

# The Application of Thermochromic Liquid Crystal in Temperature Distribution Measurement of Human's Palm Hand

**Flaviana, Risti Suryantari**

Program Studi Fisika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains,  
Universitas Katolik Parahyangan, Bandung  
Email: flaviana@unpar.ac.id

Received 9-11-2014, Revised 9-04-2015, Accepted 15-04-2015, Published 30-04-2015

## ABSTRACT

Temperature is one of the most important parameters that represent human's health condition. Some conventional measurements have not been fully accurate, concise, and precise, so Thermochromic Liquid Crystal (TLC) material is required, that based on its structure of molecule characteristics has respond for alteration of local temperature that indicated by color gradation.

The purpose of this research is to perform and to learn the application of TLC-based measurement system in the palm of human's hands. The benefit of this study is the result of that subject's temperature mapping provides some opportunities for patients with painful diabetic neuropathy, which lead to ulceration in their foot or hand. The method has been developed using TLC system based on Flaviana's research in 2012 and with specific setting, hardware and software, in order to acquire image(s). This system utilizes an image processing method, hue of the image is used as parameter, based on mathematical morphology operation.

Keyword: temperature distribution measurement, Diabetic Neuropathy, palm hand, Thermochromic Liquid Crystal, mathematical morphology.

## ABSTRAK

Temperatur merupakan salah satu parameter penting yang merepresentasikan kondisi kesehatan tubuh manusia. Pengukuran secara konvensional belum sepenuhnya akurat, ringkas dan tepat, maka diperlukan material *Thermochromic Liquid Crystal* (TLC) yang berdasarkan karakteristik susunan molekulnya, memiliki respon terhadap perubahan temperatur lokal yang ditunjukkan dengan perubahan warna.

Tujuan penelitian ini adalah melakukan dan mempelajari penerapan sistem pengukuran distribusi temperatur berbasis TLC pada sejumlah subyek telapak tangan manusia. Manfaat penelitian ini adalah bahwa hasil pemetaan temperatur terhadap sejumlah subyek tersebut memberikan peluang aplikasi terhadap penderita Diabetes Neropati yang mengalami komplikasi kronis dengan gejala berupa ulkus/borok yang tidak sembuh-sembuh pada kaki atau tangan. Metode penelitian yang digunakan ialah menggunakan sistem berbasis pada penelitian Flaviana tahun 2012 dan spesifikasi alat untuk pengambilan citra yang dilengkapi dengan perangkat keras dan lunak serta metode pengolahan citra, dengan mengambil citra kanal *hue* sebagai parameter, melalui operasi morfologi matematika.

Kata kunci : pengukuran distribusi temperatur, Diabetes Neuropati, Thermochromic Liquid Crystal, morfologi matematika, citra kanal *hue*.

## PENDAHULUAN

Manusia memiliki sistem homeostasis<sup>1</sup> yang baik dalam menstabilkan beberapa faktor yang menjadi parameter kondisi tubuh, seperti temperatur, pH, glukosa, dan sebagainya. Temperatur merupakan salah satu parameter penting yang merepresentasikan kondisi kesehatan tubuh manusia. Jika temperatur di suatu area permukaan tubuh lebih tinggi atau lebih rendah dari area lain secara tidak normal, maka kondisi tersebut dapat diperkirakan memiliki masalah seperti infeksi, nekrosis<sup>2</sup>, dan sebagainya<sup>[1]</sup>. Dengan demikian pengembangan teknik pengukuran temperatur permukaan yang akurat diperlukan untuk kemajuan dalam pemahaman mengenai fenomena termal pada tubuh manusia. Beberapa teknik pencitraan termal telah banyak diaplikasikan dalam bidang medis, salah satunya adalah menggunakan kristal cair.

Material *Thermochromic Liquid Crystal* berdasarkan karakteristik susunan molekulnya, memiliki respon terhadap perubahan temperatur lokal yang ditunjukkan dengan perubahan warna. Sebuah penelitian menggunakan *platform* yang diletakkan TLC dan kamera digital dalam mengakuisisi data, dapat mengukur distribusi temperatur pada subyek penderita neuropati diabetik<sup>[2]</sup>.

Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya telah dibuat karakterisasi material TLC (rentang temperatur 25°C-30°C) untuk menghasilkan cara pengukuran temperatur dengan menggunakan *scanner* dalam merekam citra warna obyek tertentu. Dengan perolehan data respon kontur warna yang direfleksikan oleh lembaran TLC, dilakukan konversi citra RGB ke dalam HSV, selanjutnya diambil citra kanal *hue* sebagai parameter yang dihasilkan melalui pemrosesan citra. Selanjutnya dari pemrosesan citra dengan teknik operasi morfologi matematika, dapat dipilih hubungan antara nilai *hue* citra dengan temperatur permukaan obyek yang menyentuh lembaran TLC<sup>[3]</sup>.

Penelitian serupa menggunakan sistem berbasis termografi inframerah pada pasien Diabetes. Penelitian tersebut difokuskan untuk membangun sistem klasifikasi baru, yaitu melakukan segmentasi citra telapak kaki pasien diabetes<sup>[4]</sup>.

Pada penelitian ini akan dilakukan penerapan metode pengukuran tersebut terhadap sejumlah sampel yaitu subyek berupa telapak tangan manusia menggunakan lembar TLC dengan rentang temperatur 30°C-35°C yang mendekati rata-rata temperatur telapak tangan. Dengan melakukan pemetaan temperatur terhadap sejumlah subyek tersebut, terdapat peluang untuk aplikasi terhadap penderita Diabetes Melitus yang mengalami komplikasi kronis dengan gejala berupa ulkus/borok yang tidak sembuh-sembuh pada kaki (Neuropati Diabetik)<sup>[5]</sup> atau pada tangan untuk jangka panjang<sup>[6]</sup>.

---

<sup>1</sup> suatu kondisi keseimbangan internal yang ideal, di mana semua sistem tubuh bekerja dan berinteraksi dalam cara yang tepat untuk memenuhi semua kebutuhan dari tubuh

<sup>2</sup> kematian patologis satu atau lebih sel atau sebagian jaringan atau organ, yang dihasilkan dari kerusakan ireversibel

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium *Research*, Program Studi Fisika, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, bulan Juni-Oktober 2014. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari lembaran *Thermochromic Liquid Crystal* (TLC) yang diletakkan di atas mesin *scanner* (Gambar 1). *Scanner* tersebut dikoneksikan ke komputer untuk proses akuisisi citra. Spesifikasi alat yang digunakan dalam modul pengambilan citra menggunakan perangkat keras berupa lembaran *Thermochromic Liquid Crystal* (TLC) berukuran 30 cm x 30 cm, dengan rentang temperatur 30-35 °C. Alat *scanner* untuk proses akuisisi citra menggunakan tipe HP 4510 dengan resolusi optik 300 dpi dan *bit depth* 24-bit color bersumber cahaya *LED*. Laptop yang digunakan bersistem operasi *Windows8*.

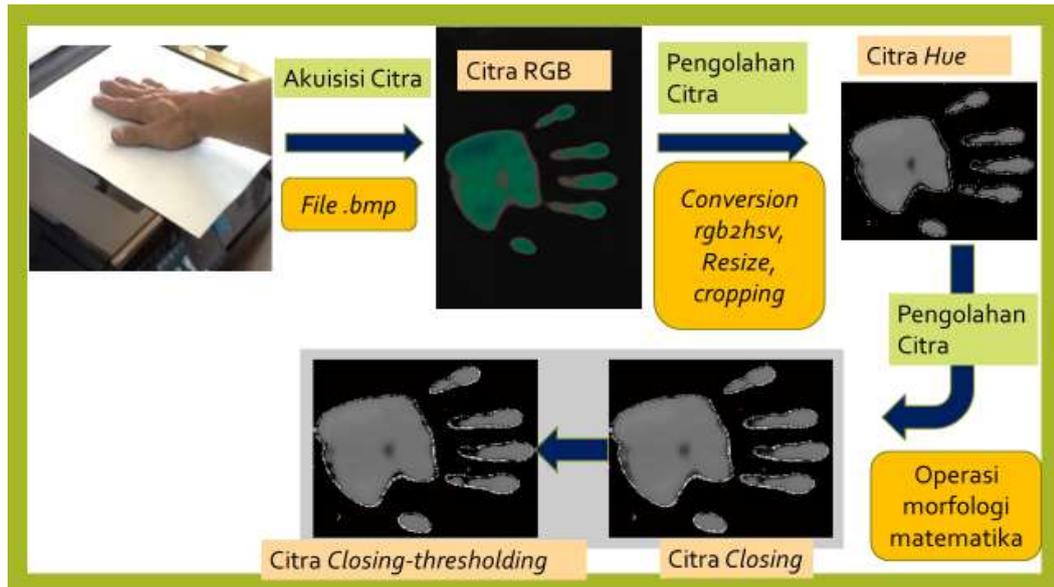
Sebagai alat pengukur temperatur pembanding, digunakan sensor temperatur dengan skala -20°-110°C. Sebelumnya dilakukan kalibrasi terhadap lembar TLC dengan melakukan pengukuran temperatur permukaan wadah labu Erlenmeyer, yang diisi air sesuai dengan rentang temperatur lembar TLC 30-35 °C.

Perangkat lunak yang dipakai dalam penelitian ini yaitu *HP ToolBox* untuk akuisisi citra dari *scanner*, *Matlab R2014a* untuk proses pengolahan citra, dan *CMA coach6lite* untuk pembacaan skala sensor temperatur dengan ketelitian setiap 1 detik.



**Gambar 1.** Sistem *Thermochromic Liquid Crystal* menggunakan *scanner*

Tahapan yang dilakukan dalam melakukan pengumpulan dan analisis data dibagi menjadi dua, tahap pertama melakukan perekaman serta analisis nilai *hue* citra permukaan labu Erlenmeyer pada TLC dengan rentang temperatur 30-35°C dan tahap kedua menerapkan proses tersebut pada subyek berupa telapak tangan manusia (Gambar 2).



**Gambar 2.** Keseluruhan Skema Perancangan Sistem Pemrosesan Citra Subyek Telapak Tangan

Pertama, dilakukan pengaturan awal peralatan dan bahan untuk merekam citra subyek telapak tangan. Lembaran TLC 30-35°C diletakkan di atas mesin *scanner* dan *scanner* tersebut dikoneksikan ke komputer untuk proses perekaman citra dengan temperatur ruang dijaga konstan 20°C. Labu Erlenmeyer yang diisi air bertemperatur 30°C diletakkan di atas lembaran TLC untuk dilakukan proses perekaman citra menggunakan perangkat lunak *HP Toolbox* (proses perekaman citra oleh *scanner* rata-rata adalah 20 detik). Citra yang telah diakuisisi disimpan dalam *file .bmp*. Kedua tahapan tersebut diulangi untuk permukaan labu Erlenmeyer bertemperatur masing-masing 31°C, 32°C, 33°C, 34°C, 35°C. Selanjutnya dilakukan proses pengolahan citra menggunakan perangkat lunak *MatlabR2014a* untuk menghasilkan citra yang lebih baik untuk dapat dilakukan ekstraksi fitur.

Setelah melakukan pengumpulan serta analisis data terhadap citra labu Erlenmeyer, selanjutnya dilakukan tahapan kedua. Subyek yang terdiri dari lima orang diambil data temperatur telapak tangannya masing-masing menggunakan sensor temperatur terlebih dahulu. Telapak tangan subyek ke-1 menggenggam sensor temperatur kira-kira selama 1 menit. Setelah data temperatur subyek yang terbaca melalui perangkat lunak *CMA coach6lite* terlihat stabil, kira-kira pada detik ke 31 hingga 60 data tersebut direkam kemudian dihitung nilai temperatur rata-ratanya ( $\bar{T}_{sensor}$ ). Setelah itu data temperatur direkam. Selanjutnya, dilakukan proses pengumpulan dan analisis data terhadap subyek telapak tangan seperti pada tahap pertama untuk subyek ke-1 hingga subyek ke-5.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahapan pertama, dari pengumpulan serta analisis citra yang dilakukan pada permukaan labu Erlenmeyer untuk rentang temperatur 30-35 °C ( $\Delta T = 1^\circ\text{C}$ ) diperoleh hasil sebagai berikut.

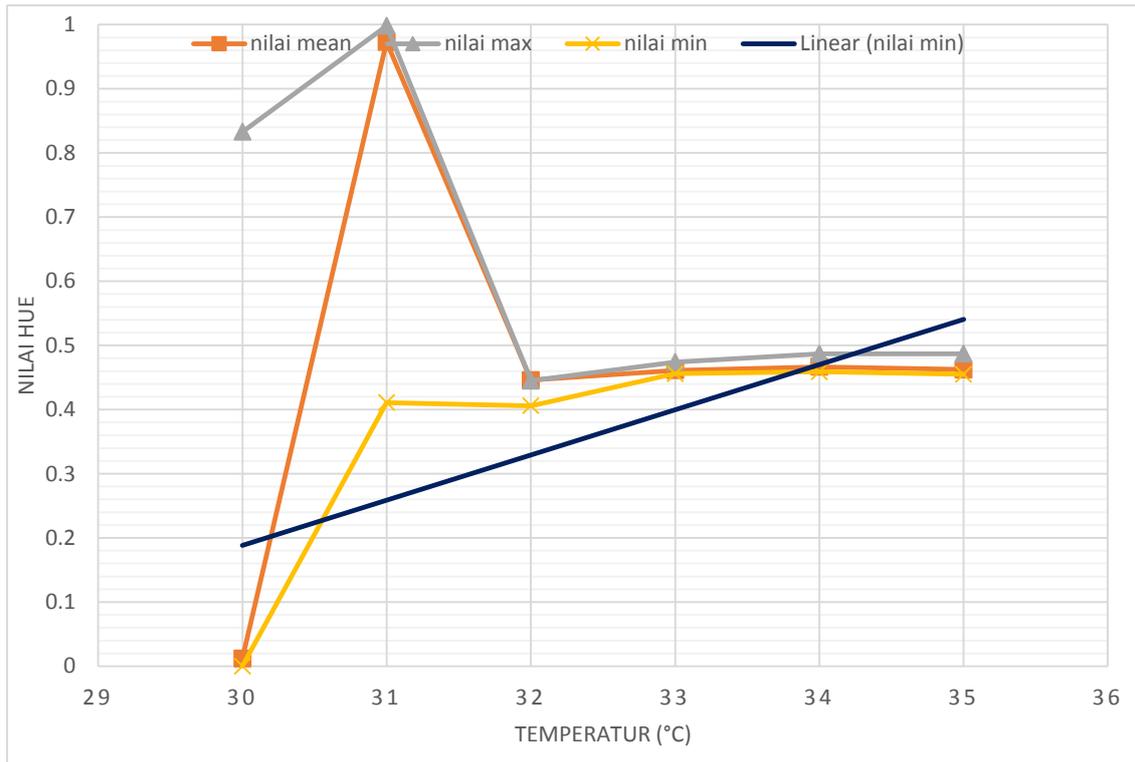


**Gambar 3.** Hasil Pengolahan Citra Labu Erlenmeyer Bertemperatur 34°C

Gambar 3 menunjukkan hasil pengolahan citra labu Erlenmeyer yang diatur pada temperatur 34 °C. Berdasarkan gambar tersebut, kolom pertama menunjukkan citra asli RGB dan kolom kedua menunjukkan hasil konversi menjadi citra *hue*. Jika dilihat dari hasil citra di kolom kedua, maka masih terlihat adanya perbedaan pola yang terbentuk di tepi lingkaran. Pada pemrosesan citra, dibutuhkan prosedur yang efisien untuk proses deteksi khususnya pada tepi lingkaran tersebut sebelum dapat dilakukan ekstraksi fitur. Oleh karena itu, suatu metode pengolahan citra berdasarkan morfologi matematika digunakan dalam mengolah citra. Morfologi Matematika (*Mathematics Morphology*) adalah sebuah metode untuk menganalisis citra berbasis operasi tetangga non-linear (*Nonlinear Neighbourhood Operation*)<sup>[6]</sup>.

Pada pengolahan citra kali ini dipilih operasi *closing* 10 kali menggunakan elemen struktur *SE line*. Setelah itu dilakukan proses *thresholding* melalui fungsi iterasi pada *Matlab* dengan memilih batas nilai *hue* piksel yang ingin diambil agar diperoleh citra permukaan labu Erlenmeyer yang lebih baik<sup>[6]</sup>.

Dari proses pengolahan yang dilakukan pada keenam citra, terlihat perbedaan pada setiap citra tersebut. Selanjutnya secara kuantitatif, citra akhir hasil pengolahan citra dapat diukur berdasarkan nilai statistiknya (*mean, max, min, mode, standar deviation*). Gambar 4 menunjukkan relasi antara rentang temperatur dengan nilai *hue* citra permukaan labu Erlenmeyer pada lembaran TLC 30-35 °C berdasarkan nilai statistiknya.



**Gambar 4.** Grafik Nilai Statistik *Hue* pada Lembaran TLC 30-35°C

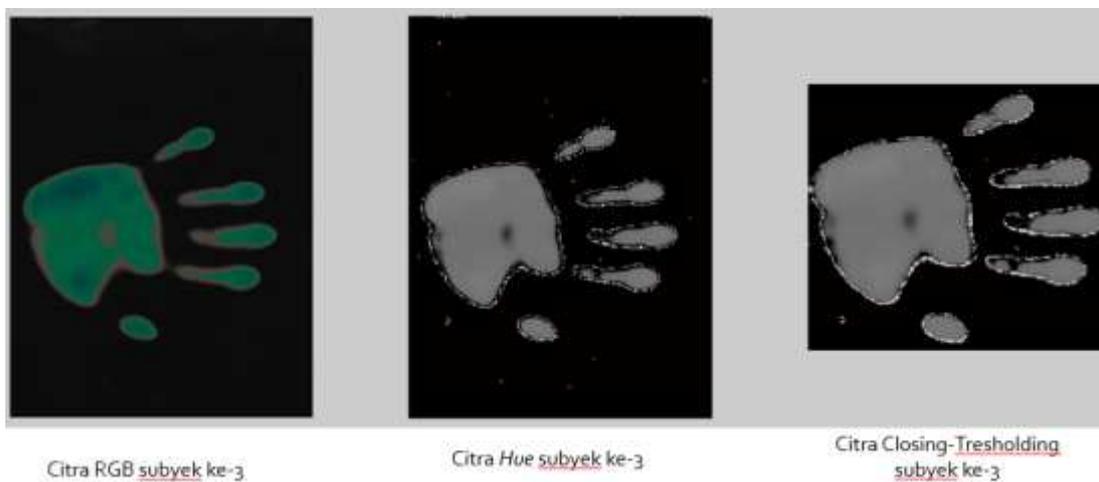
Berdasarkan grafik pada Gambar 4, terlihat pada kurva nilai *min*-nya, bahwa untuk setiap kenaikan temperatur nilai *hue*-nya juga semakin meningkat. Pada kurva nilai *max* maupun *mean* di rentang temperatur 32-35°C juga terlihat relasi yang cukup linear antara temperatur dengan nilai *hue*-nya. Namun pada rentang temperatur 30-31°C tidak terlihat hubungan yang linear antara temperatur dengan nilai *hue*-nya. Hal ini mungkin disebabkan adanya kondisi *red start* pada bahan TLC 30-35°C memiliki komponen nilai *hue* hampir mendekati 1. Agar hasil analisis kuantitatif citra akhir labu Erlenmeyer dapat digunakan sebagai penerapan untuk mengukur temperatur pada subyek berupa telapak tangan, maka dilakukan linearisasi kurva berdasarkan kurva nilai *min* seperti pada Gambar 4 berupa garis biru gelap.

Selanjutnya pada penelitian ini diambil sampel ( $n = 5$ ) berupa telapak tangan yang akan dianalisis temperatur telapak tangannya berdasarkan nilai *hue* yang diperoleh dari proses pengolahan citra yang telah dilakukan sebelumnya pada permukaan labu Erlenmeyer. Subyek terdiri dari 4 pria dan 1 wanita dengan usia ( $27 \pm 9.57$  tahun, rata-rata  $\pm$  standar deviasi). Pada bagian metode telah dijelaskan bahwa pengukuran temperatur telapak tangan tersebut juga dilakukan oleh sensor temperatur sebagai pembandingan dari hasil data yang diperoleh melalui proses pengolahan citra pada lembar TLC. Berikut adalah Tabel 1 yang menunjukkan data temperatur telapak tangan menggunakan sensor temperatur.

**Tabel 1.** Tabel Data Temperatur Rata-rata ( $\bar{T}_{sensor}$ ) Telapak Tangan Menggunakan Sensor Temperatur

Subyek ke-	$T_{sensor}$ (°C)
1	32,37
2	35,1
3	33,01
4	30,35
5	33,47

Selanjutnya dari hasil pengolahan citra subyek berupa telapak tangan, dilakukan proses pengolahan citra yang ditunjukkan melalui Gambar 5 sebagai berikut.

**Gambar 5.** Hasil Proses Pengolahan Citra Telapak Tangan Subyek ke-3

Dari Gambar 5 di atas terlihat adanya sebaran warna yang ditunjukkan pada contoh citra RGB subyek ke-3. Melalui proses pengolahan citra yang sama dengan yang telah dilakukan pada permukaan labu Erlenmeyer, diperoleh citra *hue* dan *closing-tresholding* kelima subyek untuk digunakan dalam pengukuran secara kuantitatifnya.

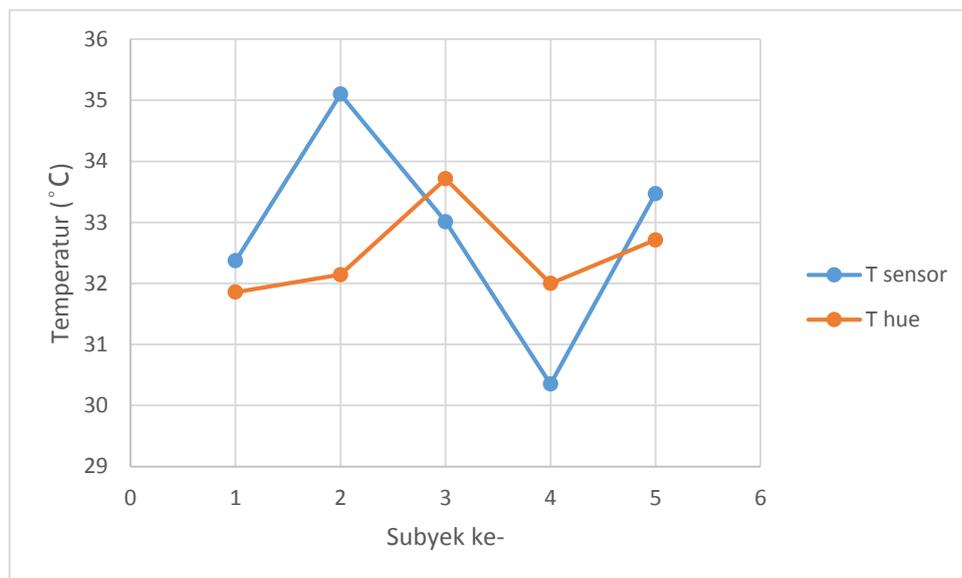
Hasil citra akhir masing-masing subyek diukur secara kuantitatif berdasarkan nilai statistiknya. Pada penelitian kali ini, nilai statistik citra *hue* subyek yang diambil adalah nilai *mean* dari nilai *hue* citra telapak tangan yang diperoleh melalui proses *closing* dan *thresholding*.

Berdasarkan analisis pengukuran temperatur pada permukaan labu Erlenmeyer yang telah dilakukan sebelumnya (Gambar 4), nilai temperatur telapak tangan kelima subyek dapat ditentukan dari nilai *hue* rata-rata citra telapak tangannya. Berikut adalah tabel (Tabel 2) yang menunjukkan nilai *hue* rata-rata serta nilai kisaran temperatur telapak tangan kelima subyek.

**Tabel 2.** Tabel Nilai *Hue* Citra serta Temperatur Telapak Tangan (*Thue*)

subyek ke-	Nilai <i>hue</i> rata-rata	<i>Thue</i> (°C)
1	0.32	31.857
2	0.34	32.143
3	0.45	33.714
4	0.33	32
5	0.38	32.714

Nilai temperatur telapak tangan kelima subyek yang sebelumnya diperoleh dari pengukuran menggunakan sensor temperatur, dijadikan pembandingan dengan nilai temperatur yang diperoleh dari hasil pengolahan citra *hue* subyek tersebut. Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6, terlihat adanya perbedaan pada masing-masing pengukuran temperatur telapak tangan subyek. Hal ini mungkin disebabkan oleh selang waktu yang cukup lama (5-15 menit) antara pengambilan data temperatur telapak tangan menggunakan sensor temperatur dan perekaman citra telapak tangan dengan TLC. Perubahan temperatur telapak tangan subyek dapat terjadi dalam proses mencapai kesetimbangan termal dengan temperatur ruang saat itu (20°C).



**Gambar 6.** Grafik perbandingan temperatur telapak tangan kelima subyek yang diperoleh dari hasil pengukuran sensor temperatur dan dari hasil perekaman serta pengolahan citra pada lembar TLC 30-35°C.

## KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah diukur relasi citra *hue* labu Erlenmeyer pada permukaan TLC terhadap perubahan temperatur berdasarkan linearisasi dari nilai *min* citra *hue*-nya. Terlihat bahwa nilai *min* citra *hue* berbanding cukup linear untuk setiap kenaikan temperatur.

Berdasarkan pengukuran kuantitatif yang dilakukan pada citra akhir labu Erlenmeyer, temperatur telapak tangan dapat ditentukan dari analisis terhadap nilai *mean* citra *hue*-nya. Perbedaan antara nilai temperatur yang diperoleh dari hasil pengukuran kuantitatif citra *hue* telapak tangan dan dari hasil pengukuran yang dilakukan dengan sensor temperatur, mungkin disebabkan pengambilan data temperatur subyek ini belum terkalibrasi.

Hasil akhir penelitian ini masih berupa temperatur rata-rata telapak tangan. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menerapkan sejumlah metode segmentasi citra untuk mengklasifikasi temperatur di sejumlah area telapak tangan. Penelitian yang telah dilakukan pada sejumlah subyek berupa telapak tangan ini memberi peluang untuk dilakukan aplikasi terhadap penderita diabetes melitus yang memiliki komplikasi PVD atau diabetes neuropati.

## DAFTAR PUSTAKA

1. 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.
2. Bharara, Manish. 2007. *Liquid Crystal Thermography in Neuropathic Assesment of Diabetic Foot*, PhD Thesis, Bournemouth University.
3. Flaviana. 2012. Master Tesis: Karakterisasi *Thermochromic Liquid Crystal* dalam Pengukuran Distribusi Temperatur Berbasis *Mathematical Morphology* pada Citra *Hue*. Institut Teknologi Bandung.
4. Mori, Taketoshi. Et al. 2013. *Morphological Pattern Classification System for Plantar Thermography of Patients with Diabetes*. *Journal of Diabetes Science and Technology*, Volume 7, Issue 5.
5. Cornblath, David R. 2004. *Diabetic Neuropathy: Diagnostic Methods*. *Advanced Studies in Medicine* 2004; 4(8A): S650-S661.
6. Wang, C., et al. 2010. *A Clinical Analysis of Diabetic Patients with Hand Ulcer in a Diabetic Foot Centre*. *Journal Diabetic Medicine* Vol 27, 848-851.