

# Linearization of Hue Value on The Surface of Thermochromic Liquid Crystal With Variation of Temperature

Risti Suryantari<sup>1</sup>, Flaviana<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Fisika, Gedung 9 lantai 1, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains  
Universitas Katolik Parahyangan, Bandung  
ristisuryantari@unpar.ac.id

Received 6-11-2014, Revised 6-04-2015, Accepted 8-04-2015, Published 30-04-2015

## ABSTRACT

This research has observed a linear relation of hue value on the surface of a Thermochromic Liquid Crystal (TLC), with variation of temperature, based on statistic value of hue image. In this research we use ample of TLC with temperature range 25<sup>0</sup>-30<sup>0</sup> C and 30<sup>0</sup>-35<sup>0</sup> C. The original image in RGB format is converted to HSV (hue, saturation, value) and by taking hue without saturation and value, then the hue image is processed using Matlab2013a based on a mathematical morphology with opening and closing for the main process to get better images. The final image of each temperature variation can be distinguished based on the statistic value of each image. The value of max and mean hue increases by increasing temperature for each sample. Both samples tend to have the same linearization based on its mean value.

Keywords: Thermochromic Liquid Crystal (TLC), hue image, mathematical morphology.

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mengamati linearisasi nilai *hue* pada permukaan *Thermochromic Liquid Crystal (TLC)* terhadap variasi temperatur, berdasarkan nilai statistik citra *hue*. *TLC* yang digunakan adalah *TLC* dengan rentang temperatur 25<sup>0</sup>-30<sup>0</sup> C dan 30<sup>0</sup>-35<sup>0</sup> C. Citra asli yang diperoleh dalam bentuk RGB dikonversi menjadi HSV (*hue, saturation, value*), lalu diambil 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. 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.

## PENDAHULUAN

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 dapat diaplikasikan sebagai alat pengukur temperatur rata-rata. Sensitivitasnya yang besar, memungkinkan pengukuran yang lebih akurat <sup>[3]</sup>.

Pengembangan teknik pengukuran temperatur permukaan yang akurat diperlukan dalam pemahaman mengenai fenomena termal pada tubuh manusia. Untuk aplikasi tersebut, dapat dimanfaatkan suatu bahan yang disebut *Thermochromic Liquid Crystal (TLC)* yang memiliki respon terhadap perubahan temperatur rata-rata yang ditunjukkan dengan perubahan warna (*color play*). Perubahan warna terjadi bila benda dengan temperatur tertentu disentuh pada permukaan *TLC*, sehingga dapat diamati distribusi temperatur pada permukaan benda melalui permukaan *TLC* <sup>[1, 7]</sup>.

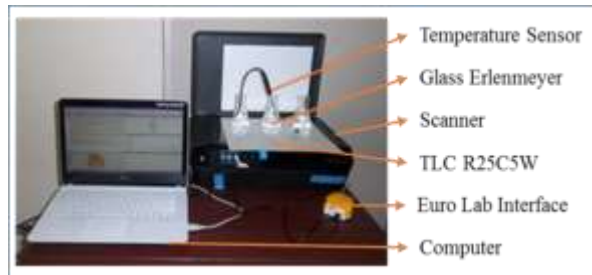
Temperatur merupakan salah satu parameter penting yang merepresentasikan kondisi kesehatan tubuh manusia. *TLC* dapat dimanfaatkan untuk mengetahui distribusi temperatur pada bagian tubuh tertentu pada manusia yang sulit dilakukan oleh termometer analog maupun digital. Bila *TLC* ini diterapkan pada bagian tertentu tubuh manusia, misalnya permukaan telapak tangan atau telapak kaki, *TLC* dapat merepresentasikan distribusi temperatur permukaan tangan atau kaki tersebut. Jika temperatur di suatu area permukaan tangan atau kaki lebih tinggi atau lebih rendah dari area lain secara tidak normal, maka dapat diperkirakan ada masalah penyakit tertentu, misalnya penyakit diabetes <sup>[4]</sup>.

Bharara, 2007, melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengukur distribusi temperatur pada subyek penderita *neuropati diabetic* dengan menggunakan *platform* untuk menempatkan *TLC*, kamera digital dalam mengakuisisi data, dan analisis pencitraan berbasis nilai *hue*. Dari penelitiannya, didapat hubungan antara nilai *hue* pada permukaan *TLC* dengan temperatur subyek yang menyentuhnya <sup>[2]</sup>. Pada penelitian yang dilakukan oleh Flaviana <sup>[5]</sup>, telah diamati perubahan warna pada *TLC* 25<sup>0</sup>-30<sup>0</sup> C. Keterbatasan mata manusia membuat sulitnya menentukan perbedaan warna tersebut, sehingga digunakan analisis dengan metode *image processing* (pengolahan citra) berdasarkan morfologi matematika (*mathematical morphology*) pada citra *hue* menggunakan perangkat lunak *Matlab2007a*. Hasil penelitian menunjukkan perubahan nilai *hue* seiring dengan meningkatnya temperatur, namun perubahannya kurang linear <sup>[5]</sup>.

Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi pada teknik pengolahan citra berdasarkan morfologi matematika pada citra *hue* menggunakan perangkat lunak *Matlab2013a* untuk *TLC* 25<sup>0</sup>-30<sup>0</sup> C dan *TLC* 30<sup>0</sup>-35<sup>0</sup> C. Sampel dengan rentang temperatur tersebut dapat diperoleh lebih mudah dalam dua sampel terpisah, sehingga dapat diamati pula apakah dengan menggunakan dua sampel dapat digunakan secara berkelanjutan. Dalam penelitian ini akan diamati linearisasi nilai *hue* pada permukaan masing-masing *TLC* terhadap perubahan temperatur berdasarkan hubungan nilai statistik citra *hue* dari hasil pengolahan citra tersebut. Dalam perkembangan selanjutnya, penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai basis data dari nilai temperatur dengan rentang yang lebih luas, untuk diaplikasikan kemudian pada tubuh manusia.

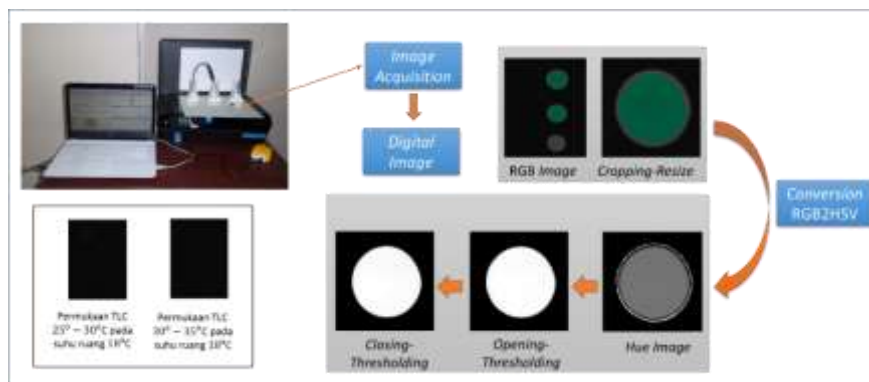
**METODE PENELITIAN**

Dalam penelitian ini digunakan bahan utama berupa 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). *Set up* alat dan bahan ditunjukkan oleh gambar 1.



**Gambar 1.** *Set up* alat dan bahan

*Scanner* tipe HP 4510 dengan resolusi optik 300 dpi dan *bit depth* 24-bit color dikoneksikan dengan komputer. Selama proses pengambilan data temperatur ruang diatur konstan pada 18<sup>0</sup>C dan intensitas cahaya ruang yang mengenai *TLC* juga diatur konstan pada 0,1 W/m<sup>2</sup>. Lembaran *TLC* diletakkan di atas permukaan mesin *scanner*, kemudian di atas permukaan *TLC* diletakkan labu erlenmeyer yang telah diisi dengan air. Temperatur air diatur konstan untuk setiap kenaikan 1°C dari 25°-35°C dengan menggunakan sensor temperatur. Sensor temperatur tersebut diletakkan di dalam labu erlenmeyer yang telah diisi air, dan dikoneksikan dengan komputer yang telah diinstal program *CMA coach6lite*. Nilai temperatur rata-rata air dalam labu erlenmeyer akan muncul pada layar komputer sehingga dapat dikontrol perubahan temperatur selama perekaman citra. 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). Citra yang telah diperoleh selanjutnya disimpan dalam *file.bmp*. Citra yang didapat diolah melalui proses pengolahan citra menggunakan *Matlab2013a* untuk kepentingan analisis yang nantinya dapat menggambarkan distribusi temperatur obyek yang mengalami kontak dengan permukaan *TLC*. Metode yang dipilih adalah pengolahan citra berdasarkan morfologi matematika pada citra *hue*. Tahapan analisis ditunjukkan seperti Gambar 2.

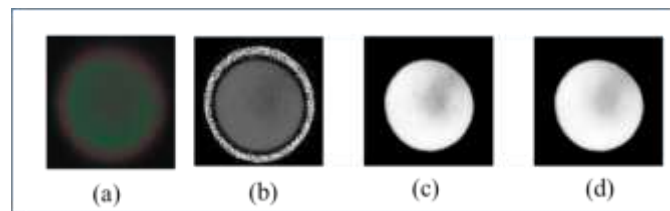


**Gambar 2.** Prosedur penelitian dan tahapan analisis

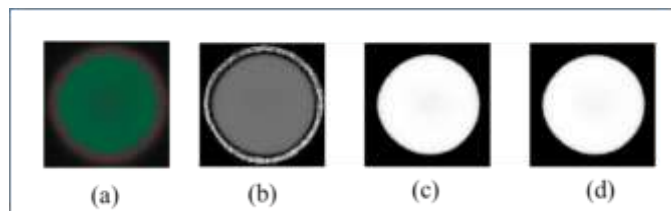
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Citra setelah Dilakukan Proses Pengolahan Citra

Citra asli yang diperoleh dalam bentuk RGB dikonversi menjadi HSV (*hue, saturation, value*), dengan mengambil komponen *hue* saja. Hal ini dimaksudkan untuk menyederhanakan citra sehingga lebih mudah dilakukan analisis. Contoh hasil pengolahan citra untuk sampel 1 dan 2 ditunjukkan oleh gambar 3 dan 4 [6]. Gambar 3(a) dan 4(a) menunjukkan citra asli (RGB), dan gambar 3(b) dan 4(b) menunjukkan citra *hue*. Bila dilihat gambar (a) dan (b), tampak perbedaan yang cukup signifikan pada pola lingkaran di bagian tepinya, hal ini karena efek dari pertukaran kalor terhadap lingkungan yang lebih cepat terjadi di bagian tepi mengingat bahwa permukaan dasar dari labu erlenmeyer agak melengkung di tepinya.



**Gambar 3.** Hasil pengolahan citra sampel 1 (TLC 25<sup>0</sup>-30<sup>0</sup>C), pada suhu 27<sup>0</sup> C (a) citra asli (b) citra *hue* (c) citra *hue* setelah *opening* dan *thresholding* (d) citra *hue* setelah *closing* dan *thresholding*



**Gambar 4.** Hasil pengolahan citra sampel 2 (TLC 30<sup>0</sup>-35<sup>0</sup>C), pada suhu 34<sup>0</sup> C (a) citra asli (b) citra *hue* (c) citra *hue* setelah proses *opening* dan *thresholding* (d) citra *hue* setelah *closing* dan *thresholding*

Untuk memperbaiki kualitas citra tersebut, dapat dilakukan teknik pengolahan citra dengan meniadakan bagian tepi berdasarkan pertimbangan bahwa 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 [6].

Morfologi matematika adalah sebuah metode untuk menganalisis citra berbasis operasi wilayah tetangga non-linear (*nonlinear neighbourhood operation*). Wilayah tetangga tersebut sering disebut dengan *structuring element* (SE). Operasi dasar dari morfologi matematika ini adalah erosi dan dilatasi.

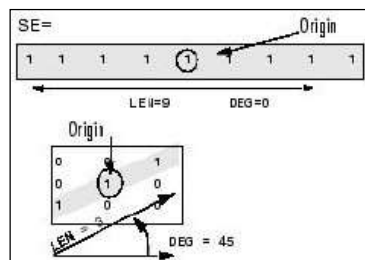
Operasi dilatasi akan menambahkan piksel pada batas dari objek pada sebuah citra, sedangkan erosi mengurangi piksel pada batas dari objek. Jumlah piksel yang ditambahkan atau dikurangkan tergantung dari besar dan bentuk dari SE yang digunakan untuk mengolah citra. SE merupakan bagian yang memiliki peranan 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 piksel yang akan diolah. Jenis-jenis SE antara lain *diamond*, *rectangle/square*, *line*, *octagon* dan *disk*.

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

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

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 [6].



Gambar 5. SE line

Salah satu proses yang penting pula dalam pengolahan citra adalah *thresholding* yaitu suatu teknik segmentasi dengan perbedaan nilai intensitas yang signifikan antara latar belakang dan objek utama.

Dalam *thresholding* dibutuhkan suatu nilai pembatas antara objek utama dengan latar belakang (nilai tersebut dinamakan *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 *closing*. Nilai T yang dipilih pada penelitian ini adalah berdasarkan nilai rata-rata (mean) hue 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 3(c) dan 4(c) merupakan citra hasil penggabungan 18 kali *opening* tersebut yang diikuti *thresholding*, sedangkan gambar 3(d) dan 4(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.

### Nilai Statistik Citra Hue Setelah Proses Pengolahan Citra

Secara kuantitatif citra akhir hasil pengolahan citra untuk setiap temperatur dapat dibedakan berdasarkan nilai statistiknya. Nilai statistik (nilai *min*, *max*, *mean*, *mode*, *std*, dan *median*) untuk setiap sampel ditunjukkan pada tabel 1 dan 2. Data pada tabel 1 dan 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) [6].

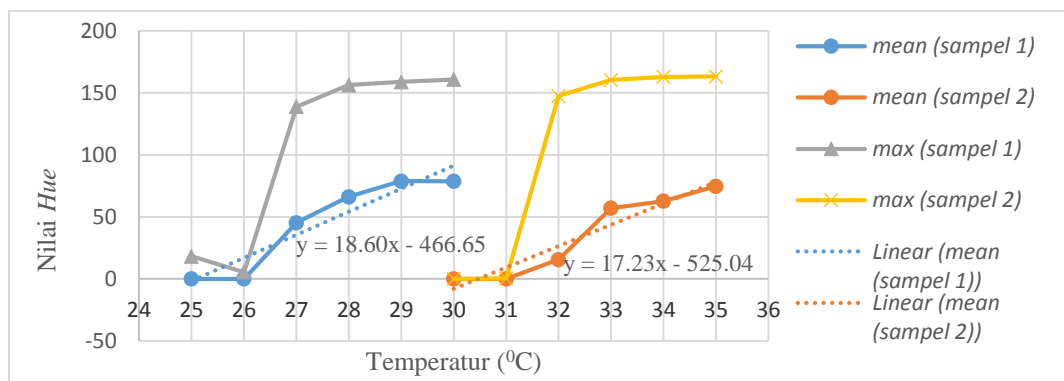
Tabel 1. Data statistik citra hue pada sampel 1 (TLC 25<sup>0</sup> - 30<sup>0</sup> C)

Temperatur (°C)	Min	Max	mean	std	Mode	Med
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	78,82	77,21	0	115,36
30	0	160,76	78,76	0	0	102,11

Tabel 2. Data statistik citra hue pada sampel 2 (TLC 30<sup>0</sup> – 35<sup>0</sup> C)

Temperatur (°C)	Min	Max	mean	std	Mode	Med
30	0	0	0	0	0	0
31	0	0,40	0,01	0,03	0	0
32	0	147,55	15,66	40,02	0	0
33	0	160,39	57,06	73,83	0	0
34	0	162,93	62,77	77,88	0	0
35	0	163,25	74,69	80,05	0	0,10

Berdasarkan tabel 1 dan 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 1 dan 2 diperoleh hubungan yang lebih jelas untuk nilai *max* dan *mean*, berdasarkan grafik gambar 6.



Gambar 6. Grafik nilai statistik hue (*max* dan *mean*) pada sampel 1 dan sampel 2

Berdasarkan grafik pada gambar 6, tampak kenaikan cukup signifikan terjadi ketika temperatur 26<sup>0</sup> C ke 27<sup>0</sup> C, dan 31<sup>0</sup> C ke 32<sup>0</sup> C. Terdapat kenaikan, namun tidak signifikan, terjadi setelah temperatur 27<sup>0</sup> C dan 32<sup>0</sup> C. Hal ini karena pada pada sampel 1 (TLC 25<sup>0</sup>-30<sup>0</sup>

C) memiliki nilai toleransi sebesar  $1^{\circ}\text{C}$ , untuk kondisi *red start*, *green start* dan *blue start*. Artinya *red start* dapat terjadi pada temperatur  $26^{\circ}\text{C}$  lalu mulai muncul *green* sehingga terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara kedua fase tersebut. Pada sampel 1, *blue start* baru terjadi setelah temperatur  $30^{\circ}\text{C}$ , sehingga tidak terjadi perbedaan signifikan pada temperatur  $27^{\circ}\text{C}$ - $30^{\circ}\text{C}$ . Apabila temperatur dinaikkan hingga sampai pada *clearing point*-nya (berdasarkan referensi sekitar  $44^{\circ}\text{C}$ ), maka akan muncul fase *blue* setelah temperatur  $30^{\circ}\text{C}$  tersebut <sup>[1]</sup>.

Hal serupa terjadi pada sampel 2 (*TLC*  $30^{\circ}\text{C}$ - $35^{\circ}\text{C}$ ), dimana temperatur  $32^{\circ}\text{C}$  hingga  $35^{\circ}\text{C}$  merupakan fase *green*, dan *blue start* terjadi setelah temperatur  $35^{\circ}\text{C}$ , hingga mencapai *clearing point*-nya (berdasarkan referensi terjadi pada temperatur  $46^{\circ}\text{C}$ ). Setelah melewati batas *clearing point*-nya material ini akan berwarna hitam <sup>[1]</sup>.

Dari hasil statistik kedua sampel, dipilih nilai *mean* sebagai parameter utama untuk membandingkan hasil dari kedua sampel tersebut. Berdasarkan grafik dapat dilihat bahwa terdapat kecenderungan pola linearitas yang sama untuk kedua sampel. Pada sampel 1 diperoleh nilai gradien sebesar 18,60 dengan persamaan garis  $y = 18,60x - 466,65$ , dan pada sampel 2 diperoleh nilai gradien sebesar 17,233 dengan persamaan garis  $y = 17,23x - 525,04$ . Terdapat perbedaan pada nilai gradiennya namun terdapat kecenderungan hubungan linearitas yang sama untuk *TLC*  $25^{\circ}\text{C}$ - $30^{\circ}\text{C}$  dan *TLC*  $30^{\circ}\text{C}$ - $35^{\circ}\text{C}$ .

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 (misalnya satu buah sampel dengan rentang temperatur  $20^{\circ}\text{C}$ - $45^{\circ}\text{C}$ ), untuk dapat menerapkan *TLC* ini sebagai alat ukur temperatur permukaan benda. Nilai *max* dan *mean* dapat digunakan sebagai parameter statistik untuk menentukan nilai temperatur suatu benda yang menyentuh permukaan *TLC*.

## KESIMPULAN

Dalam penelitian ini telah diamati linearisasi nilai *hue* pada permukaan *TLC* terhadap temperatur berdasarkan hubungan nilai statistik citra *hue* dari citra akhir yang telah diolah menggunakan teknik pengolahan citra berdasarkan morfologi matematika. Nilai *max* dan *mean* pada citra *hue* semakin meningkat seiring meningkatnya temperatur untuk setiap sampel. Berdasarkan nilai *mean*, kedua sampel menunjukkan kecenderungan hubungan linearitas yang sama, sehingga kedua sampel tidak dapat digunakan secara berkelanjutan dalam menentukan nilai temperatur permukaan suatu benda berdasarkan nilai *hue* yang diperoleh. Maka disarankan untuk menggunakan sampel tunggal dengan rentang temperatur yang lebih luas untuk dapat menerapkan *TLC* ini sebagai pengukur temperatur permukaan benda.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada LPPM Universitas Katolik Parahyangan Bandung, atas dukungan dana penelitian dan kepada Dr Aloysius Rusli atas diskusi dan bimbingan selama penelitian.

**DAFTAR PUSTAKA**

- 1 Anonim. 1991. Handbook of Thermochromic Liquid Crystal. Glenview, IL, Hallcrest.
- 2 Bharara, Manish. 2007. Liquid Crystal Thermography in Neuropathic Assesment of Diabetic Foot, PhD Thesis, Bournemouth University.
- 3 Chandrasekhar, S. 1992. Liquid Qrystal, Cambrige: University Press.
- 4 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.
- 5 Flaviana. 2012. Master Tesis: Karakterisasi Thermochromic Liquid Crystal dalam Pengukuran Distribusi Temperatur Berbasis Mathematical Morphology pada Citra Hue, Institut Teknologi Bandung.
- 6 Gonzales, R.C., Woods, R.E. 2002. Digital Image Processing, 2ed, Prentice Hall.
- 7 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. Wild, G. dan Hinckley, S. 2008. Acousto-Ultrasonic Optical Fiber Sensor: Overview and State-of-the-Art. *IEEE Sensors Journal*, Vol. 8, No. 7, Hal. 1184.