

## TUGAS AKHIR

# PENGEMBANGAN TEKNIK PENGAMATAN DISTRIBUSI KALOR PADA PROSES PEMANASAN LOGAM MENGGUNAKAN *THERMOCHROMIC LIQUID CRYSTAL (TLC)*



Muhammad Sovy Kartadilaga

NPM: 2013720010

PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
2018

# FINAL PROJECT

## TECHNICAL DEVELOPMENT OF HEAT DISTRIBUTION OBSERVATIONS ON METAL HEATING PROCESS USING THERMOCHROMIC LIQUID CRYSTAL (TLC)



Muhammad Sovy Kartadilaga

NPM: 2013720010

DEPARTMENT OF PHYSICS  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES  
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
2018

**LEMBAR PENGESAHAN**



**PENGEMBANGAN TEKNIK PENGAMATAN DISTRIBUSI KALOR  
PADA PROSES PEMANASAN LOGAM MENGGUNAKAN  
THERMOCHROMIC LIQUID CRYSTAL (TLC)**

**Muhammad Sovy Kartadilaga**

**NPM: 2013720010**

**Bandung, 08 Januari 2018**

**Menyetujui,**

**Pembimbing**

**Risti Suryantari, M.Sc.**

**Ketua Tim Penguji**

**Philips Nicolas Gunawidjaja, Ph.D.**

**Anggota Tim Penguji**

**Flaviana, M.T.**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi**

**Philips Nicolas Gunawidjaja, Ph.D.**



## PERNYATAAN

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

### **PENGEMBANGAN TEKNIK PENGAMATAN DISTRIBUSI KALOR PADA PROSES PEMANASAN LOGAM MENGGUNAKAN *THERMOCHROMIC LIQUID CRYSTAL* (TLC)**

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 08 Januari 2018



Muhammad Sovy Kartadilaga  
NPM: 2013720010

## ABSTRAK

*Thermochromic liquid crystal* (TLC) dapat digunakan untuk pengamatan berbagai fenomena termal. Lembaran *thermochromic liquid crystal* akan memantulkan panjang gelombang dalam rentang panjang gelombang cahaya tampak apabila terjadi perubahan temperatur pada permukaan TLC tersebut. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah merancang dan membangun teknik pengambilan citra permukaan TLC dengan menggunakan kamera digital serta mengamati distribusi kalor pada permukaan logam selama proses pemanasan, berdasarkan perubahan warna yang terjadi pada *TLC-sheet*. Dalam meningkatkan efektivitas visualisasi perpindahan kalor pada permukaan logam menggunakan *TLC sheet*, digunakan metode pengambilan citra TLC dengan kamera digital, agar mendapatkan kualitas citra yang lebih baik, serta distribusi kalor pada permukaan logam dapat teramati dengan lebih jelas, karena citra dapat direkam dalam selang waktu yang singkat. Dengan teknik pengolahan histogram citra serta *improfile* yang digunakan, dapat ditunjukkan semakin lama waktu pemanasan logam, puncak sebaran nilai *hue* akan semakin bergeser ke arah kanan (terjadi perubahan nilai *hue*) berdasarkan histogram citranya. Berdasarkan teknik pengolahan citra *improfile*, dapat ditunjukkan distribusi kalor sepanjang permukaan logam yang merata pada bagian yang bersentuhan langsung dengan permukaan TLC.

**Kata-kata kunci:** *Thermochromic Liquid Crystal* (TLC), Distribusi Kalor, Histogram, *improfile*

## **ABSTRACT**

Thermochromic liquid crystal (TLC) can be used for the observation of various thermal phenomena. Thermochromic liquid crystal sheets will reflect wavelengths in the visible wavelength range of visible light when there is temperature change on the TLC surface. The purpose of this thesis is to design and construct the TLC surface image retrieval technique using digital camera and observe the distribution of heat on the metal surface during the heating process, based on the color change that occurs on the TLC-sheet. In improving the visualization of heat transfer on metal surfaces using TLC sheets, TLC image capture methods with digital cameras are used, in order to obtain better image quality, and the distribution of heat on the metal surface can be observed more clearly, since the image can be recorded at intervals short. With image histogram processing techniques and improfile used, can be shown the longer time of metal heating, peak distribution of hue value will progressively shift to the right (hue value changes) based on histogram image. Based on the improfile image processing technique, it can be shown the distribution of heat along the metal surface evenly on the part in direct contact with the TLC surface.

**Keywords:** Thermochromic Liquid Crystal (TLC), Heat Distribution, Histogram, improfile

*Untuk Kakek Tercinta Alm.Prof.Dr.Buchari Zainun, MPA*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkatNya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "Pengembangan Teknik Pengamatan Distribusi Kalor Pada Proses Pemanasan Logam Menggunakan *Thermochromic Liquid Crystal* (TLC)" dengan baik dan lancar. Penulisan Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Fakultas Teknologi Informasi dan Sains Universitas Katolik Parahyangan. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan bimbingan serta arahan yang berguna bagi penulisan ini. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Risti Suryantari, M.Sc selaku dosen pembimbing utama yang dengan sabar, setia, membimbing, dan mengarahkan penulis.
2. Bapak Philips Nicolas Gunawidjaja, Ph.D selaku dosen penguji yang memberikan banyak kritik serta masukan kepada penulis.
3. Ibu Flaviana Catherine, S.Si, M.T selaku dosen penguji yang memberikan banyak kritik serta masukan kepada penulis.
4. Kedua orang tua saya yang tercinta yang telah mendoakan, membantu, mendukung, serta memberikan kasih dan cintanya dalam segala hal.
5. Kedua mertua saya yang telah mendukung, mendoakan serta memberikan kasih dan cintanya dalam segala hal.
6. Istri saya tercinta Nabila Wanda Lalita yang telah memberikan kasih sayang, mendoakan, perhatian, dan dukungan yang tidak ada habisnya kepada penulis.
7. Amih Yayat, Om Sabriandi, Tante Sendy, dan Almh. Tante Dwi Afreni selaku Nenek, Paman, dan Tante dari penulis yang telah mendukung, membantu penulis baik secara moril maupun materil dan memberikan kasih serta cintanya dalam segala hal.
8. Adik-adik saya tercinta Gerhana Rizky, Mehlika, Naimah, Haura Marsya, Mahesa, dan Rania yang selalu menghibur, mendukung, dan mendoakan penulis dalam penyelesaian skripsi.
9. Seluruh dosen Fisika UNPAR yang telah mengajarkan, membimbing, dan memberikan banyak pengalaman serta membantu penulis dalam menguasai bidang yang ditekuni.
10. Seluruh staf dan karyawan TU FTIS UNPAR yang telah banyak membantu penulis secara administratif selama berkuliah di FTIS UNPAR.
11. Rekan-rekan kerja Himpunan Mahasiswa Program Studi Fisika 2015/2016 yang telah banyak membantu, serta bekerjasama dengan penulis dalam membangun dan memimpin Himpunan Prodi Fisika.
12. Rekan-rekan kerja Ketua Himpunan di Universitas Katolik Parahyangan 2015/2016.
13. Rekan-rekan kerja Majelis Perwakilan Mahasiswa serta Lembaga Kepresidenan Mahasiswa UNPAR 2015/2016.



14. Seluruh rekan kerja PM UNPAR 2015/2016 yang telah membantu dan bekerjasama bersama penulis dalam kegiatan Organisasi di Universitas Katolik Parahyangan.
15. Rekan-rekan kerja PM FTIS, khususnya Marcel, Michael, Olin, Andreas, dan Sesilia yang telah menjadi rekan kerja penulis selama setahun.
16. Harry Sakti Nirwana dan Arifin Dobson selaku teman serta sahabat penulis yang telah banyak membantu dan mendukung penulis dalam penyelesaian skripsi.
17. Muhammad Fahmi Maulana dan Muhammad Aditya selaku teman dan sahabat penulis yang telah banyak membantu dan mendukung penulis dalam penyelesaian skripsi.
18. Seluruh Mahasiswa Fisika angkatan 2013, Sovia Hariyani H Untung, Shierly Elma, Felipa Landoz, Michael Hidayat, Meutia Wulansatiti, serta Santo Situmorang yang telah banyak membantu, mendukung, serta bekerjasama selama 4 tahun di Program Studi Fisika.
19. Seluruh Mahasiswa Fisika angkatan 2012, 2014, dan 2015 yang telah banyak membantu, mendukung penulis serta memberikan pengalaman yang luar biasa selama berkuliah di Fisika UNPAR.
20. Seluruh Mahasiswa Fisika angkatan 2016 dan 2017.
21. Keluarga besar UKM Bola UNPAR.
22. Sahabat tercinta saya yaitu keluarga besar WE ARE IKS, Kevin Kohler, Fikry Fadhil, Reno Adjie, Fahkri Maulana, Rachmandani, Ibni Ikhsan, Muhammad Zaky, Gilang Ginanjar, David johansyah, Avis Bagus, Pramudika Wicaksana, Andriyanto Fadhli, Brian Sigar, Abdul Hamid, Arief Wibisono, Daffa Yudia, Andreas Rae, Brandon Billy, Brandon Adrian, Beril, Recytofa, Hendi Priyatna, Ridho S, Muhammad Zulfi, Ahmad Fiqih, Alm. Papih Hendrik, dan Elsa Yunita yang telah banyak menghibur, mendukung, mendoakan penulis dalam penyelesaian skripsi.
23. Sahabat tercinta Fadel Amien, Vica, Lolo Savero, Rachael, Gavril, Caca, Glorya, Ilham, Theo, yang telah mendukung dan mendoakan penulis dalam penyelesaian skripsi.

Bandung, Januari 2018

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>xxiii</b>
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	2
1.3 Tujuan Penulisan . . . . .	2
1.4 Manfaat . . . . .	2
1.5 Ruang Lingkup Pembahasan . . . . .	2
1.6 Sistematika Penulisan . . . . .	3
<b>2 LANDASAN TEORI</b>	<b>5</b>
2.1 Kristal Cair <i>Cholesteric</i> . . . . .	5
2.2 TLC R30C5W . . . . .	10
2.3 Perpindahan Kalor . . . . .	11
2.4 Perubahan Energi Listrik Menjadi Kalor . . . . .	12
2.5 Spesifikasi Serta Cara Kerja Kamera Digital . . . . .	13
2.6 Teknik Pengolahan Citra . . . . .	15
2.6.1 Pengertian HSV . . . . .	15
2.6.2 RGB To HSV . . . . .	16
2.6.3 <i>Color Thresholder</i> . . . . .	17
2.6.4 Citra Histogram . . . . .	18
2.6.5 <i>Improfile (Image Profile)</i> . . . . .	19
<b>3 METODE PENELITIAN</b>	<b>21</b>
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian . . . . .	21
3.2 Tahapan Penelitian Pengujian Sampel . . . . .	21
3.2.1 Tahapan Teknik Perancangan dan Pengambilan Citra . . . . .	21
3.2.2 Tahapan Prosedur Penelitian . . . . .	24
3.2.3 Proses Pengolahan Citra Permukaan TLC . . . . .	25
3.2.4 Analisis Citra Permukaan TLC . . . . .	27
<b>4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>29</b>
4.1 Hasil Rekonstruksi Perancangan Teknik Pengambilan Citra . . . . .	29
4.2 Hasil Perekaman Citra Permukaan TLC . . . . .	30
4.3 Hasil Pengolahan Citra Permukaan TLC . . . . .	33
4.4 Hubungan Nilai <i>Mean Hue</i> yang Terdapat pada Citra Terhadap Kenaikan Temperatur Logam . . . . .	37

4.5	Pola Distribusi Energi Kalor pada Citra Permukaan TLC . . . . .	38
<b>5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>41</b>
5.1	Kesimpulan . . . . .	41
5.2	Saran . . . . .	41
	<b>DAFTAR REFERENSI</b>	<b>43</b>
<b>A</b>	<b>PROSEDUR TEKNIK PENGOLAHAN CITRA PERMUKAAN TLC DARI LOGAM TEMBA- GA</b>	<b>45</b>
<b>B</b>	<b>PROSEDUR TEKNIK PENGOLAHAN CITRA PERMUKAAN TLC UNTUK MENGHASILK- AN DATA SECARA KUANTITATIF</b>	<b>47</b>
<b>C</b>	<b>KESELURUHAN KODE PROGRAM TEKNIK PENGOLAHAN CITRA PERMUKAAN TLC</b>	<b>51</b>

## DAFTAR GAMBAR

2.1	(a) Stuktur <i>smectic</i> kristal cair dan (b) merupakan struktur <i>nematic</i> dari kristal cair [1]	5
2.2	Struktur <i>cholesteric</i> kristal cair dengan <i>director</i> yang membentuk jalur heliks pada medium [1] . . . . .	6
2.3	Orientasi struktur heliks dan axis molekul TLC relatif terhadap pengamat untuk (a) tekstur <i>focal conic</i> dan (b) tekstur planar [2] . . . . .	6
2.4	Kondisi <i>Birefringence</i> untuk negatif optik [2] . . . . .	7
2.5	Proses <i>circularly dichroism</i> dengan komponen polarisasinya [2] . . . . .	7
2.6	Rotasi dari arah cahaya datang yang dipolarisasikan [2] . . . . .	8
2.7	Ilustrasi dari proses difraksi bragg yang terjadi pada permukaan kristal cair <i>cholesterics</i> [2] . . . . .	8
2.8	P adalah panjang <i>pitch</i> heliks pada mesofase <i>cholesterics</i> [2] . . . . .	9
2.9	Peningkatan nilai rotasi dari salah satu komponen <i>circular</i> polarisasi dengan rentang panjang gelombang yang dipantulkan sebesar 500 nm [2] . . . . .	9
2.10	Respon temperatur dari temperatur sensitif TLC [2]. . . . .	10
2.11	Proses konduksi termal dengan aliran kalor linear dengan $T_1 > T_2$ . . . . .	11
2.12	Skema penyusunan pemanas celup dengan termometer pada logam [3]. . . . .	12
2.13	Komponen yang ada pada kamera [4]. . . . .	13
2.14	Bagian dari CCD sensor sekelompok kotak dari 4 piksel RG-GB bisa disebut dengan <i>Color pixel</i> [4]. . . . .	14
2.15	Elemen lensa pada kamera digital yang digunakan [5]. . . . .	14
2.16	<i>Dual</i> kamera yang ada pada kamera digital yang digunakan [4]. . . . .	14
2.17	<i>Color space</i> pada HSV [6]. . . . .	15
2.18	Skema representasi <i>color space</i> RGB dikonversi menjadi <i>color space</i> HSV [7]. . . . .	16
2.19	Ruang warna yang terdapat di dalam <i>color threhsolder</i> [8]. . . . .	17
2.20	Kontrol komponen warna dengan ruang warna YCbCr yang terdapat di dalam <i>color thresholder</i> [8]. . . . .	18
2.21	Contoh dari sebuah citra beserta citra dari histogram yang sesuai [9]. . . . .	18
3.1	Tahapan proses kalibrasi pengujian sampel pada lembar TLC untuk mengamati distribusi kalor yang terjadi pada logam tembaga selama proses pemanasan. . . .	21
3.2	Skema perancangan rekonstruksi teknik pengambilan citra logam tembaga pada TLC. . . . .	23
3.3	Ilustrasi model perancangan teknik pengambilan citra permukaan TLC. . . . .	24
3.4	a) Citra permukaan TLC R30C5W sebelum bersentuhan dengan logam yang dipanaskan. b) Citra permukaan TLC setelah bersentuhan dengan logam yang dipanaskan dengan temperatur tertentu dalam format citra RGB. . . . .	26
3.5	a) Citra permukaan TLC R30C5W dalam format RGB yang telah diolah dengan teknik pengolahan citra <i>color thresholder</i> berdasarkan penulisan algoritma yang terdapat pada gambar A.2 di lampiran A. b) Citra permukaan TLC yang telah dikonversi menjadi komponen HSV yaitu komponen H ( <i>hue</i> ). . . . .	26

3.6	a) Citra permukaan TLC R30C5W dalam komponen <i>hue</i> . b) Citra histogram permukaan TLC dari komponen citra <i>hue</i> yang menunjukkan hubungan antara nilai <i>hue</i> terhadap nilai distribusi frekuensi intensitas piksel citra permukaan TLC logam tembaga. . . . .	26
3.7	Skematik keseluruhan tahapan pengolahan citra. . . . .	27
4.1	Hasil grafik kenaikan temperatur logam tembaga berdasarkan teori dan percobaan terhadap waktu pemanasan selama 300 detik. . . . .	31
4.2	Hasil grafik temperatur logam rata-rata tembaga terhadap waktu pemanasan selama 300 detik. . . . .	32
4.3	Respon permukaan TLC selama proses pemanasan logam tembaga pada detik ke- (a) 80, (b) 100, (c) 120, (d) 140, (e) 160, (f) 180, (g) 200, (h) 220, (i) 240, (j) 260, (k) 280, (l) 300, dalam hasil citra yang sudah dikonversi menggunakan teknik pengolahan citra <i>color threshold</i> . . . . .	33
4.4	Citra HSV permukaan TLC selama proses pemanasan logam tembaga pada detik ke- (a) 80, (b) 100, (c) 120, (d) 140, (e) 160, (f) 180, (g) 200, (h) 220, (i) 240, (j) 260, (k) 280, (l) 300, dalam hasil citra yang sudah dikonversi menggunakan teknik pengolahan citra <i>color threshold</i> . . . . .	34
4.5	Citra <i>hue</i> permukaan TLC selama proses pemanasan logam tembaga pada detik ke- (a) 80, (b) 100, (c) 120, (d) 140, (e) 160, (f) 180, (g) 200, (h) 220, (i) 240, (j) 260, (k) 280, (l) 300, dalam hasil citra yang sudah dikonversi menggunakan teknik pengolahan citra <i>color threshold</i> . . . . .	34
4.6	Histogram citra permukaan TLC selama proses pemanasan logam tembaga pada detik ke- (a) 80, (b) 100, (c) 120, (d) 140, (e) 160, (f) 180, (g) 200, (h) 220, (i) 240, (j) 260, (k) 280, (l) 300. . . . .	35
4.7	Grafik nilai <i>hue</i> terhadap distribusi frekuensi intensitas piksel citra dari detik-80 hingga detik-180. . . . .	36
4.8	Grafik nilai <i>hue</i> terhadap distribusi frekuensi intensitas piksel citra dari detik-180 hingga detik-300. . . . .	37
4.9	Grafik nilai <i>hue</i> rata-rata terhadap waktu pengambilan citra dari detik-80 hingga detik-300. . . . .	38
4.10	Distribusi nilai <i>hue</i> sepanjang garis tengah dari bagian permukaan logam dan sekitar permukaan logam pada permukaan TLC. Citra (a),(b), dan (c) tidak menunjukkan pola grafik yang merepresentasikan adanya distribusi nilai <i>hue</i> , keadaan tersebut terjadi karena berdasarkan citra visualnya yang terdapat pada gambar 4.3, citra tidak menunjukkan adanya perubahan warna yang terjadi pada permukaan TLC. . . . .	39
A.1	Hasil <i>crop</i> serta <i>resize</i> citra dengan menggunakan teknik pengolahan <i>crop</i> citra RGB di dalam matlab. . . . .	45
A.2	Hasil teknik pengolahan citra RGB dari <i>color treshold</i> di dalam program matlab. . . . .	45
A.3	Hasil teknik pengolahan konversi citra RGB2HSV di dalam program matlab. . . . .	46
A.4	Hasil teknik pengolahan konversi citra RGB2HSV dengan hanya mengambil komponen <i>hue</i> saja di dalam program matlab. . . . .	46
B.1	Hasil teknik pengolahan citra untuk menunjukkan nilai histogram citra dari citra RGB yang telah dikonversi menjadi HSV dalam komponen citra <i>hue</i> . . . . .	47
B.2	Teknik pengolahan citra <i>color treshold</i> . . . . .	48
B.3	Hasil teknik pengolahan citra untuk menunjukkan nilai <i>mean hue</i> dari citra komponen <i>hue</i> yang telah diolah berdasarkan citra permukaan TLC. . . . .	48
B.4	Hasil teknik pengolahan citra untuk menghasilkan plot grafik berdasarkan nilai histogram dari citra komponen <i>hue</i> . . . . .	49

B.5	Hasil teknik pengolahan citra <i>Improfile</i> untuk menunjukkan distribusi frekuensi intensitas piksel di sepanjang garis horisontal dengan koordinat tertentu pada citra komponen <i>hue</i> . . . . .	49
C.1	Kode program teknik pengolahan citra untuk mendeklarasikan citra yang ingin diolah di dalam program matlab. . . . .	51
C.2	Keseluruhan tahapan program teknik pengolahan citra bagian 1. . . . .	51
C.3	Keseluruhan tahapan program teknik pengolahan citra bagian 2. . . . .	52
C.4	Keseluruhan tahapan program teknik pengolahan citra bagian 3. . . . .	52
C.5	Keseluruhan tahapan program teknik pengolahan citra bagian 4. . . . .	53
C.6	Keseluruhan tahapan program teknik pengolahan citra bagian 5. . . . .	53

## DAFTAR TABEL

2.1	Representasi <i>color space hue</i> sebagai warna [6]. . . . .	15
4.1	Hasil kalibrasi serta data kenaikan temperatur logam selama percobaan terhadap lamanya waktu pemanasan logam. . . . .	30
4.2	Hasil data kenaikan temperatur berdasarkan teori terhadap waktu pemanasan logam tembaga. . . . .	31
4.3	Hasil data dari temperatur pemanasan terhadap waktu pemanasan logam. . . . .	37

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kristal cair dapat diklasifikasikan menjadi 3, yakni *polymeric*, *lyotropic*, dan *thermotropic*. Kristal cair *polymeric* merupakan kristal cair yang mempunyai tingkat keelastisitasan yang tinggi, kristal cair *lyotropic* merupakan kristal cair yang membutuhkan pelarut dalam pereaksiannya, sedangkan kristal cair *thermotropic* merupakan kristal cair yang dapat mengalami perubahan susunan molekul ketika terjadi perubahan temperatur. Kristal cair *thermotropic* diklasifikasikan menjadi 3 yakni, *nematic*, *cholesteric* dan *smectic*. Kristal cair *cholesteric* merupakan kristal cair yang memiliki struktur molekul berupa heliks atau *twisted* yang responsif terhadap perubahan temperatur. Ketika 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 [1]. Salah satu aplikasi kristal cair *cholesteric* adalah sebagai indikator temperatur dalam bidang medis misalnya *thermometer forehead*, sedangkan aplikasinya lainnya yaitu lembaran *thermochromic liquid crystal* (TLC-sheet), yang dapat digunakan untuk pengamatan berbagai fenomena termal. Lembaran *thermochromic liquid crystal* akan memantulkan panjang gelombang dalam rentang panjang gelombang cahaya tampak apabila terjadi perubahan temperatur pada permukaan TLC tersebut. Perubahan warna yang terjadi pada lembaran *thermochromic liquid crystal* sesuai dengan panjang gelombang cahaya tampak yang dipantulkan oleh lembaran tersebut [1].

Dalam penelitian ini akan digunakan TLC-sheet untuk mengamati pola distribusi kalor pada permukaan logam, selama proses pemanasan logam. Ketika logam dipanaskan, terjadi perpindahan kalor dari sumber pemanas ke logam, akibat adanya perbedaan temperatur pemanas dan logam. Apabila permukaan logam yang dipanaskan tersebut bersentuhan dengan permukaan TLC-sheet, maka akan terjadi perpindahan kalor dari permukaan logam ke permukaan TLC. Berdasarkan sifat dari *thermochromic liquid crystal*, apabila terjadi perubahan temperatur, maka *thermochromic liquid crystal sheet* akan memperlihatkan perubahan warna sesuai dengan rentang panjang gelombang cahaya tampak. Berdasarkan perubahan warna tersebut, dapat diamati bagaimana pola distribusi kalor pada permukaan logam secara visual.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suryantari dan Flaviana di tahun 2015 [10], digunakan alat *scanner* untuk merekam citra permukaan TLC, namun hasil yang didapat kurang memuaskan akibat waktu *scanning* yang relatif cukup lama, sementara proses perubahan temperatur terjadi cukup cepat. Hal tersebut mengakibatkan proses perubahan warna pada TLC kurang jelas teramati. Dalam upaya meningkatkan efektivitas visualisasi perpindahan kalor pada permukaan logam menggunakan *thermochromic liquid crystal sheet*, dalam tugas akhir ini digunakan metode pengambilan citra TLC dengan kamera digital, agar mendapatkan kualitas citra yang lebih baik, serta pola perpindahan kalor pada *thermochromic liquid crystal sheet* dapat teramati dengan lebih jelas, karena citra dapat direkam dalam selang waktu yang singkat. Citra yang diperoleh melalui TLC dapat menggambarkan pola distribusi dari kalor yang dihasilkan selama proses pemanasan logam. Citra yang didapatkan kemudian diolah dengan menggunakan teknik pengolahan



citra, dan dapat merepresentasikan distribusi kalor pada proses pemanasan permukaan logam secara visual, sehingga dapat dilakukan analisis secara kualitatif dan kuantitatif.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas akhir ini yaitu :

1. Bagaimana merancang dan membangun teknik pengambilan citra permukaan TLC menggunakan kamera digital, agar diperoleh hasil citra dengan kualitas yang baik.
2. Bagaimana distribusi kalor pada permukaan logam selama proses pemanasan logam berdasarkan perubahan warna yang terjadi pada *Thermochromic Liquid Crystal Sheet*, dengan menerapkan teknik pengolahan citra.

## 1.3 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Merancang dan membangun teknik pengambilan citra permukaan TLC dengan menggunakan kamera digital, untuk memperoleh hasil citra dengan kualitas yang baik.
2. Mengamati distribusi kalor pada permukaan logam selama proses pemanasan, berdasarkan perubahan warna yang terjadi pada *TLC-sheet* dengan menerapkan teknik pengolahan citra.

## 1.4 Manfaat

Manfaat penulisan dari tugas akhir ini adalah :

1. Membantu masyarakat khususnya di bidang pendidikan untuk memvisualisasikan distribusi kalor pada permukaan logam dengan memanfaatkan perkembangan bidang material dengan menggunakan TLC dengan merancang serta membangun metode pengambilan citra teknik yang mudah yaitu menggunakan kamera digital, dan menganalisis hasil citra pada permukaan TLC dengan menerapkan metode pengolahan citra tertentu.
2. Menghasilkan sebuah alternatif teknik kalibrasi yang dapat digunakan dalam pengukuran temperatur menggunakan TLC.

## 1.5 Ruang Lingkup Pembahasan

Untuk membuat pembahasan lebih terarah dan terdeskripsikan dengan baik, maka perlu adanya ruang lingkup pembahasan, meliputi :

1. Prinsip dasar fisika yang digunakan pada TLC, mekanisme kerja TLC, dan sifat optik pada bahan TLC.
2. Penjelasan mengenai proses perpindahan kalor dan kalor jenis bahan untuk logam yang dipakai.
3. Penjelasan mengenai proses perubahan energi listrik menjadi energi kalor.
4. Penjelasan mengenai teknik pengolahan citra pada kamera digital.
5. Prinsip dasar fisika serta spesifikasi dari kamera digital yang digunakan secara umum.

6. Desain dan cara kerja pemvisualisasian pola distribusi energi kalor pada TLC berdasarkan referensi yang digunakan dan dirinci lebih lanjut.
7. Penjelasan mengenai teknik pengolahan citra tertentu dengan aplikasi matlab. Analisis hasil citra.

## 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, dan sistematika penulisan.
2. **Bab 2** : Tinjauan Pustaka  
Bab ini membahas mengenai dasar teori, dimana terdapat penjelasan mengenai prinsip dasar fisika, serta mekanisme kerja dari TLC, proses perpindahan kalor, penjelasan mengenai perubahan energi yang terjadi pada logam, kristal cair serta sifat optik yang dimiliki kristal cair *cholesteric*, spesifikasi dari kamera digital yang digunakan, dan pemaparan mengenai teknik pengolahan citra tertentu yang dipakai untuk mengolah citra distribusi kalor pada permukaan logam.
3. **Bab 3** : Metode Penelitian  
Bab ini memaparkan mengenai tahapan penelitian pengujian sampel, pengkonstruksian posisi pengambilan citra pola distribusi kalor dengan menggunakan kamera digital dan pengolahan data yang dilakukan untuk mencapai sebuah hasil.
4. **Bab 4** : Hasil dan Pembahasan  
Bab ini membahas hasil yang di dapat dari proses pengamatan pola distribusi kalor pada TLC dengan logam tembaga yang dipakai serta dan hasil dari citra yang telah diolah dengan menggunakan teknik pengolahan citra tertentu.
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.