

**APLIKASI PENGUKURAN KOEFISIEN MUAI TERMAL PADA  
MATERIAL KAWAT GIGI MENGGUNAKAN INTERFEROMETER  
MICHELSON *REAL TIME***

Ilmiatul m<sup>1</sup>, Retna Apsari<sup>1</sup>, Yhosep Gita<sup>1</sup>

<sup>1</sup>program studi S1 Fisika, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi,  
Universitas Airlangga, Surabaya.

**ABSTRAK**

Telah dilakukan penelitian tentang pengukuran koefisien muai termal pada material kawat gigi yaitu *stainless steel* dan tembaga menggunakan Interferometer Michelson secara *realtime*. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser He-Ne dengan panjang gelombang 632.8 nm. Pemanasan dilakukan menggunakan lilitan kawat nikelin dengan panjang 0,5m dan diameter 0,25mm berarus pada sampel yang berbentuk silinder berlubang mulai dari suhu 30<sup>0</sup>C sampai 60<sup>0</sup>C. Pola interferensi (Frinji) yang terbentuk direkam dengan menggunakan *Webcam*. *Webcam* merekam denyut frinji yang di terjemahkan sebagai perubahan orde. Alat yang digunakan pada penelitian adalah seperangkat interferometer Michelson, program Arduino Uno, dan rangkaian sensor suhu LM 35 yang terhubung melalui komunikasi serial pada laptop.

Data yang dihasilkan pada penelitian adalah data kalibrasi tegangan terhadap suhu, data kalibrasi *software*, data kinerja pemanas, data kinerja sensor, *delay* (waktu tunda), dan nilai koefisien muai termal. Interferometer Michelson *real time* dioptimasi dengan delay sebesar  $(0,802 \pm 0,006)$  sekon, Persentase kinerja sensor pada penelitian sebesar 99,76%, dan kinerja *software* sebesar 94,47 %. Adapun data koefisien muai termal *stainless steel* sebesar  $(1,8 \pm 0,2) 10^{-9}$  dengan persentase kesalahan sebesar 1,71%, dan tembaga sebesar  $(18.27 \pm 0,4) 10^{-6}$  dengan persentase kesalahan sebesar 7,47%. Perlu dilakukan optimasi lebih lanjut untuk pengukuran sampel biomaterial pada material kawat gigi yang digunakan dalam bidang kedokteran gigi.

Kata kunci : Biomaterial, Frinji, Kedokteran Gigi, Suhu.

## PENDAHULUAN

Kelainan pada struktur gigi dan rahang sampai saat ini masih menjadi suatu penyakit gigi yang sering kali mengganggu penampilan dan kegiatan sehari-hari. Berdasarkan data *World Health Organization (WHO) oral health medical center* per Juni 2013, 60% penduduk di dunia memiliki masalah pada gigi. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan pemakaian kawat pada gigi. Kebutuhan akan pemakaian kawat gigi tersebut semakin meningkat dari tahun ke tahun karena selain berfungsi untuk memperbaiki susunan gigi, kawat gigi juga dapat digunakan sebagai penunjang penampilan, yakni untuk memperbaiki fungsi bicara, estetis muka, sudut bibir, rahang dan senyum (Bidari, 2013).

Kawat gigi atau biasa disebut behel (*dental braces*) adalah suatu kawat yang digunakan untuk meratakan gigi. Untuk pemilihan bahan kawat gigi ada beberapa sifat yang harus diperhatikan, antara lain sifat fisik kimia, estetik, dan ekonomis (Tandriano, Triesfanny, 2012). Pentingnya mengetahui informasi tentang koefisien muai termal pada material kawat gigi adalah untuk mengetahui seberapa besar pertambahan panjang yang terjadi pada material saat diberi perlakuan panas. Semakin kecil nilai koefisien muai termal maka semakin bagus bahan tersebut untuk digunakan sebagai bahan kawat gigi.

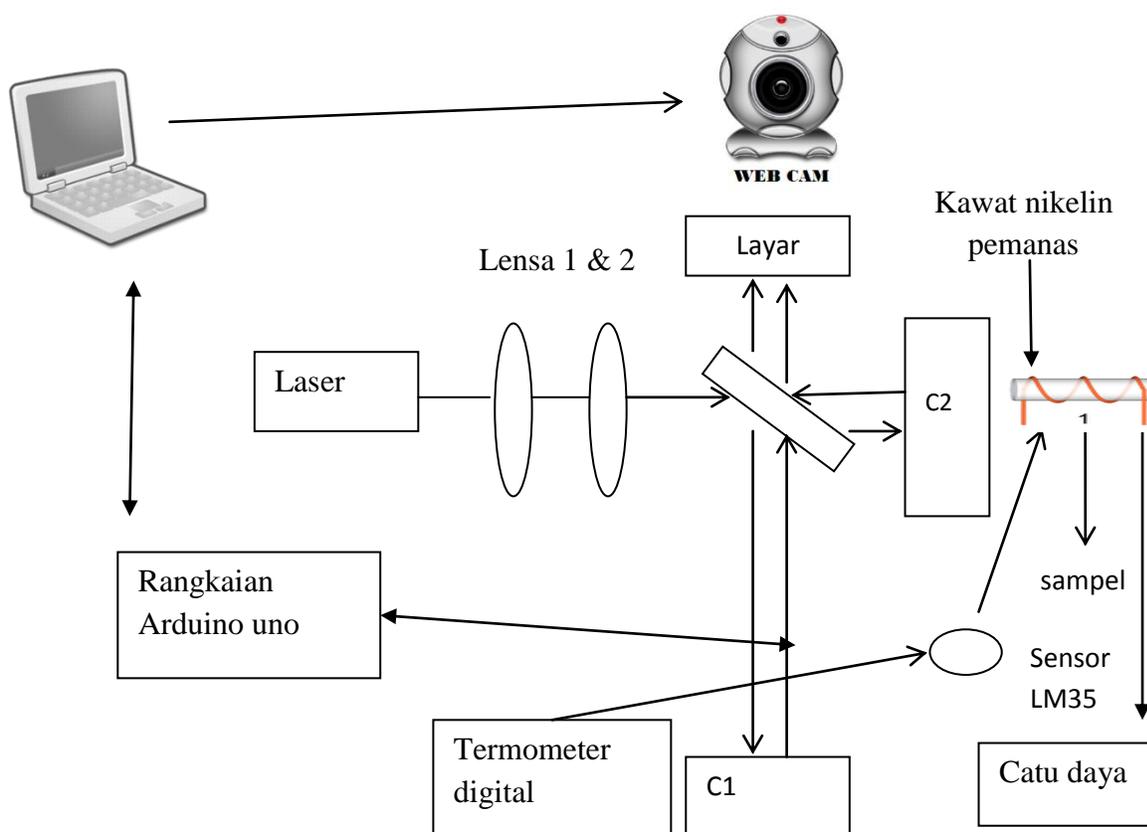
Beberapa metode yang telah digunakan untuk mengukur nilai koefisien muai termal suatu benda antara lain dengan menggunakan metode Holografi (Wulan Sari, 2002) dengan kelemahan dari metode ini adalah proses pengukurannya yang rumit, metode Interferometer Michelson pada bahan tambal gigi (Atmawati, 2012) dengan menggunakan metode transmisi yang menyebabkan sampel yang dipilih terbatas pada sampel tipis dan transparan sehingga kurang cocok dengan prinsip transmisi pada metode Interferometri Michelson dan proses pemanasan sampel dengan menggunakan solder berdaya tinggi membuat sampel mengalami kenaikan suhu dengan cepat dan metode Interferometer Michelson pada *resin acrylic* dan *composite nanofiller* (sya'dyyah 2013).

Interferometer Michelson juga telah berhasil digunakan untuk mengukur koefisien muai termal pada penelitian Scholl dan Liby (2009). Hasil yang diperoleh menunjukkan interferometer Michelson dapat dengan akurat mengukur koefisien muai termal pada sampel tembaga. Kelemahan kelemahan pada penelitian sebelumnya dioptimasi dengan menggunakan Arduino Uno IDE, sensor suhu, pemanas menggunakan lilitan kawat nikelin dan *webcam* yang terhubung ke laptop untuk mencapai kondisi *real time*. Sensor suhu LM 35 digunakan untuk menangkap perubahan temperatur. Program Arduino Uno IDE digunakan untuk mengubah keluaran dari sensor suhu yang berbentuk analog ke digital, kemudian dikirim ke laptop dengan komunikasi serial dan memanfaatkan metode refleksi, yaitu dengan meletakkan sampel dibelakang cermin sebagai pengganti dari fungsi cermin geser. Perubahan panjang akibat adanya pemanasan akan terdeteksi dengan bergesernya cermin di depan sampel. Hal ini akan teramati dari pola frinji yang tampak pada layar.

Hasil perekaman pola frinji dianalisis dengan menggunakan prinsip deteksi gerak. Pemilihan prinsip deteksi gerak telah berhasil digunakan untuk penghitungan frinji yang dihasilkan interferometer Michelson (Atmawati, 2012). Pola interferensi yang berupa frinji yang terbentuk direkam secara kontinyu (Hua Shu *et al*, 2009.)

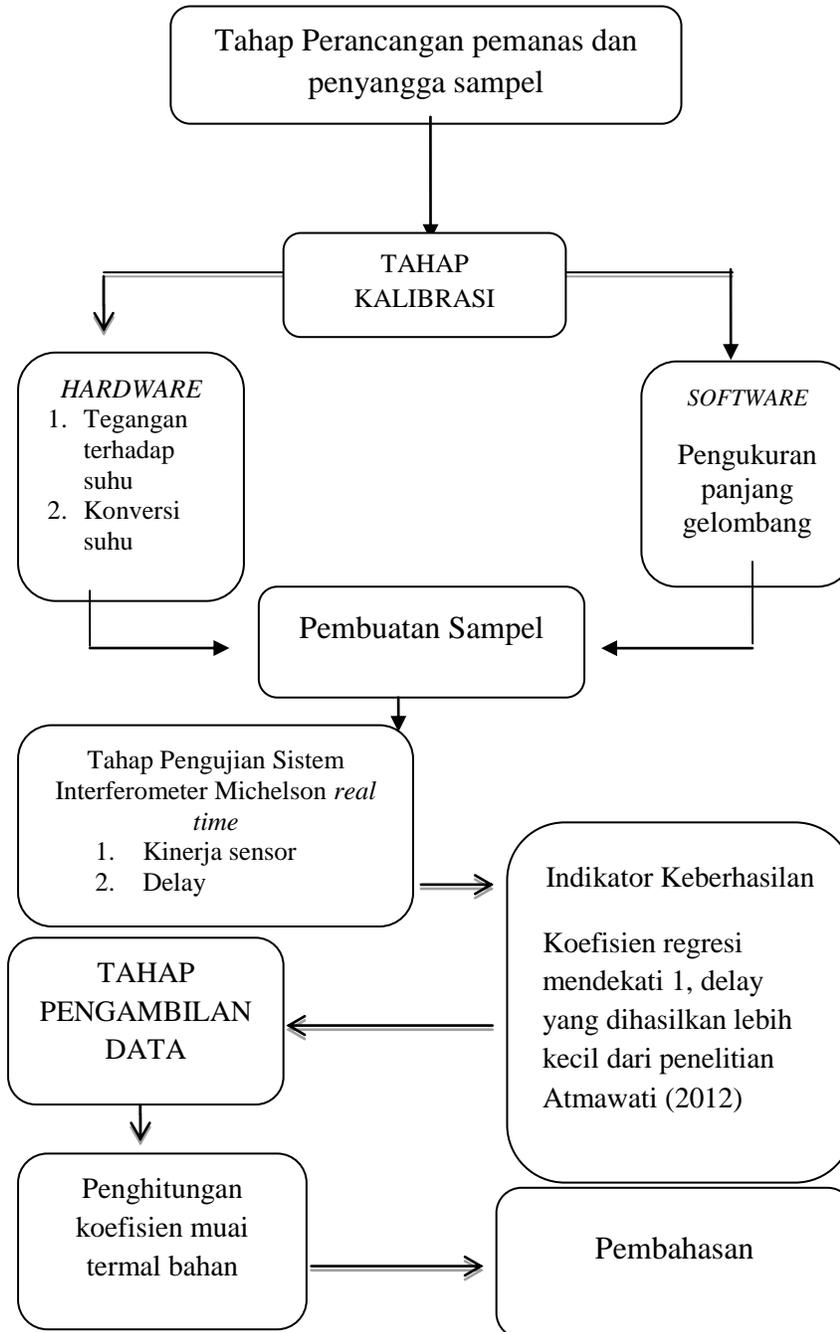
## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan seperangkat interferometer Michelson, Laser He-Ne, Laptop, Webcam, rangkaian sensor suhu LM 35 dan Arduino Uno IDE, Sampel menggunakan material kawat gigi yaitu tembaga (*copper*) dan *Stainless steel* dengan diameter 1 cm dan tinggi 3 cm dibentuk menjadi pipa silinder berlubang dengan ketebalan 0.8mm sesuai dengan diameter kawat gigi.



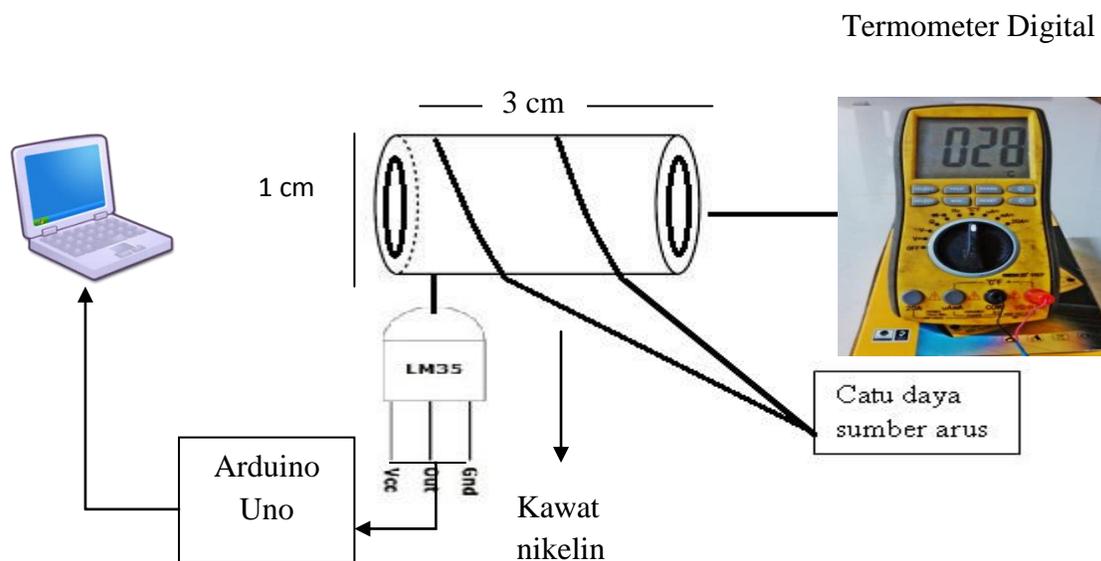
**Gambar 1. Susunan Alat dan Bahan Penelitian**

Prosedur penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap seperti pada diagram blok Gambar 2



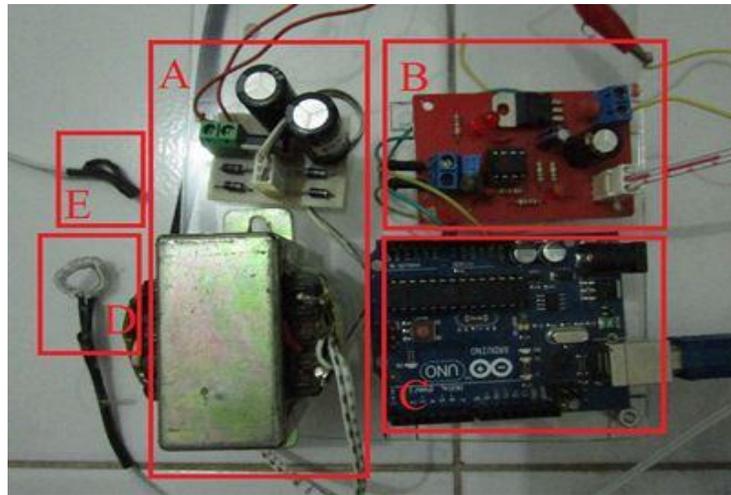
Gambar 2. Diagram blok penelitian

Dalam penelitian terlebih dahulu dilakukan perancangan pemanas dan penyangga sampel seperti pada Gambar 3. 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.



Gambar 3. Perancangan pemanas sampel

## HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3 Rangkaian keseluruhan *Hardware*

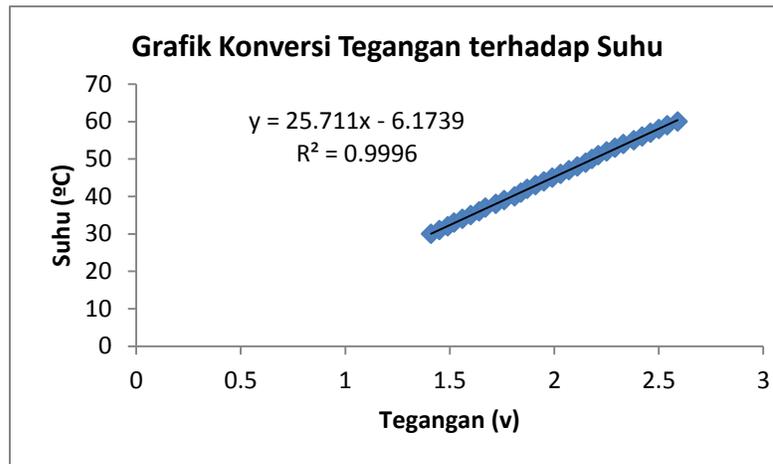
### *Keterangan*

A : Rangkaian catu daya	D : Rangkaian pemanas
B : Rangkaian Sensor suhu	E : Sensor suhu LM 35
C : Arduino uno	

Pemanas yang digunakan terbuat dari lilitan kawat nikelin dengan hambatan sebesar  $4,1\Omega$  dan membutuhkan input tegangan sebesar 5 volt. Kawat nikelin atau disebut sebagai elemen pemanas memiliki 3 ukuran diameter yaitu 0,15; 0,2; dan 0,25 mm. kawat nikelin dengan diameter 0,15 mm adalah batas terkecil diameter kawat yang bisa digunakan, jika lebih kecil kumparan akan mudah putus dan sulit menggulungnya

Setelah tahap perancangan pemanas selesai langkah berikutnya adalah kalibrasi hardware dilakukan dengan cara mengukur data tegangan output dari sensor suhu yang tampil pada serial monitor arduino uno terhadap kalibrator

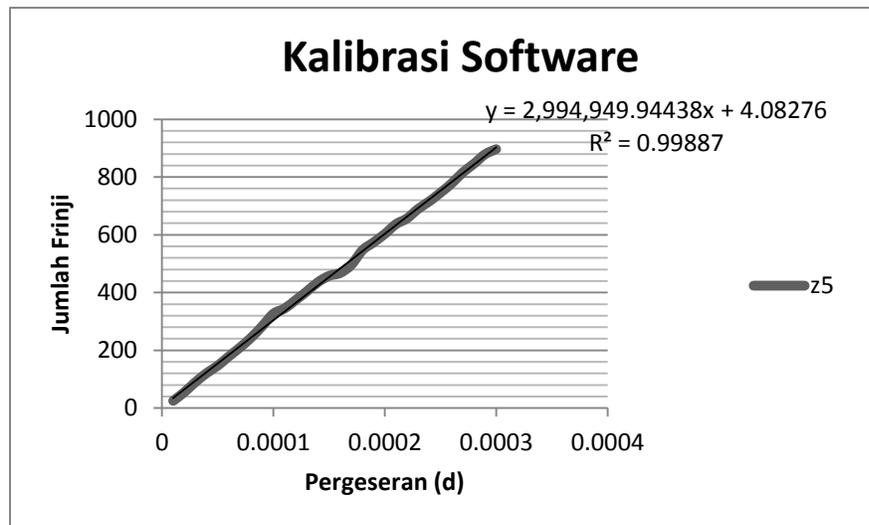
yaitu termometer digital. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hubungan linieritas antara nilai tegangan output sensor dan suhu tertampil pada kalibrator



Gambar 4. Grafik Tegangan Terhadap Suhu

Nilai konversi yang didapat dimasukkan pada program arduino sebagai konversi tegangan ke bentuk suhu. Hal ini agar nilai suhu dapat langsung tertampil pada program sehingga mudah diamati kenaikan suhunya.

Selanjutnya dilakukan kalibrasi *software* untuk menghitung panjang gelombang laser yang digunakan menggunakan Interferometer Michelson. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa baik kinerja *software* yang digunakan dalam penelitian ini. Jumlah cacahan frinji yang berdenyut merupakan parameter yang diamati dalam penentuan panjang gelombang laser, hal ini dilakukan dengan menggeser mikrometer pada pergeseran setiap  $10\mu\text{m}$ . Selama pergeseran webcam yang telah tersambung dengan program pencacah pada delphi merekam sekaligus mencacah frinji.



Gambar 5 Grafik Kalibrasi Software

Rumus yang digunakan dalam menghitung jumlah cacahan frinji adalah

$$Z = 2\Delta d/\lambda \quad (1)$$

Keterangan :

Z = Jumlah cacahan Frinji

$\Delta d$  = pergeseran

$\lambda$  = Panjang gelombang

Sehingga

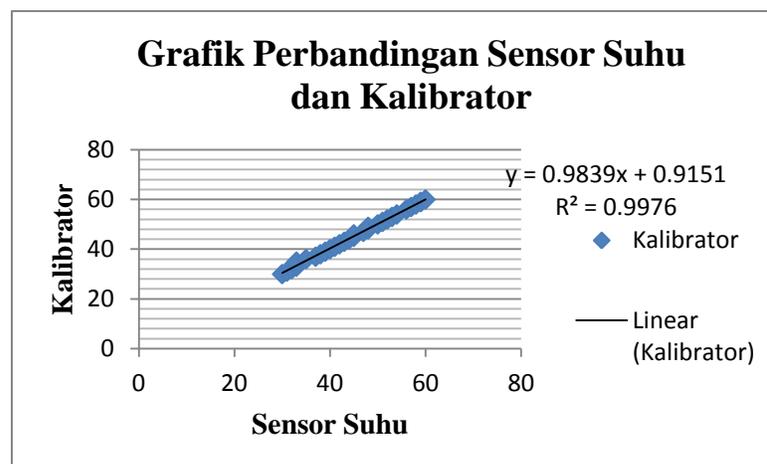
$$m = \tan \alpha = \frac{z}{\Delta d} \dots \dots \dots (2)$$

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

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

Panjang gelombang yang didapat dari hasil kalibrasi *software* adalah 667,8 nm sedangkan panjang gelombang laser yang digunakan menurut literature pada *datasheet* laser He-Ne adalah 632,8 nm. Hasil pengukuran panjang gelombang memiliki beda 5,53%, sehingga kinerja *software* sebesar 94,47 %.

Setelah tahap kalibrasi selesai dilakukan, keseluruhan sistem digabungkan. Untuk mengetahui apakah sistem bekerja secara optimal maka perlu dilakukan pengujian terhadap uji kinerja pemanas, uji *delay* sistem, dan uji kinerja sensor dalam sistem. Kinerja sensor disajikan pada Gambar 6.

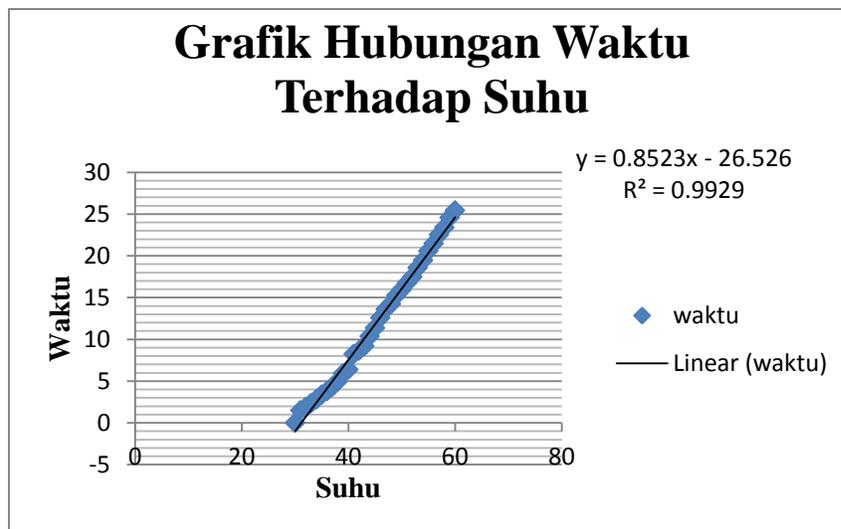


Gambar 6. Grafik Perbandingan Sensor Dan Kalibrator

Berdasarkan Gambar 6. diperoleh koefisien regresi sebesar 0,9976, sehingga kinerja sensor dibandingkan dengan thermometer digital adalah sebesar 99,76%.

Selanjutnya adalah pengukuran nilai *delay* yang didapat dari pengukuran waktu saat suhu tertampil di program dan pada saat suhu tertampil pada termometer digital (kalibrator). Selisih waktu yang dibutuhkan untuk menampilkan suhu pada sensor dan kalibrator dicatat sebagai  $\Delta t$  atau *delay*. Didapat nilai *delay*  $t = (0,802 \pm 0,006)$  sekon dengan Persentase kesalahan sebesar 0,748 %. Hasil *delay* yang diperoleh tersebut lebih bagus 20% dibandingkan hasil *delay* pada penelitian Atmawati (2012) yaitu sebesar  $t = (1,1 \pm 0,1)$  sekon.

Setelah perhitungan *delay* langkah selanjutnya adalah perhitungan kinerja pemanas. Grafik hubungan waktu terhadap suhu disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hubungan Waktu Terhadap Suhu

Daya pemanas didesain lebih rendah dari pada Atmawati (2012) untuk menaikkan suhu sampel dari suhu  $30^0$ - $60^0$  dalam rentang waktu 30 sekon. Lama waktu tersebut masih berada dalam rentang lama mengunyah manusia yaitu 10 – 30 sekon.

Tahap selanjutnya adalah pengambilan data menggunakan set up interferometer Michelson *realtime*, set up interferometer Michelson *realtime* disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Keseluruhan Set Up Alat Interferometer Michelson *Realtime*

Hasil data sistem interferometer Michelson adalah hasil cacahan frinji yang terlebih dahulu dikurang dengan noise lingkungan tanpa pemanas dan latar menggunakan pemanas. Data cacahan frinji untuk latar tanpa pemanas dan untuk latar dengan pemanas disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengambilan Data Latar

Sampel Cacahan	Tembaga	<i>Stainless steel</i>
Latar tanpa Pemanas	96	104
	190	193
	270	281
Latar dengan Pemanas	92	116
	190	252
	309	464

Tabel 2 Hasil Pengambilan Data Sampel Tembaga

Suhu ( <sup>0</sup> C)	Hasil Cacahan Frinji Tembaga				
	Latar tanpa pemanas	Latar dengan pemanas	Pengambilan data ke-1	Pengambilan data ke-2	Pengambilan data ke-3
40	96	92	207	207	207
50	190	190	422	418	420
60	270	309	632	636	630

Tabel 3 Hasil Pengambilan Data Sampel *Stainless steel*

Suhu ( <sup>0</sup> C)	Hasil Cacahan Frinji <i>Stainless steel</i>				
	Latar tanpa pemanas	Latar dengan pemanas	Pengambilan data ke-1	Pengambilan data ke-2	Pengambilan data ke-3
40	104	116	255	255	255
50	193	252	495	505	490
60	281	464	814	819	810

Setelah data dihitung menggunakan rumus koefisien muai termal, maka didapat nilai koefisien muai termal seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai Koefisien Muai Termal Sampel dan Literatur

Jenis sampel	Nilai Koefisien Muai termal penelitian ( <sup>0</sup> C)	Nilai Koefisien Muai termal Literatur ( <sup>0</sup> C)	Persentase Kesalahan (%)
Tembaga	$(18,27 \pm 0,4) 10^{-6}$	$17,7 \times 10^{-6}$	7,47%
<i>Stainless steel</i>	$(1,8 \pm 0,2) 10^{-9}$	$172 \times 10^{-7}$	1,71%

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,

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

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

Hasil perhitungan persentase kesalahan yang didapat, bisa disimpulkan bahwa material kawat gigi menggunakan *stainless steel* dengan persentase kesalahan sebesar 1,71% lebih baik untuk digunakan dari pada tembaga dengan persentase kesalahan 7,47 %, karena semakin kecil koefisien muai termal, maka semakin baik material tersebut untuk aplikasikan pada tubuh.

## KESIMPULAN

Desain Pemanas yang terbuat dari lilitan kawat nikelin berdiameter 0,25mm, panjang 0,5m dengan input tegangan 5V dapat digunakan sebagai pemanas yang sesuai dengan temperatur pada mulut.

Sistem interferometer Michelson *real time* dengan alat bantu sensor suhu LM 35 dan program Arduino Uno dapat dioptimalkan untuk mengukur koefisien muai termal material kawat gigi dengan *delay* sistem sebesar 0,7%, kinerja sensor 99,76%, dan kinerja *software* sebesar 94,46%. Hasil koefisien muai termal pada sampel berbentuk silinder berlubang yaitu *Stanless steel* tipe AS304 sebesar  $(1,8 \pm 0,2) \cdot 10^{-9}/^{\circ}\text{C}$  dengan persentase kesalahan dibanding dengan literatur sebesar 1,71%, dan Tembaga tipe ASTM B88 sebesar  $(18,27 \pm 0,4) \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  dengan persentase kesalahan dibanding dengan literatur sebesar 7,47%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andi . 2009. Panduan Praktis Delphi 2009. Jakarta : Wahana Komputer
- Atmawati. E.U. 2012. Optimasi Interferomer Michelson Real Time Untuk Deteksi Koefisien Muai Termal *Composite Nanofiller*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya : Universitas Airlangga.
- Ariyanti. R. 2008. Pengembangan Interferometer Michelson *Real Time* Untuk Deteksi Deformasi Suhu Pada Gigi. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya : Universitas Airlangga.
- Bela. 2008. *Stainless steels and their properties*. Oxford University Press.
- Falah, Masroatul. 2006. Analisa Pola Interferensi Pada Interferometer Michelson Untuk Menentukan Panjang Gelombang Sumber Cahaya. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Fuhaid N. 2004. Pemanfaatan Perangkat Komputer Untuk Menentukan Koefisien Muai Panjang Benda Menggunakan Interferometer Michelson. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya : Universitas Airlangga.
- Frazer, Dimitri R. Dounas. Gandhi, Punit,R. 2013. *Uncertainty Analysis for a Simple Thermal Expansion Experiment*. USA : University of California at Berkeley.
- Firdausy K, Hana M,K. 2010. Purwarupa Sistem Deteksi Objek Waktu Nyata Berbasis Layanan Pesan Singkat. Indonesian Journal of Electrical Engineering volume (1693-6930).
- Guenther R.D. 1990. *Modern Optics*. Duke University. Canada.
- Heryanto. 2008. Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler AT Mega 8535. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Hestningsih, I. 2008. Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta : Gava Media.
- Iswanto. 2008. Antarmuka Port Paralel dan Port Serial. Yogyakarta : Gava media
- Jenkins and White, 2001, *Fundamentals of Optics*, McGraw Hill, United State of America.
- Kiel, M. Walke, W. Barucha-Kępa, A. Ziębowicz, A. 2008. *Corrosion behaviour of metallic biomaterials used as orthodontic wires*. Poland : The Medical University of Silesia.
- Kasana, R,S. Tomar, M,S. Srivastava, S,N. 1990. *Determination of the linear thermal expansion coefficient of long metallic bars by Murty shearing intefferometer*. India : Dr. H.S. Gour Universitv. SAGAR.
- 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. Nanyang Technological University. Singapore.
- Lehoczky,S,L. Feth, Shari. Hua Su, Ching. 2009. *Thermal expansion coefficient of ZnSe crystal between 17 and 1080 °C by interferometry*. USA : The University of Alabama in Huntsville.
- Mughrabi, Hael. Devrient, Bastian. Pyczak, Florian. 2004. *The Effects Of Different Alloying Elements On The Thermal expansion Coefficients. Lattice Constants And Misfit Of Nickel-Based Superalloys Investigated By X-Ray Diffraction*. Germany: University at Erlangen Nurnberg.
- Marquis, DM, Eric Guillaume, Carine CV. 2010. *Properties of Nanofiller in Polymer*. France : Intech.
- Scholl, Ryan and Liby, Bruce W. 2009. *Using a Michelson Interferometer to Measure Coefficient of Thermal Expansion of Copper*. The Physics Teacher. vol 47. New York : Manhattan College.
- Setyabudi, 2010, Analisis Termal. Bahan kuliah Universitas Padjajaran.
- Tipler, Ralph. 2008. *Modern Physics*. New york : W.H Freeman Company.
- Tjia, M,O. 1994. Gelombang. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Triesfanny*, Tandriano. 2012. BEHEL (Studi Antropologi Tentang Citra Diri Remaja Pengguna Kawat gigi di kota Makassar). Makassar : Universitas Hasanuddin
- Wardhana L. 2006. Mikrokontroler AVR Seri AT Mega 8535 Simulasi. Hardware dan Aplikasi. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Wibowo dan Priyo, Budhi. 2010. Pengukuran Koefisien Muai Panjang Dari Batang Aluminium Dengan Menggunakan Metode Interferometer Michelson. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Winarno, Edy. 2011. Aplikasi Deteksi Tepi pada *Realtime* Video menggunakan Algoritma *Canny Detection*. Universitas Stikubank
- Yamada,N. Okaji, M. Kato, H. Nara, K. 1997. *Measurements of linear thermal expansion coefficients of copper SRM 736 and some commercially available coppers in the temperature range 20-300 K by means of an absolute interferometric dilatometer*. Japan : National Research Laboratory of Metrology