas). Ciri orde dua antara lain: *energy*, *contrast*, *correlation*, dan *homogeneity*.

Dalam penelitian ini akan digunakan *Thermochromic Liquid Crystal* dengan bantuan mikroskop polarisator. Selain sifat termo-optik akan diamati juga tekstur dari kristal cair berdasarkan pengolahan citra. Saat lapisan *Thermochromic Liquid Crystal* dipanaskan dan diamati dengan menggunakan mikroskop polarisator maka akan terjadi perubahan warna serta pola. Perubahan tersebut akan diolah menggunakan ekstraksi ciri orde dua dengan metode (*Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM)).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana tekstur dan pola *Thermochromic Liquid Crystal* terhadap variasi temperatur dan ketebalan sampel?
2. Bagaimana menerapkan metode ekstraksi ciri orde dua (GLCM) pada citra *Thermochromic Liquid Crystal* menggunakan mikroskop polarisasi?

1.3 Tujuan

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk:

1. Merancang dan membangun teknik pengambilan citra permukaan *Thermochromic Liquid Crystal* dengan menggunakan alat perekam, untuk memperoleh hasil citra dengan kualitas yang baik.
2. Mengetahui tekstur dan pola dari *Thermochromic Liquid Crystal* terhadap variasi temperatur dan ketebalan sampel .
3. Mengetahui hubungan antara nilai energi, homogenitas, dan kontras dari citra *Thermochromic Liquid Crystal* dengan menggunakan metode ekstraksi ciri orde dua (GLCM) terhadap perubahan temperatur dan ketebalan sampel.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terarah dan tersampaikan dengan baik, maka perlu adanya ruang lingkup pembahasan, meliputi:

1. Penjelasan dasar tentang jenis-jenis kristal cair.
2. Penjelasan tentang sifat optik dan termal *Thermochromic Liquid Crystal*.
3. Penjelasan mengenai teknik pengolahan citra pada *software* MATLAB.
4. Penjelasan mengenai analisis tekstur.
5. Penjelasan mengenai ekstraksi ciri orde dua

1.5 Metodologi

Metode dalam penelitian ini dilakukan dengan cara membuat lapisan tipis *Thermochromic Liquid Crystal* dengan variasi ketebalan lapisan yang berbeda. Kemudian lapisan *Thermochromic Liquid Crystal* dipanaskan dengan menggunakan termoelektrik dan diamati citra sampel menggunakan mikroskop polarisator dengan perbedaan arah sebesar 90° terhadap variasi temperatur yang berbeda. Kemudian, citra yang didapat akan diolah dengan menggunakan MATLAB untuk proses pemisahan komponen warna dan analisis tekstur yaitu ekstraksi ciri orde dua (GLCM) sehingga didapat nilai per komponennya dan dapat dianalisis pola dan teksturnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini, terdiri dari :

1. **Bab 1:** Pendahuluan

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup pembahasan, metodologi, dan sistematika penulisan.

2. **Bab 2:** Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas mengenai dasar teori, dimana terdapat penjelasan mengenai penjelasan dasar dari jenis-jenis kristal cair, sifat optik kristal cair *cholesteric* yang mencakup polarisasi cahaya, pembiasan ganda, *Bragg Scattering*, serta teknik pengolahan citra yang mencakup citra RGB dan HSV, *thresholding* analisis tekstur, dan ekstraksi ciri orde dua.

3. **Bab 3:** Metode Penelitian

Bab ini memaparkan mengenai tahapan penelitian berupa persiapan alat dan bahan, pembuatan lapisan *Thermochromic Liquid Crystal*, perancangan pengambilan sampel, proses pengambilan sampel, pengolahan citra, dan analisis tekstur dan pola yang dilakukan untuk mencapai sebuah hasil.

4. **Bab 4:** Hasil dan Pembahasan

Bab ini membahas hasil yang didapat dari proses pengambilan citra dari *Thermochromic Liquid Crystal* yang diamati dengan mikroskop polarisator pada variasi temperatur dan ketebalan lapisan yang berbeda. Hasil yang didapat berupa citra *TLC* pada fase anisotropik, isotropik, citra *TLC* dengan komponen V, citra *thresholding*, dan grafik komponen ekstraksi ciri orde dua terhadap temperatur sehingga dapat mengetahui tekstur dan pola dari molekul *Thermochromic Liquid Crystal*.

5. **Bab 5:** Kesimpulan dan Saran

Bab ini membahas kesimpulan serta saran yang diberikan oleh peneliti untuk orang lain terkait dengan hasil penelitian yang telah didapatkan.

