

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian adalah selama kurang lebih 5 bulan (Februari – Juni 2013) dan bertempat di :

1. Laboratorium Fotonik Departemen Fisika Universitas Airlangga Surabaya.
2. Bengkel Mekanik dan gelas Departemen Fisika Universitas Airlangga Surabaya.
3. Laboratorium Teknik Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga Surabaya.
4. *Photonic Research Center* (PRC), Fakulti Sains, Universiti Malaya, Kuala Lumpur (*Invitation Letter* tersaji pada Lampiran 1).

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

1. 1 buah sampel gigi tiruan berbahan *acrylic denture*, berbentuk lingkaran dengan diameter 8,3 mm dan tebal 3 mm.
2. 1 buah sampel gigi tiruan berbahan *acrylic denture*, berbentuk lingkaran dengan diameter 8,3 mm dan tebal 3 mm, serta diameter lubang sebesar 5 mm.

3. 1 buah sampel gigi tiruan berbahan *nano hybride*, berbentuk lingkaran dengan diameter 8,8 mm dan tebal 3 mm.
4. 1 buah sampel gigi tiruan berbahan *nano hybride compossite*, berbentuk lingkaran dengan diameter 8,8 mm dan tebal 3 mm, serta diameter lubang sebesar 5 mm.
5. 1 buah sampel gigi tiruan berbahan *varplast*, berbentuk lingkaran dengan diameter 8.3 mm dan tebal 3 mm.
6. 1 buah sampel gigi tiruan berbahan *varplast*, berbentuk lingkaran dengan diameter 8,3 mm dan tebal 3 mm, serta diameter lubang sebesar 5 mm.
7. 1 buah sampel gigi tiruan dengan basis *nano filler compossite*, berbentuk lingkaran dengan diameter 8.5 mm dan tebal 3 mm.
8. 1 buah sampel gigi tiruan dengan basis *nano filler compossite*, berbentuk lingkaran dengan dengan diameter 8,5 mm dan tebal 3 mm, serta diameter lubang sebesar 5 mm

3.2.2 Alat Penelitian

Sistem sensor pergeseran mikro yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari beberapa komponen, antara lain:

1. Laser He-Ne dengan spesifikasi :
 - a) Panjang gelombang : 633 nm (warna merah)
 - b) Jenis pulsa keluaran : *continuous wave* (CW)
 - c) Diameter berkas : 0,46 mm
 - d) Daya keluaran : 0,5 mW

e) Ragam transversal : TEM₀₀ (>90%)

f) Sebaran medan jauh ($1/e^2$) : 1,77 mrad

Laser He-Ne berfungsi sebagai sumber cahaya.

2. *Optical Chopper*

Optical Chopper berfungsi memodulasi sinyal optik berupa berkas laser dengan frekuensi tertentu yang diatur di *Chopper driver* dengan bantuan *Lock-in amplifier*. Spesifikasi *Optical Chopper* yang digunakan pada penelitian ini adalah

- a) Frekuensi Chop : 4 Hz sampai 400 Hz (5/6 *slot blade*) dan 400 Hz to 3,7 kHz (25/30 *slot blade*)
- b) Frekuensi stabilitas : 250ppm/⁰C (typ.)
- c) Frekuensi pergeseran : < 2%, 100 Hz < f , 3700 Hz
- d) Fase *jitter (rms)* : 0,2⁰ (50 Hz to 400 Hz) dan 0,5⁰ (4000 Hz to 3.7 Hz)
- e) Tampilan Frekuensi : 4-digit, 1 Hz *resolution and accuracy*
- f) Pengaturan Frekuensi : 10-turn *pot with 3 ranges* :
4 Hz to 40 Hz
40 Hz to 400 Hz
400 Hz to 3,7 kHz
Power : 12 W, 100/120/220/240 VAC, 50/60 Hz

3. *Lock-in amplifier*

Lock-in amplifier berfungsi menguatkan sinyal listrik keluaran dari detektor optik yang memiliki frekuensi modulasi sesuai dengan yang diberikan *optical chopper*. *Lock-in amplifier* yang digunakan pada penelitian ini

adalah tipe SR510 buatan Stanford Research System (SRS) dengan spesifikasi :

- a) Masukan
 - Tegangan : *Single-ended or True Differential*
 - Arus : 106 Volts/Amp
- b) Impedansi
 - Tegangan : 100 M Ω + 25 pF, *ac coupled*
 - Arus : 1 k Ω to *virtual ground*
- c) Skala Tegangan : 100 nV (10 nV *on expand*) to 500 mV
- d) Arus Kepekaan : 100 fA to 0.5 μ A
- e) Tegangan Maksimum : 100 VDC, 10 VAC *damage threshold*
- f) Masukan
 - Arus : 2 VAC *peak-to-peak saturation*
 - Arus : 10 μ A *damage threshold*
 - Arus : 1 μ A *ac peak-to-peak saturation*
- g) Tegangan *Noise*
 - Arus : 7 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ at 1 kHz
 - Arus : 0.13 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$ at 1 kHz
- h) Referensi *channel* :
 - Frekuensi : 0.5 Hz to 100 Hz
 - Impedansi Masukan : 1 M Ω , *ac coupled*
 - Trigger SINE : 100 mV *minimum*, 1 V_{rms} *nominal*
 - PULSA : \pm 1 Volt, 1 μ sec *minimum width*
 - Mode : *Fundamental* (f) or 2nd *Harmonic* (2f)

Parameter *lock-in amplifier* dalam penelitian ini disetting sedemikian hingga agar mendapat nilai karakterisasi terbaik. Pengaturan *lock-in amplifier* disajikan pada Tabel 3.1

4. Silicon Photodetector

Silicon Photodetector berfungsi sebagai penerima berkas laser dari port luaran fiber bundel dan mengkonversinya menjadi tegangan listrik.

Pada penelitian ini digunakan *silicon photodetector* 818-SL, buatan Newport Corp., dengan panjang gelombang 400 – 1100 nm.

5. *Fiber Optic Bundle 16 Receivers*

Serat optik yang digunakan pada penelitian ini buatan Autonics Corp., Seoul, Korea Selatan dengan spesifikasi :

- a) Jenis : serat optik plastik bundel jenis konsentris
Jumlah serat pemancar : 1 serat dan
Jumlah serat penerima : 16 serat
- b) Panjang : 2 meter
- c) Diameter
Diameter serat pemancar : 1,00 mm
Diameter serat penerima : 0,25 mm
- d) Arpatur Numerik : 0,5
- e) Indeks bias inti : 1,492
- f) Indeks bias selubung : 1,402

Fiber bundle 16 receivers merupakan pemandu gelombang cahaya yang dapat mendeteksi perubahan daya optis cahaya pantulan dari reflektor yaitu sampel dari bahan dasar pembuat gigi tiruan yang terkopel kembali ke port.

6. Komponen Mekanik

Pada penelitian ini digunakan beberapa komponen mekanik sebagai pendukung peralatan optik. Beberapa komponen mekanik yang digunakan pada penelitian ini antara lain : meja anti getar (*vibration free table*), Statif, Klem, dan Holder. Holder ini dilengkapi dengan

mikrometer posisi untuk tempat dudukan sumber cahaya laser He-Ne, sehingga berkas cahaya dapat masuk ke serat optik pemancar secara optimal. Sedangkan statif dan klem pada ujung-ujung serat optik pemancar, penerima dan probe bundel yang dilengkapi dengan mikrometer posisi untuk mengatur kelurusan dan kesejajaran antara sumber cahaya dengan serat optik, kesejajaran antara objek dengan permukaan bundel dan posisi serat penerima dengan detektor optik.

7. *x-y-z Micrometer stage*

Mikrometer posisi berfungsi untuk menggerakkan dan menggeser posisi fiber bundel dan sampel dalam orde mikrometer. Mikrometer posisi yang digunakan memiliki skala ketelitian 10 μm .

8. Matlab

Pada penelitian ini menggunakan program Matlab yang berfungsi sebagai *tool* pembantu untuk mevisualisasi data hasil eksperimen berupa tegangan keluaran dari fotodetektor terhadap pergeseran.

9. *Scanner*

Pada penelitian ini, *scanner* digunakan untuk *capture* sampel dari bahan gigi tiruan yang telah dilubangi dan merubahnya dalam bentuk *image* dengan format .jpg dan .bmp, sehingga diameter lubang pada sampel dapat dianalisis dengan program Matrox Inspector 2.1. dan Delphi 7 sebagai pembanding dari hasil *optical imaging* dengan Matlab.

10. Delphi 7

Dalam penelitian ini, program Delphi digunakan sebagai dua fungsi. Fungsi pertama sebagai digitasi dan otomasi dari sistem sensor pergeseran mikro. Fungsi kedua sebagai program *interface* dengan metode *image processing* yang digunakan untuk mengolah hasil *capture* dari dalam bentuk bitmap, sehingga hasil akhir dari proses *interface* dapat digunakan untuk perbandingan *optical imaging* dari Matlab.

11. Matrox Inspector 2.1

Matrox Inspector 2.1 merupakan *software* pengolahan citra yang banyak digunakan. Pada penelitian ini, Matrox Inspector 2.1 berfungsi sebagai program pendukung yang dapat digunakan untuk mengukur diameter lubang pada sampel. Matrox Inspector 2.1 akan mengolah pixel pada *capture* sampel dengan format *.jpg/.jpeg* dan mengkonversinya dalam satuan millimeter. Program ini juga akan menampilkan histogram warna dari *capture* sampel.

12. Komputer

Komputer digunakan sebagai *tool* untuk mengolah citra dan menampilkan hasil visualisasi. Komputer yang digunakan pada penelitian ini memiliki spesifikasi :

- a) Processor : Intel ® Core™ 2 Duo CPU
T6670 @2.20 Ghz

- b) Memory : 4.00 GB
- c) Operational sistem : Windows 7 Home Premium

Tabel 3.1 Pengaturan parameter *lock-in amplifier*

Parameter	Pengaturan
<i>BANDPASS</i>	<i>OUT</i>
<i>LINE</i>	<i>OUT</i>
<i>LINE X2</i>	<i>OUT</i>
<i>SENSITIVITY</i>	20 mV
<i>DYN RES</i>	<i>LOW</i>
<i>DISPLAY</i>	X
<i>EXPAND</i>	i
<i>REL</i>	<i>OFF</i>
<i>OFFSET</i>	<i>OFF (value 0)</i>
<i>PRE TIME CONSTANT</i>	100 ms
<i>POST TIME CONSTANT</i>	0,1 s
<i>ENBW</i>	1 Hz
<i>REFERENCE MODE</i>	F
<i>TRIGGER MODE</i>	<i>SYMMETRIC</i>
<i>REFERENCE DISPLAY</i>	<i>FREQUENCY</i>
<i>PHASE</i>	0 ⁰

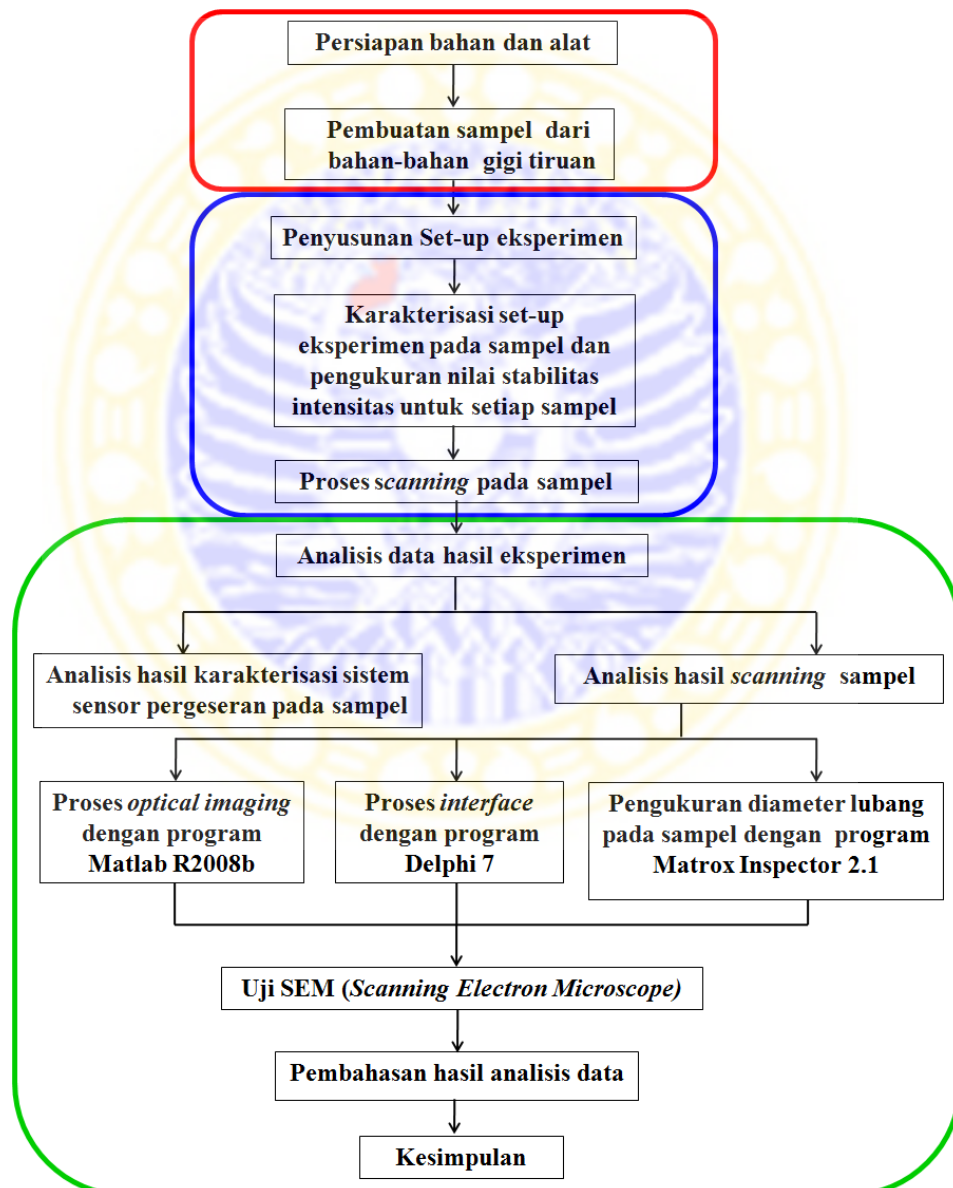
13. SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Uji SEM dilakukan untuk mengetahui kekasaran permukaan sampel bahan gigi tiruan dan mengetahui diameter sampel bahan gigi tiruan. Pada penelitian ini digunakan SEM *Phenom ProX 30* yang dilengkapi kemampuan untuk menganalisis hasil pencitraan dengan metode optis, seperti pengukuran suatu berkas, pengukuran dimensi suatu bahan, pengamatan kekasaran permukaan dan mengetahui kandungan suatu bahan.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan sesuai dengan diagram alir yang disajikan pada Gambar 3.1. Berdasarkan diagram alir pada Gambar 3.1., maka tahapan penelitian dibagi menjadi tiga tahap. Tahap I (berwarna merah) dilaksanakan di

Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga, tahap II (berwarna biru) dilakukan di *Photonic Research Center* University of Malaya, dan tahap III (berwarna hijau) yang dilaksanakan di Laboratorium Fotonik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Ketiga tahapan tersebut diulas dalam sub-bab 3.3.1 sampai 3.3.9.



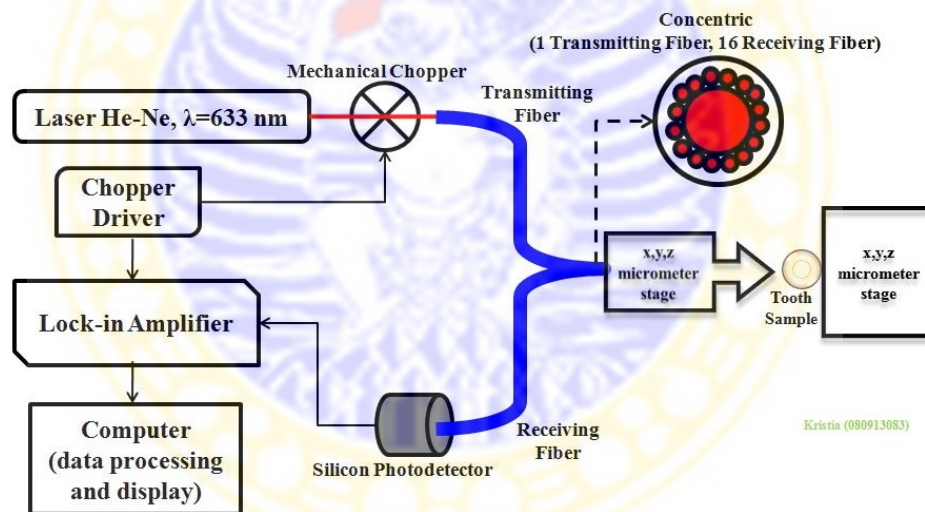
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.3.1 Pembuatan Sampel dari bahan-bahan gigi tiruan

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan pembuat gigi tiruan yang biasanya di gunakan oleh dokter gigi, dengan spesifikasi yang telah tertulis pada sub-bab 3.2.1. Setelah melakukan pengeboran, dilakukan *smoothing* dan *polishing* untuk meratakan dan memperhalus permukaan sampel, sehingga cahaya laser dapat terefleksi dengan baik.

3.3.2 Penyusunan Set-up Eksperimen

Desain set-up eksperimen penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.2



Gambar 3.2. Set-up eksperimen penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan untuk melakukan eksperimen tentang pemanfaatan sistem sensor pergeseran mikro untuk estimasi diameter lubang pada bahan gigi tiruan berbasis *optical imaging* adalah sebagai berikut :

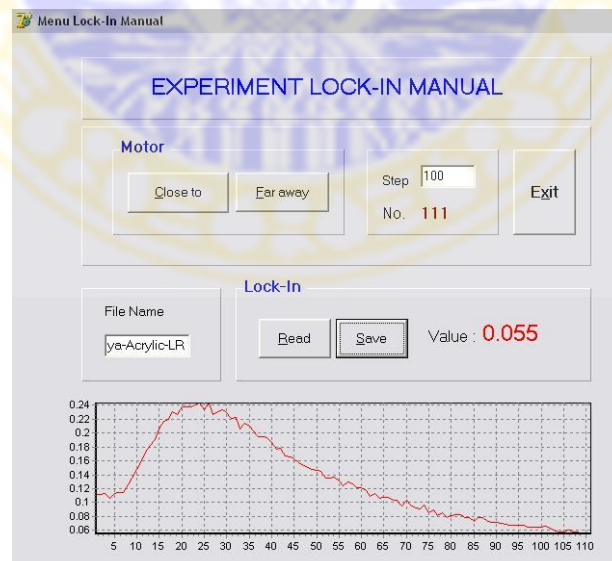
1. Mempersiapkan bahan dan peralatan eksperimen dimeja optik (meja anti getar)

2. Menentukan daya luaran optik sumber cahaya berupa laser He-Ne $\lambda = 633$ nm, dengan menembakkan laser secara langsung pada *silicon photodetector* yang terhubung dengan *lock-in amplifier*, dan mengukur tegangan. Dalam eksperimen ini, daya luaran optik dinyatakan dengan tegangan keluaran detektor optik, karena besarnya berbanding lurus dan hanya dibedakan oleh suatu tetapan.
3. Memastikan bahwa sumber cahaya laser dapat merambat disepanjang serat optik bundel konsentris (*fiber bundle 16 receivers*), dengan melewati berkas laser ke serat optik bundel konsentris.
4. Menyusun setup eksperimen seperti Gambar 3.2. cahaya laser dimodulasi secara eksternal oleh *mechanical chopper* dengan frekuensi 115 Hz untuk menghindari harmonisasi dari jalur frekuensi tegangan masukan yang berkisar antara 50 sampai 60 Hz. Sinar yang termodulasi digunakan untuk mengurangi arus DC dan interferensi cahaya dengan bantuan *lock-in amplifier*. Sinar yang termodulasi di refleksikan menuju sampel dengan bantuan *fiber bundle 16 receivers*. Cahaya pantulan dari reflektor, akan diterima kembali oleh *fiber bundle 16 receivers*, dan diteruskan menuju *Silicon Photodetector*. Sinyal dari *Silicon Photodetector* dikonversi menjadi tegangan dan diukur oleh *lock-in amplifier* dan komputer menggunakan program Delphi 7 untuk proses digitasi dalam memperoleh nilai tegangan keluaran.

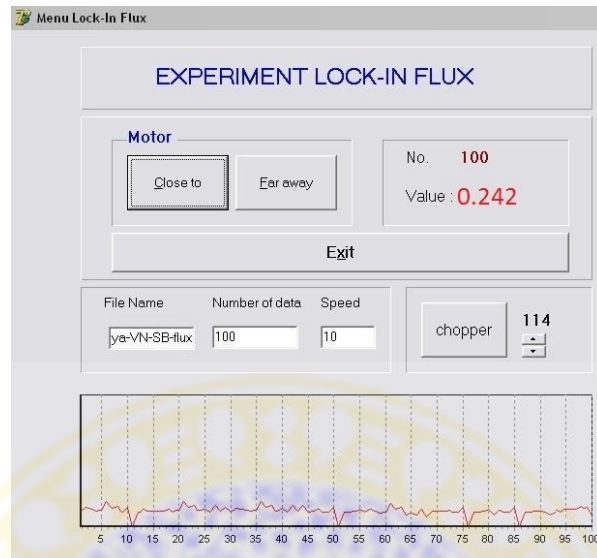
3.3.3 Karakterisasi Set-up Eksperimen pada Sampel dan Metode Pengukuran Stabilitas Intensitas

1. Setelah melakukan penyusunan set-up eksperimen, dilakukan karakterisasi sistem sensor pergeseran mikro untuk setiap sampel yang tidak dilubangi. Hal tersebut dilakukan sebagai kalibrasi dan untuk mengetahui stabilisasi sistem serta meminimalisasi terjadinya distorsi ketika digunakan untuk menentukan jarak sensor dan sampel pada saat proses *scanning*.
2. Perangkat untuk karakterisasi tegangan keluaran detektor terhadap pergeseran pada sampel dilakukan dengan interval pergeseran 50 μm pada mikrometer arah sumbu z. Pergeseran dilakukan mulai ketika serat optik sangat dekat ($z \approx 0 \mu\text{m}$) dengan sampel. Pergeseran dilakukan hingga perubahan tegangan keluaran detektor tidak lagi terbaca.
3. Pada saat dilakukan pergeseran klik tombol *read* pada program aplikasi untuk menampilkan tegangan keluaran yang ditangkap oleh *lock-in amplifier*, kemudian klik tombol *save* untuk menyimpan hasil tersebut.
4. Berkas pantulan yang tertangkap detektor melalui kanal deteksi akan terbaca pada *lock-in amplifier* berupa tegangan keluaran dan ditampilkan secara otomatis pada komputer dengan bantuan program aplikasi Delphi 7 seperti yang telah disajikan pada Gambar 3.3.
5. Data hasil karakterisasi dari setiap sampel digunakan untuk menentukan : sensitivitas, linearitas, daerah jangkauan linier, dan stabilitas pengukuran. Daerah linearitas pada salah satu *slope* yang akan digunakan sebagai jarak radial yang dijaga agar tetap konstan pada proses *scanning* sampel yang telah diberi lubang.

6. Setelah melakukan karakterisasi sampel dengan sistem sensor pergeseran mikro, dilakukan pengukuran stabilitas intensitas untuk sampel. Nilai stabilitas diperoleh dengan mengukur tegangan keluaran terhadap jumlah data yang diambil. Pada proses pengukuran nilai stabilitas intensitas, jarak antara sampel dengan serat optik dijaga konstan pada posisi ketika diperoleh nilai tegangan keluaran tertinggi pada proses karakterisasi sistem sensor pergeseran mikro.
7. Nilai 100 dimasukkan pada kolom *number of data* yang merupakan banyak data yang diambil kemudian dimasukkan nilai 10 pada kolom *speed*, maka tegangan keluaran ditampilkan secara otomatis pada monitor komputer dengan bantuan program aplikasi Delphi 7 seperti Gambar 3.4.
8. Pengukuran stabilitas intensitas dilakukan untuk mengetahui nilai resolusi dari sistem sensor pergeseran mikro untuk setiap sampel.



Gambar 3.3. Proses karakterisasi sistem sensor pergeseran mikro dengan bantuan program aplikasi Delphi.

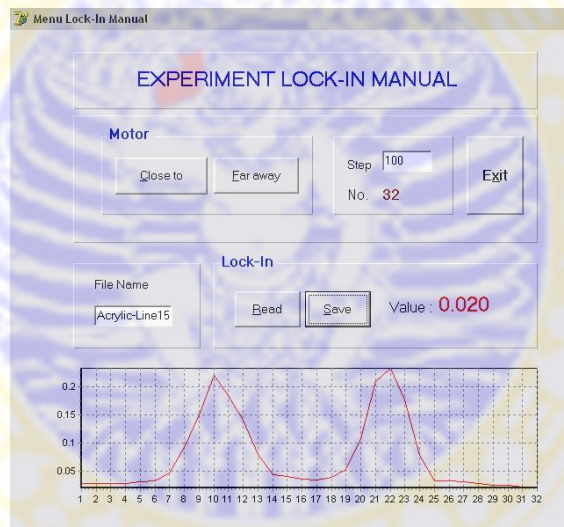


Gambar 3.4. Pengukuran nilai stabilitas intensitas sistem sensor pergeseran mikro dengan bantuan program aplikasi Delphi.

3.3.4 Metode *Scanning* pada Sampel Bahan Gigi Tiruan

1. Setelah melakukan karakterisasi dan pengukuran nilai stabilitas intensitas, dilakukan proses *scanning* pada sampel.
2. Pada saat *scanning* mikrometer sumbu z dijaga konstan pada posisi saat didapatkan nilai tegangan keluaran tertinggi. Kemudian *setting* sumbu x dan sumbu y pada mikrometer pada posisi 0,0. Pergeseran dimulai dengan mikrometer sumbu x dengan interval pergeseran 500 μm . Pergeseran dilakukan hingga perubahan tegangan keluaran detektor tidak lagi terbaca, dan dianggap sebagai baris ke-0. Setelah melakukan pergeseran pada sumbu x, dilakukan pergeseran pada sumbu y dengan interval pergeseran 500 μm . Pergeseran pada sumbu x dan sumbu y dilakukan hingga sampel telah *discanning* secara menyeluruh.

3. Pada saat dilakukan pergeseran klik tombol *read* pada program aplikasi untuk menampilkan tegangan keluaran yang ditangkap oleh *lock-in amplifier*, kemudian klik tombol *save* untuk menyimpan hasil tersebut.
4. Berkas pantulan yang tertangkap detektor melalui kanal deteksi akan terbaca pada *lock-in amplifier* berupa tegangan keluaran dan ditampilkan secara otomatis pada komputer dengan bantuan program aplikasi Delphi 7 seperti yang telah disajikan pada Gambar 3.5. Proses *scanning* dilakukan pada setiap sampel.



Gambar 3.5 Pengukuran nilai tegangan keluaran terhadap pergeseran pada sistem sensor pergeseran mikro dengan bantuan program aplikasi Delphi.

3.3.5 Metode Analisis Hasil Karakterisasi sistem Sensor Pergeseran Mikro

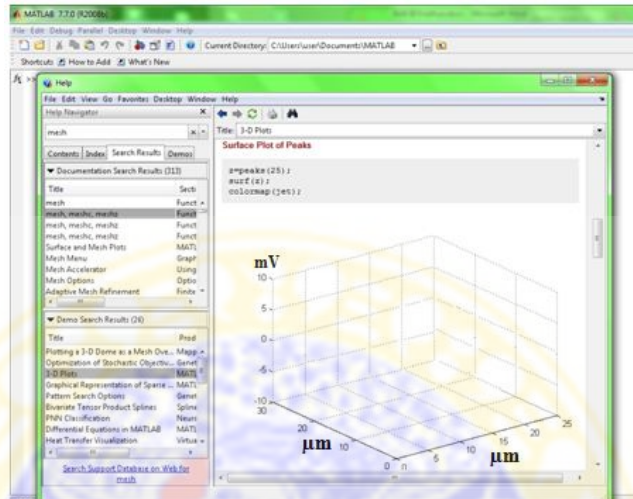
1. Setelah mendapat data tegangan keluaran terhadap pergeseran, kemudian data diplot dalam bentuk grafik dengan z (pergeseran) dalam orde μm pada sumbu x dan V (tegangan luaran detektor) dalam orde mV pada sumbu y untuk memperoleh daerah linier grafik yang merupakan daerah kerja sensor.

2. Daerah linier akan memberikan persamaan regresi linier grafik $V=mz+n$ dan nilai R^2 . Dengan V tegangan terukur oleh *lock-in amplifier*, z pergeseran *micrometer stage* pada sistem sensor pergeseran, m gradien grafik, n adalah *intercept* grafik, dan R^2 adalah nilai regresi dari jangkauan linier ($R^2 \approx 1$)
3. Dari persamaan regresi pada langkah 2, akan diperoleh parameter-parameter fisis sistem sensor pergeseran mikro pada masing-masing sampel bahan gigi tiruan untuk dibandingkan satu sama lain.

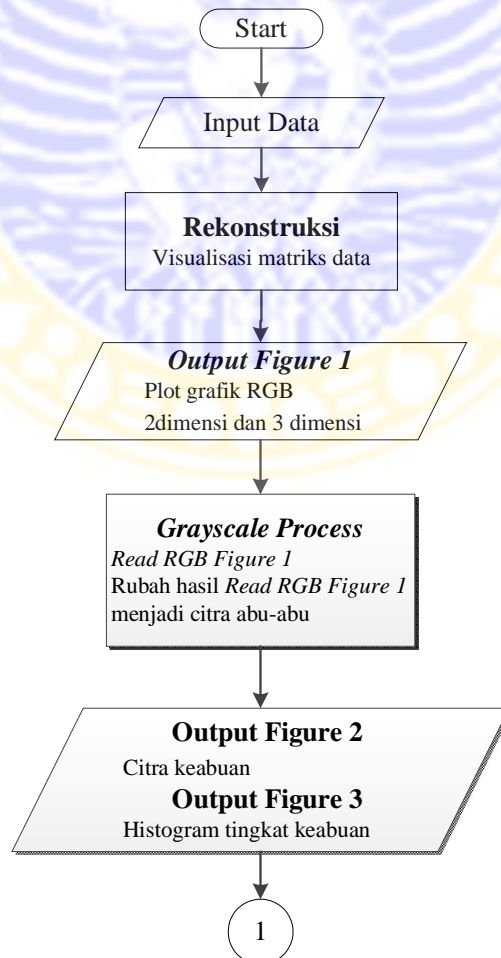
3.3.6 Metode *Optical Imaging* dengan Program Matlab R2008b

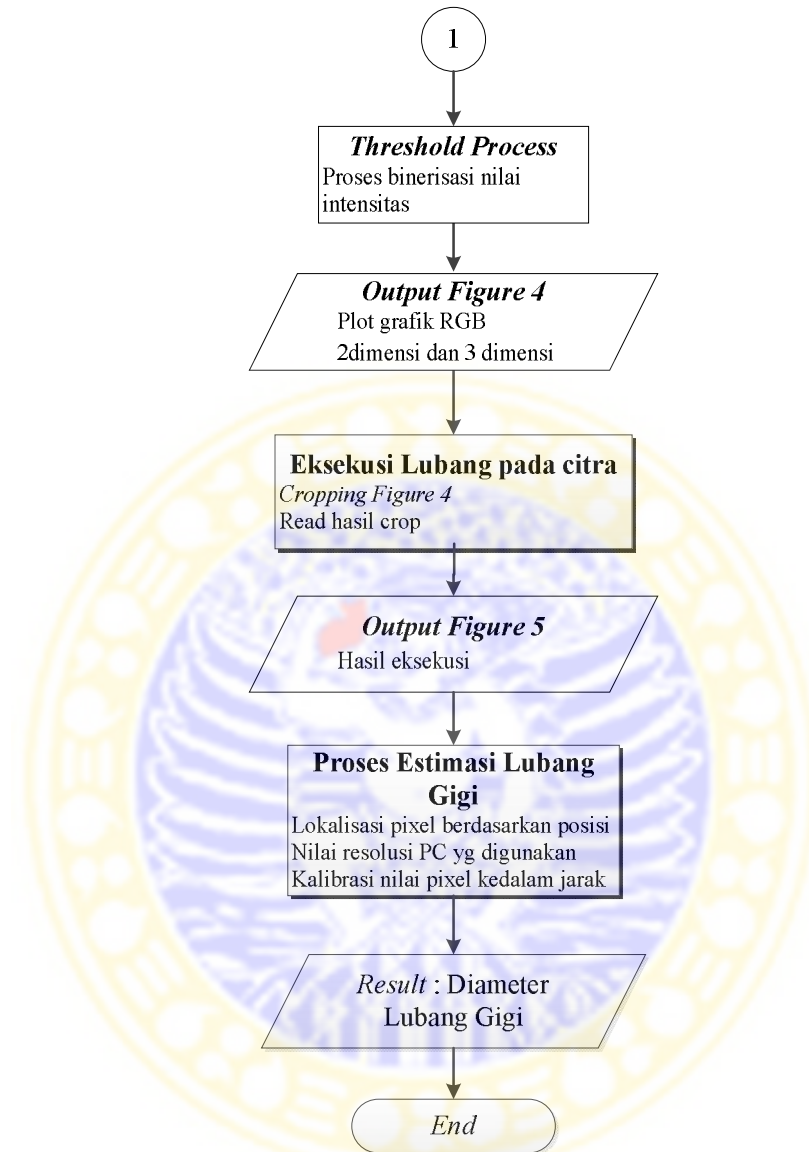
1. Setelah mendapat data tegangan keluaran terhadap pergeseran untuk setiap arah vertikal (sumbu x) dan horizontal (sumbu y), data disimpan pada program excel berbentuk matrix data.
2. Matrix data pada lembar kerja excell akan dipanggil pada program Matlab dan direkonstruksi dalam bentuk 2 dimensi yang dapat di rotasi kedalam bentuk grafik 3 dimensi.
3. Hasil dari metode analisis visualisasi dengan program Matlab dapat digunakan untuk estimasi pengukuran diameter lubang pada sampel bahan gigi tiruan.
4. Hasil estimasi diameter lubang pada gigi tiruan pada Matlab akan dibandingkan dengan hasil *interface* menggunakan program Delphi 7, dan hasil *image processing* menggunakan program Matrox Inspector 2.1. serta hasil SEM untuk memperoleh akurasi dari sistem sensor pergeseran mikro. Contoh metode visualisasi ditampilkan pada Gambar 3.6.

5. Flowchart untuk metode *optical imaging* dengan program Matlab R2008b ditunjukkan pada Gambar 3.7



Gambar 3.6. Contoh metode visualisasi dengan Matlab





Gambar 3.7. *Flowchart* untuk metode *optical imaging* dengan program Matlab R2008b

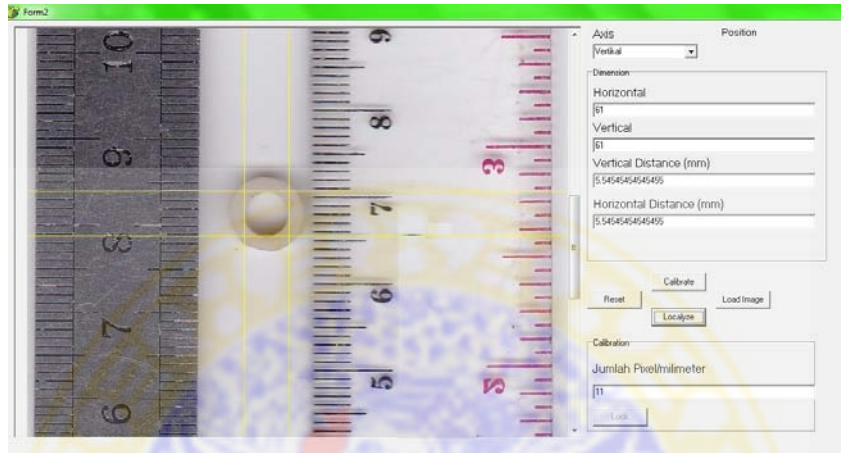
3.3.7 Metode *Image Processing* Menggunakan Sistem *Interface* dengan Program Delphi 7

1. Pengukuran diameter lubang pada sampel bahan gigi tiruan dengan metode *image processing* dengan *interface* menggunakan program Delphi 7,

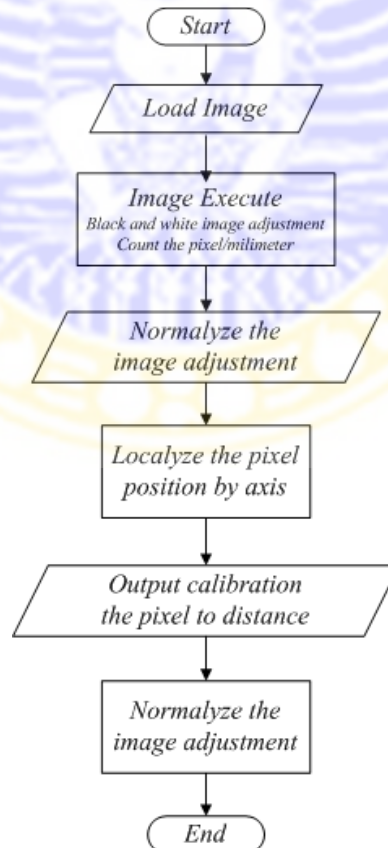
diawali dengan menscan sampel bahan gigi tiruan menggunakan *scanner* dan disimpan dalam format *.bmp*.

2. Setelah itu gambar sampel hasil *capture* dari *scanner* dibuka pada file *Citra.exe*. Pilih *Load Image* untuk memilih gambar yang akan diolah. Setelah gambar diupload program Delphi akan mengeksekusi gambar kedalam warna hitam putih, dan akan melakukan *scanning* secara otomatis untuk mendapatkan jumlah nilai pixel/millimeter.
3. Kemudian tombol *Lock* dipilih untuk mengunci dan menyimpan jumlah nilai pixel/millimeter dari gambar yang akan diolah.
4. Tombol *Reset* dipilih untuk mengembalikan kontur warna gambar pada warna semula dan mengkalibrasi program secara otomatis.
5. Dipilih *Axis Vertical* untuk menentukan batas pengukuran jumlah pixel diameter lubang sampel secara horisontal.
6. Tombol *Localyze* diklik untuk menghitung jumlah nilai pixel diameter lubang sampel secara horizontal dan mengeksekusinya kedalam satuan jarak (millimeter).
7. Tombol *Reset* diklik untuk mengkalibrasi program kembali keawal.
8. Dipilih *Axis Horizontal* untuk menentukan batas pengukuran jumlah pixel diameter lubang sampel secara vertikal.
9. Tombol *Localyze* diklik untuk menghitung jumlah nilai pixel diameter lubang sampel secara vertikal dan mengeksekusinya dalam satuan jarak (millimeter).

10. Tampilan untuk *interface* dengan program Delphi 7 disajikan pada Gambar 3.8.
11. *Flowchart* untuk metode *interface* ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.8. Contoh metode *interface* dengan program Delphi 7



Gambar 3.9. *Flowchart interface* dengan program Delphi 7

3.3.8 Metode Pengukuran Diameter Lubang pada Sampel dengan Program Matrox Inspector 2.1

1. Pengukuran diameter lubang pada sampel bahan gigi tiruan, diawali dengan menscan sampel bahan gigi tiruan menggunakan scanner. Hasil scanner disimpan dalam format .jpg.
2. Gambar sampel hasil capture dari scanner dibuka pada program Matrox Inspector 2.1. Dipilih *New Marker* untuk memilih *distance* dan mengaccept. Kemudian dipilih *Options* untuk melakukan *Calibration* besar jarak 1 mm dengan besar *pixels*.
3. Setelah melakukan kalibrasi, dipilih *Line Profile* untuk mengukur jarak diameter lubang pada sampel, hasilnya ditunjukkan dengan grafik RGB. Pola grafik RGB diambil lembah yang paling rendah, dan besarnya *value* diganti dengan *distance*, maka hasil pengukuran diameter lubang pada sampel dapat diketahui.
4. Tampilan untuk proses kalibrasi *pixel to distance* pada metode *image processing* dengan Matrox Inspector 2.1 disajikan pada Gambar 3.10.
5. Tampilan untuk proses *measuring of distance* pada metode *image processing* dengan program Matrox Inspector 2.1 disajikan pada Gambar 3.11.

3.3.9 Perhitungan Akurasi Hasil Pengukuran

Akurasi adalah tingkat kedekatan pengukuran kuantitas terhadap nilai yang dianggap benar. Pada penelitian ini, nilai yang pengukuran yang dianggap benar adalah nilai hasil pengukuran dari *ground of truth* penelitian (Nindiyasari, 2012).

Untuk mengetahui nilai persentase *error* dan akurasi sistem sensor pergeseran yang digunakan untuk estimasi pengukuran diameter lubang gigi, digunakan persamaan :

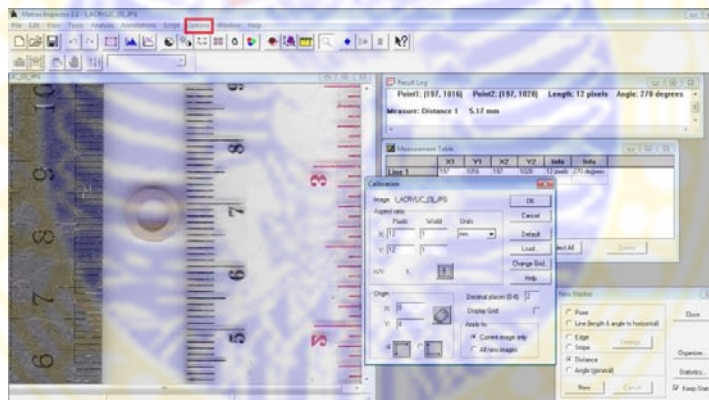
$$\% \text{ error} = \left| \frac{X_p - X_g}{X_g} \right| \times 100 \% \quad (3.1)$$

$$\% \text{ Akurasi} = 100 \% - \% \text{ error} \quad (3.2)$$

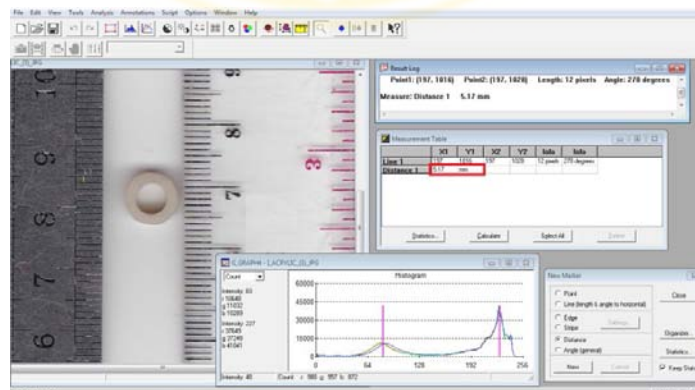
Keterangan :

X_p = Nilai hasil pengukuran menggunakan metode *optical imaging*

X_g = Nilai hasil pengukuran menggunakan metode *image processing* yang ditentukan (Nindiyasari, 2012).



Gambar 3.10. Contoh kalibrasi nilai pixel ke satuan jarak dengan program Matrox Inspector 2.1 untuk sampel *Acrylic Denture*



Gambar 3.11. Contoh pengukuran diameter sampel dengan program Matrox Inspector 2.1 untuk sampel *Acrylic Denture*.