

# Optimasi Interferometer Michelson *Real Time* Untuk Deteksi Koefisien Muai Termal *Composite Nanofiller*

Ersti Ulfa A<sup>1</sup>, Retna Apsari<sup>1</sup>, Yhosep Gita Y.Y<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Program Studi S1 Fisika, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga,

Email : [erstiatma@gmail.com](mailto:erstiatma@gmail.com)

## ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk mendeteksi koefisien muai termal *composite nanofiller* menggunakan metode interferometer Michelson real time. Penelitian ini menggunakan sumber laser He-Ne dengan panjang gelombang 632,8 nm, alat bantu rangkaian sensor suhu, mikrokontroler AT Mega 8535, program Delphi dan bahan yang digunakan adalah *composite nanofiller* Filtek Z350. Bahan *composite nanofiller* yang telah ditipiskan diletakkan pada salah satu lengan interferometer Michelson kemudian dipanasi menggunakan solder pada suhu 30°C-60°C. Sensor suhu LM 35 diletakkan pada bahan *composite nanofiller* untuk mengetahui suhu pada bahan akibat pemanasan. Output sensor suhu LM 35 yang berupa analog harus diubah menjadi digital menggunakan ADC mikrokontroler AT Mega 8535. Mikrokontroler AT Mega 8535 juga berfungsi untuk komunikasi serial agar suhu bahan dapat ditampilkan ke Laptop pada *software* Delphi. *Software* pada Delphi memiliki 4 fungsi yaitu merekam frinji pada saat suhu 30<sup>0</sup> sampai dengan 60<sup>0</sup> C dengan menggunakan webcam, menampilkan suhu, menghitung jumlah cacahan frinji yang berdenyut, dan untuk menghitung koefisien muai termal suatu bahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja sensor suhu adalah 99,6% dan kinerja *software* sebesar 98,17%. Waktu tunda (*delay*) yang dihasilkan sistem adalah (1,1±0,1) detik. Koefisien muai termal bahan *composite nanofiller* sebesar  $(70\pm 4)\times 10^{-6}$  /°C. *Delay* yang dihasilkan lebih kecil 38,9 % dibanding literatur, sedangkan nilai koefisien muai termal memiliki beda 31,1% dibanding literatur.

Kata kunci : interferometer Michelson, *real time*, Koefisien muai termal

## PENDAHULUAN

Survey kesehatan yang dilakukan Departemen Kesehatan RI menunjukkan bahwa angka kerusakan gigi di Indonesia tinggi. Kerusakan gigi yang sering adalah gigi berlubang. Upaya untuk meminimalisir gigi berlubang adalah dengan menambal gigi. Cara ini termasuk paling banyak digemari karena efektif mengurangi rasa sakit akibat gigi berlubang. Oleh karena itu penting untuk mengetahui jenis material tambal gigi yang cocok. Teknik fabrikasi material tambal gigi baru terus dikembangkan. Untuk pemilihan bahan tambal gigi ada beberapa sifat yang harus dipertimbangkan, antara lain biokompatibilitas, sifat fisik kimia, karakteristik penanganan, estetika, dan ekonomis (Philips, 2003).

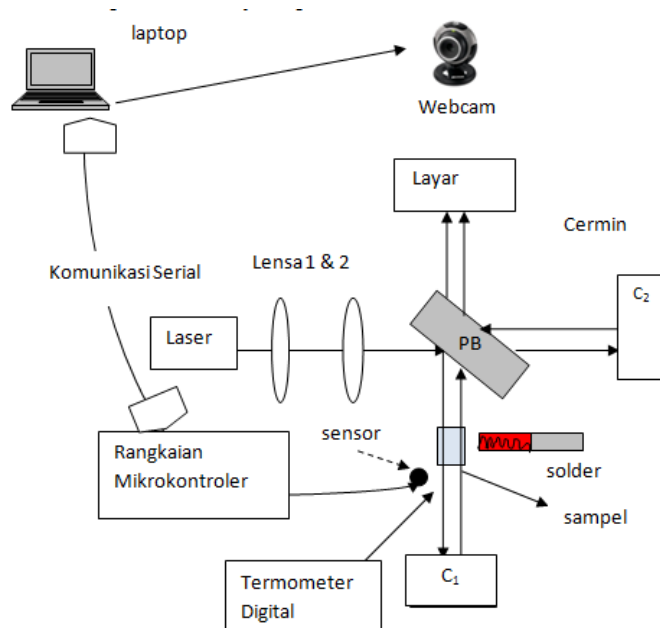
Material tambal gigi memiliki ketahanan tertentu terhadap berbagai perlakuan salah satunya dengan termal. Gigi biasanya digunakan untuk makan atau minum yang panas. Penyakit yang ditimbulkan terkait panas adalah infeksi syaraf gigi karena adanya pemuaian pada material gigi. Pemuaian ini menyebabkan terlepasnya ikatan antar atom antara material dengan gigi. Oleh karena itu penting bagi kita untuk mengetahui koefisien muai termal bahan.

Mahalnya pengukuran koefisien muai termal menggunakan DTA mendorong perlunya dilakukan penelitian untuk mencari metode alternatif. Salah satu metode alternatif diantaranya menggunakan metode optik dengan interferometer Michelson. Dengan keunggulannya yaitu ketelitian tinggi, bersifat *non invasif*, menggunakan sumber *non destructive* sehingga minim efek samping, dan dapat diamati secara visual (Apsari, 2007). Berdasarkan penelitian Wolff *et. al* (1993) menyatakan bahwa interferometer Michelson telah banyak dan berhasil digunakan dalam pengukuran koefisien muai termal dari silica, material *composite*, dan keramik.

Penelitian School dan Liby (2009) menggunakan interferometer Michelson untuk mengukur koefisien muai termal tembaga. Metode interferometri juga dapat digunakan untuk mengukur koefisien muai termal bahan tipis kristal ZnSe (Hua Shu *et. all*, 2009). Penelitian juga dilakukan oleh Ariyanti (2008) yaitu menggunakan interferometer Michelson *real time* untuk mendeteksi deformasi gigi akibat suhu, dengan kelemahan penelitian ini adalah terdapat *delay* (waktu tunda) sebesar  $(1,8 \pm 0,7)$  detik dan pengamatan frinji secara visual. Kekurangan yang terdapat pada interferometer Michelson dioptimasi dengan menggunakan sensor suhu LM 35 dan AT Mega 8535 serta penggunaan *image processing* deteksi gerak pada Delphi dalam pengolahan frinji.

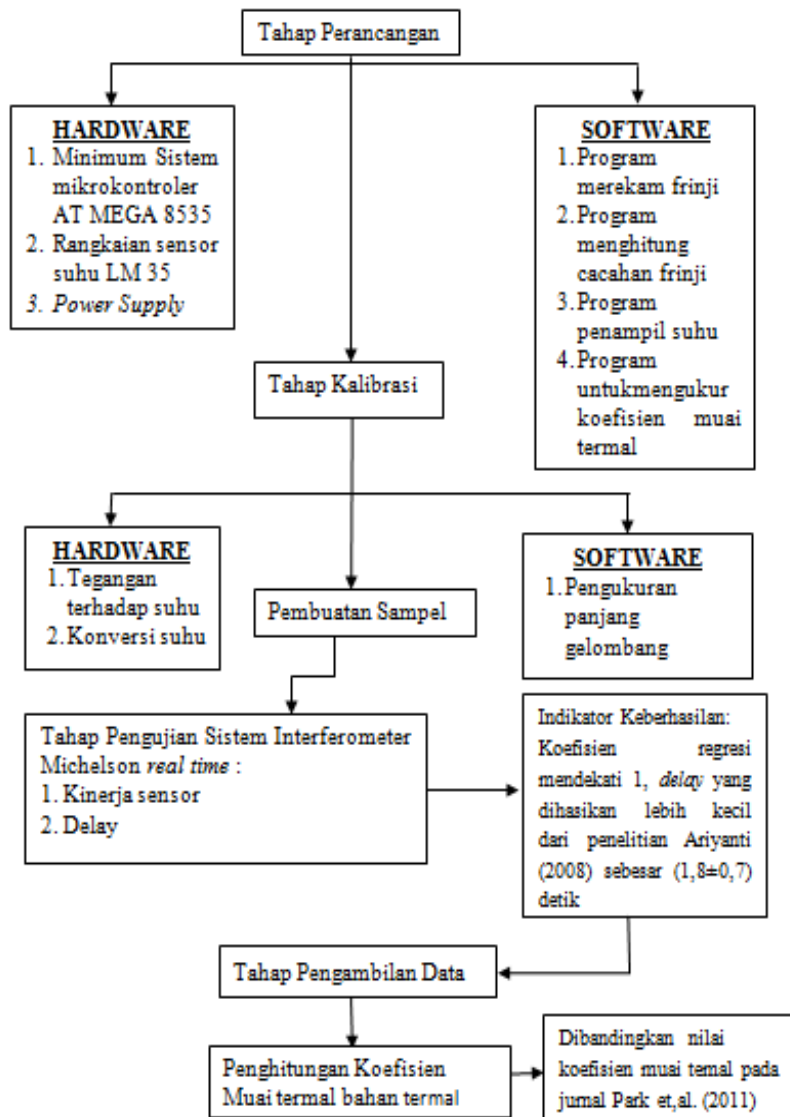
## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan seperangkat interferometer Michelson, Laser He-Ne, Laptop, Webcam, rangkaian sensor suhu LM 35 dan mikrokontroler AT Mega 8535. Bahan tambal gigi yang digunakan dalam penelitian adalah *composite nanofiller* Filtek Z350 dari 3M ESPE. Keseluruhan alat dan bahan penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Keseluruhan alat dan bahan penelitian

Tahapan penelitian disajikan pada diagram blok Gambar 2.

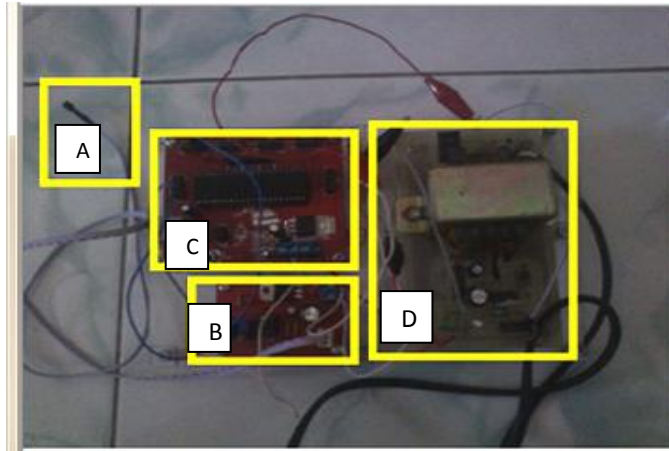


Gambar 2. Diagram blok penelitian

Dalam penelitian terlebih dahulu dirancang *hardware* yang meliputi rangkaian sensor suhu LM 35, minimum sistem AT Mega 8535 dan *power supply*. Sedangkan *software* Delphi memiliki 4 fungsi yaitu: merekam frinji, menghitung cacahan frinji, penampil suhu dan menghitung koefisien muai termal. Kemudian *hardware* dan *software* yang telah dirancang digabung dengan interferometer Michelson. Sistem interferometer Michelson *real time* inilah yang digunakan untuk mengambil jumlah cacahan denyut frinji pada suhu 30°C-60°C. Dengan mengetahui jumlah cacahan frinji dan rentang suhu maka koefisien muai bahan dapat ditentukan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan *hardware* disajikan pada Gambar 3.

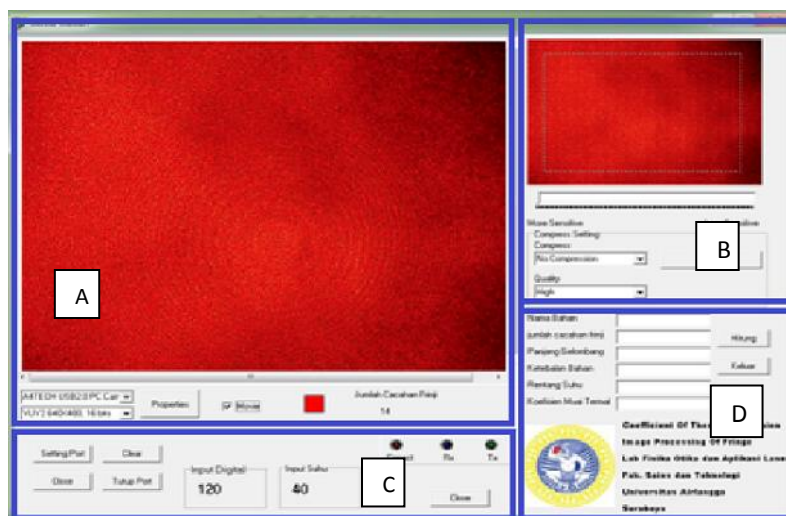


Gambar 3. Hasil Perancangan Hardware

Keterangan:

- A : Sensor suhu LM 35
- B : Rangkaian penguat sensor suhu
- C : Minimum sistem AT Mega 8535
- D : Power Supply

Untuk hasil perancangan *software* pada Delphi disajikan pada Gambar 4.

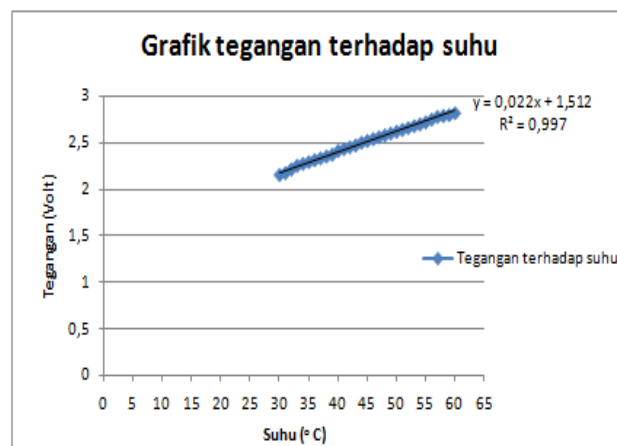


Gambar 4. Hasil Perancangan Software

Keterangan:

- A : Program merekam frinji
- B : Program mencacah denyut frinji
- C : Program penampil suhu
- D : Program menghitung koefisien muai termal

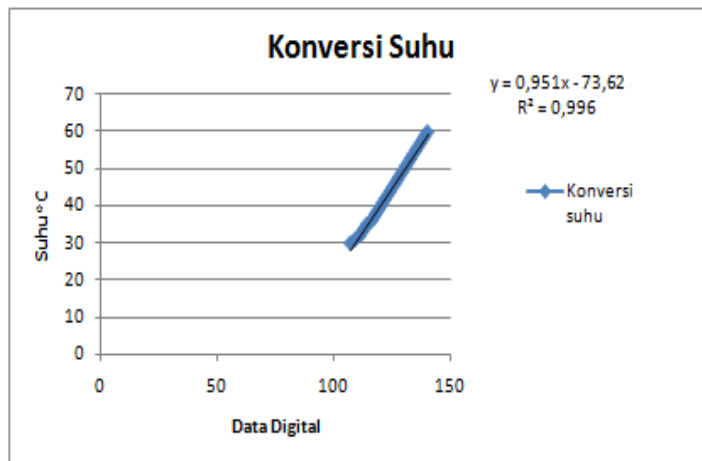
Setelah tahap perancangan selesai selanjutnya adalah kalibrasi. Kalibrasi ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari *hardware* dan *software*. Kalibrasi *hardware* dilakukan pada rangkaian sensor suhu, kalibrasi ini dilakukan untuk mengetahui hubungan suhu terhadap tegangan keluaran sensor. Pada kalibrasi ini juga dapat diketahui nilai konversi suhu. Hasil kalibrasi *hardware* disajikan Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Grafik tegangan terhadap suhu

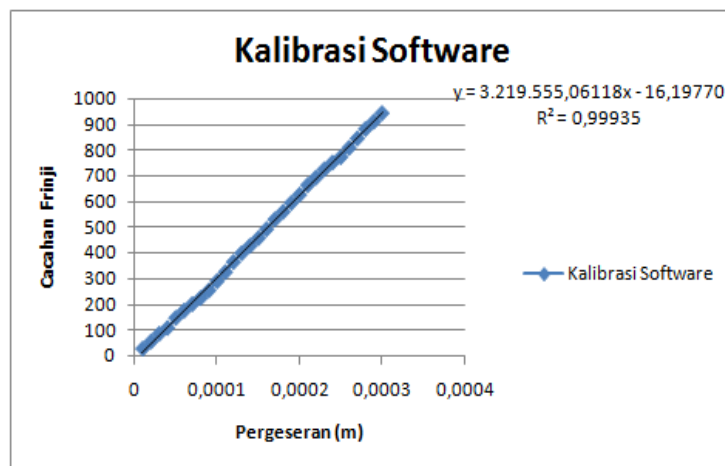
Hasil kalibrasi pada Gambar 5 menunjukkan hubungan yang linier antara tegangan dan suhu dengan koefisien regresi sebesar 0,997. Hal ini sesuai dengan *datasheet* LM 35 dimana suhu memiliki hubungan yang linier terhadap tegangan.

Nilai konversi suhu diperoleh dari persamaan regresi antara data digital dari ADC mikrokontroler dan suhu yang tertampil pada termometer digital. Nilai konversi suhu ini dimasukkan ke sintaks pada Delphi. Hal ini agar nilai suhu dapat langsung tertampil pada program Delphi sehingga mudah diamati kenaikan suhunya. Grafik disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Konversi suhu

Untuk selanjutnya adalah kalibrasi *software*, kalibrasi ini dilakukan dengan mengukur panjang gelombang Laser He-Ne dengan penghitungan cacahan frinji menggunakan *software* yang telah dirancang. Frinji direkam dengan Webcam kemudian dengan prinsip deteksi gerak maka program akan mencacah frinji yang berdenyut. Pengukuran panjang gelombang dilakukan dengan menghitung cacahan frinji yang berdenyut setiap pergeseran 10  $\mu\text{m}$ . Grafik kalibrasi *software* disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kalibrasi *software*

Rumus untuk menghitung cacahan frinji:

$$Z = \frac{2\Delta d}{\lambda} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

$z$  = cacahan frnji

$\Delta d$  = pergeseran

$\lambda$  = panjang gelombang

sehingga,

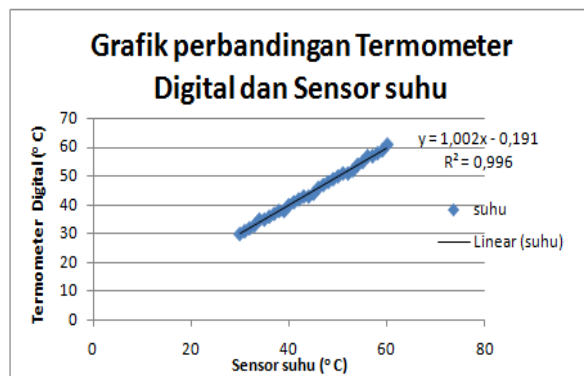
$$m = \tan \alpha = \frac{Z}{\Delta d} \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{Z}{\Delta d} = \frac{2}{\lambda} \dots \dots \dots (3)$$

$$m = \tan \alpha = \frac{2}{\lambda} \dots \dots \dots (4)$$

Laser He-Ne yang digunakan memiliki panjang gelombang 632,8 nm, sedangkan berdasarkan rumus (4) diperoleh nilai panjang gelombang laser He-Ne adalah 621,2 nm. Hasil pengukuran panjang gelombang memiliki beda 1,83%, sehingga kinerja *software* adalah sebesar 98,17%.

Tahap kalibrasi untuk *hardware* dan *software* selesai dilakukan kemudian digabungkan ke dalam satu sistem menjadi interferometer Michelson *real time*. Sistem perlu diuji untuk mengetahui kinerja sensor dan waktu tunda (*delay*) sistem. Kinerja sensor disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik perbandingan termometer digital dan sensor suhu

Berdasarkan grafik pada Gambar 8 diperoleh kinerja sensor sebesar 99,6%. Pengujian sistem selanjutnya adalah pengukuran waktu tunda (*delay*) sistem. *Delay* merupakan beda waktu suhu yang tertampil pada termometer digital dan yang tertampil pada program



Delphi. Diperoleh nilai delay sebesar  $(1,1 \pm 0,1)$  detik. *Delay* yang dihasilkan sistem lebih baik 38,9% dibandingkan penelitian Ariyanti (2008) yang memiliki delay sebesar  $(1,8 \pm 0,7)$  detik. Penurunan *delay* dikarenakan dalam penelitian digunakan sensor suhu LM 35 dan mikrokontroler AT Mega 8535.

Tahap selanjutnya adalah pengambilan data, Sistem yang telah diuji dapat digunakan untuk menghitung koefisien muai termal. *Set Up* interferometer Michelson *real time* disajikan pada Gambar 9.



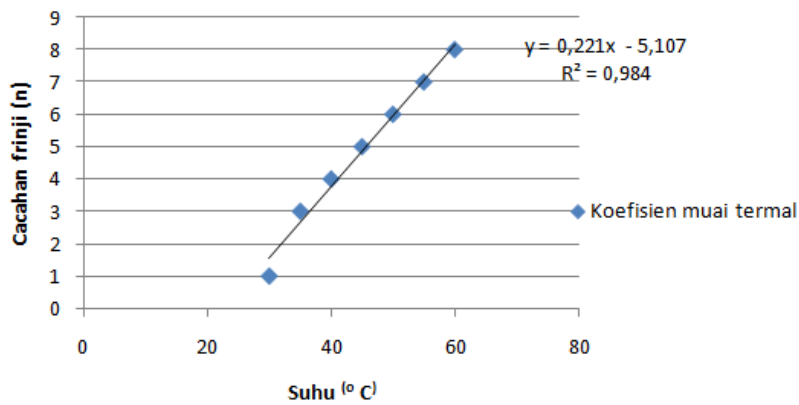
Gambar 9. *Set Up* interferometer Michelson *real time*

Dalam penelitian diperoleh data jumlah cacahan denyut frinji pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$ - $60^{\circ}\text{C}$ . Data dapat dilihat pada Tabel 1. Untuk menghitung koefisien muai termal maka dibuat grafik seperti pada Gambar 10.

Tabel 1. Data interferometer Michelson *real time*

No	$\Delta T$ (Rentang suhu)	n (Jumlah denyut frinji)
1	30	1
2	35	3
3	40	4
4	45	5
5	50	6
6	55	7
7	60	8

## Koefisien muai termal



Gambar 10. Koefisien muai termal

Rumus koefisien muai termal:

$$\alpha = \frac{n\lambda}{2L_0\Delta T} \dots \dots \dots (5)$$

Dapat dituliskan,

$$n = \frac{\alpha 2L_0}{\lambda} \dots \dots \dots (6)$$

$$\frac{n}{\Delta T} = \frac{2L_0}{\lambda} \alpha \dots \dots \dots (7)$$

Sehingga,

$$m = \frac{2L_0}{\lambda} \alpha \dots \dots \dots (8)$$

$$\alpha = \frac{m\lambda}{2L_0} \dots \dots \dots (9)$$

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai koefisien muai bahan *composite nanofiller* adalah sebesar  $(70 \pm 4) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ . Nilai koefisien muai termal ini memiliki beda 31,1 % dibandingkan literatur. Hal ini diduga karena pemanas yang digunakan untuk memberikan kalor memiliki daya terlalu besar 30-40 watt, dan juga karena interferometer Michelson sensitif terhadap guncangan. Untuk

mengetahui hasil perbandingan koefisien muai termal yang tepat perlu dilakukan pengujian TMA (Thermomechanical Analysis).

## **KESIMPULAN**

Sistem interferometer Michelson *real time* dapat dioptimalkan dengan menggunakan sensor suhu LM 35, rangkaian penguat *non inverting* menggunakan LM 358 dan minimum sistem AT Mega 8535 menggunakan fitur ADC dan komunikasi serial dengan penterjemah frinji adalah menggunakan deteksi gerak. Sistem interferometer Michelson *real time* dapat digunakan untuk deteksi koefisien muai termal dengan hasil yang diperoleh adalah  $(70 \pm 4) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ . Kinerja rangkaian sensor suhu sebesar 99,6%, kinerja *software* adalah 98,17% dan *delay* sistem adalah  $(1,1 \pm 0,1)$  detik. Koefisien muai termal yang dihasilkan memiliki beda sebesar 31,1% dibandingkan penelitian Park *et,al* (2011) dan *delay* penelitian lebih baik 38,9% dari penelitian Ariyanti (2008).

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Andi W, 2009, Panduan Praktis Delphi 2009, Wahana Komputer:Jakarta
- Apsari, R. 1998, Penentuan Koefisien Difusi Larutan Dengan Teknik Interferometer Holografi. Tesis, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, 1998.
- Apsari, R. 2007, Pengembangan Interferometer Berbasis Electronic Speckle Pattern Interferometry (ESPI) untuk analisis deformasi suhu pada gigi secara Invitro. Materi Kualifikasi Program Doktor Program Pasca Sarjana UNAIR, 2007. Surabaya.
- Ariyanti, R, 2008, Pengembangan Interferometer Michelson Real Time Untuk Deteksi Deformasi Suhu Pada Gigi, Skripsi, Jurusan Fisika Universitas Airlangga. Surabaya.
- Fadlisyah, Fauzan, Taufiq, Zulfikar, 2008, Pengolahan Citra Menggunakan Delphi, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Fuhaid N, 2004, Pemanfaatan Perangkat Komputer Untuk Menentukan Koefisien Muai Panjang Benda Menggunakan Interferometer Michelson. Skripsi, Jurusan Fisika Universitas Airlangga, Surabaya.

- Firdausy K, Hana M,K, 2010, Purwarupa Sistem Deteksi Objek Waktu Nyata Berbasis Layanan Pesan Singkat, Indonesian Journal of Electrical Engineering volume (1693-6930).
- Firdausy, K, Daryono, Anton Y, 2008, Webcam Untuk Sistem Pemantauan Menggunakan Metode Deteksi Gerakan, Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2008 (SNATI 2008).
- Gerdolle, D.A, Eric M, Dominique D, 2008, *Microleakage and Polymerization Shrinkage of Various Polymer Restorative Materials*. Journal of dentistry, vol 75 (125-33).
- Guenther R.D. 1990, *Modern Optics*. United State,Canada.
- Heryanto, 2008, Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler AT Mega 8535. Andi:Yogyakarta.
- Hestningsih, I ,2008 .Pengolahan citra digital, Gava Media:Yogyakarta.
- Hua Shu C, Shari Feth, S,L Lehoczky, 2009, *Thermal Expansion Coefficient Crystal Between 17° -1080° by interferometry*. vol 63.
- Iswanto, 2008, Antarmuka Port Paralel dan Port Serial, Gava media:Yogyakarta.
- Jenkins and White, 1965, *Fundamentals of Optics*, McGraw Hill, United State of America.
- Kamal,Z,2008, *Microleakage In Class Ii Composite Restorations Bonded With Different Adhesive System* Thesis Universiti Sains Malaysia
- Kawuryan U, 2010, Hubungan Pengetahuan Tentang Kesehatan Gigi Dan Mulut Dengan Kejadian Karies Gigi Anak. Skripsi ilmu keperawatan Universitas muhammadiyah,Surakarta.
- Kishen, Murukeshan, Krishnakumar, Asundi, 2001, *Analysis On The Nature Of Thermally Induced Deformation In Human Dentine By Electronic Speckle Pattern Interferometry (ESPI)*, journal of dentistry 29. Biomedical Engineering Research Center, Nanyang Technological University, Singapore.
- Kurniawan D, 2011, Mahir Pemrograman Webcam dengan Delphi, eBook, Bandung.
- Marquis,DM, Eric Guillaume, Carine CV , 2010, *Properties of Nanofiller in Polymer*. Intech ,France.
- Nugroho, Sofyan F, Indras M, 2010, Penentuan Tebal Bahan Transparan (ZnO) Menggunakan Interferometer Michelson. Skripsi FMIPA Undip.
- Ong, J, 2010, *Investigations of light with a Michelson Interferometer*. Journal Engineering

- Physics. Cornell University.
- Park, JK, Bock Hur, ching-chang, Franklin,Hyung Kim, Yong Hoon, 2011, *Effect of Light-curing Units on the Thermal Expansion of Resin Nanocomposites*. Journal Dental. Vol 23 issue 6 (331-334).
- Philips, R.W, 2003, Ilmu Bahan Kedokteran Gigi, Edisi 10, WB Saunders Co, Philadelphia, Pennsylvania.
- Scholl and Bruce will, 2009, *Using a Michelson Interferometer to Measure Coefficient of Thermal Expansion of Copper*. Journal The Physics Teacher.Vol 47.
- Setyabudi, 2010, Analisis Termal. Bahan kuliah Universitas Padjajaran.
- Stankovic, J, 1992, *Real Time Computer*, University of Masachusets
- Tipler, Ralph, 2008, Modern Physics, W.H Freeman Company: New york.
- Wardhana L, 2006, Mikrokontroler AVR Seri AT Mega 8535 Simulasi, Hardware dan Aplikasi. Andi:Yogyakarta.
- Winoto A, 2010, Mikrokontroler AVR Atmega8535 dan pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAvr.Informatika,Bandung.
- Wolff E.G and Peng G.S, 1993, *Processing of Interferometric Signal for a CTE Measurement system*. Journal elsevier.