

Perjanjian No: III/LPPM/2014-03/38-P

**KALIBRASI SISTEM PENGUKURAN DISTRIBUSI TEMPERATUR
PADA THERMOCHROMIC LIQUID CRYSTAL
DENGAN METODE PENGOLAHAN CITRA**



Disusun Oleh:

Risti Suryantari, S.Si, M.Sc
Flaviana, S.Si, M.T

Pembina:

Dr. Aloysius Rusli

**Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Katolik Parahyangan
2014**

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
BAB I. PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Perumusan Masalah	2
I.3 Tujuan	2
I.4 Manfaat	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1 <i>Liquid Crystal</i>	3
II.1.1 Fase <i>Liquid Crystal</i>	3
II.1.2 Molekul <i>Cholesteric Liquid Crystal</i>	4
II.2 <i>Thermochromic Liquid Crystal (TLC)</i>	5
II.2.1 Sensitivitas <i>TLC</i> terhadap Perubahan Temperatur	5
II.2.2 Sensitivitas <i>TLC</i> terhadap Parameter Intensitas Cahaya	7
II.3 Metode Pengolahan Citra berbasis <i>Mathematical Morphology</i>	8
BAB III. METODE PENELITIAN	12
III.1 Tahapan penelitian	12
III.2 Lokasi penelitian	12
III.3 Rancangan Penelitian	12
III.3.1 Alat dan Bahan	12
III.3.3 Prosedur Penelitian	13
III.4 Teknik Analisis	14
BAB IV. JADWAL PELAKSANAAN	15
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	16
V.1 Hasil Citra setelah Dilakukan Proses Pengolahan Citra	16
V.2 Nilai Statistik Citra <i>Hue</i> Setelah Proses Pengolahan Citra	18
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	22
VI.1 Kesimpulan	22
VI. 2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23
Lampiran A	24

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengamati hubungan nilai statistik citra *hue* pada permukaan *Thermochromic Liquid Crystal (TLC)* yang mengalami kontak dengan suatu benda bertemperatur tertentu. *TLC* yang digunakan memiliki rentang temperatur 25° - 30° C dan 30° - 35° C. Teknik pengambilan citra dilakukan dengan *scanner* untuk setiap variasi temperatur pada rentang tersebut. Citra asli yang diperoleh dalam bentuk RGB dikonversi menjadi HSV (*Hue, Saturation, Value*), dengan mengambil komponen *hue* saja, kemudian citra *hue* tersebut diolah dengan teknik pengolahan citra berdasarkan morfologi matematika menggunakan perangkat lunak *Matlab2013a* dengan proses utama *opening* dan *closing* untuk mendapatkan kualitas citra yang lebih baik. Berdasarkan analisis visual pada citra akhir hasil pengolahan citra, terdapat perbedaan setiap citra untuk berbagai temperatur yang tampak dari tingkat kecerahan dan perbedaan pola lingkaran yang dibentuk. Secara kuantitatif, citra akhir untuk setiap temperatur tersebut dapat dibedakan berdasarkan nilai statistiknya. Nilai *max* dan *mean* citra *hue* semakin meningkat seiring meningkatnya temperatur untuk setiap sampel. Berdasarkan nilai *mean*, kedua sampel menunjukkan kecenderungan hubungan linearitas yang sama.

Kata kunci: *Thermochromic Liquid Crystal (TLC)*, citra *hue*, morfologi matematika

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Susunan molekul pada (a) kristal padat (b) kristal cair (c) cairan isotropic	3
Gambar 2.2. (a) Molekul kristal cair <i>rod-like</i> (b) Molekul kristal cair <i>disc-like</i>	4
Gambar 2.3. Arah molekul kristal cair (a) <i>nematic</i> (b) <i>cholesteric</i> (c) <i>smectic A</i> (d) <i>smectic C</i>	4
Gambar 2.4. Susunan molekul kristal cair <i>cholesteric</i>	5
Gambar 2.5. Grafik Hubungan antara Panjang Gelombang Cahaya terhadap Temperatur	6
Gambar 2.6. Grafik nilai <i>hue</i> terhadap temperatur pada material <i>TLC</i> (Bharara, 2007)	7
Gambar 2.7. Grafik Hubungan antara nilai <i>hue</i> terhadap temperatur <i>TLC</i> dengan variasi intensitas cahaya tertentu (Bharara, 2007)	7
Gambar 2.8. Proses dilatasi pada citra biner (Matlab, 2013)	8
Gambar 2.9. SE <i>Diamond</i> (Matlab, 2013)	9
Gambar 2.10. SE <i>Rectangle/Square</i> (Matlab, 2013)	9
Gambar 2.11. SE <i>Line</i> (Matlab, 2013)	9
Gambar 2.12. SE <i>Octagon</i> (Matlab, 2013)	10
Gambar 2.13. SE <i>Disk</i> (Matlab, 2013)	10
Gambar 2.14. Skema perancangan sistem pemrosesan citra (Flaviana, 2012)	11
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	12
Gambar 3.2. <i>Set up</i> alat dan bahan	13
Gambar 3.3. Tahapan analisis	14
Gambar 5.1. Hasil pengolahan citra sampel 1 (<i>TLC</i> 25 ⁰ -30 ⁰ C)	16
Gambar 5.2. Hasil pengolahan citra sampel 2 (<i>TLC</i> 30 ⁰ -35 ⁰ C)	17
Gambar 5.3. Grafik nilai statistik <i>hue</i> pada sampel 1 (<i>TLC</i> 25 ⁰ -30 ⁰ C)	20
Gambar 5.4. Grafik nilai statistik <i>hue</i> pada sampel 2 (<i>TLC</i> 30 ⁰ -35 ⁰ °C)	20
Gambar 5.5. Grafik nilai mean <i>hue</i> pada sampel 1 dan sampel 2	21

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Jadwal pelaksanaan penelitian	15
Tabel 5.1. Data statistik citra <i>hue</i> pada sampel 1 (TLC 25 ⁰ – 30 ⁰ C)	19
Tabel 5.2. Data statistik citra <i>hue</i> pada sampel 1 (TLC 30 ⁰ – 35 ⁰ C)	19

BAB I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Material Kristal cair merupakan jenis material yang unik dan memiliki respon yang baik terhadap parameter fisis seperti temperatur, tekanan, cahaya, medan listrik dan medan magnet. Dari wujudnya, material ini berbentuk cair namun memiliki sifat padatan. Sifat tersebut memberikan peluang material ini dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, salah satunya adalah bidang medis. Kristal cair dapat diaplikasikan sebagai pengganti termometer raksa. Sensitivitasnya yang besar, memungkinkan pengukuran yang lebih akurat.

Pengembangan teknik pengukuran temperatur permukaan yang akurat diperlukan untuk kemajuan dalam pemahaman mengenai fenomena termal dan perpindahan kalor pada tubuh manusia. Untuk aplikasi tersebut, dimanfaatkan material yang disebut *Thermochromic Liquid Crystal (TLC)*, dimana memiliki respon terhadap perubahan temperatur lokal yang ditunjukkan dengan perubahan warna. Bahan *TLC* saat ini mudah didapat dalam bentuk lembaran, bahan utama yang digunakan termasuk jenis kristal cair *cholesteric*.

Perubahan warna (*color play*) terjadi bila pada permukaan *TLC* mengalami kontak dengan benda bertemperatur tertentu, dalam rentang temperatur tertentu yang diijinkan oleh bahan tersebut. Bila suatu benda disentuhkan pada permukaan *TLC*, maka dapat diamati distribusi temperturnya pada setiap titik.

Temperatur merupakan salah satu parameter penting yang dapat merepresentasikan kondisi kesehatan tubuh manusia. Jika temperatur di suatu area permukaan tubuh lebih tinggi atau lebih rendah dari area lain secara tidak normal, maka dapat diperkirakan adanya masalah atau penyakit tertentu. *TLC* dapat dimanfaatkan untuk mengetahui distribusi temperatur pada bagian tubuh tertentu pada manusia yang sulit dilakukan oleh termometer analog maupun digital.

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh temperatur terhadap perubahan warna pada permukaan *TLC* untuk kemudian dapat dirancang kalibrasi sistem pengukuran distribusi temperatur menggunakan *TLC*. *Scanner* digunakan untuk mengakuisisi citra obyek yang menyentuh permukaan *TLC*. Keterbatasan mata manusia membuat sulitnya menentukan perbedaan warna tersebut, sehingga digunakan analisis dengan metode *image processing* (pengolahan citra) menggunakan perangkat lunak *Matlab2013a*. Pada pengolahan citra dipilih metode pengolahan citra berbasis *Mathematical Morphology* pada citra *hue* (Flaviana, 2012).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Flaviana (2012) telah diamati citra permukaan *TLC* pada rentang temperatur 25^0-30^0C dengan hasil hubungan nilai statistik *hue* terhadap temperatur yang kurang linear. Pada penelitian ini akan diambil rentang temperatur yang lebih luas, dengan modifikasi pada proses pengolahan citra untuk menghasilkan data statistik pada setiap temperatur yang dapat dibandingkan secara linear. Penelitian ini dapat dikembangkan untuk membangun basis data sebagai referensi dalam menentukan temperatur benda berdasarkan nilai statistik *hue* suatu citra, untuk kemudian dapat diaplikasikan pada tubuh manusia.

I.2 Perumusan Masalah

- 1) Bagaimana menerapkan metode pengolahan citra dalam kalibrasi sistem pengukuran distribusi temperatur suatu obyek yang mengalami kontak dengan permukaan *TLC*?
- 2) Bagaimana pengaruh temperatur suatu benda yang kontak dengan permukaan *TLC* terhadap citra yang dihasilkan oleh permukaan *TLC* tersebut berdasarkan nilai statistik citra akhir yang dihasilkan setelah diterapkan proses pengolahan citra?

I.3 Tujuan

1. Menerapkan metode pengolahan citra dalam kalibrasi sistem pengukuran distribusi temperatur suatu obyek yang kontak dengan permukaan *TLC* untuk kemudian dapat dimanfaatkan pada pemetaan temperatur tubuh manusia.
2. Menganalisis hubungan nilai statistik pada citra akhir hasil pengolahan citra terhadap perubahan temperatur obyek yang kontak dengan permukaan *TLC*.

I.4 Manfaat

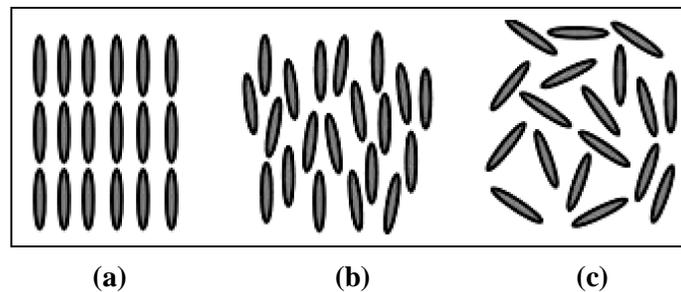
Dalam bidang medis, *TLC* dapat dimanfaatkan untuk mengetahui distribusi temperatur pada setiap bagian tubuh tertentu pada manusia yang sulit dilakukan oleh thermometer analog maupun digital. Penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai kalibrasi awal, untuk mengetahui distribusi temperatur pada tubuh manusia, untuk menunjukkan apakah distribusi temperatur tersebut normal dan tidak normal. Dalam perkembangan selanjutnya, dimungkinkan dapat dibangun basis data sebagai referensi dalam menentukan temperatur benda berdasarkan nilai statistik *hue* suatu citra, untuk kemudian dapat diaplikasikan pada tubuh manusia. dengan teknik pengolahan citra yang lebih baik.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1 *Liquid Crystal*

II.1.1 *Fase Liquid Crystal*

Secara umum materi terbagi dalam 3 fase yaitu kristal padat, fase cair (isotropik) dan fase gas. Perbedaan dari ketiga macam fase ini terletak pada susunan keteraturan molekulnya. Kristal padat memiliki keteraturan molekul yang lebih rapat dibandingkan fase cair maupun fase gas. Pada transisi kristal padat ke cair, molekul-molekul tersebut tetap mempertahankan ikatan antar molekulnya. Sedangkan dalam keadaan fase gas tidak akan ditemukan ikatan antar molekulnya. Pada keadaan transisi fase tersebut, terdapat sebuah fase khusus yang disebut mesofase. Fase yang berada di antara fase padat dan cair disebut dengan fase *liquid crystal* atau kristal cair. Keteraturan susunan molekul dari kristal padat, kristal cair, dan cairan isotropik ditunjukkan oleh Gambar 2.1 (Yang&Wu, 2006).



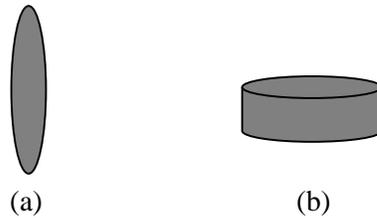
Gambar 2.1. Susunan molekul pada (a) kristal padat (b) kristal cair (c) cairan isotropik

Kristal cair merupakan material mesofase yang berada dalam fase antara kristal dan cairan isotropik (disebut juga *fase mesomorfik*). Molekul-molekul pada kristal cair memiliki arah yang sama seperti sifat pada fase padat, tetapi molekul-molekul tersebut dapat bergerak seperti pada fase cair. Mobilitas molekul pada fase ini terbatas dan sedikit beraturan. Jika dilihat dari susunan arah molekulnya, kristal cair lebih mendekati ke fase padat, namun apabila dilihat dari susunan posisi molekulnya, kristal cair lebih mendekati ke fase cair (Chandrasekar, 1992).

Perubahan fase mesomorfik yang disebabkan oleh proses kenaikan temperatur disebut *Thermotropic Liquid Crystal*. Ketika temperatur dinaikkan, kristal cair termotropik berubah dari kristal padat menjadi kristal cair, dan jika temperaturnya dinaikkan lebih jauh lagi maka akan berubah menjadi cairan isotropik. Secara umum proses ini dapat dibalik dengan menurunkan temperaturnya. Perubahan fase menjadi mesofase juga dapat dipengaruhi oleh adanya pelarut

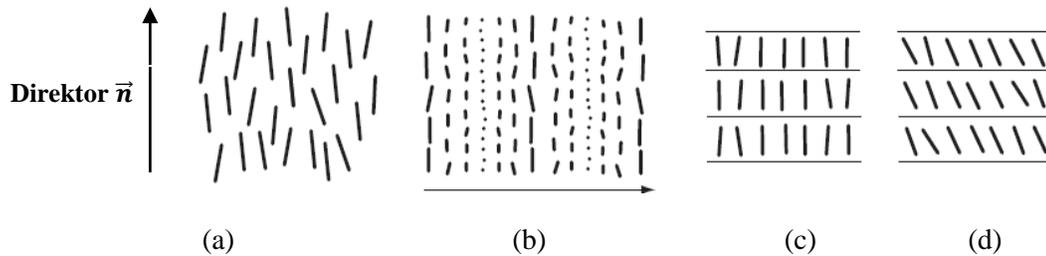
disebut *Lyotropic Liquid Crystal*. Kristal cair liotropik menunjukkan sifat kristal cair ketika bereaksi dengan air atau zat pelarut khusus (Phillips, 2005).

Kristal cair termotropik merupakan kristal cair yang pertama kali ditemukan. Berdasarkan bentuk molekulnya, kristal cair termotropik dibagi menjadi dua tipe yaitu kristal cair dengan bentuk molekul yang seperti tongkat (*rod-shape*) dan yang berbentuk seperti piringan (*disc-like*) seperti pada Gambar 2.2 (Phillips, 2005).



Gambar 2.2. (a) Molekul kristal cair *rod-like* (b) Molekul kristal cair *disc-like*

Suatu zat mesomorfik dikarakterisasi berdasarkan derajat keteraturan jangkauannya (*long order* atau *short order*) dan fungsi distribusi arahnya. Kecenderungan penyearahan molekul disebut dengan *director*. Berdasarkan derajat keteraturannya kristal cair termotropik terbagi menjadi tiga jenis yaitu *nematic*, *cholesteric* dan *smectic*. Perbedaan ketiga jenis ini terletak pada bentuk susunan molekul, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.3.



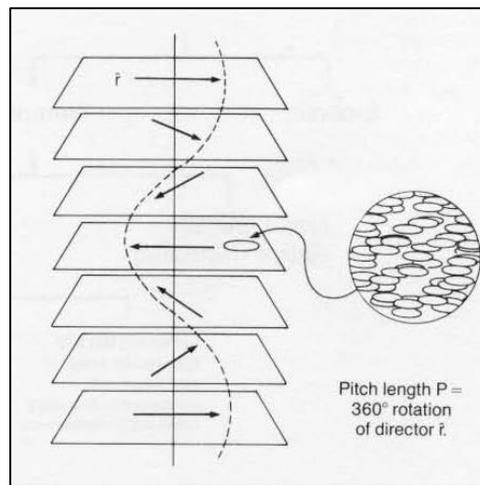
Gambar 2.3. Arah molekul kristal cair (a) *nematic* (b) *cholesteric* (c) *smectic A* (d) *smectic C*

II.1.2 Molekul *Cholesteric Liquid Crystal*

Kristal cair *cholesteric* memiliki struktur *helical* yang stabil dalam volume yang besar. Pada kristal cair *cholesteric*, molekul berjajar dalam lapisannya, arah gerakan molekul sejajar dari satu bidang ke bidang lain. Setiap lapisan dalam stuktur *cholesteric* mempunyai arah molekul yang berbeda dengan lapisan di atas dan di bawahnya. Setelah beberapa lapisan, arah molekul akan berulang kembali. Sifat yang menonjol dari kristal cair *cholesteric* ialah jarak antara bidang-bidang yang mempunyai arah yang sama. Jika selaput tipis kristal cair *cholesteric* dikenai seberkas cahaya, sifat

pantulan cahaya tergantung pada jarak ini. Jarak antara bidang dengan *director* yang sejajar disebut *pitch*, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.4. Pantulan cahaya atau warna akan berubah dengan berubahnya temperatur. Bila cahaya putih diberikan pada molekul ini, panjang gelombang cahaya yang sama dengan jarak pith ini akan dipantulkan.

Pada temperatur yang semakin rendah, jarak *pitch* semakin jauh, cahaya yang dipantulkan semakin mendekati merah. Pada temperatur yang semakin besar molekul akan bergerak semakin cepat dan lapisannya akan lebih terpilin (*twisted*), mengakibatkan jarak *pitch* semakin pendek, sehingga memantulkan warna dengan panjang gelombang yang lebih pendek (warna semakin ke biru) (Hallcrest, 1991).



Gambar 2.4. Susunan molekul kristal cair *cholesteric*

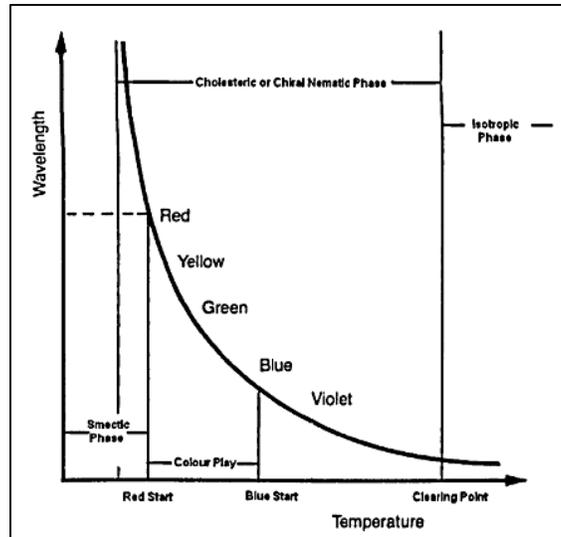
II.2 *Thermochromic Liquid Qrystal (TLC)*

II.2.1 Sensitivitas *TLC* terhadap Perubahan Temperatur

Liquid crystal memiliki sifat optik kristal namun menunjukkan perilaku mekanik zat cair. Ketika ada cahaya yang terpolarisasi datang, *liquid crystal* akan memantulkan cahaya tersebut dalam rentang panjang gelombang tertentu. Gelombang cahaya yang datang akan membawa sejumlah paket energi tertentu yang sebanding dengan nilai frekuensinya dan juga memiliki sejumlah radiasi yang besarnya akan sebanding dengan temperatur.

TLC memiliki respon terhadap perubahan temperatur lokal yang ditunjukkan dengan perubahan warna. *TLC* menunjukkan warna-warna tersebut secara selektif dengan memantulkan cahaya putih yang datang. *TLC* biasanya memiliki karakteristik dengan memunculkan salah satu warna (merah, kuning, hijau, biru atau ungu) yang bergantung pada panjang gelombang pantulan

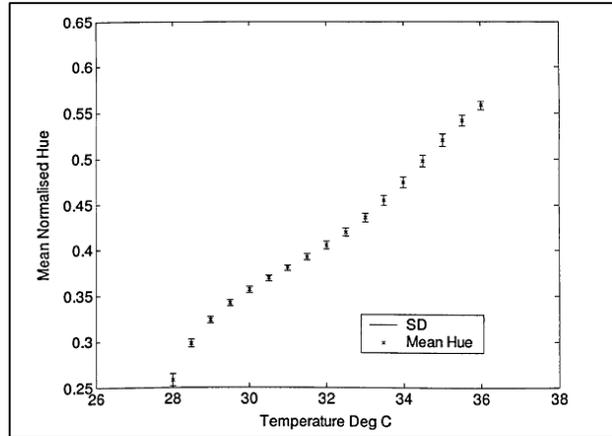
maksimum pada temperatur tertentu. Gambar 2.5 menunjukkan grafik hubungan antara panjang gelombang cahaya terhadap temperatur.



Gambar 2.5. Grafik Hubungan antara Panjang Gelombang Cahaya terhadap Temperatur (Hallcrest, 1991)

Color play atau permainan warna pada *TLC* biasanya didefinisikan dengan spesifikasi warna tertentu misal *red start* atau *mid-green*. Sebagai contoh *TLC R35C1W* menggambarkan *TLC* campuran dengan *red start* pada 35°C dengan *bandwidth* 1°C . *Clearing point* adalah rentang area temperatur di mana warna tidak muncul, sering disebut juga sebagai *cholesteric liquid crystal to isotropic liquid* sebagai temperatur transisi. Rentang temperatur untuk *TLC* yang tersedia biasanya adalah mendekati -30°C sampai dengan 115°C . Permainan warna dan *clearing point* pada *TLC* bersifat sangat sensitif dan rentan untuk berubah selama proses-proses tertentu yang dilakukan pada lembar *TLC*. Di luar rentang temperatur yang diijinkan dalam pada bahan tersebut tersebut, seluruh cahaya akan diserap, dan permukaan *TLC sheet* akan tampak hitam (Hallcrest, 1991).

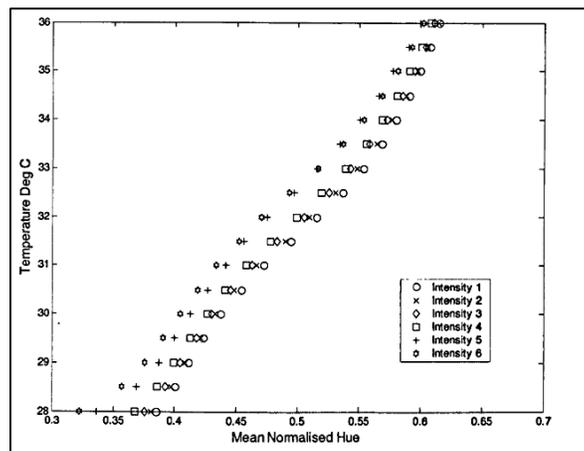
Bharara, 2007, melakukan penelitian menggunakan platform menggunakan *TLC* dan kamera digital dalam mengakuisisi data, untuk mengukur distribusi temperatur pada subyek penderita *neuropati diabetic* dengan menggunakan analisis pencitraan berbasis citra *hue*. Dari penelitiannya, didapat hubungan antara nilai *hue* pada lembar *TLC* dengan temperatur subyek yang menyentuhnya. Gambar 2.6 menunjukkan grafik hubungan antara nilai *hue* terhadap temperatur.



Gambar 2.6. Grafik nilai *hue* terhadap temperatur pada material *TLC* (Bharara, 2007)

II.2.2 Sensitivitas *TLC* terhadap Parameter Intensitas Cahaya

Ketika ada sejumlah intensitas cahaya yang datang ke permukaan *TLC*, maka *TLC* tersebut akan memantulkan cahaya tersebut dalam rentang panjang gelombang tertentu. Gelombang cahaya yang datang akan membawa sejumlah paket energi tertentu yang sebanding dengan nilai frekuensinya dan sebanding pula dengan temperturnya.



Gambar 2.7. Grafik Hubungan antara nilai *hue* terhadap temperatur *TLC* dengan variasi intensitas cahaya tertentu (Bharara, 2007)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Bharara, 2007, dengan menggunakan analisis pencitraan berbasis citra *hue*, ditunjukkan bahwa untuk setiap perubahan intensitas cahaya sebesar 50% terjadi perubahan nilai parameter *hue* sekitar 10-20%, seperti yang tampak pada Gambar 2.7 (Bharara, 2007).

II.3 Metode Pengolahan Citra berbasis *Mathematical Morphology*

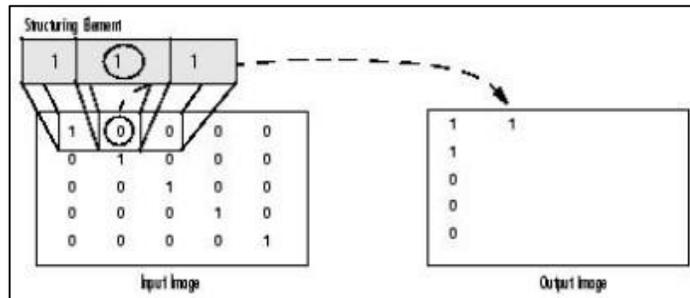
Pada pemrosesan citra, dibutuhkan prosedur yang efisien untuk proses deteksi. Ekstraksi fitur merupakan rangkaian proses yang kompleks untuk mendapatkan hasil citra yang lebih baik. Morfologi Matematika (*Mathematics Morphology*) adalah sebuah metode untuk menganalisis citra berbasis operasi tetangga non-linear (*Nonlinear Neighbourhood Operation*). Tetangga tersebut sering disebut dengan *Structuring Element* (SE). Operasi dasar dari morfologi matematika ini adalah erosi dan dilatasi. Erosi citra biner pada deret X dengan SE adalah B didefinisikan sebagai:

$$\text{ero}^B(X) = X \text{ ero}^B = \{ x \in \varepsilon : Bx \subset X \}$$

Dilatasi citra biner pada deret X dengan SE adalah B didefinisikan sebagai:

$$\text{dil}^B(X) = X \text{ dil}^B = \{ x \in X : Bx \cap X \neq \emptyset \}$$

Operasi dilatasi akan menambahkan piksel pada batas dari objek di sebuah citra, sedangkan erosi mengurangi piksel pada batas dari objek. Jumlah piksel yang ditambahkan atau dikurangkan tergantung dari besar dan bentuk dari SE yang digunakan untuk mengolah citra. Gambar 2.8 berikut merepresentasikan proses dilatasi sebuah citra biner. SE mengubah tetangga dari *pixel interest* (bagian yang dilingkari). Fungsi dilatasi adalah membuat sebuah aturan kepada piksel tetangga dan memberikan sebuah nilai yang dikorespondasikan kepada piksel di citra keluaran. Pada Gambar 2.8, proses dilatasi memberikan nilai piksel citra keluaran dengan nilai "1" karena salah satu elemen tetangga yang didefinisikan oleh SE dalam posisi aktif.



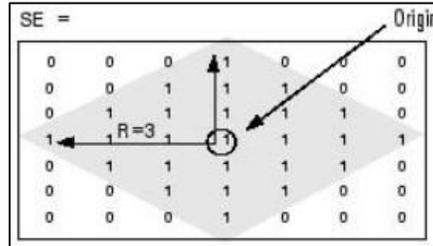
Gambar 2.8. Proses dilatasi pada citra biner (Matlab, 2013)

Structuring element (SE) merupakan bagian yang memiliki peranan penting dalam operasi morfologi matematika. SE digunakan untuk memodifikasi citra masukan. SE merupakan sebuah matriks yang terdiri dari "0" dan "1", dan matriks-matriks tersebut memiliki sebuah ukuran dan bentuk tertentu. Piksel yang mempunyai nilai 1 mendefinisikan "tetangga". SE dua dimensi biasanya memiliki ukuran yang lebih kecil daripada citra yang akan diolah. Piksel pusat dari SE, mengidentifikasi *pixel of interest* dari pixel yang akan diolah.

Jenis-jenis dari SE antara lain adalah :

a. *Diamond*

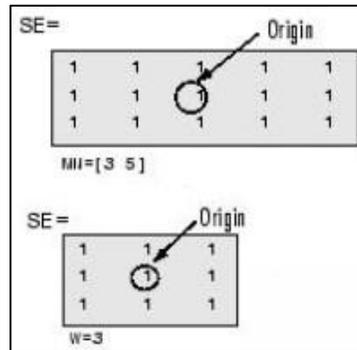
SE yang berbentuk *diamond* dengan R adalah jarak dari piksel pusat ke ujung/tepi dari SE *diamond*.



Gambar 2.9. SE *Diamond* (Matlab, 2013)

b. *Rectangle/Square*

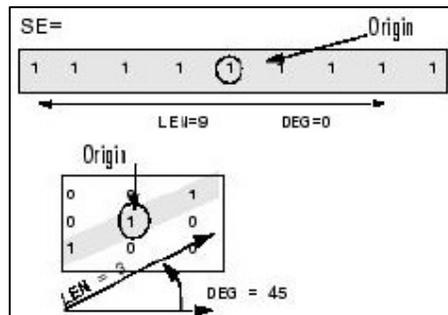
SE yang berbentuk persegi atau kotak. MN merepresentasikan ukuran dari SE. MN terdiri dari dua buah elemen *vector nonnegative integers*. M menyatakan ukuran untuk baris dan N adalah ukuran untuk kolom.



Gambar 2.10. SE *Rectangle/Square* (Matlab, 2013)

c. *Line*

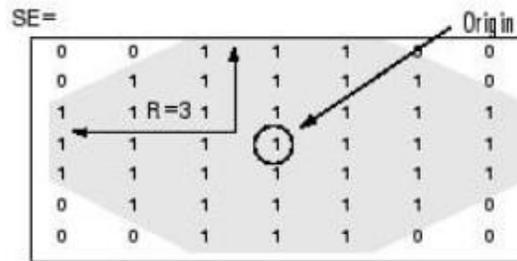
Sebuah SE yang datar dan linear. LEN merepresentasikan panjang dan DEG merepresentasikan sudut (dalam derajat) *line* yang diukur dari arah sumbu horizontal. LEN dapat diartikan jarak dari titik ujung SE ke ujung SE lainnya.



Gambar 2.11. SE *Line* (Matlab, 2013)

f. *Octagon*

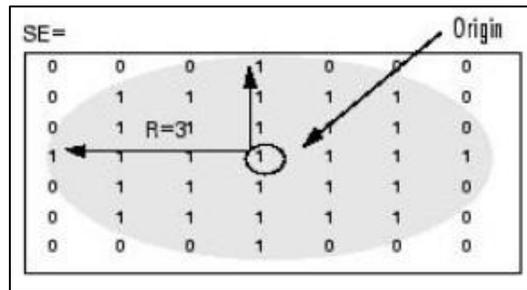
SE yang berbentuk segi-8, dimana R adalah jarak dari piksel pusat SE dengan tepian dari segi-8, diukur dari sumbu x dan sumbu y.



Gambar 2.12. SE Octagon (Matlab, 2013)

g. *Disk*

SE berbentuk lingkaran, dengan R adalah jari-jari yang diukur dari piksel pusat ke tepi dari lingkaran.

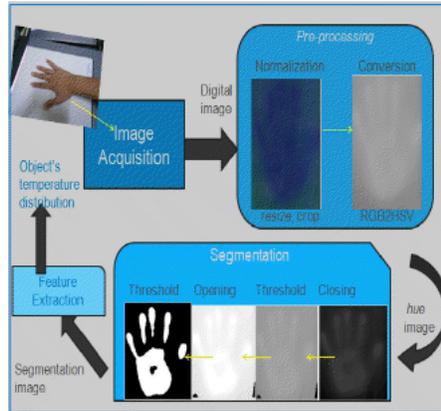


Gambar 2.13. SE Disk (Matlab, 2013)

Pada penggunaannya, erosi dan dilatasi sering dilakukan kombinasi antara keduanya:

- a) *Opening*: Kombinasi dari erosi-dilatasi dengan SE yang sama. Operasi ini akan menghapus "lubang" putih pada objek yang gelap (hitam).
- b) *Closing*: Kombinasi dari dilatasi-erosi dengan SE yang sama. Operasi ini akan menghapus "lubang" hitam pada permukaan terang/putih.

Flaviana (2012) melakukan penelitian untuk menentukan temperatur permukaan tangan manusia menggunakan *TLC*. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan wadah labu elenmeyer yang diisi air dan dipertahankan temperaturnya, diletakkan di atas permukaan *TLC*. Range temperatur *TLC* yang digunakan adalah 20⁰-25⁰ C. Pengambilan citra menggunakan *scanner* dengan resolusi yang sama. Citra yang diperoleh kemudian diproses menggunakan *Matlab2007a* berdasarkan morfologi matematika. Keseluruhan skema perancangan sistem pemrosesan citra ditunjukkan oleh Gambar 2.14.



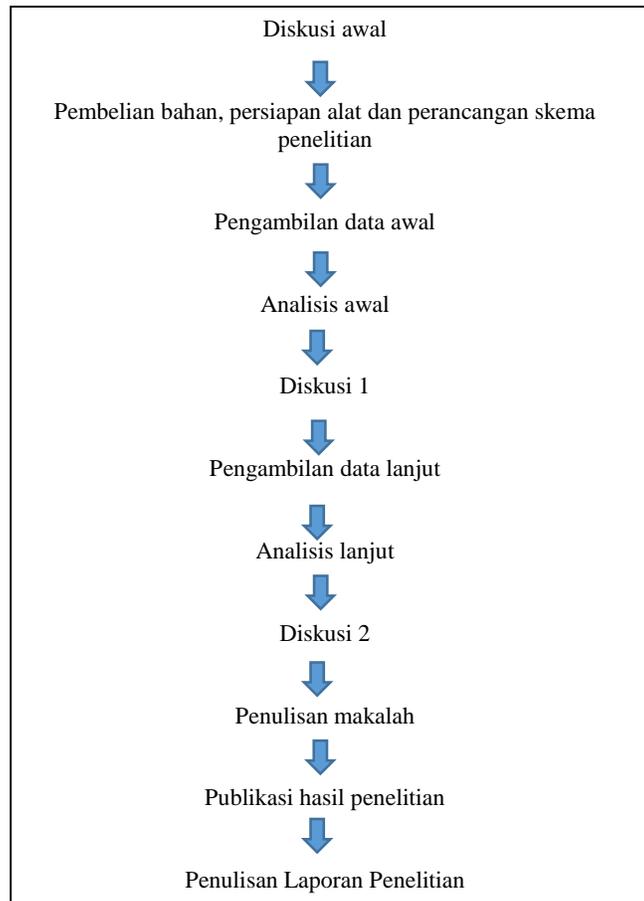
Gambar 2.14. Skema perancangan sistem pemrosesan citra (Flaviana, 2012)

Dari keseluruhan pengolahan citra yang dilakukan, diperoleh nilai statistik *hue* yang terdiri dari nilai maksimum, minimum, mean, standar deviasi, modus. Selanjutnya juga dilakukan proses entropi pada citra dengan menggunakan fungsi entropi pada *Matlab2007a* untuk mengukur nilai *randomness* dari citra (Flaviana, 2012). Kemudian hasil tersebut nantinya akan dijadikan parameter kalibrasi untuk mengukur distribusi temperatur permukaan telapak tangan. Dari data statistik dapat dihasilkan hubungan nilai *hue* terhadap variasi temperatur citra lingkaran, namun hasilnya kurang menunjukkan hubungan yang linear antara nilai *hue* terhadap temperatur. Untuk menghasilkan pengukuran distribusi temperatur permukaan tangan yang akurat diperlukan standar pengukuran (kalibrasi) yang lebih baik, tentunya juga dengan jangkauan temperatur yang lebih luas (Flaviana, 2012).

BAB III. METODE PENELITIAN

III.1 Tahapan penelitian

Tahapan penelitian ditunjukkan oleh diagram alir pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

III.2 Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium *Research*, Program Studi Fisika, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

III.3 Rancangan Penelitian

III.3.1 Alat dan Bahan

1) Perangkat Keras

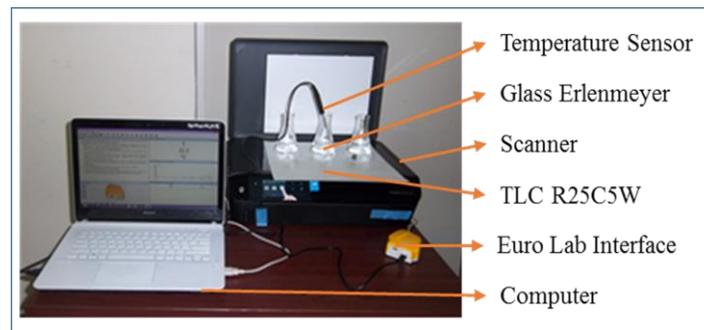
- a. Lembaran *Thermochromic Liquid Crystal (TLC)* ukuran 12 x 12 inch dengan rentang temperatur: 25°-30°C dan 30°-35°C (untuk selanjutnya *TLC* 25°-30°C disebut sampel 1 dan *TLC* 30°-35°C disebut sampel 2).

- b. *Scanner* tipe HP 4510 dengan resolusi optik 300 dpi dan *bit depth* 24-bit color.
- c. Komputer dengan sistem operasi *Windows*8.
- d. Labu elenmeyer.
- e. Sensor temperatur dengan skala -20° - 110° C.
- f. Air dan pemanas air.
- g. *Lightmeter* untuk mengukur intensitas cahaya rata-rata ruangan.

2) Perangkat Lunak

- a. *Hp ToolBox* untuk akuisisi citra dari *scanner*.
- b. *CMA coach6lite* untuk pembacaan sensor temperatur.
- c. *Matlab2013a* untuk proses pengolahan citra dan analisis.

Set up alat dan bahan ditunjukkan oleh Gambar 3.2.



Gambar 3.2. *Set up* alat dan bahan

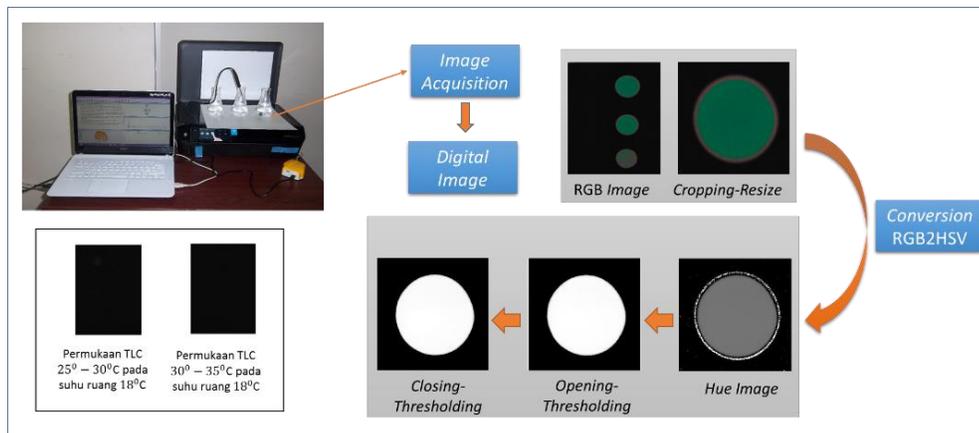
III.3.3 Prosedur Penelitian

- 1) Temperatur ruang diatur konstan pada 180° C.
- 2) Intensitas cahaya ruang yang mengenai *TLC* diatur konstan pada $0,1$ W/m².
- 3) Lembaran *TLC* 25° - 30° C diletakkan di atas mesin scanner.
- 4) Scanner tersebut dikoneksikan ke komputer untuk proses akuisisi citra.
- 5) Labu elenmeyer diisi dengan air dan diatur temperaturnya konstan setiap 1° C dari 25° - 30° C lalu diletakkan di atas lembaran *TLC*.
- 6) Sensor temperatur diletakkan di dalam labu elenmeyer yang telah diisi air, dan dikoneksikan dengan komputer yang telah diinstal program *CMA coach6lite*. Nilai temperatur rata-rata air dalam labu elenmeyer akan muncul pada layar komputer sehingga dapat dikontrol perubahan temperatur selama perekaman citra.

- 7) Setiap kali sensor temperatur menunjukkan angka yang sesuai, citra permukaan *TLC* direkam menggunakan mesin scanner (waktu rata-rata yang diperlukan untuk proses scanning oleh alat scanner adalah 20 detik).
- 8) Citra yang telah diperoleh selanjutnya disimpan dalam file.bmp.
- 9) Citra yang didapat diolah melalui proses pengolahan citra menggunakan Matlab2013a untuk kepentingan analisis.
- 10) Langkah 1 s/d 9 diulangi untuk *TLC* 30°-35°C.
- 11) Perangkat lunak Matlab2013a digunakan untuk mengolah citra yang telah diperoleh dan nantinya dapat menggambarkan distribusi temperatur obyek yang mengalami kontak dengan permukaan *TLC*. Metode yang dipilih adalah pengolahan citra berdasarkan morfologi matematika pada citra *hue*.

III.4 Teknik Analisis

Perangkat lunak *Matlab2013a* digunakan untuk memproses citra yang telah diperoleh dan nantinya dapat menggambarkan distribusi temperatur obyek yang mengalami kontak dengan lembar *TLC*. Tahapan analisis ditunjukkan seperti Gambar 3.3. Program yang digunakan pada *Matlab2013a* ditunjukkan alam Lampiran A.



Gambar 3.3. Tahapan analisis

Pada pengolahan citra dipilih metode morfologi matematika berbasis citra *hue* berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Flaviana (2012), namun pada penelitian ini akan diperbaiki dalam proses *pre-processing* citra sehingga dihasilkan data statistik nilai *hue* yang dapat merepresentasikan perbedaan karakteristik *TLC* untuk masing-masing temperatur secara linear. Rentang temperatur bahan *TLC* yang akan digunakan sebagai sampel adalah 20-35°C, dengan variasi temperatur setiap kenaikan 1°C.

BAB IV. JADWAL PELAKSANAAN

Jadwal pelaksanaan penelitian ditunjukkan oleh Tabel 4.1.

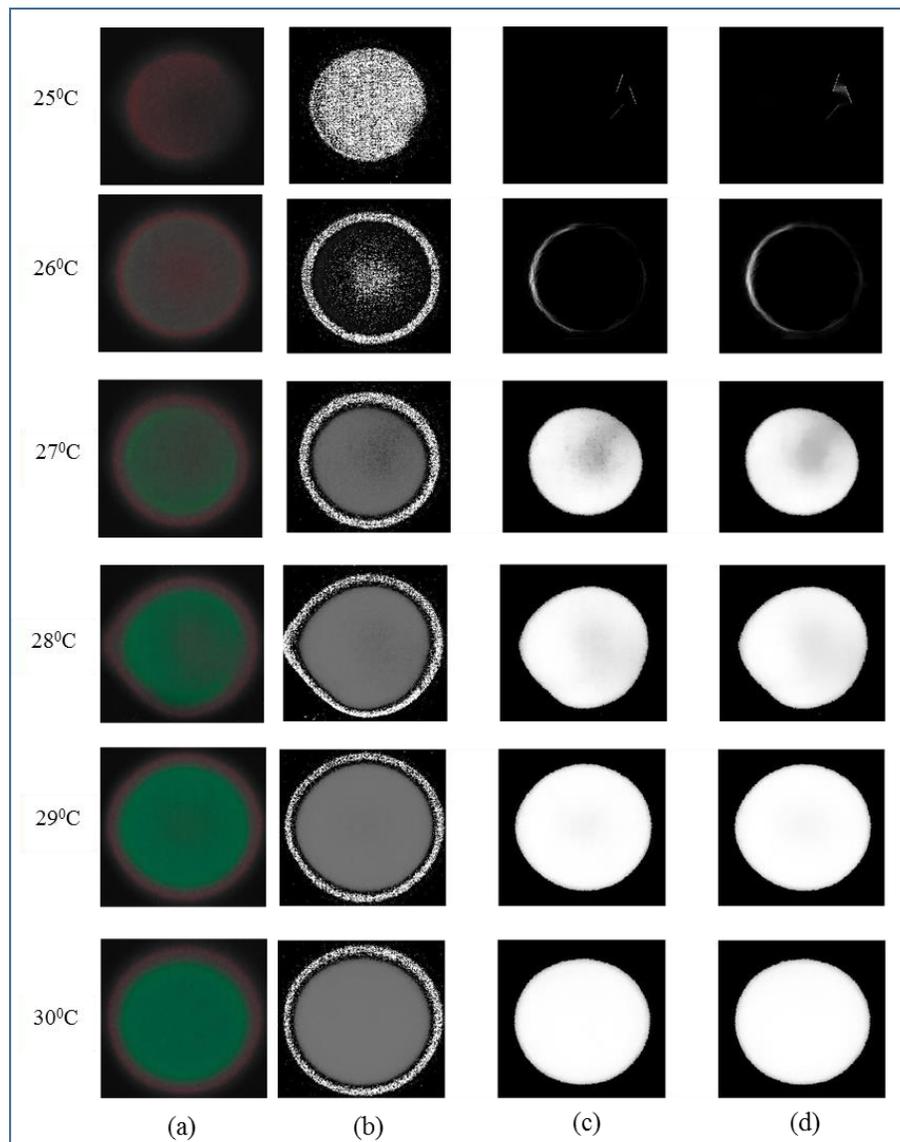
Tabel 4.1. Jadwal pelaksanaan penelitian

Kegiatan	Bulan ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Diskusi awal	■	■										
Pembelian bahan dan persiapan alat			■									
Pengambilan data awal				■								
Analisis awal				■								
Diskusi 1					■							
Pengambilan data lanjut						■	■	■				
Analisis lanjut						■	■	■				
Diskusi 2							■	■	■			
Penulisan makalah										■		
Publikasi											■	
Penulisan Laporan Penelitian											■	

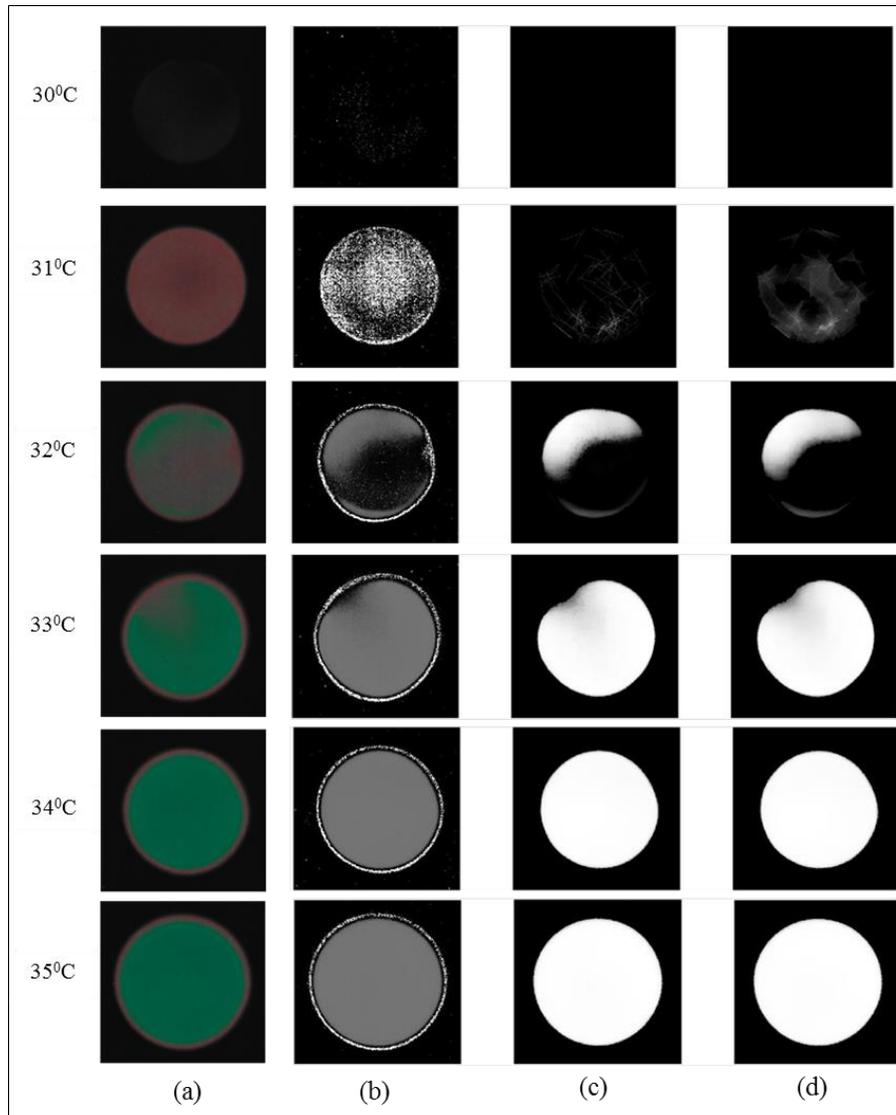
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

V.1 Hasil Citra setelah Dilakukan Proses Pengolahan Citra

Citra asli yang diperoleh dalam format RGB dikonversi menjadi HSV (*hue, saturation, value*), dengan mengambil komponen *hue* saja. Hal ini dimaksudkan untuk menyederhanakan citra sehingga lebih mudah dilakukan analisis. Hasil pengolahan citra untuk sampel 1 dan 2 ditunjukkan oleh Gambar 5.1 dan 5.2.



Gambar 5.1. Hasil pengolahan citra sampel 1 (*TLC* 25⁰-30⁰C) (a) citra asli (b) citra *hue* (c) citra *hue* setelah *opening* dan *thresholding* (d) citra *hue* setelah *closing* dan *thresholding*



Gambar 5.2. Hasil pengolahan citra sampel 2 (TLC 30⁰-35⁰C) (a) citra asli (b) citra *hue* (c) citra *hue* setelah proses *opening* dan *thresholding* (d) citra *hue* setelah proses *closing* dan *thresholding*

Gambar 5.1(a) dan 5.2(a) menunjukkan citra asli (RGB), sementara Gambar 5.1(b) dan 5.2(b) menunjukkan citra *hue*. Bila dilihat gambar (a) dan (b), tampak perbedaan yang cukup signifikan pada pola lingkaran di bagian tepinya, hal ini dikarenakan efek dari pertukaran kalor terhadap lingkungan yang lebih cepat terjadi di bagian tepi mengingat bahwa permukaan dasar dari labu elenmeyer agak melengkung di tepinya.

Untuk memperbaiki kualitas citra tersebut, dapat dilakukan teknik pengolahan citra dengan meniadakan bagian tepi berdasarkan pertimbangan bahwa pada bagian tersebut tidak masuk ke dalam daerah yang akan dianalisis. Hal ini dimaksudkan agar sebaran intensitas citranya lebih merata. Pada

pengolahan citra digunakan teknik segmentasi berdasarkan morfologi matematika. Segmentasi citra bertujuan untuk memecah suatu citra ke dalam beberapa segmen dengan kriteria tertentu.

Dalam pengolahan citra kali ini digunakan proses utama *opening* dan *closing* dengan *SE line* yaitu sebuah *SE* yang datar dan linear. *SE line* direpresentasikan dengan ukuran *LEN* dan *DEG*. *LEN* merepresentasikan panjang dan *DEG* merepresentasikan sudut (dalam derajat) *line* yang diukur dari arah sumbu horisontal. *LEN* dapat diartikan sebagai jarak dari titik ujung *SE* ke ujung *SE* lainnya.

Salah satu proses yang penting pula dalam pengolahan citra adalah *thresholding* yaitu suatu teknik segmentasi dengan perbedaan bila intensitas yang signifikan antara latar belakang dan objek utama. Dalam *thresholding* dibutuhkan suatu nilai pembatas antara objek utama dengan latar belakang (nilai tersebut dinamakan dengan *threshold*, T). *Thresholding* digunakan untuk mempartisi citra dengan mengatur nilai intensitas semua piksel yang lebih besar dari nilai T sebagai latar depan dan yang lebih kecil dari T sebagai latar belakang. Dengan teknik ini akan diperoleh citra utama yang cukup kontras dengan latar belakangnya. *Thresholding* dilakukan setelah proses *opening* dan setelah *closing*. Nilai T yang dipilih pada penelitian ini adalah berdasarkan nilai rata-rata (*mean*) citra setelah proses *opening* dan *closing*.

Pada proses segmentasi, pertama kali dilakukan 18 kali *opening* menggunakan *SE line* dengan ukuran *LEN* 50 dan variasi *DEG* untuk setiap 10 derajat, kemudian dilakukan penggabungan gambar untuk masing-masing hasil *opening* tersebut, diikuti *thresholding*. Proses selanjutnya adalah *closing* dengan cara yang sama yaitu 18 kali *closing* dengan ukuran *LEN* 50 dan variasi *DEG* untuk setiap 10 derajat, kemudian dilakukan penggabungan gambar untuk masing-masing hasil *closing* tersebut, diikuti *thresholding*. Gambar 5.1(c) dan 5.2(c) merupakan citra hasil penggabungan 18 kali *opening* tersebut yang diikuti *thresholding*, sedangkan Gambar 5.1(d) dan 5.2(d) merupakan citra akhir berupa hasil penggabungan 18 kali *closing* yang diikuti *thresholding*, setelah proses *opening-thresholding*.

Citra akhir hasil pengolahan citra dengan teknik ini menunjukkan kualitas citra yang semakin baik dilihat dari kekontrasan citra utama (lingkaran terang) dengan latar belakang gelap. Berdasarkan analisis visual tampak bahwa terdapat perbedaan setiap citra untuk berbagai temperatur tersebut. Berdasarkan citra akhir tampak bahwa semakin besar temperaturnya untuk setiap sampel, maka semakin jelas pola lingkaran yang terbentuk dengan tingkat kecerahan yang semakin tinggi.

V.2 Nilai Statistik Citra *Hue* Setelah Proses Pengolahan Citra

Secara kuantitatif citra akhir hasil pengolahan citra untuk setiap temperatur dapat dibedakan berdasarkan nilai statistiknya. Data nilai statistik (nilai *min*, *max*, *mean*, *mode*, *std*, dan *median*) untuk setiap sampel ditunjukkan pada Tabel 5.1 dan 5.2. Data pada Tabel 5.1 dan 5.2 merupakan nilai

gabungan dari 18 kali *opening* dan 18 kali *closing*, sehingga muncul angka yang cukup besar melebihi nilai 1 (dimana berdasarkan referensi, nilai *hue* untuk citra biner berada pada rentang 0-1).

Berdasarkan Tabel 5.1 dan 5.2 tampak bahwa nilai *max* dan *mean* cukup baik dalam merepresentasikan perbedaan masing-masing citra. Nilai *max* dan *mean* menunjukkan kecenderungan peningkatan untuk temperatur yang semakin besar pada setiap sampelnya. Dari Tabel 5.1 dan 5.2 diperoleh hubungan yang lebih jelas untuk nilai statistik tersebut, berdasarkan grafik Gambar 5.3 dan 5.4.

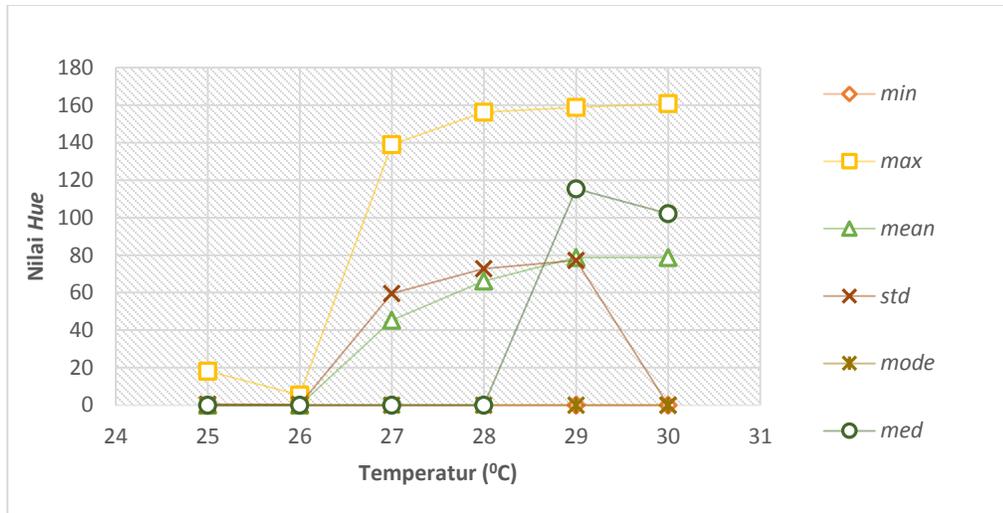
Tabel 5.1. Data statistik citra hue pada sampel 1 (TLC 25⁰ - 30⁰ C)

Temperatur (°C)	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>mean</i>	<i>std</i>	<i>Mode</i>	<i>Med</i>
25	0	18,23	0,03	0,51	0	0
26	0	5,42	0,01	0,41	0	0
27	0	138,90	45,27	59,56	0	0
28	0	156,32	66,24	72,81	0	0
29	0	158,87	78,81	77,21	0	115,36
30	0	160,76	78,76	0	0	102,11

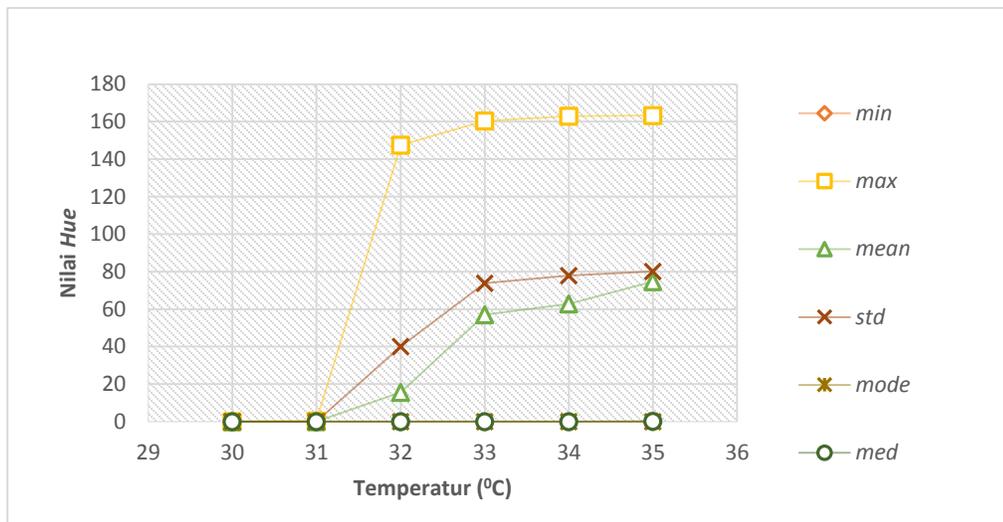
Tabel 5.2. Data statistik citra hue pada sampel 2 (TLC 30⁰ – 35⁰ C)

Temperatur (°C)	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>mean</i>	<i>std</i>	<i>Mode</i>	<i>Med</i>
30	0	0	0	0	0	0
31	0	0,40	0,01	0,03	0	0
32	0	147,55	15,66	40,03	0	0
33	0	160,39	57,06	73,83	0	0
34	0	162,93	62,77	77,88	0	0
35	0	163,24	74,69	80,05	0	0,10

Grafik nilai statistik (nilai *min*, *max*, *mean*, *mode*, *std*, dan *median*) untuk setiap sampel ditunjukkan pada Gambar 5.3 dan 5.4. Berdasarkan grafik diperoleh hubungan yang cukup jelas pada nilai *max* dan *mean*-nya, dimana terjadi peningkatan nilai *max* dan *mean* untuk temperatur yang semakin besar pada setiap sampelnya.



Gambar 5.3. Grafik nilai statistik *hue* pada sampel 1 (TLC 25⁰-30⁰C)



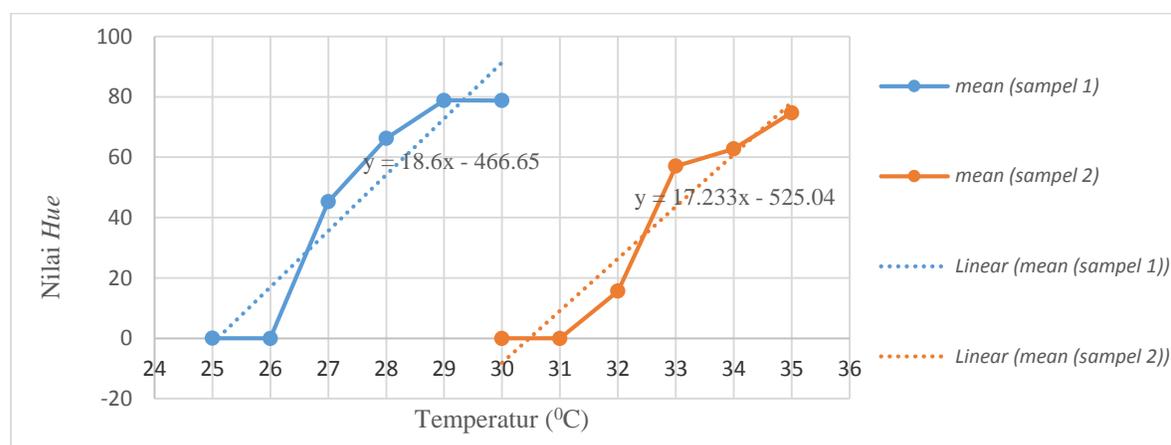
Gambar 5.4. Grafik nilai statistik *hue* pada sampel 2 (TLC 30⁰-35⁰ C)

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.3 dan 5.4, tampak kenaikan cukup signifikan terjadi ketika temperatur 26⁰ C ke 27⁰ C, dan 31⁰ C ke 32⁰ C. Terdapat kenaikan, namun tidak signifikan, terjadi setelah temperatur 27⁰ C dan 32⁰ C. Hal ini dikarenakan pada pada sampel 1 (TLC 25⁰-30⁰ C) memiliki nilai toleransi sebesar 1⁰ C, untuk kondisi *red start*, *green start* dan *blue start*. Artinya *red start* dapat terjadi pada temperatur 26⁰ C lalu mulai muncul *green* sehingga terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara kedua fase tersebut. Pada sampel 1, *blue start* baru terjadi setelah temperatur 30⁰ C, sehingga tidak terjadi perbedan signifikan pada temperatur 27⁰-30⁰ C. Apabila temperatur dinaikkan

hingga sampai pada *clearing point*-nya (berdasarkan referensi sekitar 44⁰C), maka akan muncul fase *blue* setelah temperatur 30⁰ C tersebut.

Hal serupa terjadi pada sampel 2 (*TLC* 30⁰-35⁰ C), dimana temperatur 32⁰ C hingga 35⁰ C merupakan fase *green*, dan *blue start* terjadi setelah temperatur 35⁰C, hingga mencapai *clearing point*-nya (berdasarkan referensi terjadi pada temperatur 46⁰ C). Setelah melewati batas *clearing point*-nya material ini akan berwarna hitam.

Dari hasil statistik kedua sampel, dipilih nilai *mean* sebagai parameter utama untuk membandingkan hasil dari kedua sampel tersebut. Berdasarkan grafik Gambar 5.5, dapat dilihat bahwa terdapat kecenderungan pola linearitas yang sama untuk kedua sampel. Pada sampel 1 diperoleh nilai gradien sebesar 18,6 dengan persamaan garis $y = 18,6x - 466,65$, dan pada sampel 2 diperoleh nilai gradien sebesar 17,233 dengan persamaan garis $y = 17,233x - 525,04$. Perbedaan untuk kedua nilai ini tidak signifikan, sehingga dapat dikatakan bahwa terdapat kecenderungan hubungan linearitas yang sama untuk *TLC* 25⁰-30⁰C dan *TLC* 30⁰-35⁰C.



Gambar 5.5. Grafik nilai mean *hue* pada sampel 1 dan sampel 2

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat dikatakan pula bahwa kedua sampel ini memiliki akan mengalami perubahan fase yang sama (fase *red*, *green* dan *blue*) sehingga sampel 1 dan 2 tidak dapat digunakan secara berkelanjutan dalam menentukan nilai temperatur permukaan suatu benda berdasarkan nilai *hue* yang diperoleh. Maka dianjurkan untuk menggunakan sampel tunggal dengan rentang temperatur yang luas bila ingin menerapkan *TLC* ini sebagai pengukur temperatur permukaan benda. Nilai *mean* dapat digunakan sebagai parameter statistik untuk menentukan nilai temperatur suatu benda yang menyentuh permukaan *TLC*.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

V1.1 Kesimpulan

- 1) Metode pengolahan citra berbasis morfologi matematika dengan proses utama *opening* dan *closing* pada citra *hue* dapat diterapkan dalam kalibrasi sistem pengukuran distribusi temperatur suatu obyek yang kontak dengan permukaan *TLC* untuk kemudian dapat dimanfaatkan pada pemetaan temperatur tubuh manusia.
- 2) Berdasarkan nilai statistik pada citra akhir hasil pengolahan citra terhadap perubahan temperatur obyek yang kontak dengan permukaan *TLC*, diperoleh bahwa nilai *max* dan *mean* citra *hue* semakin meningkat seiring meningkatnya temperatur untuk setiap sampel.
- 3) Berdasarkan nilai *mean*, masing-masing sampel menunjukkan kecenderungan hubungan linearitas yang sama.

VI.2 Saran

- 1) Perlu dicoba metode lain dalam pengambilan citra dengan teknik yang lebih baik serta perbaikan dalam proses pengolahan citra dengan metode lainnya sehingga citra yang dihasilkan lebih dapat merepresentasikan distribusi temperatur suatu benda yang kontak dengan permukaan *TLC*.
- 2) Dianjurkan untuk menggunakan sampel tunggal dengan rentang temperatur yang luas bila ingin menerapkan *TLC* ini sebagai pengukur temperatur permukaan benda.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bharara, Manish. 2007. Liquid Crystal Thermography in Neuropathic Assesment of Diabetic Foot, PhD Thesis, Bournemouth University.
2. Chandrasekhar, S. 1992. Liquid Qrystal, Cambrige: University Press
3. Cheng, Kuo-Sheng, et al. 2002. The Application of Thermal Image Analysis to Diabetic Foot Diagnosis. *Journal of Medical and Biomedical Engineering*. 22(2): 75-82.
4. Flaviana. 2012. Master Tesis: Karakterisasi Thermochromic Liquid Crystal dalam Pengukuran Distribusi Temperatur Berbasis Mathematical Morphology pada Citra *Hue*, Institut Teknologi Bandung.
5. Gonzales, R.C., Woods, R.E. 2002. Digital Image Processing, 2ed, Prentice Hall.
6. Hallcrest. 1991. Handbook of Thermochromic Liquid Crystal. Glenview, IL, Hallcrest.
7. Khoo, Iam-Choon. 1995. Liquid Crystals, Physical Properties and Nonlinear Optical Phenomena, New York: John Wiley&Sons, Inc.
8. Lin, Mingjie, Wang, Ting. 2002. A transient liquid crystal method using a 3- D inverse transient conduction scheme, *International Journal of Heat and Mass Transfer*. Department of Mechanical Engineering, Clemson University, USA.
9. Phillips, J. 2005. *Liquid Crystal*. Burnside Hall McGill University.
10. Rubal, Bernard J., Traycoff, Roger B., and Ewing, Keith L (1982). Liquid Crystal Thermography: A New Tool for Evaluating Low Back Pain. *Journal of the American Physical Therapy Association*. 62: 1593-1596.
11. Yang, Deng-Ke & Wu, Shin-Tson. 2006. *Fundamentals of Liquid Crystal Devices*, John Wiley&Son Ltd.

Lampiran A

Program untuk Pengolahan Citra menggunakan Matlab2013a

```
kal=imread('D:\TLC\32.bmp');
sizebaru=imresize(kal, 0.5);
HSV = rgb2hsv(sizebaru);
% hue channel separation
H = HSV(:,:,1)
t32 = H
% opening
opena32 = imopen (t32, (strel('line',50,0)));
openb32 = imopen (t32, (strel('line',50,10)));
openc32 = imopen (t32, (strel('line',50,20)));
opend32 = imopen (t32, (strel('line',50,30)));
opene32 = imopen (t32, (strel('line',50,40)));
openf32 = imopen (t32, (strel('line',50,50)));
openg32 = imopen (t32, (strel('line',50,60)));
openh32 = imopen (t32, (strel('line',50,70)));
openi32 = imopen (t32, (strel('line',50,80)));
openj32 = imopen (t32, (strel('line',50,90)));
openk32 = imopen (t32, (strel('line',50,100)));
openl32 = imopen (t32, (strel('line',50,110)));
openm32 = imopen (t32, (strel('line',50,120)));
openn32 = imopen (t32, (strel('line',50,130)));
openo32 = imopen (t32, (strel('line',50,140)));
openp32 = imopen (t32, (strel('line',50,150)));
openq32 = imopen (t32, (strel('line',50,160)));
openr32 = imopen (t32, (strel('line',50,170)));
opens32 = imopen (t32, (strel('line',50,180)));
gabung32open = opena32 + openb32 + openc32 + opend32 + opene32 + openf32 +
openg32 + openh32 + openi32 + openj32 + openk32 + openl32 + openm32 +
openn32 + openo32 + openp32 + openq32 + openr32 + opens32 ;
gabung32open1 = gabung32open;
% thresholding
for i1=1:412
    for i2=1:412
        if (gabung32open1(i1,i2)<0.08327)
            gabung32open1(i1,i2)=0;
        end
    end
end
gabung32open2 = gabung32open1;
% closing
closea32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,0)));
closeb32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,10)));
closec32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,20)));
closed32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,30)));
closee32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,40)));
closef32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,50)));
closeg32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,60)));
closeh32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,70)));
closei32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,80)));
```

```

closej32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,90)));
closek32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,100)));
closel32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,110)));
closem32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,120)));
closeo32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,130)));
closep32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,140)));
closeq32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,150)));
clorer32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,170)));
closes32 = imclose (gabung32open2, (strel('line',50,180)));
gabung32close = closea32 + closeb32 + closec32 + closed32 + closee32 +
closef32 + closeg32 + closeh32 + closei32 + closej32 + closek32 + closel32 +
closem32 + closeo32 + closep32 + closeq32 + clorer32 + closes32 ;
gabung32close1 = gabung32close;
% thresholding
for i1=1:412
    for i2=1:412
        if(gabung32close1(i1,i2)<16.1422)
            gabung32close1(i1,i2)=0;
        end
    end
end
gabung32close2 = gabung32close1;
figure(1),subplot(131),imshow(t32,[])
title('citra hue 32 derajat');
figure(1),subplot(132),imshow(gabung32open2,[])
title('citra hue 32 derajat setelah opening dan thresholding');
figure(1),subplot(133),imshow(gabung32close2,[])
title('citra hue 32 derajat setelah closing dan thresholding');

```