

**ANALISIS PENGARUH VARIASI SUDUT DATANG DAN SUDUT  
TANGKAP CAHAYA PADA PERSEBARAN CITRA SPEKEL BERAS  
DENGAN METODE *LASER SPECKLE CONTRAST IMAGING* (LSCI)  
BERBASIS *GRAPHICAL USER INTERFACE* (GUI) MATLAB**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**MAHARDHIKA MEGA UTAMA**  
NIM. 16640053



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2020**

ANALISIS PENGARUH VARIASI SUDUT DATANG DAN SUDUT  
TANGKAP CAHAYA PADA PERSEBARAN CITRA SPEKEL BERAS  
DENGAN METODE *LASER SPECKLE CONTRAST IMAGING* (LSCI)  
BERBASIS *GRAPHICAL USER INTERFACE* (GUI) MATLAB

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:**

**MAHARDHIKA MEGA UTAMA  
NIM. 16640053**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2020**

## HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS PENGARUH VARIASI SUDUT DATANG DAN SUDUT  
TANGKAP CAHAYA PADA PERSEBARAN CITRA SPEKEL BERAS  
DENGAN METODE *LASER SPECKLE CONTRAST IMAGING* (LSCI)  
BERBASIS *GRAPHICAL USER INTERFACE* (GUI) MATLAB

SKRIPSI

Oleh:  
Mahardhika Mega Utama  
NIM. 16640053

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji  
Pada tanggal: 30 April 2020

Pembimbing I



Farid Samsu Hananto, M.T  
NIP. 19740513 200312 1 001

Pembimbing II



Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si  
NIDT. 19870215 20180201 2 233

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

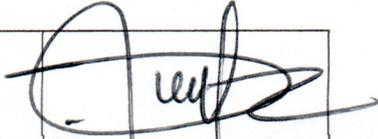
## HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH VARIASI SUDUT DATANG DAN SUDUT  
TANGKAP CAHAYA PADA PERSEBARAN CITRA SPEKEL BERAS  
DENGAN METODE *LASER SPECKLE CONTRAST IMAGING* (LSCI)  
BERBASIS *GRAPHICAL USER INTERFACE* (GUI) MATLAB

### SKRIPSI

Oleh:  
Mahardhika Mega Utama  
NIM. 16640053

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal : 05 Juni 2020

Penguji Utama	: <u>Dr. H. M. Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Ketua Penguji	: <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Sekretaris Penguji	: <u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Anggota Penguji	: <u>Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si</u> NIDT. 19870215 20180201 2 233	

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Fisika



  
Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

## HALAMAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mahardhika Mega Utama  
NIM : 16640053  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Sains Dan Teknologi  
Judul Penelitian : Analisis Pengaruh Variasi Sudut Datang dan Sudut Tangkap Cahaya Pada Persebaran Citra Spekel Beras dengan Metode *Laser Speckle Contrast Imaging (LSCI)* Berbasis *Graphical User Interface (GUI)* MATLAB

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutip dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 01 Mei 2020



Membuat Pernyataan

  
Mahardhika Mega Utama

NIM. 16640053

## MOTTO

Hidup memerlukan perjuangan...

Perjuangan memerlukan pengorbanan...

Pengorbanan memerlukan ketabahan...

Ketabahan memerlukan keyakinan...

*Patience is needed when you want to achieve a success*

*Where There's a will, There's a way*



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucap rasa syukur Alhamdulillah

Skripsi ini ku persembahkan untuk :

1. Bapak Saleh Utomo dan Ibu Harnani, untuk kasih sayang dan motivasi, serta doa yang tiada henti. Sehingga saya dapat menjalani dan melewati segala rintangan dalam kehidupan.
2. Kakakku, untuk motivasi dan arahnya mengenai kepenulisan skripsi, serta doanya untukku.
3. Para dosen dan pembimbing, yang telah membantu dalam membuka cakrawala dunia melalui keluasan ilmu pengetahuan. Semoga dapat bermanfaat di Dunia dan di Akhirat.
4. Teman-teman seperjuanganku di program studi S1 Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang angkatan 2016 yang selalu membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Agamaku, Tanah Airku, dan Almamaterku !!!

Terima kasih atas motivasi yang telah diberikan selama ini, semoga Allah SWT membalas budi baik kalian semua, Amiin...

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil'alamin, segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan nikmatnya berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan, serta kesabaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang telah penulis susun ini berjudul “**Analisis Pengaruh Variasi Sudut Datang dan Sudut Tangkap Laser Pada Persebaran Citra Spekel Beras dengan Metode *Laser Speckel Contrast Imaging (LSCI) Berbasis Graphical User Interface (GUI) MATLAB***”. Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang cerah dan penuh dengan ilmu pengetahuan yang luar biasa saat ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Khususnya penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang memberikan arahan untuk penulis sehingga mampu menyelesaikan proposal ini dengan baik.
4. Farid Samsu Hananto, M.T selaku Dosen Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus pembimbing skripsi yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dengan sabar dalam penulisan skripsi.
5. Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si selaku Dosen Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus dosen pembimbing lapangan dan integrasi yang telah membimbing, serta mengarahkan penulis dengan sabar dalam penulisan skripsi.

6. Bapak, Ibu, Kakak dan keluarga yang selalu mendoakan serta memberi dukungan yang berharga.
7. Niswatul Kariimah, S.Si sebagai tutor yang memberi arahan penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
8. Sahabat-sahabat Fisika 2016 yang tiada henti memberikan semangat dalam menyusun skripsi ini.
9. Serta terimakasih semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka dengan nikmat yang berlipat ganda baik di dunia maupun di akhirat kelak, Amin. Penulis berharap semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca, dalam menambah wawasan ilmiah dan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat penulis harapkan demi kebaikan bersama.

Malang, 08 April 2020

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	v
<b>MOTTO</b> .....	vi
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>ABSTRAK</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1 Standar Kualitas Mutu Beras .....	8
2.2 Cahaya .....	9
2.2.1 Pemantulan Cahaya Baur/Difus .....	9
2.2.2 Interferensi Cahaya.....	11
2.2.3 Laser Helium Neon (He-Ne) .....	14
2.3 Metode <i>Laser Speckle Imaging</i> (LSI).....	16
2.3.1 <i>Laser Speckle Contrast Imaging</i> (LSCI) .....	18
2.4 <i>Software</i> MATLAB .....	23
2.4.1 Algoritma Pengolahan Citra Spekel dari Kamera CCD pada MATLAB.....	25
2.4.2 Algoritma Pengolahan Citra Spekel dari Kamera VGA pada MATLAB.....	27
2.5 Citra Digital .....	29
2.6 Pengolahan Citra Digital.....	30
2.7 Kamera VGA ( <i>Action Camera</i> VGA 30 fps) .....	32
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	34
3.2 Jenis Penelitian .....	34
3.3 Studi Literatur .....	34
3.4 Alat dan Bahan .....	35
3.4.1 Alat Penelitian .....	35
3.4.2 Bahan Penelitian.....	36
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	36
3.6 Prosedur Perancangan Alat dan Aplikasi .....	38
3.6.1 Prosedur Penyusunan Alat Pengambilan Data .....	38

3.6.2	Prosedur Pembuatan Aplikasi Pengolahan Citra Spekel .....	39
3.7	Metode Pengambilan Data.....	40
3.7.1	Skema Pengambilan Data.....	41
3.8	Pengolahan Data .....	42
3.8.1	Diagram Alir Pengolahan Data pada Aplikasi .....	43
3.8.2	Penentuan Nilai Kontras Citra Spekel.....	44
3.9	Metode Analisis Data .....	44
3.10	<i>Layout Interface</i> Aplikasi Pengolahan Citra Spekel Berbasis GUI MATLAB.....	45
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Hasil Penelitian.....	46
4.1.1	Pembuatan dan Pengoperasian Aplikasi Pengolahan Citra Spekel Berbasis GUI MATLAB .....	47
4.1.2	Pemrograman Aplikasi .....	56
4.1.3	Data Hasil Pengolahan Citra Spekel Beras .....	59
4.1.4	Data Tingkat Akurasi Pengukuran Aplikasi.....	79
4.2	Pembahasan .....	82
4.2.1	Pengaruh Variasi Sudut Datang dan Sudut Tangkap Cahaya pada Citra Spekel Beras yang Dihasilkan .....	82
4.2.2	Sudut Datang dan Sudut Tangkap Cahaya yang Tepat untuk Menghasilkan Pola Spekel Optimum .....	86
4.2.3	Tingkat Akurasi Pengukuran Aplikasi Analisis Kontras Citra Spekel .....	88
4.3	Integrasi Penelitian dengan Al-Qur'an .....	90
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan.....	95
5.2	Saran .....	96
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pemantulan Cahaya Baur/Difus .....	10
Gambar 2.2	Hasil Gelombang Interferensi Konstruktif .....	12
Gambar 2.3	Hasil Gelombang Interferensi Destruktif .....	13
Gambar 2.4	Skema Percobaan Interferensi Thomas Young .....	14
Gambar 2.5	Bagian-Bagian Laser He-Ne.....	15
Gambar 2.6	Pola Spekel Laser Sintetis dengan Resolusi 320 x 240 Piksel dan Ukuran Spot 8 Piksel Per Spekel .....	16
Gambar 2.7	<i>Action Camera</i> VGA 30 fps Resolusi 640 x 480 Piksel.....	32
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	37
Gambar 3.2	Skema Posisi Pengambilan Data .....	41
Gambar 3.3	Skema Penentuan Sudut Datang dan Sudut Tangkap.....	41
Gambar 3.4	Diagram Alir Pengolahan Data pada Aplikasi .....	43
Gambar 3.5	<i>Layout</i> Aplikasi Pengolahan Citra Spekel Berbasis GUI MATLAB .....	45
Gambar 4.1	(a)Letak Menu GUI Baru (b)Pemilihan GUI Kosong untuk Pembuatan Aplikasi .....	47
Gambar 4.2	Desain Template GUI dari Aplikasi Analisis Kontras Citra Spekel .....	48
Gambar 4.3	Pengaturan Tombol Template GUI pada Aplikasi Analisis Kontras Citra Spekel .....	50
Gambar 4.4	Pemanggilan Editor MATLAB untuk Pengisian <i>Coding</i> .....	51
Gambar 4.5	Pengisian <i>Coding</i> Aplikasi .....	51
Gambar 4.6	Pemanggilan Fitur <i>deploytool</i> .....	52
Gambar 4.7	(a)Pemanggilan Fitur <i>Application Compiler</i> (b)Memasukkan File Utama Aplikasi dan Ekstraksi Aplikasi.....	52
Gambar 4.8	Pengisian Informasi dan File Penunjang Aplikasi.....	53
Gambar 4.9	Pengujian untuk Menjalankan Aplikasi.....	53
Gambar 4.10	Tampilan Aplikasi .....	53
Gambar 4.11	File Gambar Ditampilkan pada <i>Listbox</i> .....	54
Gambar 4.12	Tampilan Aplikasi Ketika Dijalankan .....	54
Gambar 4.13	Tampilan Aplikasi Ketika Proses <i>Export Data</i> .....	55
Gambar 4.14	Lokasi File Hasil <i>Export Data</i> pada Aplikasi.....	55
Gambar 4.15	Grafik Hubungan Variasi Sudut Datang Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Sumbu X .....	61
Gambar 4.16	Grafik Hubungan Variasi Sudut Tangkap Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Sumbu X .....	62
Gambar 4.17	Grafik Hubungan Variasi Sudut Datang Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Sumbu Y .....	64
Gambar 4.18	Grafik Hubungan Variasi Sudut Tangkap Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Sumbu Y .....	65
Gambar 4.19	Grafik Hubungan Variasi Sudut Datang Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 1.....	67
Gambar 4.20	Grafik Hubungan Variasi Sudut Tangkap Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 1.....	68

Gambar 4.21	Grafik Hubungan Variasi Sudut Datang Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 2.....	70
Gambar 4.22	Grafik Hubungan Variasi Sudut Tangkap Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 2.....	71
Gambar 4.23	Grafik Hubungan Variasi Sudut Datang Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 3.....	73
Gambar 4.24	Grafik Hubungan Variasi Sudut Tangkap Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 3.....	75
Gambar 4.25	Grafik Hubungan Variasi Sudut Datang Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 4.....	77
Gambar 4.26	Grafik Hubungan Variasi Sudut Tangkap Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 4.....	78
Gambar 4.27	Citra Spekel Beras pada Variasi Sudut Tangkap (Rentang Sudut $10^{\circ}$ hingga $80^{\circ}$ ) .....	83
Gambar 4.28	Citra Spekel Beras pada Variasi Sudut Datang (Rentang Sudut $0^{\circ}$ hingga $80^{\circ}$ ) .....	84
Gambar 4.29	(a)Citra Spekel Beras Pada Sudut Datang $0^{\circ}$ dengan Nilai Kontras Optimum (b)Citra Spekel Beras Pada Sudut Tangkap $20^{\circ}$ dengan Nilai Kontras Optimum .....	88

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Format Tabel Pengambilan Data Penelitian.....	42
Tabel 4.1	Fitur yang Digunakan untuk Membuat Aplikasi.....	48
Tabel 4.2	Data Penentuan Jarak Antar Perangkat Pengambilan Data .....	59
Tabel 4.3	Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Datang di Sumbu X.....	60
Tabel 4.4	Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Tangkap di Sumbu X .....	61
Tabel 4.5	Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Datang di Sumbu Y.....	63
Tabel 4.6	Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Tangkap di Sumbu Y .....	64
Tabel 4.7	Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Datang di Kuadran 1 .....	66
Tabel 4.8	Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Tangkap di Kuadran 1.....	67
Tabel 4.9	Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Datang di Kuadran 2 .....	69
Tabel 4.10	Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Tangkap di Kuadran 2.....	71
Tabel 4.11	Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Datang di Kuadran 3 .....	72
Tabel 4.12	Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Tangkap di Kuadran 3.....	74
Tabel 4.13	Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Datang di Kuadran 4 .....	76
Tabel 4.14	Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Tangkap di Kuadran 4.....	77
Tabel 4.15	Data Hasil Pengujian Tingkat Akurasi Pengukuran Aplikasi.....	79
Tabel 4.16	Nilai Kontras Citra Spekel yang Optimum pada Variasi Posisi Pengambilan Data .....	87
Tabel 4.17	Hasil Akhir Pengujian Tingkat Akurasi Pengukuran Aplikasi .....	89

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Dokumentasi Pengambilan Data
- Lampiran 2 Citra Spekel Beras Hasil Variasi Sudut Datang
- Lampiran 3 Citra Spekel Beras Hasil Variasi Sudut Tangkap
- Lampiran 4 *Coding* Aplikasi
- Lampiran 5 Data Hasil Pengolahan Citra Spekel
- Lampiran 6 Grafik *Plotting* Data Hasil



## ABSTRAK

Utama, Mahardhika Mega. 2020. **Analisis Pengaruh Variasi Sudut Datang dan Sudut Tangkap Cahaya Pada Persebaran Citra Spekel Beras dengan Metode *Laser Speckle Contrast Imaging* (LSCI) Berbasis *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB.** Skripsi : Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing : (I) Farid Samsu Hananto, M.T, (II) Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si

---

**Kata Kunci** : *Laser Speckle Contrast Imaging* (LSCI), Citra Spekel, GUI MATLAB, Nilai Kontras, Sudut Datang, Sudut Tangkap

Beras menjadi makanan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia karena memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi dan berbagai kandungan gizi lainnya. Beras merupakan hasil pengolahan pasca panen padi, sehingga perlu dilakukan pengecekan untuk menjaga kualitas beras sebelum didistribusikan. LSCI (*Laser Speckle Contrast Imaging*) merupakan metode yang dapat diterapkan untuk melakukan pengecekan kualitas beras dengan memanfaatkan citra spekel. Citra spekel dapat dianalisis dengan melihat perubahan nilai kontras menggunakan software ImageJ maupun MATLAB. Dilakukan pengambilan data penelitian dengan variasi sudut datang laser pada rentang  $0^\circ - 80^\circ$  dan variasi sudut tangkap cahaya laser (sudut kamera) pada rentang  $10^\circ - 90^\circ$ . Nilai sudut datang dan sudut tangkap cahaya laser yang tepat agar menghasilkan citra spekel dengan nilai kontras optimum berada di sudut datang  $0^\circ$  dan sudut tangkap  $20^\circ$  pada semua posisi pengambilan data. Diperoleh rata-rata nilai kontras paling optimum pada variasi sudut datang yaitu sebesar 1,27070 a.u dan pada variasi sudut tangkap cahaya yaitu sebesar 1,51173 a.u. Serta diperoleh hasil tingkat akurasi pengukuran aplikasi berkisar antara 99,95 % hingga 100,00 %. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa aplikasi yang dibuat bekerja sesuai dengan program dan dapat digunakan untuk mencari nilai *mean*, standar deviasi, serta nilai kontras dari citra spekel.

## ABSTRACT

Utama, Mahardhika Mega. 2020. *Analysis Effect of Variation of Arrival Angle and Capture Angle of Light on the Spread of Rice Speckle Image using Laser Speckle Contrast Imaging (LSCI) Method Based on Graphical User Interface (GUI) MATLAB*. Undergraduate Thesis. Physics Department. Science and Technology Faculty. Maulana Malik Ibrahim Islamic State University. Supervisor: (I) Farid Samsu Hananto, M.T, (II) Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si

---

**Keywords:** *Laser Speckel Contrast Imaging* (LSCI), Speckle Image, GUI MATLAB, Arrival Angle, Capture Angle, Contrast Value.

Rice is the staple food of most Indonesian people because it has a high carbohydrate content and various other nutritional content. Rice is the result of post-harvest rice processing, so it is necessary to check to maintain the quality of rice before it is distributed. LSCI (*Laser Speckle Contrast Imaging*) is a method that can be applied to check the quality of rice by utilizing speckle imagery. Speckle images can be analyzed by looking at changes in contrast values using ImageJ or MATLAB software. Research data was taken with variations of the arrival angle of laser light in the range  $0^\circ - 80^\circ$  and variations of the capture angle (camera angle) in the range of  $10^\circ - 80^\circ$ . The arrival angle and the capture angle of the laser light in order to produce a speckle image with the optimum contrast value is at the  $0^\circ$  of arrival angle and  $20^\circ$  of the capture angle at all data retrieval positions. Obtained the most optimum contrast value in the variation of the arrival angle that is equal to 1,27070 a.u and the variation of the capture angle of light that is equal to 1,51173 a.u. As well as the results obtained the accuracy level of application measurements ranged from 99,95% to 100,00%. These results indicate that the application made works in accordance with the program and can be used to find the mean value, standard deviation, and the contrast value of the speckle image.

## مستلخص البحث

أوتاما، ماهرديكا ميكا. 2020. تحليل آثار اختلاف الزاوية القادمة والزاوية مسك الضوء على توزيع صورة رقطة الارز باستخدام طريقة التصوير بالليزر متباين (LSCI) على أساس واجهة المستخدم الرسومية (MATLAB (GUI) . بحث الجامعي. قسم الفيزياء. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف:(الأول) فريد شمس هانانتو الماجستير (الثاني) ويويس ساسميتانينج هداية الماجستير .

الكلمة الإشارية: التصوير بالليزر متباين، صورة رقطة، GUI MATLAB ، قيمة التباين عن الزاوية القادمة، زاوية المسك.

الأرز تكون الأطعمة الرئيسية على معظم المجتمع إندونيسيا لامتلاك تكوين الكربوهيدرات وأنواع تكوين الغذائية الأخرى. الأرز تكون حصول التحويل بعد حصاد الأرز. ولذلك لازم عقد التفتيش لحفظ جودة الأرز قبل التوزيع. الطريقة المستخدمة تعني طريقة التصوير بالليزر متباين لتعرف جودة الأرز باستفاد صورة رقطة. تحللت صورة رقطة بنظر قيمة الاختلاف باستخدام برنامج ImageJ أو MATLAB. تم أخذ بيانات البحث مع اختلافات في زاوية قادمة الليزر في النطاق  $0^\circ - 80^\circ$  والاختلافات في زاوية مسك ضوء الليزر (زاوية الكاميرا) في نطاق  $10^\circ - 80^\circ$ . الزاوية القادمة والزاوية مسك الضوء الليزر المناسبة تحصل صورة الرقطة بقيمة التباين المثلى يجده في الزاوية القادمة  $0^\circ$  وزاوية المسك  $20^\circ$  في كل موقف أخذ البيانات. فحصلت إجمال قيمة التباين المثلى يعني  $1,27070$  a.u. واختلاف الزاوية مسك الضوء يعني  $1,51173$  a.u. . ويحصل حصول مستوى دقة قياس التطبيق يدوم بين  $99,95\%$  إلى  $100,00\%$ . يشير هذا الحصول أن البرنامج المصنوعة يعمل حسب البرامج وقدرة استخدامها في بحث قيمة المعنى ومعيار الانحراف وقيمة الاختلاف من صورة الرقطة.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tumbuhan termasuk dalam salah satu jenis makhluk hidup yang telah diciptakan oleh Allah SWT dengan memiliki aneka ragam bentuk dan fungsinya. Banyak bagian tumbuhan yang bisa dimanfaatkan oleh manusia untuk menunjang kehidupannya, salah satunya yaitu biji. Terdapat berbagai macam jenis tumbuhan berbiji yang dapat dikonsumsi manusia. Tumbuhan biji-bijian yang tidak asing bagi masyarakat Indonesia adalah padi (*Oryza sativa*). Padi menjadi sumber makanan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia karena memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi dan berbagai kandungan gizi lainnya.

Firman Allah SWT :

إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَىٰ ۗ يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَيُخْرِجُ الْمَيِّتَ مِنَ الْحَيِّ ۗ ذَٰلِكُمْ اللَّهُ ۗ فَأَنَّىٰ تُؤْفَكُونَ

Artinya :

*Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan. Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. (Yang memiliki sifat-sifat) demikian ialah Allah, maka mengapa kamu masih berpaling ? (Q.S Al-An'am: 95)*

Padi yang memiliki nama latin *Oryza sativa* tergolong dalam tumbuhan biji-bijian yang dijelaskan secara tersirat dalam Al-Qur'an pada Surat Al-An'am ayat 95 ini yaitu "Allah SWT yang menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan". Sehingga kita sebagai seorang muslim yang bertaqwa harus memanfaatkan butir tumbuh-tumbuhan (padi) yang diberikan Allah SWT untuk menunjang kehidupan kita. Akan tetapi sebelum dikonsumsi, padi terlebih dahulu harus diolah yang nantinya

akan menghasilkan beras. Beras diperoleh dari hasil pasca panen padi, sehingga biasanya beras disimpan terlebih dahulu sebelum didistribusikan kepada masyarakat. Oleh sebab itu, maka perlu ditetapkan standar minimum dalam pengecekan kualitas mutu beras sebelum disalurkan kepada konsumen maupun pedagang di pasaran. Bulog menjadi perusahaan BUMN yang bergerak dalam penyediaan dan pendistribusian beras pasca panen di Indonesia. Pengujian mutu beras oleh Bulog dilakukan melalui pengujian secara eksperimental pada laboratorium dan pengujian secara visual.

Pengujian kualitas mutu beras yang dilakukan sebagian besar masih menggunakan cara manual yang rawan dalam mengakibatkan terjadinya kesalahan karena keterbatasan penglihatan manusia dan subjektivitas penguji. Sehingga pengujian mutu beras dengan memanfaatkan pengolahan citra digital dapat menjadi salah satu solusi yang memiliki efektivitas dan subjektivitas tinggi untuk penyelesaian permasalahan yang ada saat ini. Salah satu metode yang dapat diterapkan dalam pengujian tersebut yaitu dengan menganalisa pola spekel beras yang diperoleh dari *Laser Speckle Imaging* (LSI).

LSI (*Laser Speckle Imaging*) dapat digunakan untuk mendeteksi sinyal optik dari jaringan biologi yang bersifat tidak merusak (*Non-Destructive Detection*) sehingga cocok digunakan untuk mendeteksi kualitas mutu beras. Metode LSI sudah banyak digunakan oleh peneliti untuk mengidentifikasi banyak hal. Metode *Laser Speckle Imaging* (LSI) untuk mendeteksi formalin pada tomat oleh Fitriyadkk (2013), penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa pada buah tomat yang mengandung formalin memiliki nilai kontras citra spekel lebih kecil apabila dibandingkan dengan nilai kontras citra spekel pada buah tomat yang tidak

menggunakan formalin. Kemudian metode LSI digunakan untuk pengukuran kadar gula darah oleh Zulkarnain dan Minarni (2018), penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa nilai kontras citra spekel yang terukur pada kadar glukosa darah 98 mg/dl yaitu sebesar 0,943 a.u dan intensitas citra spekel yang terukur pada kadar glukosa darah 142 mg/dl yaitu sebesar 0,732 a.u. Kemudian, metode LSI juga digunakan mendeteksi pengaruh sudut penyinaran terhadap hasil *gray value* pola spekel pada buah apel oleh Siregar dkk (2016), penelitian ini menghasilkan nilai derajat keabuan akan terpengaruh oleh sudut penyinaran yaitu semakin besar sudut penyinaran maka semakin kecil tingkat *gray value* pola spekel dihasilkan. Penelitian-penelitian tersebut mendorong penulis untuk menggunakan metode *Laser Speckle Imaging* (LSI).

Pengujian kualitas mutu beras sudah pernah dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya dengan menggunakan citra digital. Metode citra digital pada penelitian yang dilakukan oleh Ajay dkk (2013), digunakan untuk mengklasifikasikan keutuhan bentuk bulir beras menggunakan metode morfologi citra. Kesimpulan yang diperoleh yaitu metode morfologi citra memiliki efisiensi cukup baik dalam membedakan bulir beras yang utuh dan bulir beras yang patah. Kemudian penggunaan citra digital dalam penelitian yang dilakukan oleh Suminar dkk (2012) dengan menerapkan metode ekstraksi ciri statistik pada citra digital menggunakan *K-Nearest Neighbour* (KNN). Kesimpulan yang diperoleh yaitu penggunaan *K-Nearest Neighbour* (KNN) memiliki akurasi sebesar 84,167% dalam mengklasifikasikan ekstraksi ciri statistik citra digital. Selanjutnya penelitian lain yang dilakukan oleh Somantri dkk (2013) membahas tentang penggunaan pengolahan citra digital dan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk

identifikasi kualitas mutu fisik beras. Klasifikasi warna bulir beras dapat dibedakan menggunakan *Red, Green, Blue* (RGB) dan *Hue, Saturation, Intensity* (HSI) sedangkan klasifikasi bentuk bulir beras melalui luas dan kelilingnya memanfaatkan metode jaringan syaraf tiruan. Kesimpulan penelitian ini yaitu penggunaan metode pengolahan citra digital dan jaringan syaraf tiruan memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mengidentifikasi kualitas mutu beras.

Penggunaan citra spekel dalam pengujian kualitas bahan memiliki beberapa parameter yang harus diperhatikan. Menurut Muchlian dkk pada tahun 2013, ukuran bulir spekel yang dihasilkan bergantung pada panjang gelombang cahaya, ukuran berkas cahaya, jarak bidang pengamatan terhadap sumber cahaya, kekasaran permukaan benda, serta sudut yang terbentuk oleh laser dan detektor terhadap bidang. Oleh karena itu dilakukan penelitian kali ini untuk mengetahui pengaruh variasi sudut datang dan sudut tangkap cahaya laser terhadap pola spekel yang dihasilkan. Selain itu juga untuk mengetahui besar sudut datang laser dan sudut tangkap detektor (kamera) yang tepat agar pola spekel yang dihasilkan memiliki nilai kontras optimum, sehingga pola spekel dapat digunakan sebagai pengukuran untuk menguji kualitas beras berbasis citra digital.

Pengolahan citra untuk memperoleh nilai kontras citra spekel merupakan suatu metode cukup jarang diketahui. Sehingga dibuatlah aplikasi analisis kontras citra spekel dengan mengimplementasikan *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB. Dengan pembuatan aplikasi ini diharapkan dapat mempermudah dalam menganalisis citra spekel. Sehingga dapat diterapkan untuk melakukan pengujian secara visual melalui citra digital pada beras.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka didapatkan rumusan masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian kali ini antara lain yaitu :

1. Bagaimana pengaruh sudut datang dan sudut tangkap cahaya laser terhadap pola spekel beras yang dihasilkan ?
2. Berapakah nilai sudut datang dan sudut tangkap cahaya laser yang tepat agar menghasilkan pola spekel beras yang optimum ?
3. Bagaimana tingkat akurasi pengukuran dari aplikasi pengolahan citra spekel berbasis *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang akan dibahas, maka tujuan penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menganalisis pengaruh variasi sudut datang dan sudut tangkap cahaya laser terhadap pola spekel beras yang dihasilkan.
2. Untuk mengetahui besar nilai sudut datang dan sudut tangkap cahaya laser yang tepat agar menghasilkan pola spekel beras yang optimum.
3. Untuk mengetahui tingkat akurasi pengukuran dari aplikasi pengolahan citra spekel berbasis *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB yang dibuat.

## 1.4 Batasan Masalah

Untuk membuat penelitian kali ini lebih terarah sesuai yang diharapkan, maka permasalahan yang terbentuk harus diberi batasan. Adapun batasan masalah yang ada pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan pada citra spekel beras.
2. Software MATLAB yang digunakan penelitian kali ini yaitu MATLAB versi R2015a.
3. Aplikasi GUI yang dibuat hanya digunakan untuk analisis kontras citra spekel sesuai metode *Laser Speckle Contrast Imaging* (LSCI).
4. Pengambilan data dilakukan pada sudut datang antara  $0^0 - 80^0$  dengan variasi sudut setiap 10 derajat dan sudut tangkap pada rentang  $10^0 - 80^0$ .
5. Jenis kamera yang digunakan adalah *Sport Action Camera* VGA (Kamera VGA) 30 fps.
6. Citra yang dapat diolah hanya yang berasal dari kamera VGA atau kamera CCD (resolusi 640x480 piksel).
7. Hasil penelitian kali ini digunakan untuk pengembangan sensor kualitas beras berbasis cahaya.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

#### **1. Bagi Penulis**

Manfaat yang dapat diambil oleh penulis dari penelitian kali ini yaitu untuk menambah pengetahuan tentang cara analisis kontras citra spekel dengan metode *Laser Speckle Contrast Imaging* (LSCI). Serta dapat menambah wawasan tentang bahasa pemrograman maupun penggunaan fitur-fitur yang ada dalam Software MATLAB untuk pengolahan citra digital.

## 2. Bagi Pembaca

Manfaat yang dapat diambil oleh pembaca yaitu untuk mengetahui besar sudut datang dan sudut tangkap cahaya laser yang cocok agar menghasilkan citra spekel yang optimum, serta mengetahui cara penggunaan aplikasi berbasis *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB yang dapat membantu untuk menganalisis kontras citra spekel.



## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Standar Kualitas Mutu Beras**

Menurut Inpres No.5 tahun 2015, pengadaan beras baik untuk kebutuhan dalam negeri maupun pengadaan beras dari luar negeri hanya dilakukan oleh Perum BULOG. Pengadaan beras ditentukan oleh beberapa kriteria yang harus dipenuhi petani agar beras dapat diterima oleh BULOG yaitu :

1. Pembelian pada gabah kering panen dalam negeri dapat dilakukan dengan kualitas kadar air maksimum 25% (dua puluh lima perseratus) dan kadar hampa/kotoran maksimum 10% (sepuluh perseratus).
2. Pembelian pada gabah kering giling dalam negeri dapat dilakukan dengan kualitas kadar air maksimum 14% (empat belas perseratus) dan kadar hampa/kotoran maksimum 3% (tiga perseratus).
3. Pembelian Beras dalam negeri dapat dilakukan dengan kualitas kadar air maksimum 14% (empat belas perseratus).

Proses pengujian yang ditetapkan dari pihak BULOG terdapat dua tahap, yaitu uji visual dan uji laboratorium. Uji kualitas beras secara visual dapat dilihat dari keutuhan, kebersihan, dan putihnya beras. Pengujian beras secara masih menggunakan cara manual, dengan mengandalkan indra penglihatan dan penciuman manusia (Aprilia dan Ristu, 2015).

Pengujian kualitas mutu beras yang dilakukan sebagian besar masih menggunakan cara manual yang rawan dalam mengakibatkan terjadinya kesalahan karena keterbatasan penglihatan manusia dan subjektivitas penguji. Sehingga pengujian mutu beras dengan memanfaatkan pengolahan citra digital

dapat menjadi salah satu solusi yang memiliki efektivitas dan subjektivitas tinggi untuk penyelesaian permasalahan yang ada saat ini (Amal dan Bambang, 2017).

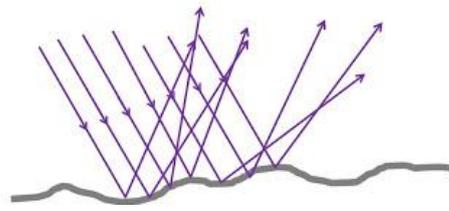
## **2.2 Cahaya**

Cahaya adalah energi berbentuk gelombang elektromagnetik yang kasat mata dengan panjang gelombang sekitar 380–750 nm. Pada bidang fisika, cahaya adalah radiasi elektromagnetik, baik dengan panjang gelombang kasat mata maupun yang tidak. Paket cahaya yang disebut spektrum kemudian dipersepsikan secara visual oleh indera penglihatan sebagai warna (Bueche dan Eugene, 2006).

Selain itu cahaya juga mempunyai sifat yang berkaitan dengan partikel, karena energinya tidak disebarkan merata pada muka gelombang, melainkan dilepaskan dalam bentuk buntelan-buntelan seperti partikel, sebuah buntelan diskrit (kuantum) energi elektromagnetik ini dikenal sebagai sebuah foton (Krane, 1992).

### **2.2.1 Pemantulan Cahaya Baur/Difus**

Ketika gelombang dari tipe apapun mengenai sebuah penghalang seperti sebuah cermin, gelombang-gelombang baru yang dibangkitkan akan bergerak menjauhi bidang tersebut. Fenomena ini disebut dengan pemantulan cahaya. Pemantulan terjadi pada bidang batas antara dua medium berbeda. Cahaya yang terpantul akan memiliki fase dan intensitas tertentu, bergantung pada jenis fenomena pemantulan cahaya yang terjadi. Adapun salah satu jenis pemantulan cahaya adalah pemantulan baur/difus, yang dapat digambarkan seperti dibawah ini (Halliday dkk, 2013).



Gambar 2.1 Pemantulan Cahaya Baur/Difus  
(Bueche dan Eugene, 2006)

Pada saat cahaya mengenai suatu permukaan yang tidak rata, maka sinar-sinar sejajar yang datang pada permukaan tersebut dipantulkan tidak sebagai sinar-sinar sejajar. Pemantulan yang seperti ini disebut pemantulan baur. Akibat pemantulan baur ini kita dapat melihat benda dari berbagai arah. Misalnya pada kain atau kertas yang disinari lampu sorot di dalam ruang gelap kita dapat melihat apa yang ada pada kain atau kertas tersebut dari berbagai arah. Sifat-sifat pemantulan baur antara lain (Bueche dan Eugene, 2006):

1. Berkas sinar-sinar sejajar dipantulkan ke segala arah.
2. Hanya sedikit sinar pantul yang mengenai mata pengamat sehingga benda tampak suram.
3. Terjadi pada benda yang mempunyai permukaan kasar.

Persamaan umum pemantulan cahaya adalah (Bueche dan Eugene, 2006):

$$\theta_i = \theta_r \quad (2.1)$$

$$I_i \sin \theta_i = I_r \sin \theta_r \quad (2.2)$$

Dimana :

- $\theta_i$  = sudut datang (derajat)
- $\theta_r$  = sudut pantul (derajat)
- $I_i$  = sinar datang
- $I_r$  = sinar pantul

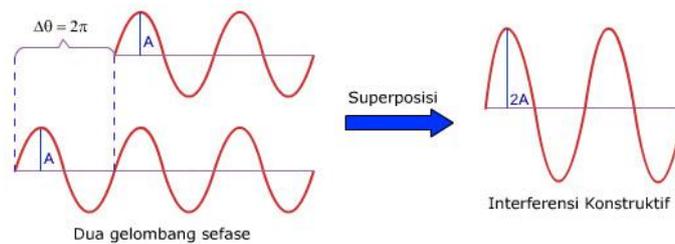
### 2.2.2 Interferensi Cahaya

Interferensi adalah fenomena di mana dua atau lebih gelombang saling tumpang tindih pada suatu titik tertentu dalam ruang. Interferensi sebagian besar dibahas untuk gelombang koheren. Dua buah gelombang dikatakan koheren bila kedua gelombang memiliki frekuensi sama dan beda fase yang konstan. Untuk gelombang koheren, pola interferensi dapat digambarkan secara matematis dengan cara yang sederhana (Tipler, 1998).

Ketika dua gelombang koheren dengan amplitudo yang sama berinteraksi satu sama lain (tumpang tindih di suatu titik), maka amplitudo yang dihasilkan pada titik tersebut dapat bervariasi dari nol hingga dua kali amplitudo. Prinsip utama interferensi adalah prinsip superposisi. Interferensi dua gelombang dapat berupa interferensi konstruktif (saling menguatkan) atau interferensi destruktif (saling melemahkan). Berikut ini adalah penjelasan mengenai macam-macam interferensi gelombang (Tipler, 1998) :

#### A. Interferensi Konstruktif

Bila dua atau lebih gelombang tiba sefase di sebuah titik, maka amplitudo gelombang resultan adalah jumlah dari amplitudo gelombang-gelombang tersebut, yang bersifat saling memperkuat. Hal ini dinamakan interferensi konstruktif. Hasilnya interferensi konstruktif yaitu membentuk gelombang resultan dengan amplitudo lebih tinggi dari amplitudo dari gelombang yang bergabung tersebut (Halliday dkk, 2013).



Gambar 2.2 Hasil Gelombang Interferensi Konstruktif  
(Halliday dkk, 2013)

Persamaan umum pola interferensi maksimum dapat dicari apabila memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$d \sin \theta = m \lambda \quad (2.3)$$

Persamaan diatas berlaku untuk semua nilai  $\theta$ . Apabila nilai  $\theta$  sangat kecil berlaku nilai  $\sin \theta \approx \tan \theta = p/L$  (dalam satuan radian). Maka persamaan yang digunakan untuk mencari pola interferensi maksimum adalah (Halliday dkk, 2013):

$$\frac{d p}{L} = m \lambda \quad (2.4)$$

Keterangan :

$d$  = Jarak antara kedua celah

$p$  = Jarak dari pita terang pusat ke pita terang ke- $m$

$\lambda$  = Panjang gelombang

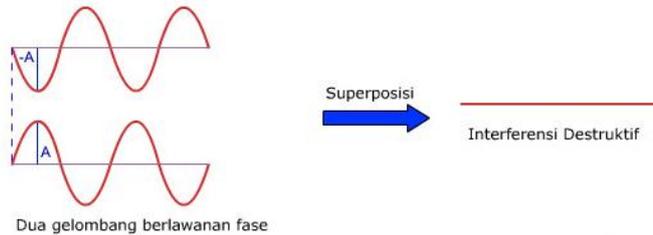
$m$  = Orde interferensi (bilangan bulat = 1, 2, 3, . . .)

$L$  = Jarak celah ke layar (detektor cahaya)

## B. Interferensi Destruktif

Ketika gelombang-gelombang berbeda fase sebanyak setengah siklus. Amplitudo resultan itu adalah selisih di antara kedua amplitudo gelombang tersebut dan saling meniadakan. Keadaan saling meniadakan dari gelombang-

gelombang individu itu yang disebut interferensi destruktif (Halliday dkk, 2013).



Gambar 2.3 Hasil Gelombang Interferensi Destruktif (Halliday dkk, 2013)

Persamaan umum pola interferensi maksimum dapat dicari apabila memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$d \sin \theta = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda \quad (2.5)$$

Persamaan diatas berlaku untuk semua nilai  $\theta$ . Apabila nilai  $\theta$  sangat kecil berlaku nilai  $\sin \theta \approx \theta = p/L$  (dalam satuan radian). Maka persamaan yang digunakan untuk mencari pola interferensi maksimum adalah (Halliday dkk, 2013):

$$\frac{d.p}{L} = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda \quad (2.6)$$

Keterangan :

$d$  = Jarak antara kedua celah

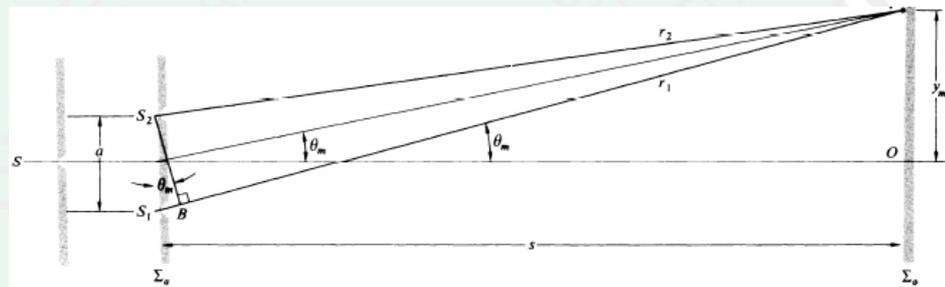
$p$  = Jarak dari pita terang pusat ke pita gelap ke- $m$

$\lambda$  = Panjang gelombang

$m$  = Orde interferensi (bilangan bulat = 1, 2, 3, . . .)

$L$  = Jarak celah ke layar (detektor cahaya)

Interferensi cahaya terjadi karena bergabungnya dua gelombang cahaya dimana kedua gelombang cahaya harus bersifat koheren yang berarti kedua gelombang cahaya tersebut mempunyai amplitudo, frekuensi yang sama pada fase yang tetap. Apabila kedua gelombang cahaya berinterferensi memiliki fase yang sama saling memperkuat atau bersifat konstruktif. Sebaliknya, apabila kedua gelombang cahaya tersebut saling memperlemah atau bersifat dekonstruktif jika kedua gelombang bertemu dalam fase yang berlainan. Interferensi cahaya dapat terjadi pada peristiwa pemantulan dan sinar laser sebagai penghasil cahaya koheren (Tipler, 1998).



Gambar 2.4 Skema Percobaan Interferensi Thomas Young (Bueche,2006)

Thomas Young melakukan percobaan untuk membuktikan terjadinya interferensi pada cahaya koheren. Intensitas interferensi cahaya yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan yaitu (Bueche dan Eugene, 2006) :

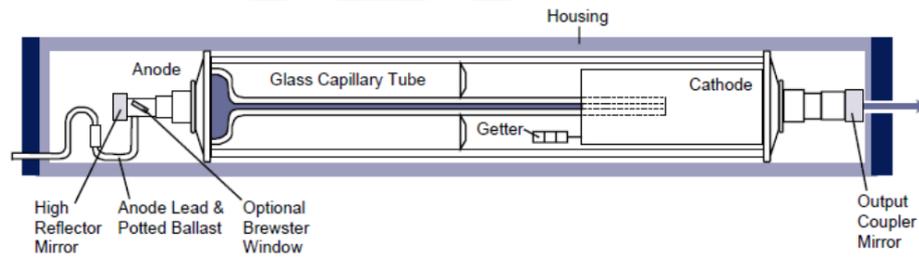
$$I = 4I_0 \cos^2 \frac{k(r_1 - r_2)}{2} \quad (2.7)$$

$$I = 4I_0 \cos^2 \frac{ym\pi}{s\lambda} \quad (2.8)$$

### 2.2.3 Laser Helium Neon (He-Ne)

Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) merupakan alat yang dapat memancarkan cahaya (gelombang

radioelektromagnetik) pada daerah *infrared*, *visible* atau ultraviolet. Cahaya yang dipancarkan oleh laser dihasilkan dari stimulasi emisi radiasi dari medium yang ada di laser, emisi radiasi tersebut dikuatkan sehingga menghasilkan cahaya yang mempunyai sifat monokromatis (tunggal/hanya satu), koheren, terarah dan *brightness* (sifat kecerahan tinggi) (Adiansyah, 2014).



Gambar 2.5 Bagian-Bagian Laser He-Ne  
(Csala, 2004)

Laser Helium Neon atau laser He-Ne, merupakan jenis laser gas yang media penguatannya terdiri dari campuran 90% gas Helium dan 10% gas Neon. Laser He-Ne dapat beresilasi pada panjang gelombang 0,543 $\mu\text{m}$ , 0,594  $\mu\text{m}$ , 0,633 $\mu\text{m}$ , 1,15 $\mu\text{m}$  dan 3,39  $\mu\text{m}$ . Laser He-Ne yang paling terkenal dan paling banyak digunakan beroperasi pada panjang gelombang 0,633 $\mu\text{m}$  atau sekitar 632,8 nm (Csala, 2004).

Laser He-Ne pada dasarnya merupakan rongga optik yang terdiri dari sebuah tabung kaca dengan cermin pada kedua ujungnya dimana cermin pada bagian belakang bersifat 100% reflektor dan cermin bagian depan bersifat 99% reflektor. Cermin bagian depan biasanya disebut dengan cermin coupler, hasilnya keluaran laser He-Ne kontinu dan stabil (Adiansyah, 2014).

Adapun karakteristik dari laser He-Ne adalah sebagai berikut (Sri, 2014) :

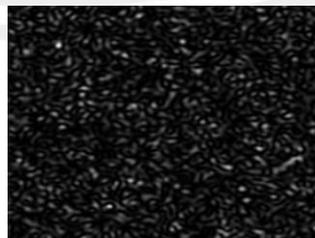
- Pembangkit berkas : Arus DC pada rentang 3 mA – 30 mA

- Daya keluaran : 0,5 mW – 100 mW
- Medium Pembangkit : Gas, 90% Helium dan 10% Neon
- Panjang gelombang : 543,5 nm (hijau), 594,1 nm (kuning), 611,9 nm (jingga), dan 632,8 nm (merah)
- Frekuensi cahaya :  $4,74 \times 10^{14}$  Hz

### 2.3 Metode *Laser Speckle Imaging* (LSI)

*Laser speckle Imaging* (LSI) adalah fenomena interferensi gelombang cahaya yang terjadi ketika cahaya koheren digunakan untuk menerangi sampel. Interferensi cahaya ini ditandai dengan visualisasi bintik-bintik terang dan gelap yang disebut *speckles*. Pola bintik gelap dan terang yang diperoleh dapat bervariasi dalam ukuran dan bentuk, tergantung pada sampel yang digunakan, sumber cahaya yang koheren dan deteksi citra pada sistem (Briers dkk, 2013).

Efek spekel banyak digunakan dalam aplikasi biomedis sebagai alat untuk mengukur persebaran pola bintik gelap terang pada citra (Briers dkk, 2013). Pemanfaatannya dalam sampel yang dianalisis yaitu pola spekel akan berubah seiring waktu. Perubahan pola spekel yang terukur menyajikan informasi yang dapat dikaitkan dengan variabel yang sedang dianalisis. Analisis pola laser spekel dari waktu ke waktu disebut *dynamic laser speckle* (Vaz dkk, 2017).



Gambar 2.6. Pola Spekel Laser Sintetis dengan Resolusi  $320 \times 240$  Piksel dan Ukuran Spot 8 Piksel Per Spekel.  
(Vaz dkk, 2017)

Efek yang ditimbulkan pada spekel merupakan hasil dari interferensi gelombang yang memiliki fasa berbeda dan nilai amplitudonya besar sehingga bersifat interferensi konstruktif, kemudian memberikan gelombang resultan. Kekasaran obyek merupakan penyebab utama terjadinya spekel. Cahaya pada tiap titik gelombang telah tersebar di setiap titik permukaan yang diterangi cahaya. Jika permukaan kasar maka cukup untuk membuat suatu celah dengan perbedaan panjang melebihi satu panjang gelombang. Sehingga menimbulkan perubahan fase lebih besar dari  $2\pi$ , amplitudo dan intensitas cahaya yang dihasilkan bervariasi secara acak. *Digital Speckle Pattern Interferometry* (DSPI) merupakan salah satu teknik interferometri spekel yang melibatkan pola spekel pada permukaan difus, hasil penyinaran cahaya laser yang dipadukan dengan komputer pengolah citra. Konsep dasarnya yaitu merekam citra spekel objek yang diuji sebelum mengalami deformasi dengan kamera CCD dan selanjutnya disimpan dalam memori komputer untuk diolah. Pengolahan operasi komputer yang utama adalah mengurangkan atau mensubtraksikan kedua buah citra tersebut piksel per piksel, dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk pola *frinji* (Kumala dkk, 2015).

Informasi dari pola spekel yang diperoleh dapat dianalisis dengan berbagai cara. Di satu sisi, perubahan pola spekel dapat diidentifikasi dengan membandingkan dua pola spekel berturut-turut. Di sisi lain, pola spekel dapat dianalisis dengan menghitung kontrasnya menggunakan metode yang sering disebut *Laser Speckle Contrast Imaging* (LSCI). Kontras pola terkait dengan pancaran sinar cahaya yang ada dalam sampel. Penyebaran yang lebih cepat berarti hubungan dekorasi gambar yang lebih cepat yang mengarah ke kontras yang lebih rendah (Draijer dkk, 2009).

### 2.3.1 *Laser Speckle Contrast Imaging (LSCI)*

Pola spekel dapat dianalisis dengan menghitung kontrasnya menggunakan metode yang sering disebut *Laser Speckle Contrast Imaging (LSCI)*. Kontras pola terkait dengan pancaran sinar cahaya yang ada dalam sampel. Penyebaran yang lebih cepat mengartikan hubungan penyusun gambar yang mengarah ke kontras yang lebih rendah (Draijer dkk, 2009).

Spekel yang merupakan pola interferensi acak yang dihasilkan oleh fluktuasi intensitas spasial atau temporal dari laser yang tersebar dari permukaan yang diterangi. Ketika partikel yang menyala bergerak, pola interferensi berubah seiring waktu. *Laser Speckle Contrast Imaging (LSCI)* digunakan untuk menganalisis secara statistik fluktuasi intensitas pola spekel yang bervariasi waktu dan memberikan informasi kecepatan 2D tentang partikel yang bergerak dengan resolusi spasial dan temporal (Choi dkk, 2006).

Kontras ( $C$ ), dari pola spekel laser adalah properti orde pertama yang sering diselidiki untuk menyimpulkan terkait dengan dinamika sistem biofisika. Sebagai contoh, *Laser Speckle Contrast Imaging (LSCI)* adalah metode yang umum digunakan untuk pencitraan relatif dan kualitatif pada aliran darah. LSCI relatif sederhana untuk diterapkan, memiliki bidang pandang yang luas, dan resolusi spasial dan temporal yang relatif baik. Fitur-fitur ini memungkinkan teknik-teknik ini digunakan sebagai alat yang kuat dalam pengukuran dan pemantauan sistem secara optik (Khaksari dan Sean, 2017).

Kontras bintik dapat dihitung dengan menggunakan tiga algoritma yang berbeda yaitu: pertama menggunakan perhitungan kontras berbasis spasial, kedua menggunakan perhitungan berbasis temporal dan, ketiga menggabungkan

perhitungan spasial dan temporal. Variasi spekel temporal menyediakan informasi yang dapat dikaitkan dengan kecepatan pencar cahaya. Analisis pola spekel laser dengan melihat pancaran cahaya disebut *dynamic laser speckle* (Vaz dkk, 2017).

Ketika berkas atau sinar koheren dari laser dikenakan pada permukaan bahan, maka terbentuklah pola cahaya yang khas dalam bentuk suatu granular (butiran) bernama spekel. Pola gelap terang suatu spekel terjadi karena frekuensi yang berbeda. Deskripsi tentang statistik distribusi intensitas yang dihasilkan oleh spekel ketika cahaya laser menerangi suatu bahan (Goodman, 2007).

Kekasaran suatu bahan akan menyebabkan distribusi intensitas dan fase yang acak. Pola spekel dapat terbentuk ketika ada perpaduan dari cahaya yang memiliki amplitudo dan fase yang berbeda pada bidang kompleks. Tinjauan secara kompleks didasari dari fenomena alami yang terjadi ketika pola spekel terbentuk. Phasor merepresentasikan sinyal sinusoidal dari cahaya yang mengalami pemantulan. Sehingga tinjauan secara kompleks dalam pola spekel dapat dilihat pada persamaan berikut (Goodman, 2007):

$$u_j(P) = |u_j|e^{i\phi_j} = |u_j|e^{ikr_j} \quad (2.9)$$

Persamaan tersebut adalah jarak (variasi acak) dari elemen sampel yang memiliki intensitas cahaya pada bidang ke  $j$  pada titik  $P$ . Persamaan ini menyatakan cara distribusi cahaya secara acak dalam bidang kompleks dengan fasa acak  $\phi_j = kr_j$ . Maka  $P$  dapat dituliskan dalam persamaan (Goodman, 2007) :

$$U_j(P) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{j=1}^N u_j(P) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{j=1}^N |u_j| e^{i\phi_j} = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{j=1}^N |u_j| e^{ikr_j} \quad (2.10)$$

Dengan mengasumsikan amplitudo  $u_j$  dan fase  $\phi_j$  secara statistik *independent* (bebas) dianggap sebagai fase dari data spekel. Fase  $\phi_j$  didistribusikan secara menyeluruh pada interval  $(-\pi, \pi)$ , dari keadaan tersebut diperoleh persamaan densitas citra spekel. Fungsi densitas pada persebaran intensitas diberikan oleh persamaan dibawah ini (Goodman, 2007) :

$$P_{r,i}(U^{(r)}, U^{(i)}) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \left[ -\frac{(U^{(r)})^2 + (U^{(i)})^2}{2\sigma^2} \right] \quad (2.11)$$

Dimana nilai Circular Gaussian, yaitu :

$$\sigma^2 = \lim_{N \rightarrow \infty} \sum_{j=1}^N \frac{\langle |u_j|^2 \rangle}{2} \quad (2.12)$$

Nilai intensitas  $I$  dan fase  $\phi$  medan resultan pada bagian riil dan imajiner medan mengacu pada persamaan dibawah ini :

$$U^{(r)} = \sqrt{I} \cos \phi \quad (2.13)$$

$$U^{(i)} = \sqrt{I} \sin \phi \quad (2.14)$$

Rata-rata intensitas pada diagram spekel adalah  $\langle I \rangle$ . Distribusi intensitas mengikuti hukum eksponensial negatif dimana fase terdistribusi secara merata dalam interval  $(-\pi, \pi)$ . Distribusi kejadian intensitas didefinisikan pada persamaan dibawah ini (Goodman, 2007):

$$\langle I \rangle = n! (2\sigma^2)^n = n! \langle I \rangle^n \quad (2.15)$$

Probabilitas intensitas  $p(I)$  dan probabilitas fase  $p(\phi)$  didapatkan dengan mensubstitusikan persamaan 2.13 dan 2.14 kedalam persamaan 2.11. Sehingga diperoleh persamaan dibawah ini (Goodman, 2007):

$$P_{r,i}(U^{(r)}, U^{(i)}) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \left[ -\frac{(\sqrt{I} \cos \phi)^2 + (\sqrt{I} \sin \phi)^2}{\langle I \rangle} \right] \quad (2.16)$$

$$= \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \left[ \frac{\sqrt{I^2} \cos^2 \phi + \sqrt{I^2} \sin^2 \phi}{\langle I \rangle} \right] \quad (2.17)$$

$$= \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \left[ \frac{\sqrt{I^2} (\cos^2 \phi + \sin^2 \phi)}{\langle I \rangle} \right] \quad (2.18)$$

Maka diperoleh persamaan dibawah ini :

$$P_{r,i}(U^{(r)}, U^{(i)}) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \left[ \frac{I}{\langle I \rangle} \right] \quad (2.19)$$

Persamaan tersebut dapat diuraikan untuk memperoleh persamaan probabilitas intensitas  $p(I)$  dan probabilitas  $p(\phi)$ , seperti yang dapat dilihat dibawah ini :

$$p(I) = \frac{1}{\sqrt{I}} e^{-\frac{I}{\langle I \rangle}} \text{ untuk } I \geq 0 \quad (2.20)$$

$$p(\phi) = \frac{1}{2\pi} \text{ untuk } -\pi \leq \phi \leq \pi \quad (2.21)$$

Distribusi kejadian intensitas pada orde kedua dinyatakan dalam persamaan berikut ini :

$$\langle I \rangle = n! (2\sigma^2)^n = n! \langle I \rangle^n \quad (2.22)$$

$$\begin{aligned} \langle I^2 \rangle &= 2! \langle I \rangle^2 \\ &= 2 \langle I \rangle^2 \end{aligned} \quad (2.23)$$

Standar deviasi diperoleh dari :

$$\sigma_I^2 = \langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2 = \langle I \rangle^2 \quad (2.24)$$

Persamaan diatas menunjukkan bahwa standar deviasi dari pola spekel terpolarisasi sama dengan nilai rata-rata intensitas. Nilai kontras dari pola spekel didefinisikan sebagai rasio dari standar deviasi ( $\sigma_I$ ) dan ( $\mu_I$ ) rata-rata dari intensitas yang diukur dari gambar spekel. Sehingga diperoleh nilai kontras yang dinyatakan dengan persamaan (Goodman, 2007) :

$$C = \frac{\sigma_I}{\langle I \rangle} \quad (2.25)$$

Konsep lain di balik LSCI adalah mengaitkan gerakan pancaran sinar dalam ruang objek atau ruang pencitraan yang diamati. Dengan demikian, pola intensitas spekel yang dicitrakan merupakan penduga yang bukan hasil bias dari bidang spekel yang timbul. Jadi, kontras didefinisikan dalam hal nilai yang diharapkan tetapi dalam praktiknya itu dihitung atas daerah spasial (atau temporal, atau keduanya) dalam hal statistika sampel untuk intensitas dapat dinyatakan dengan persamaan (Khaksari dan Sean, 2017):

$$C = \frac{S}{M} \quad (2.26)$$

$$M = \frac{1}{N_s} \sum_{i=1}^N I_i \quad (2.27)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{N_s-1} \sum_{i=1}^N (I_i - M)^2} \quad (2.28)$$

di mana  $M$  adalah intensitas rata-rata (*mean*) dan  $S$  adalah standar deviasi dari citra spekel . Jika diasumsikan bahwa statistik sampel ( $M$  dan  $S$ ) adalah estimasi intensitas cahaya yang diperoleh dari histogram (Khaksari dan Sean, 2017).

Ukuran  $N \times N$  kernel dipindahkan untuk menghitung kontras di suatu gambar. Ukuran kernel yang kecil mengurangi akurasi statistik, sedangkan ukuran kernel yang lebih besar membatasi resolusi spasial. Untuk memastikan pengambilan sampel yang tepat untuk LSCI, perlu diketahui bahwa ukuran satu spekel dalam bidang pencitraan kira-kira sama dengan ukuran satu piksel pada kamera *chargecoupled device* (CCD) atau VGA. Ukuran spekel ditentukan sebagai berikut (Khaksari dan Sean, 2017):

$$d = 1.2 \times (M + 1) \times \lambda \times f \quad (2.29)$$

di mana  $d$  adalah ukuran spekel,  $M$  adalah perbesaran sistem pencitraan,  $\lambda$  adalah panjang gelombang laser, dan  $f$  adalah fokus dari lensa kamera.

## 2.4 *Software* MATLAB

*Software Matrix Laboratory* atau yang biasa dikenal dengan MATLAB merupakan salah satu *software* yang digunakan dalam ranah analisis dan komputasi numerik yang dibuat dengan algoritma pemrograman menggunakan sifat dan bentuk matriks. Awalnya, *software* ini adalah *interface* dari proyek LINPACK (*Linear System Package*) dan EISPACK (*Eigen System Package*), yang kemudian dikembangkan oleh perusahaan Mathworks, Inc. *Software* MATLAB menggunakan bahasa pemrograman C++ (dalam komunikasinya) dan *assembler* (untuk fungsi-fungsi dasar MATLAB) (Suarga, 2007).

Sebagai sebuah sistem dalam pemrosesan dan analisis data, Matlab tersusun dari 5 bagian utama (Suarga, 2007) :

### a. *Development Environment*

Merupakan sekumpulan perangkat dan fasilitas yang membantu untuk menggunakan fungsi-fungsi dan file-file Matlab. Beberapa perangkat ini merupakan sebuah *Graphical User Interfaces* (GUI).

### b. *Mathematical Function Library*

Merupakan sekumpulan algoritma komputasi mulai dari fungsi- fungsi dasar seperti: sum, sin, cos, dan aritmatika kompleks, sampai dengan fungsi—fungsi yang lebih kompleks seperti *matrix inverse*, *matrix eigenvalues*, *Bessel functions*, dan *Fast Fourier Transforms* (FFT).

c. *Matlab Language*

Merupakan suatu bahasa pemrograman tingkat tinggi dengan control flow statements, fungsi, struktur input/output data, dan fitur-fitur pemrograman berorientasi objek.

d. *Graphics*

Matlab memiliki fasilitas untuk menampilkan vector dan matrices sebagai suatu grafik. Didalamnya melibatkan fungsi-fungsi tingkat tinggi untuk visualisasi data dua dimensi dan data tiga dimensi, *image processing*, animasi, dan *presentation graphics*.

e. *Graphical User Interface (GUI)*

GUIDE atau GUI (*Graphical User Interface*) *Builder* merupakan sebuah *Graphical User Interface (GUI)* yang terdiri atas tombol (*pushbutton*), *edit*, *slider*, *text*, *combo*, sumbu (*axes*), maupun *menu* dan lain-lain. Aplikasi yang menggunakan fitur dari GUI MATLAB umumnya lebih mudah digunakan karena orang yang menjalankannya tidak perlu mengetahui algoritma pemrograman yang bekerja. GUI MATLAB memiliki banyak kelebihan, antara lain (Sugiharto, 2006):

1. GUIDE MATLAB cocok untuk membuat *software* yang cenderung berorientasi sains dan matematis.
2. GUI pada MATLAB juga menyediakan fungsi *built-in* yang siap digunakan, sehingga tidak perlu membuat dari awal.
3. File yang dihasilkan oleh MATLAB cenderung kecil, meskipun menampilkan gambar grafik.
4. Fitur yang disediakan oleh MATLAB sangat beragam.

### 2.4.1 Algoritma Pengolahan Citra Spekel dari Kamera CCD pada MATLAB

Efek spekel banyak digunakan dalam aplikasi biomedis sebagai alat untuk mengukur persebaran pola bintang gelap terang pada citra. Pengolahan citra spekel didasarkan pada perhitungan nilai kontras yang merupakan rasio dari standar deviasi ( $\sigma_I$ ) dan *mean* ( $\mu_I$ ) atau distribusi intensitas cahaya  $I$  yang tersebar dalam jaringan atau permukaan objek yang disinari. Dalam pengolahan citra spekel, sangat bergantung pada kamera yang digunakan untuk pengambilan gambar karena akan mempengaruhi persebaran intensitas cahaya dan kualitas gambar. Untuk analisis tersebut dapat menggunakan fitur MATLAB, pengolahan citra spekel yang diambil melalui kamera CCD melalui beberapa tahapan yaitu (Postnikov dkk,2019) :

#### a. Pemanggilan citra

- Pemanggilan citra spekel yang akan dianalisis pada Matlab dapat melalui fungsi *imread* seperti dibawah ini (Postnikov dkk, 2019):

```
i = imread('Image.jpg');
```

- Jika menggunakan fitur GUI maka dapat menggunakan algoritma seperti dibawah ini :

```
[filename,pathname]=uigetfile('*.');
if ~isequal(filename,0)
    handles.data1 =
imread(fullfile(pathname,filename));
    guidata(hObject,handles);
    axes(handles.axes1)
    cla reset
    imshow(handles.data1);
else
    return
```

## b. Pengolahan citra spekel

Algoritma pengolahan citra spekel yang diambil melalui kamera ccd ada 2 metode yaitu (Postnikov dkk, 2019):

- Metode *block partition*

```
function out=blockslaska(image,L)
invL=1/L;
Std =imresize(image,invL,' return ');
Bp =imresize(Std,L,' return ');
Me =imresize((image-Bp).^2,invL,'return');
```

- Metode filter FFT

```
function out=slideslaskaf(image,kernel)
% image: input speckle image;
% kernel: the sliding kernel
Fkernel =fft2(kernel);
Std =fftshift(iff2(fft2(image).*Fkernel));
D2 =(image-Std).^2;
Me =fftshift(iff2(fft2(D2).*Fkernel));
```

## c. Perhitungan nilai kontras

Algoritma perhitungan nilai kontras citra spekel yang diambil melalui kamera ccd yaitu (Postnikov dkk, 2019):

- Metode *block partition*

Perhitungan nilai kontras citra spekel dari kamera CCD dan diolah dengan metode *block partition* menggunakan algoritma (Postnikov dkk, 2019):

$$C = (1 - \text{invL}^2) * \text{Std}.^2 ./ \text{Mean};$$

- Metode filter FFT

Perhitungan nilai kontras citra spekel dari kamera CCD dan diolah dengan metode *block partition* menggunakan algoritma (Postnikov dkk, 2019):

$$C = \text{Std}.^2 ./ \text{Mean};$$

Algoritma penentuan nilai kontras citra spekel dapat berubah-ubah sesuai dengan metode yang digunakan. Akan tetapi tetap mengacu pada persamaan untuk mencari nilai kontras yaitu rasio antara standar deviasi ( $\sigma_I$ ) dan *mean* ( $\mu_I$ ) (Postnikov dkk, 2019).

#### 2.4.2 Algoritma Pengolahan Citra Spekel dari Kamera VGA pada MATLAB

Pengolahan citra spekel didasarkan pada perhitungan nilai kontras yang merupakan rasio dari standar deviasi ( $\sigma_I$ ) dan *mean* ( $\mu_I$ ) atau distribusi intensitas cahaya  $I$  yang tersebar dalam jaringan atau permukaan objek yang disinari (Vaz dkk, 2017).

Menurut Huda dkk pada tahun 2015, dalam pengolahan citra spekel, sangat bergantung pada kamera yang digunakan untuk pengambilan gambar karena akan mempengaruhi persebaran intensitas cahaya dan kualitas gambar. Kamera yang sering digunakan dalam pengambilan citra spekel yaitu kamera VGA 30 fps (640 x 480 piksel). Untuk citra yang diperoleh dapat menggunakan fitur MATLAB, pengolahan citra spekel yang diambil melalui kamera VGA melalui beberapa tahapan yaitu :

##### a. Pemanggilan citra

- Pemanggilan citra spekel yang akan dianalisis pada Matlab dapat melalui, fungsi `imread` seperti dibawah ini (Huda dkk, 2015):

```
i = imread('Image.jpg');
```

- Jika menggunakan fitur GUI maka dapat menggunakan algoritma seperti dibawah ini :

```
[filename,pathname]=uigetfile('*.');
```

```

if ~isequal(filename,0)
    handles.data1 =
imread(fullfile(pathname,filename));
    guidata(hObject,handles);
    axes(handles.axes1)
    cla reset
    imshow(handles.data1);
else
    return

```

#### b. Pengolahan citra menjadi *grayscale*

- Citra spekel yang telah dipanggil selanjutnya harus dirubah menjadi citra hitam putih (*grayscale*), proses ini dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut (Huda dkk, 2015):

```
I = rgb2gray(Image);
```

- Jika menggunakan GUI maka algoritma yang digunakan adalah :

```

Img = handles.data1;
I = rgb2gray(Img);

```

#### c. Pemanggilan histogram citra

Setelah citra dirubah dalam *grayscale*, maka histogram dapat dimunculkan. Histogram citra pada Matlab dapat dimunculkan apabila citra dalam bentuk *grayscale*. Pemanggilan histogram citra dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut (Huda dkk, 2015):

```
Histo = imhist(I);
```

#### d. Ekstraksi nilai standar deviasi dan *mean* citra

Untuk menampilkan nilai standar deviasi dan mean dari suatu citra, maka dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut (Huda dkk, 2015):

```

I = rgb2gray(Image);
M = mean2(I);
S = std2(I);

```

Jika menggunakan GUI maka algoritma yang digunakan adalah :

```
Img = handles.data1;
I = rgb2gray(Img);
M = mean2(I);
S = std2(I);
```

#### e. Perhitungan nilai kontras citra

Untuk memperoleh nilai kontras citra, maka dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

```
I = rgb2gray(Image);
M = mean2(I);
S = std2(I);
C = S/M;
```

## 2.5 Citra Digital

Suatu gambar dapat didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi,  $f(x, y)$ , di mana  $x$  dan  $y$  adalah koordinat spasial, dan amplitudo dari  $f$  pada setiap pasangan koordinat  $(x, y)$  yang disebut intensitas atau tingkat abu-abu dari gambar pada titik itu. Ketika  $x$ ,  $y$ , dan nilai amplitudo dari  $f$  berbentuk diskrit, kita sebut gambar sebagai gambar digital. Bidang pemrosesan gambar digital mengacu pada pemrosesan gambar digital dengan menggunakan komputer. Perhatikan bahwa gambar digital dibuat dari sejumlah elemen yang terbatas, yang masing-masing memiliki lokasi dan nilai tertentu. Elemen-elemen ini disebut sebagai elemen gambar. Piksel adalah istilah yang paling banyak digunakan untuk menunjukkan unsur-unsur gambar digital (Hermawati, 2013).

Citra digital tersusun dari sejumlah nilai tingkat keabuan yang dikenal sebagai piksel pada posisi tertentu. Untuk melakukan pemrosesan citra digital, maka citra analog harus dikonversi dahulu ke citra digital. Terdapat dua jenis citra digital, yaitu citra diam (*still image*) dan citra bergerak (*moving image*). Pada

prinsipnya, citra bergerak adalah sekumpulan citra diam dalam bentuk frame-frame, sedangkan citra diam merupakan komponen-komponen piksel yang menyusun suatu gambar. Suatu citra digital dapat dinyatakan dengan persamaan (Purnomo dan Arif, 2010) :

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & f(1, n) \\ f(m-1,1) & f(m-1,2) & f(m-1, n) \\ f(m,1) & f(m,2) & f(m, n) \end{bmatrix} \quad (2.30)$$

Dari persamaan diatas, citra digital dapat dinyatakan sebagai matriks dengan tinggi citra diwakili dengan huruf m dan lebar citra diwakili dengan huruf n. Dengan menggunakan prinsip dari operasi matriks, maka suatu citra digital dapat dianalisis maupun diolah sesuai kebutuhan yang diinginkan.

## 2.6 Pengolahan Citra Digital

Bidang pemrosesan gambar digital mengacu pada pemrosesan gambar digital dengan menggunakan komputer dengan *software* tertentu sesuai dengan kebutuhan. Gambar digital dibuat dari sejumlah elemen yang terbatas, yang masing-masing memiliki lokasi dan nilai tertentu. Elemen-elemen ini disebut sebagai elemen gambar. Piksel adalah istilah yang paling banyak digunakan untuk menunjukkan unsur-unsur gambar digital (Hermawati, 2013).

Penglihatan merupakan indera paling kompleks bagi manusia, sehingga tidak mengherankan bahwa citra gambar memainkan peran penting dalam persepsi manusia. Namun, penglihatan manusia, yang terbatas pada pita visual dari spektrum elektromagnetik (EM). Pada dasarnya, mesin pencitraan mencakup hampir seluruh spektrum EM, mulai dari gamma hingga gelombang radio.

Dengan demikian, pemrosesan gambar digital mencakup bidang aplikasi yang luas dan beragam (Hermawati, 2013).

Ada tiga jenis penggolongan dalam proses pengolahan citra digital, yaitu : proses tingkat rendah, menengah, dan tinggi. Proses tingkat rendah melibatkan operasi primitif seperti *pre-processing* gambar untuk mengurangi *noise*, peningkatan kontras, dan penajaman gambar. Proses tingkat rendah dicirikan oleh input maupun outputnya adalah gambar. Proses tingkat menengah pada gambar melibatkan fungsi-fungsi seperti segmentasi (mempartisi gambar menjadi wilayah atau objek), deskripsi objek-objek tersebut untuk menguranginya ke bentuk yang sesuai untuk pemrosesan komputer dan klasifikasi (pengenalan) objek individual. Proses tingkat menengah memiliki output berupa citra yang diekstraksi dari gambar tersebut. Kemudian, pemrosesan tingkat yang lebih tinggi melibatkan beberapa objek yang dikenali, seperti dalam analisis gambar dan melakukan fungsi kognitif yang biasanya diasosiasikan dengan penglihatan manusia. Output dari proses pengolahan citra digital tingkat tinggi dapan berupa ekstraksi ciri statistika pada citra yang dianalisis (Hermawati, 2013).

Jenis operasi pada pemrosesan digital diantaranya adalah operasi titik, operasi lokal, operasi global, dan operasi obyek. Operasi titik (Point processing) merupakan operasi yang dilakukan dengan mengoperasikan piksel tanpa memperhatikan piksel yang lainnya. Operasi lokal yaitu operasi citra yang melibatkan piksel yang terletak disekitar piksel yang akan dioperasikan. Operasi global merupakan operasi yang melibatkan seluruh piksel citra sehingga menghasilkan nilai yang baru. Operasi obyek merupakan gabungan operasi titik

dan operasi lokal yang berbasis obyek, contohnya pada segmentasi citra (Purnomo dan Arif, 2010).

## 2.7 Kamera VGA (*Action Camera VGA 30 fps*)

Kamera VGA yaitu kamera digital yang menyimpan gambar mereka secara langsung di dalam memori kamera atau ke kartu memori terpasang. Kamera yang memiliki sebutan VGA mengambil gambar yang memiliki resolusi 640 x 480, yang berarti bahwa sebuah gambar akan menjadi 640 piksel lebar 480 piksel panjang (Suarga, 2007).

Bedanya dengan kamera MP, piksel kamera MP lebih banyak (sesuai namanya *Mega Pixel*), sedangkan kamera VGA hanya memiliki resolusi 640 x 480. Piksel lebih banyak berarti lebih banyak data yang masuk ke sensor, sehingga gambar yang dihasilkan menjadi lebih jernih (Suarga, 2007).



Gambar 2.7 *Action Camera VGA 30 fps* Resolusi 640 x 480 Piksel (Suarga, 2007)

Spesifikasi (Suarga, 2007):

- Resolusi Video : FHD 1080p, HD 720p (1280x720 Piksel)@30fps,  
VGA (640x480 piksel)@30fps
- Kamera : 1m / 2m / 3m / 5m Piksel (JPEG/JPG)

- Processor CPU : Sunplus SPCA1521/ Generalplus 6624
- Sensor : GC1004
- Sudut lensa : 170° 6G wide angle lens
- Anti Air : sampai kedalaman 30 meter
- Layar : LCD 2 inci
- Bahasa : Multi Bahasa
- Baterai : 900mAh ( 1.5 jam ) 3.7V *Li-Po battery*
- Waktu Pengisian : 4-5 hours
- Penyimpanan : *Micro SDHC Class 6-10 4GB sampai 32GB*
- Input / Output : *Micro USB2.0 & Mini HDMI (Type D),TF card slot*
- Ukuran Kamera : 59.3mm x 29.3mm x 41.1mm
- Berat Kamera : 170 gram

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2019 sampai dengan bulan Februari 2020 di ruang gelap Laboratorium Zat Padat dan Optik, Jurusan Fisika, gedung B.J. Habibie lantai 2, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### **3.2 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang dilaksanakan kali ini adalah penelitian yang bersifat eksperimental dan rancang bangun aplikasi pengolahan citra. Penelitian bersifat eksperimental dengan melakukan pengambilan data citra spekel beras terhadap variasi sudut datang dan sudut tangkap cahaya laser oleh detektor berupa kamera, kemudian dilakukan perancangan aplikasi untuk pengolahan citra spekel. Jenis *output* yang diharapkan pada penelitian kali ini berupa data sudut yang tepat agar bisa mendapatkan nilai kontras yang optimum pada citra spekel beras, serta aplikasi pengolahan citra spekel berbasis *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB untuk analisis kontras citra spekel.

#### **3.3 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan bertujuan untuk mengkaji hal-hal yang berhubungan dengan teori-teori relevan yang mendukung dalam pengambilan data dan perancangan aplikasi. Kajian pustaka yang diperlukan penelitian ini mengenai interferensi cahaya, pemantulan cahaya, metode *Laser Speckel Imaging* (LSI),

parameter yang mempengaruhi kualitas citra spekel, cara mencari nilai kontras citra spekel, GUI MATLAB dan pengolahan citra digital pada MATLAB.

### 3.4 Alat dan Bahan

#### 3.4.1 Alat Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Kamera VGA 30 fps (640 x 480 Piksel)	2 Buah
2. Laser He-Ne	2 Buah
3. Cawan Petri	1 Buah
4. Meja Optik	4 Buah
5. Statif	5 Buah
6. Klem	3 Buah
7. Batang Penyangga	2 Buah
8. Kaki Magnet	5 Buah
9. Busur	2 Buah
10. Power Supply	2 Buah
11. Kacamata Anti Radiasi	1 Buah
12. Tempat Kamera	1 Buah
13. Holder Kamera	1 Buah
14. Kabel USB	1 Buah
15. Kaca (30 cm x 30 cm)	2 Buah
16. Penggaris/Mistar	2 Buah
17. PC @Windows 10, Core 2 Duo, RAM 6 GB	1 Unit

18. Software
  - a. MATLAB R2015a
  - b. ImageJ
  - c. Microsoft Excel 2010

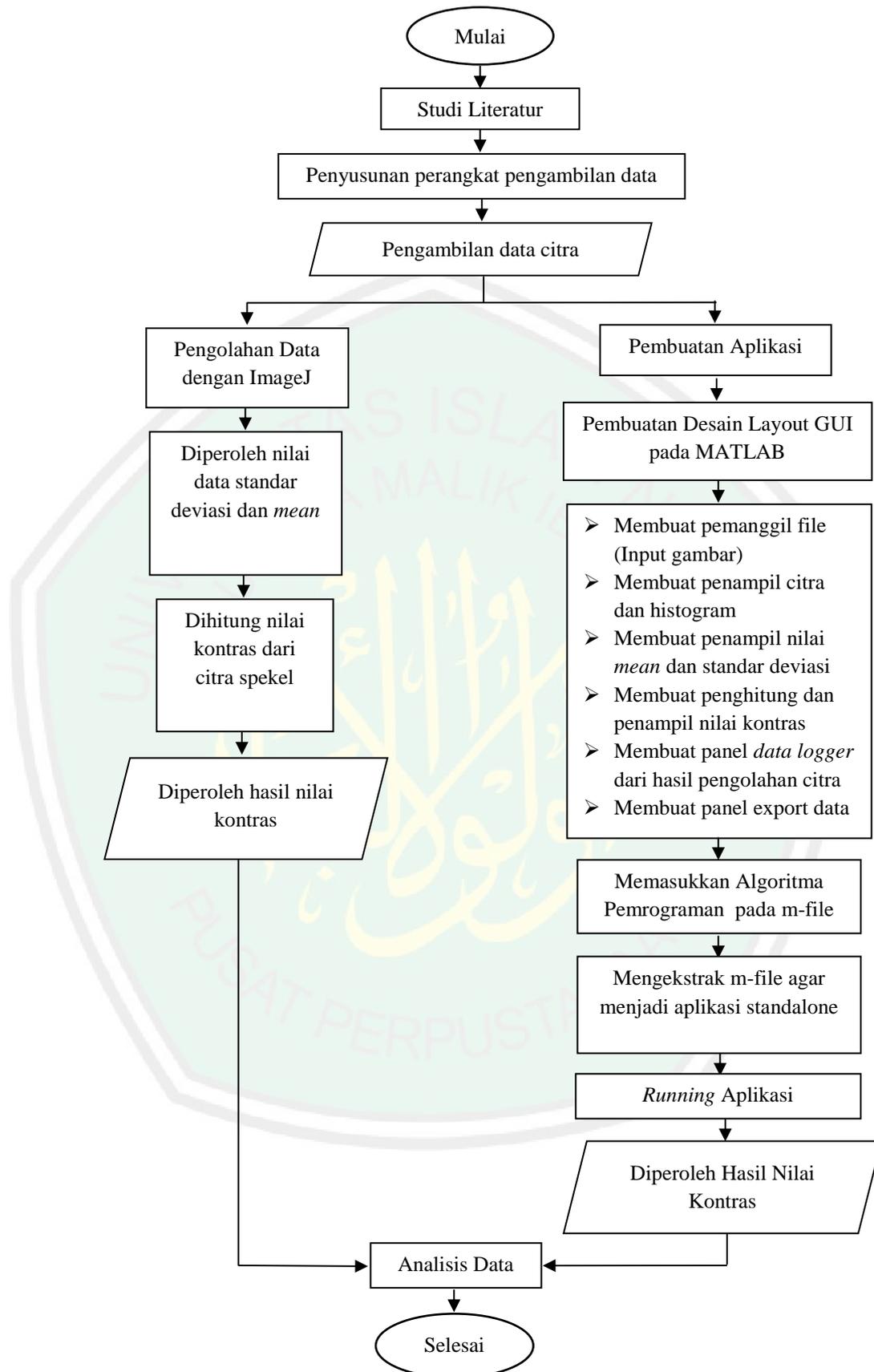
### **3.4.2 Bahan Penelitian**

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Beras IR 64
2. Kertas
3. Tali

### **3.5 Diagram Alir Penelitian**

Penelitian analisis kontras citra spekel beras dengan variasi sudut datang dan sudut tangkap cahaya laser berbasis *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB ini meliputi beberapa tahapan yakni seperti yang ditunjukkan pada diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.6 Prosedur Perancangan Alat dan Aplikasi

Pengambilan data dan perancangan sistem dibagi menjadi dua tahap, yakni tahap penyusunan alat untuk pengambilan data citra spekel secara eksperimental dan tahap pembuatan aplikasi pengolahan citra spekel berbasis *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB.

#### 3.6.1 Prosedur Penyusunan Alat Pengambilan Data

Pengambilan data citra spekel beras secara eksperimental menggunakan laser He-Ne dilakukan dengan menyusun alat pada meja optik. Adapun prosedurnya sebagai berikut:

1. Menyusun 4 meja optik dengan susunan membentuk persegi panjang yang berfungsi untuk tempat pergerakan *laser head* dan kamera pada saat variasi sudut datang dan sudut tangkap cahaya laser.
2. Meletakkan 2 klem pada statif dengan kaki magnet, kemudian menaruhnya pada meja optik.
3. Mengatur posisi laser He-Ne dengan cara dijepit menggunakan klem yang ada pada statif.
4. Meletakkan 1 batang statif lagi dengan kaki magnet untuk menahan posisi kamera.
5. Meletakkan beras pada cawan petri sebagai sampel yang diukur, permukaan beras harus rata pada cawan petri agar citra yang dihasilkan bagus.
6. Mengatur posisi laser He-Ne terhadap sampel agar mendapat sudut datang yang sesuai dengan yang diinginkan, pengukuran sudut datang dapat

dilakukan menggunakan busur dengan titik acuan yaitu pusat cahaya laser yang mengenai sampel .

7. Mengatur posisi kamera pada meja optik sebagai penangkap cahaya laser yang mengalami pemantulan baur, kemudian menyesuaikan sudut tangkap (sudut kamera) dengan titik pusat sudut yaitu sumbu putar kamera.
8. Memfoto sampel beras dengan sudut datang dan sudut tangkap cahaya laser yang sudah diatur sesuai kebutuhan.
9. Menyimpan hasil citra spekel yang sudah diperoleh pada saat pengambilan data secara eksperimental.

### **3.6.2 Prosedur Pembuatan Aplikasi Pengolahan Citra Spekel**

Pembuatan aplikasi untuk analisis kontras citra spekel beras pada *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB dapat dilakukan dengan beberapa langkah yang harus dilakukan. Adapun prosedurnya sebagai berikut :

1. Membuat *layout* aplikasi yang akan dibuat.
2. Mengatur tata letak tombol dan penampil citra sesuai dengan *layout* yang sudah dibuat sebelumnya.
3. Membuat algoritma pemrograman dari aplikasi dibuat menggunakan software MATLAB R2015a.
4. Membuat koding fungsi dan perintah dari tiap komponen yang ada pada sketsa aplikasi berbasis GUI.
5. Memasukkan koding pada m-file MATLAB.
6. Melakukan *compile* aplikasi berbasis GUI yang telah dibuat dengan menggunakan *toolbox deploytool*.

7. Memasukkan file koding dengan format (.m), file *layout* aplikasi berupa *figure file* (.fig), dan memasukkan file grafik dengan format (.asv).
8. Mengekstrak file yang sudah dimasukkan, sehingga menjadi aplikasi yang *standalone*.
9. Melakukan kalibrasi hasil pengukuran aplikasi pengolahan citra spekel berbasis *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB.

### 3.7 Metode Pengambilan Data

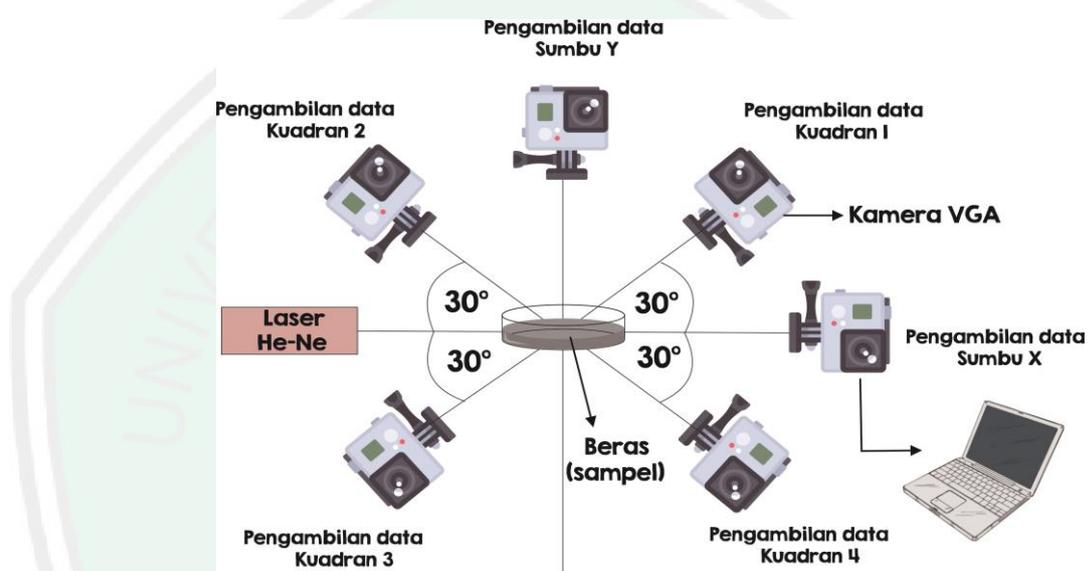
Metode pengambilan data pada analisis kontras citra spekel penelitian ini dengan melakukan pengambilan data secara eksperimental di laboratotium untuk memperoleh data citra spekel dengan variasi sudut datang dan sudut tangkap laser. Variasi sudut datang cahaya dilakukan dengan perubahan  $10^0$  setiap pengambilan data pada rentang sudut  $0^0$  hingga  $80^0$ , dan variasi sudut tangkap cahaya (sudut kamera) dilakukan dengan perubahan  $10^0$  setiap pengambilan data pada rentang sudut  $10^0$  hingga  $80^0$ .

Selain pengambilan data secara eksperimental, dilakukan juga pembuatan aplikasi berbasis *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB untuk mencari nilai kontras spekel yang dihasilkan. Pengujian akurasi pengukuran aplikasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai kontras citra spekel beras yang diperoleh dari aplikasi berbasis GUI MATLAB dengan hasil pengukuran yang diperoleh dari *software* ImageJ. Sehingga akan diperoleh persen error dan persen akurasi dari hasil pengukuran aplikasi yang telah dibuat.

### 3.7.1 Skema Pengambilan Data

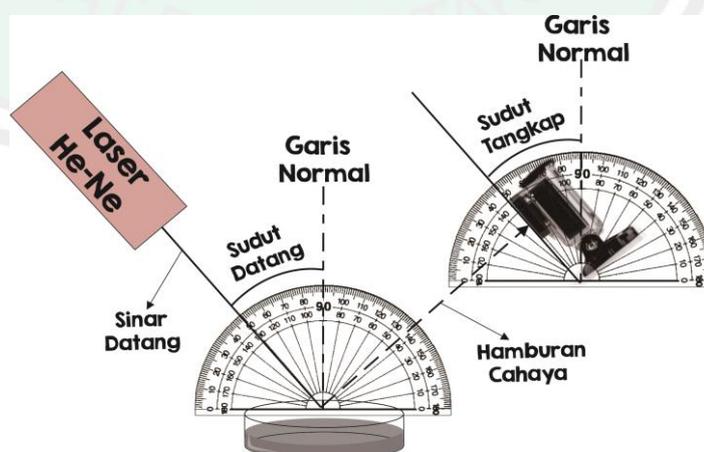
Metode pengambilan data pada analisis kontras citra spekel penelitian kali ini dilakukan dengan menentukan posisi pengambilan data dan kemudian mengatur sudut pengambilan data. Pengaturan posisi dan sudut pengambilan data dapat dilihat pada skema pada gambar 3.2 dan gambar 3.3.

#### A. Skema Letak Pengambilan Data



Gambar 3.2 Skema Posisi Pengambilan Data

#### B. Skema Penentuan Sudut Datang dan Sudut Tangkap



Gambar 3.3 Skema Penentuan Sudut Datang dan Sudut Tangkap

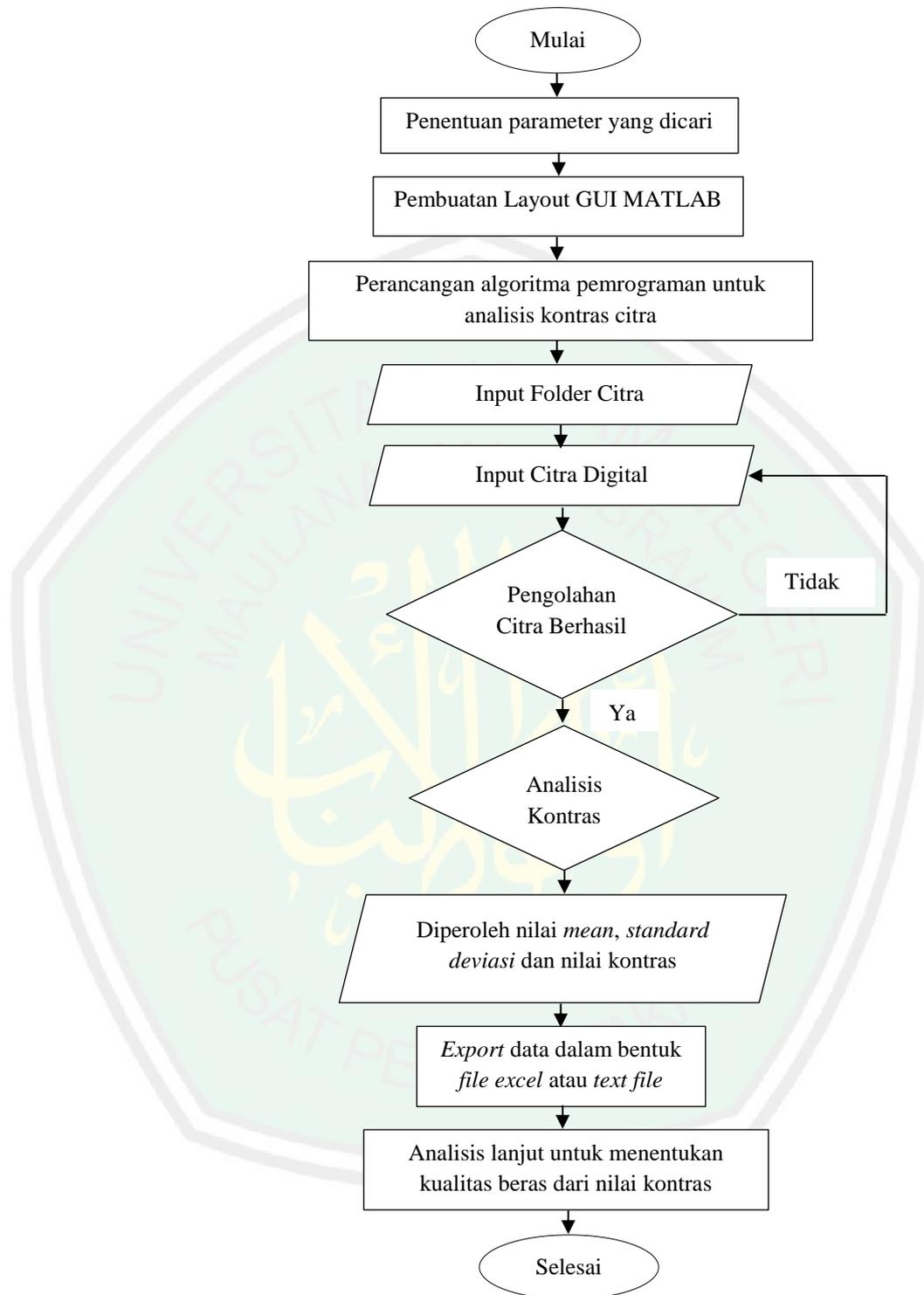
Tabel 3.1 Format Tabel Pengambilan Data Penelitian

Sudut Kamera (Sudut Tangkap)	Sudut Laser (Sudut Datang)	Nilai Mean citra	Nilai Standar Deviasi Citra	Nilai Kontras	Rata-rata Nilai Kontras
	0				
	10				
	20				
	30				
	40				
	50				
	60				
	70				
	80				

### 3.8 Pengolahan Data

Tahap pengolahan data terdiri dari dua tahapan, yaitu pengolahan data pada aplikasi berbasis GUI MATLAB, dilanjutkan dengan menampilkan hasil yang diperoleh. Hasil *image processing* akan menunjukkan nilai kontras dari histogram yang ditampilkan, sehingga dapat dianalisis lebih lanjut.

### 3.8.1 Diagram Alir Pengolahan Data pada Aplikasi



Gambar 3.4 Diagram Alir Pengolahan Data pada Aplikasi

### 3.8.2 Penentuan Nilai Kontras Citra Spekel

Nilai kontras ( $c$ ) dari pola spekel dapat didefinisikan sebagai rasio dari deviasi standar ( $\sigma_I$ ) dan rata-rata dari intensitas ( $\mu_I$ ) yang diukur dari citra spekel (Khaksari dan Sean, 2017) :

$$C = \frac{\sigma_I}{\mu_I} \quad (3.1)$$

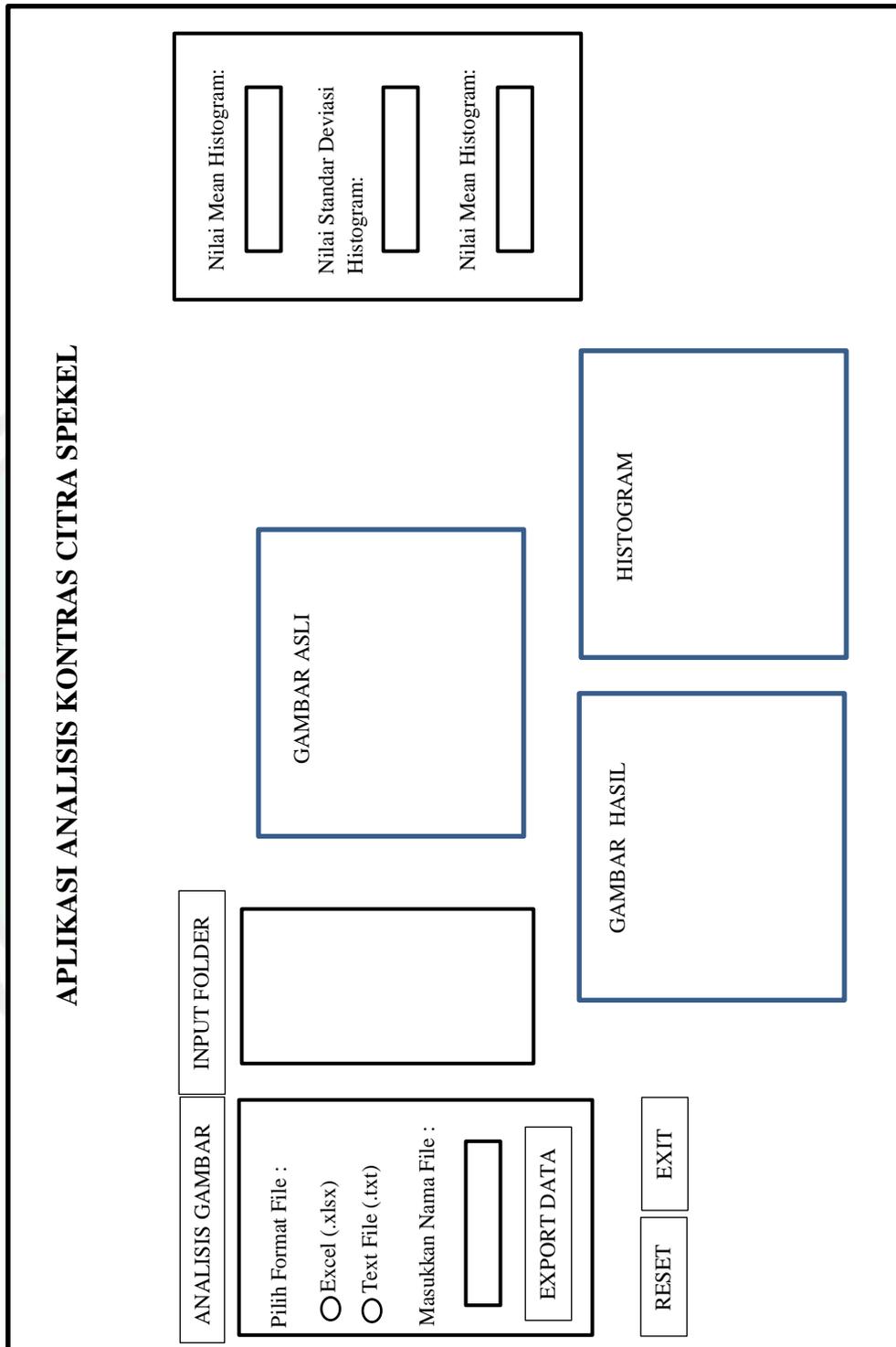
$$\text{Nilai Kontras} = \frac{\text{Standar Deviasi}}{\text{Mean}} \quad (3.2)$$

### 3.9 Metode Analisis Data

Analisis data pada penelitian kali ini dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif dengan melihat hasil pengolahan citra spekel beras yang diperoleh dari variasi sudut datang laser dan sudut tangkap cahaya pada saat pengambilan data secara eksperimental. Analisis secara kuantitatif dilakukan dengan cara mengambil nilai kontras rata-rata dari data citra yang sudah diambil dengan perulangan 3 kali. Sedangkan analisis data secara kualitatif dilakukan dengan cara mencari nilai kontras yang paling baik untuk menghasilkan citra spekel yang optimum. Nilai kontras dapat diketahui dengan melihat histogram citra. Pada histogram tersebut memberi informasi berupa nilai *mean* dan standar deviasi citra, sehingga digunakan untuk mengetahui nilai kontrasnya.

Analisis data pada aplikasi pengolahan citra spekel berbasis *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB dapat dilakukan dengan cara mengkalibrasi nilai *mean*, standar deviasi, dan nilai kontras yang didapatkan. Nilai tersebut dapat dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari software ImageJ. Kemudian dapat diketahui tingkat akurasi pengukuran dari aplikasi yang sudah dibuat.

### 3.10 *Layout Interface* Aplikasi Pengolahan Citra Spekel Berbasis GUI MATLAB



Gambar 3.5 *Layout* Aplikasi Pengolahan Citra Spekel Berbasis GUI MATLAB

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Pengambilan data citra spekel beras dilakukan pada bulan Januari hingga Februari 2020 di ruang gelap Laboratorium Zat Padat dan Optik, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Penelitian analisis pengaruh sudut datang dan sudut tangkap cahaya pada persebaran citra spekel beras memerlukan pengambilan data secara eksperimental dan rancang bangun pembuatan aplikasi (*software*) pengolahan kontras citra spekel. Penelitian kali ini menggunakan metode *Laser Speckle Contrast Imaging* (LSCI). Metode ini mengekstraksi komponen statistika dari suatu citra yang berupa nilai *mean* dan standar deviasi, nilai tersebut digunakan untuk mencari nilai kontras citra spekel. Nilai kontras yang sudah diketahui dapat dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui hubungan dari variabel yang sedang diamati.

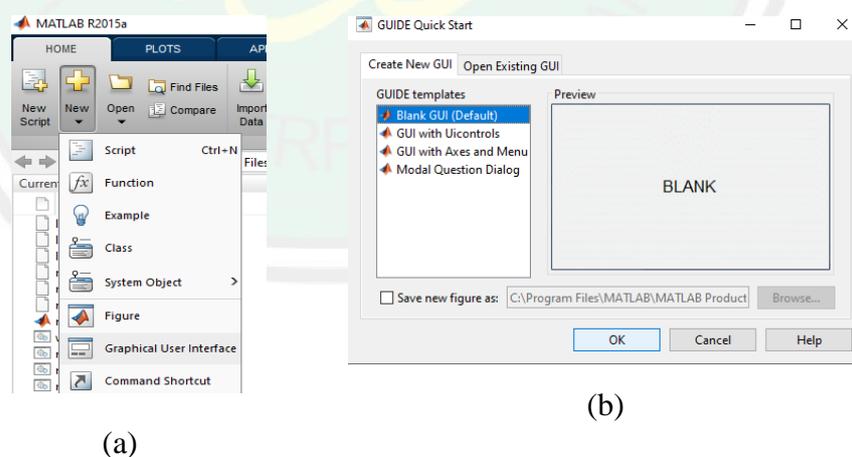
Terdapat dua hasil yang diperoleh dalam penelitian kali ini, hasil yang pertama yaitu mengenai pengaruh variasi sudut datang dan sudut tangkap cahaya pada persebaran citra spekel beras. Penelitian bersifat eksperimental dengan melakukan pengambilan data citra spekel beras terhadap variasi sudut datang dan sudut tangkap cahaya pada posisi sumbu X, sumbu Y, dan pada kuadran 1 hingga kuadran 4. Diperoleh hasil citra spekel dengan resolusi 640 x 480 piksel pada rentang sudut datang dan sudut tangkap yang telah ditetapkan. Data tersebut diolah untuk mengetahui nilai kontras tiap spekel. Sehingga dapat dianalisis untuk mengetahui sudut datang dan sudut tangkap yang optimal dalam menghasilkan citra spekel. Hasil yang kedua yaitu diperoleh aplikasi analisis kontras citra spekel

untuk mengetahui nilai kontrasnya. Serta diperoleh tingkat akurasi pengukuran nilai kontras dari aplikasi yang dibuat dibandingkan dengan pengukuran nilai kontras dengan aplikasi ImageJ. Penjelasan lebih lanjut akan diuraikan pada pembahasan dibawah ini.

#### 4.1.1 Pembuatan dan Pengoperasian Aplikasi Pengolahan Citra Spekel Berbasis GUI MATLAB

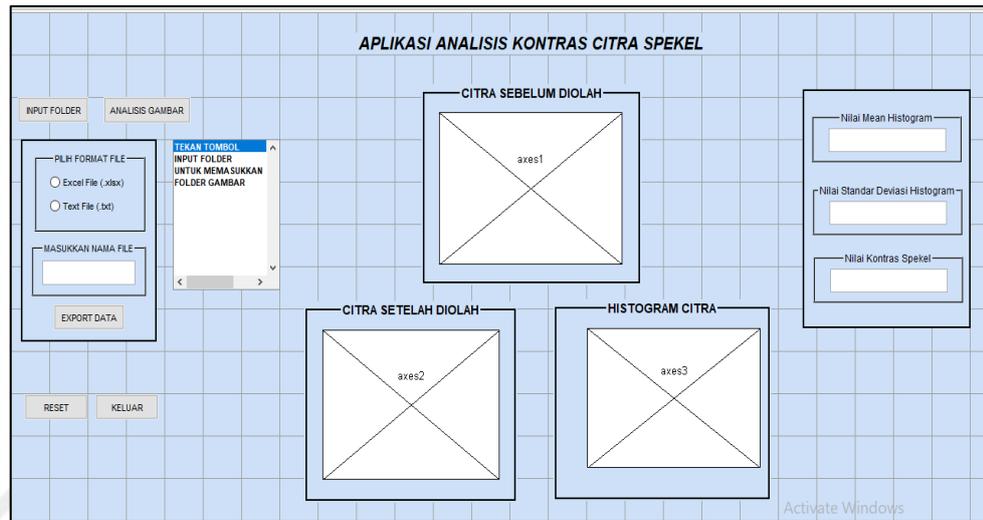
Nilai mean, standar deviasi, dan nilai kontras citra spekel diperoleh dari hasil pengolahan citra digital dalam aplikasi. Aplikasi analisis kontras citra spekel dibuat menggunakan fitur GUI yang ada pada MATLAB. Fitur yang digunakan adalah *guide* dan *deploytool*, fitur tersebut digunakan untuk membuat aplikasi yang bersifat *standalone*. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan untuk membuat aplikasi tersebut adalah :

1. Membuat GUI kosong yang baru dengan cara pilih menu **HOME** > **New Graphical User Interface**, kemudian pilih **Create New GUI** > pilih **Blank GUI (Default)**.



Gambar 4.1 (a) Letak Menu GUI Baru (b) Pemilihan GUI Kosong untuk Pembuatan Aplikasi

## 2. Membuat template *software/aplikasi*



Gambar 4.2 Desain Template GUI dari Aplikasi Analisis Kontras Citra Spekel

Pembuatan template aplikasi berbasis GUI MATLAB menggunakan beberapa macam tombol, listbox, dan grafik. Adapun komposisi fitur yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.1, yaitu :

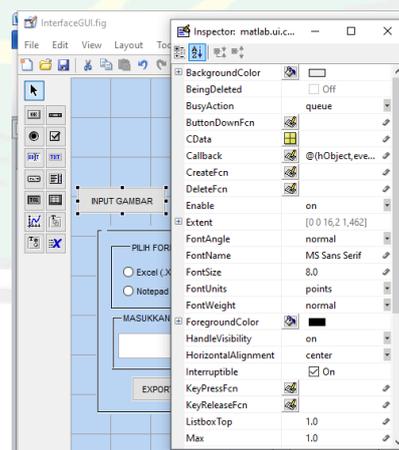
Tabel 4.1 Fitur yang Digunakan untuk Membuat Aplikasi

No.	Nama <i>Button</i>	Jenis <i>Button</i>	Fungsi
1.	APLIKASI ANALISIS KONTRAS CITRA SPEKEL	<i>Static text 2</i>	Untuk menampilkan judul aplikasi yang dibuat
2.	<i>Axes 1</i>	<i>Axes1</i>	Untuk menampilkan citra yang dipilih dan belum diolah
3.	<i>Axes 2</i>	<i>Axes2</i>	Untuk menampilkan hasil <i>image processing</i> sehingga gambar menjadi hitam-putih

4.	Axis 3	Axis3	Untuk menampilkan histogram citra hasil <i>image processing grayscale</i>
5.	INPUT FOLDER	Pushbutton 1	Untuk membuka dan menginputkan folder gambar yang akan dianalisis pada aplikasi.
6.	ANALISIS GAMBAR	Pushbutton 2	Untuk menjalankan perintah mencari nilai <i>mean</i> , standar deviasi, dan nilai kontras dari citra yang diinputkan.
7.	EXPORT DATA	Pushbutton 3	Untuk menjalankan perintah menyimpan data dalam bentuk file excel atau file txt.
8.	RESET	Pushbutton 4	Untuk menjalankan perintah mengatur ulang tampilan gambar, histogram, dan nilai yang didapatkan.
9.	KELUAR	Pushbutton 5	Untuk menjalankan perintah keluar dari aplikasi.
10.	Excel File (.xlsx)	Radio button 1	Untuk menjalankan perintah pemilihan file penyimpanan data dalam bentuk <i>excel file</i> .
11.	Text File (.txt)	Radio button 2	Untuk menjalankan perintah pemilihan file penyimpanan data dalam bentuk <i>text file</i> .
12.	Panel1	Panel	Sebagai panel untuk letak tombol pilihan format file penyimpanan data
13.	Panel2	Panel	
14.	Panel3	Panel	
15.	Panel4	Panel	Sebagai panel untuk tempat penampil gambar dan histogram citra
16.	Panel5	Panel	
17.	Panel6	Panel	

18.	Panel7	<i>Panel</i>	Sebagai panel untuk tempat penampil nilai mean, standar deviasi, dan kontras citra yang diolah.
19.	Panel8	<i>Panel</i>	
20.	Panel9	<i>Panel</i>	
21.	Panel10	<i>Panel</i>	
22.	Listbox1	<i>Listbox</i>	Untuk menampilkan nama file gambar yang ada pada folder.
23.	Edit1	<i>Edit Text 1</i>	Untuk menuliskan nama file sebagai penyimpanan data.
24.	Edit2	<i>Edit Text 2</i>	Untuk menampilkan nilai <i>mean</i> dari citra yang diolah.
25.	Edit3	<i>Edit Text 3</i>	Untuk menampilkan nilai standar deviasi dari citra yang diolah.
26.	Edit4	<i>Edit Text 4</i>	Untuk menampilkan nilai kontras dari citra yang diolah.

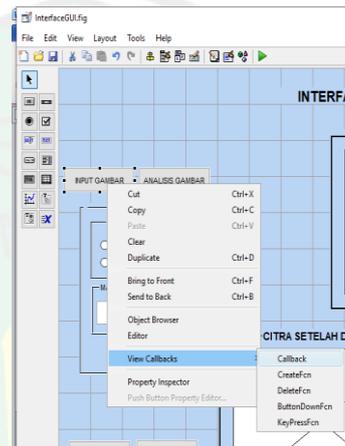
3. Kemudian memberikan identitas dan mengatur penamaan, serta tampilan masing- masing tombol pada template dengan cara klik 2 kali pada tombol, lalu akan muncul menu *pop-up*, kemudian isi kolom *tag* dan *string* sesuai keinginan.



Gambar 4.3 Pengaturan Tombol Template GUI pada Aplikasi Analisis Kontras Citra Spekel

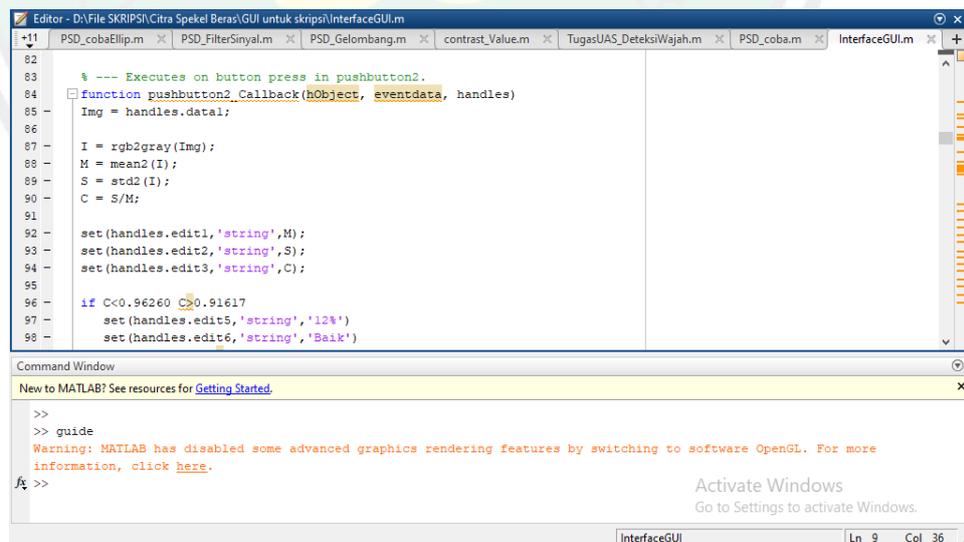
4. Kemudian memasukkan *coding* pada tiap tombol. Sehingga tombol dapat terhubung dan melakukan perintah sesuai yang diharapkan, langkah yang dilakukan yaitu :

Klik kanan pada tombol > kemudian pilih **View Callbacks** > pilih **Callback**



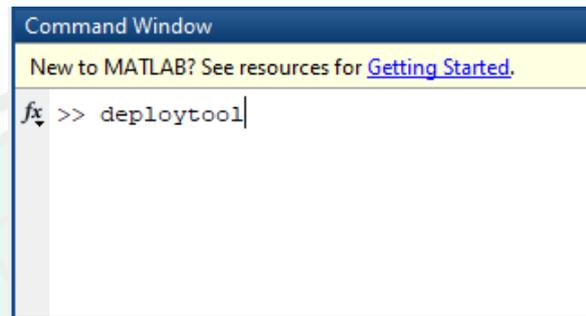
Gambar 4.4 Pemanggilan Editor MATLAB untuk Pengisian *Coding*

5. Setelah itu akan tampil editor file MATLAB sebagai tempat untuk memasukkan *coding* agar tombol dapat berfungsi dan berjalan dengan baik.



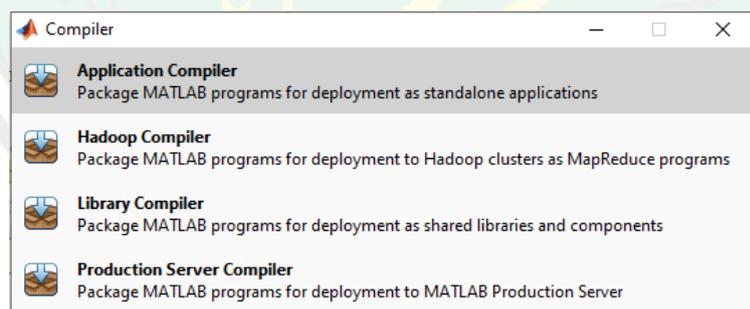
Gambar 4.5 Pengisian *Coding* Aplikasi

6. Apabila semua *coding* sudah selesai dimasukkan, selanjutnya adalah mengekstrak aplikasi agar menjadi *standalone* menggunakan fitur *deploytool*. Pemanggilan fitur dapat dilakukan dengan menyetik *deploytool* pada *command window*, seperti pada gambar 4.6 :



Gambar 4.6 Pemanggilan Fitur *deploytool*

7. Kemudian akan tampil menu *pop up*, pilih **Application Compiler**. Setelah itu isi informasi tambahan mengenai aplikasi yang akan diekstrak. Isi data yang dibutuhkan dan tambahkan file *coding* beserta file *figure* dari aplikasi yang dibutuhkan sehingga tanda centang menjadi warna hijau. Seperti pada gambar 4.7 dan gambar 4.8.

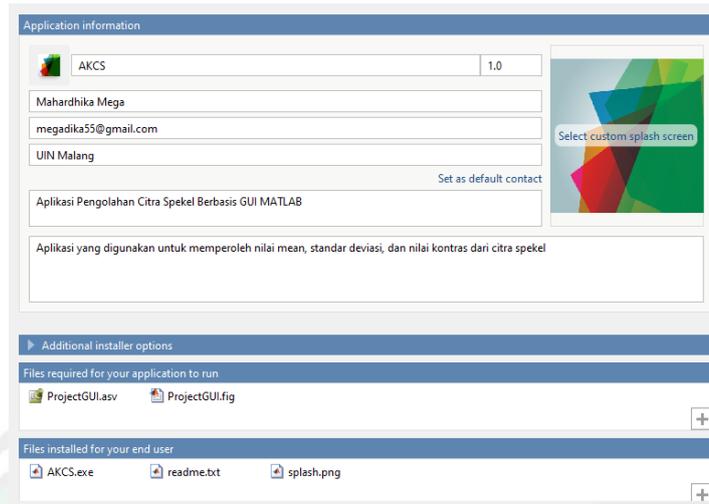


(a)



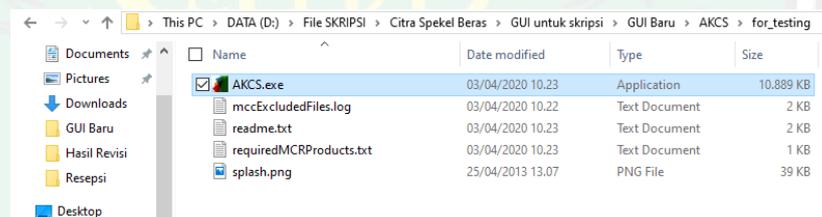
(b)

Gambar 4.7 (a) Pemanggilan Fitur *Application Compiler* (b) Memasukkan File Utama Aplikasi dan Ekstraksi Aplikasi



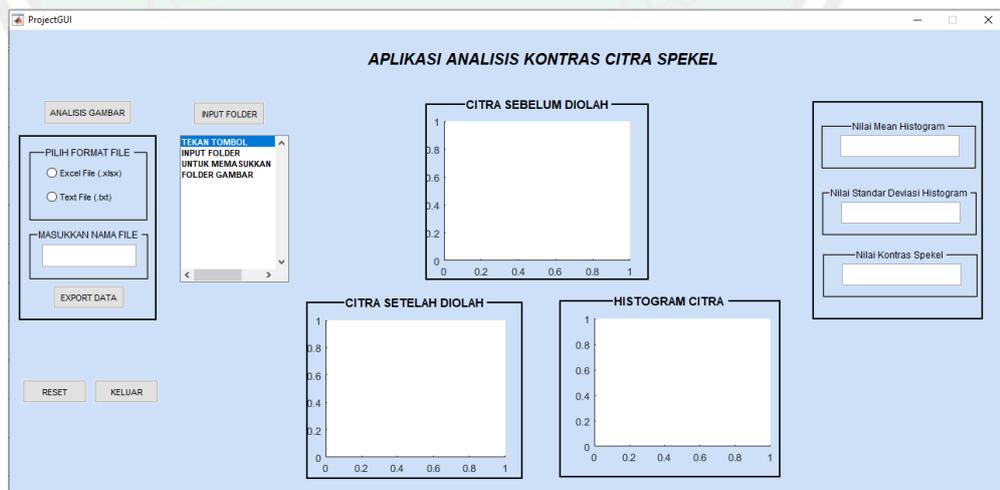
Gambar 4.8 Pengisian Informasi dan File Penunjang Aplikasi

8. Aplikasi dapat kita jalankan dengan cara klik 2 kali pada file berekstensi **.exe** yang ada pada folder aplikasi.



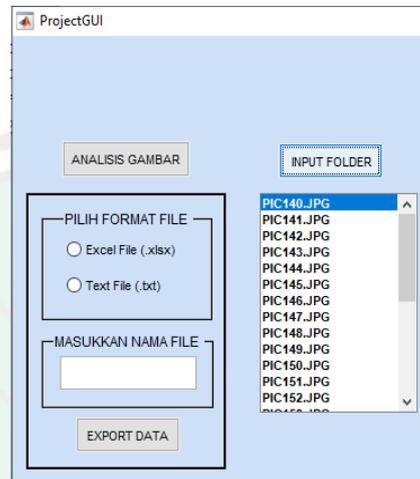
Gambar 4.9 Pengujian untuk Menjalankan Aplikasi

9. Maka akan tampil aplikasi yang sudah dibuat.



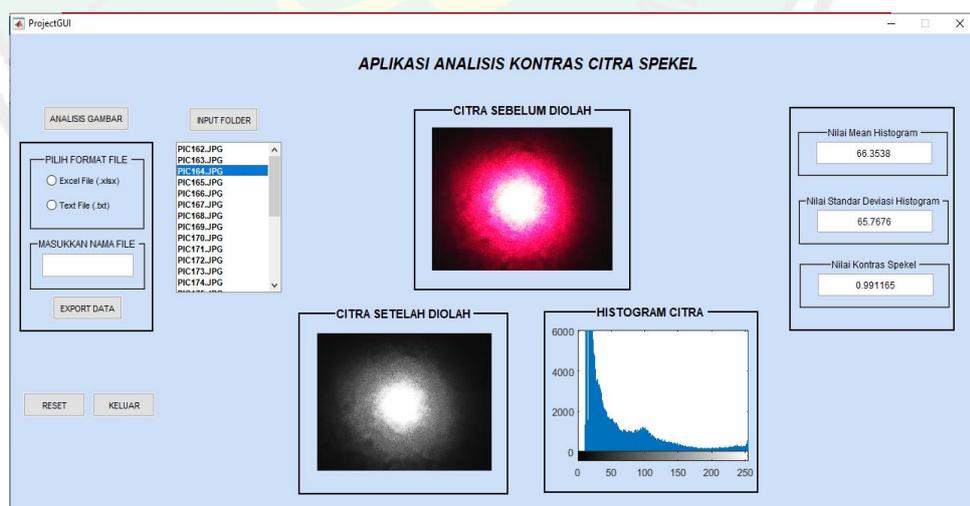
Gambar 4.10 Tampilan Aplikasi

10. Selanjutnya klik tombol **INPUT FOLDER** untuk memasukkan folder yang berisi citra pada *listbox* di aplikasi. Untuk membuka gambar dapat dilakukan dengan memilih nama file, kemudian klik 1 kali.



Gambar 4.11 File Gambar Ditampilkan pada *Listbox*

11. Setelah itu klik tombol **ANALISIS GAMBAR**, untuk menjalankan perintah analisis citra spekel agar menampilkan histogram, nilai *mean*, nilai standar deviasi, dan nilai kontras. Maka tampilan aplikasi akan menjadi seperti pada gambar 4.12.

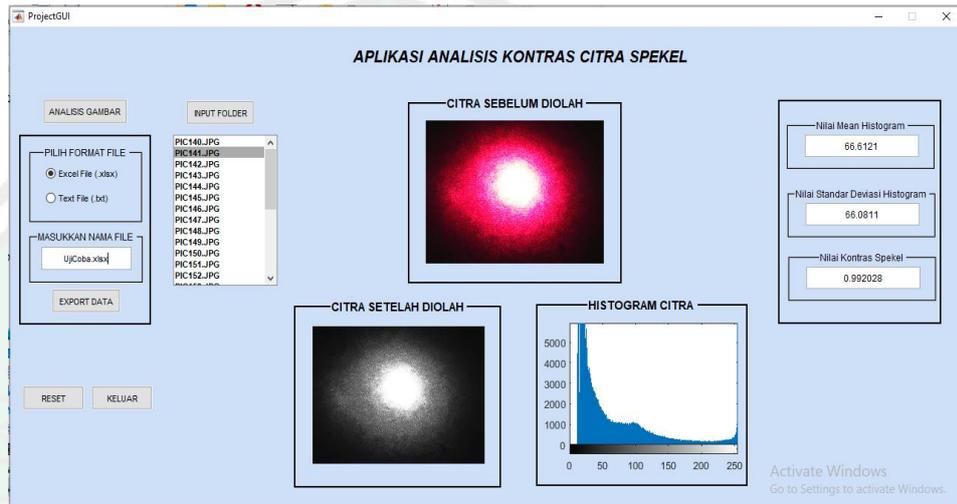


Gambar 4.12 Tampilan Aplikasi Ketika Dijalankan

12. Untuk menyimpan data hasil pengolahan citra, dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

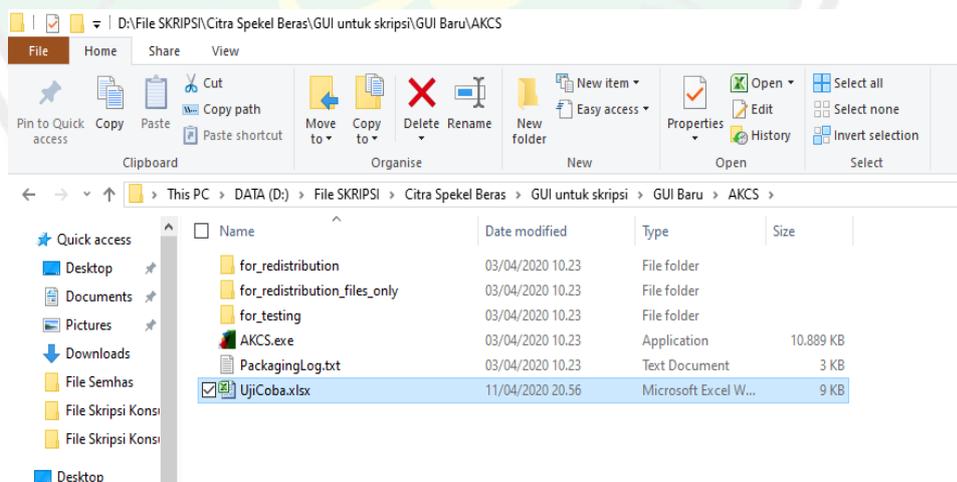
Klik tombol pilihan format file penyimpanan > masukkan nama file beserta formatnya > klik tombol **EXPORT DATA**

Maka aplikasi akan menjadi seperti pada gambar 4.13 :



Gambar 4.13 Tampilan Aplikasi Ketika Proses *Export Data*

13. Lokasi file hasil *export data* terletak pada folder ketika membuka aplikasi pertama kali.



Gambar 4.14 Lokasi File Hasil *Export Data* pada Aplikasi

### 4.1.2 Pemrograman Aplikasi

Aplikasi analisis kontras citra spekel dibuat menggunakan fitur GUI yang ada pada MATLAB. Fitur yang digunakan adalah *guide* dan *deploytool*, fitur tersebut digunakan untuk membuat aplikasi yang bersifat *standalone*. Agar dapat berjalan sesuai perintah maka diperlukan pemrograman pada masing-masing tombol dan komponen dalam *template* aplikasi. Pembuatan program untuk aplikasi diawali dengan membuat runtutan/algorithm kinerja aplikasi, sehingga dapat berjalan dengan baik. Adapun alur pemrograman dalam aplikasi berbasis GUI untuk analisis kontras citra spekel beserta program dalam Matlab yaitu :

#### 1. *Input folder dan input file gambar hasil penelitian*

Program yang harus dibuat pertama kali pada aplikasi berbasis GUI adalah input citra hasil penelitian. Data penelitian dikelompokkan berdasarkan sumbu pengambilan citra spekel. Fitur yang digunakan adalah *pushbutton* sebagai pemanggil file dan *listbox* untuk menampilkan rincian data citra pada folder tersebut. Program pada *input file* bertujuan untuk memfilter file yang ditampilkan, file citra yang dapat terbaca hanya yang memiliki ekstensi .jpg. Adapun script pemrogramannya yaitu:

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
handles.folder = uigetdir; %store the selected folder
files = dir(fullfile(handles.folder, '*jpg'));
    for i =1:length(files)
        piclist{i} = files(i).name;
    end
set(handles.listbox1, 'String', piclist);
guidata(hObject, handles);
```

```

% --- Executes on selection change in listbox1.
function listbox1_Callback(hObject, eventdata,
handles)
list= get(handles.listbox1,'string');
selected = get(handles.listbox1,'value');
    data1 =
imread(fullfile(handles.folder,cell2mat(list(selected)))));
    axes(handles.axes1);
    handles=guidata(gcbo);
set(handles.figure1,'CurrentAxes',handles.axes1);
    axes(handles.axes1);
cla reset
imshow(data1);
set(handles.figure1,'Userdata',data1);
set(handles.axes1,'Userdata',data1);

```

## 2. *Image processing* untuk mendapatkan nilai *mean*, standar deviasi, dan nilai kontras citra

Program yang harus dibuat selanjutnya yaitu *image processing*. Proses ini bertujuan untuk mengekstraksi nilai *mean*, standar deviasi, dan nilai kontras dari citra yang diinputkan. Tahap *image processing* dilakukan dengan mengubah gambar kedalam *grayscale*, kemudian dapat digunakan untuk menampilkan histogram citra dan mengesktraksi besaran yang dicari. Fitur yang digunakan adalah *pushbutton* untuk menjalankan perintah *image processing*. Adapun *script* pemrogramannya yaitu :

```

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata,
handles)
handles = guidata(gcbo);
    I = get(handles.axes1,'Userdata');
Img = rgb2gray(I);
M = mean2(Img);           %mencari nilai mean
S = std2(Img);           %mencari nilai standar deviasi
C = S/M;                 %mencari nilai kontras
set(handles.edit2,'string',M);
set(handles.edit3,'string',S);
set(handles.edit4,'string',C);

```

### 3. Menampilkan histogram dan citra hasil *image processing*

Program berikutnya yaitu penampil citra hasil dan histogram. Proses ini bertujuan untuk menampilkan gambar yang sudah melalui tahap *image processing* dan menampilkan histogramnya. Fitur yang digunakan adalah *pushbutton* dan *axes*. Adapun script pemrogramannya yaitu :

```
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
handles = guidata(gcbo);
    I = get(handles.axes1, 'Userdata');
axes(handles.axes2)
imshow(Img);
axes(handles.axes3)
imhist(Img);
```

### 4. Penyimpanan data hasil dalam bentuk *excel file* atau *text file*

Program terakhir yaitu penyimpanan data hasil. Proses ini bertujuan untuk menyimpan hasil pengolahan citra berupa nilai mean, standar deviasi dan nilai kontras dalam bentuk *excel file* atau *text file*. Fitur yang digunakan adalah *pushbutton* untuk menjalankan perintah penyimpanan data hasil. Adapun script pemrogramannya yaitu :

```
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
handles = guidata(gcbo);
pilih=handles.pilih
switch handles.pilih
case 1 %Export ke Excel
Header = {'Mean', 'Standar Deviasi', 'Nilai Kontras'}
xlswrite(filename, Header, 'Sheet1', 'A1' );
case 2 %Export ke txt file
Data1 = [RowM; RowS; RowC];
fileID = fopen(F, 'w');
fprintf(fileID, '%f %f %f\r\n', Data1);
fclose(fileID);
end
```

#### 4.1.3 Data Hasil Pengolahan Citra Spekel Beras

Pengambilan data citra spekel beras secara eksperimental menggunakan laser He-Ne dilakukan pada berbagai posisi. Adapun posisi pengambilan data kali ini yaitu sumbu X, Sumbu Y, kuadran 1, kuadran 2, kuadran 3, dan kuadran 4. Pada masing-masing posisi pengambilan data dilakukan variasi sudut datang dan variasi sudut tangkap. Pengambilan data citra spekel dilakukan pada jarak yang sudah ditentukan pada tiap variasi sudut datang dan sudut tangkap. Adapun jarak antar perangkat pengambilan data dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Penentuan Jarak Antar Perangkat Pengambilan Data

<b>Sudut Datang</b>	<b>Jarak Laser - Sampel (meter)</b>	<b>Sudut Tangkap</b>	<b>Jarak Kamera - Sampel (meter)</b>
<b>0</b>	0	<b>10</b>	0,55
<b>10</b>	0,04	<b>20</b>	0,36
<b>20</b>	0,08	<b>30</b>	0,27
<b>30</b>	0,14	<b>40</b>	0,18
<b>40</b>	0,2	<b>50</b>	0,15
<b>50</b>	0,28	<b>60</b>	0,12
<b>60</b>	0,36	<b>70</b>	0,08
<b>70</b>	0,6	<b>80</b>	0,05
<b>80</b>	0,9	-	-

Jarak yang sudah ditentukan pada tabel 4.2 digunakan untuk mengatur posisi laser sebagai sudut datang dan posisi kamera sebagai sudut tangkap dalam pengambilan data citra spekel beras. Citra yang diperoleh dapat diolah pada aplikasi untuk mengetahui nilai *mean*, standar deviasi dan nilai kontras. Adapun data yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

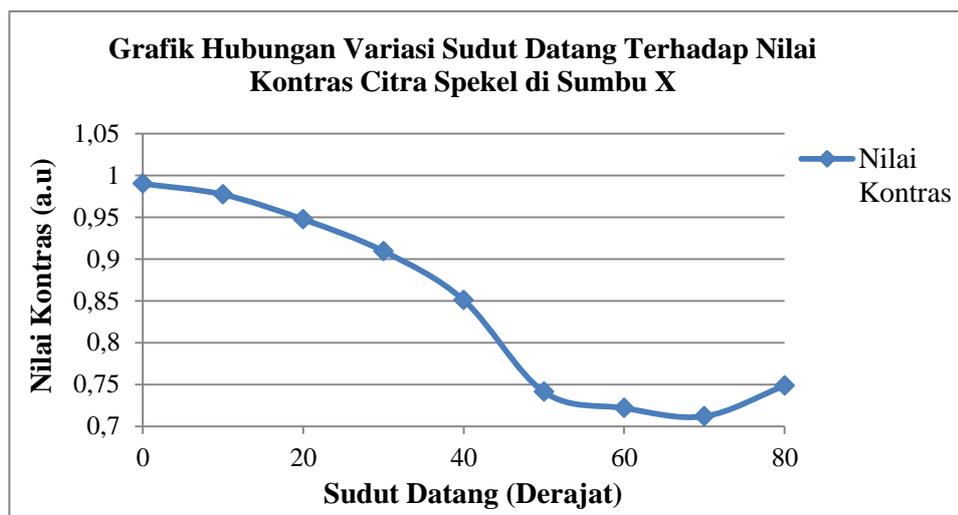
### A. Data Hasil Pengolahan Citra Spekel Beras pada Sumbu X

Pengambilan data awal dilakukan dengan meletakkan laser sebagai sumber cahaya dan kamera sebagai detektor cahaya pada posisi yang berpelurus yaitu pada posisi sumbu X. Pengambilan data kali ini menghasilkan 211 citra spekel dengan sudut datang pada rentang  $0^\circ$  hingga  $80^\circ$ , serta sudut tangkap pada rentang  $10^\circ$  hingga  $70^\circ$ . Citra spekel yang diperoleh kemudian diolah untuk mendapatkan nilai kontrasnya. Data hasil yang diperoleh pada variasi sudut datang dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Datang di Sumbu X

Sudut Datang	Mean	Standar Deviasi	Nilai Kontras (a.u)
$0^\circ$	66,752	66,099	0,99022
$10^\circ$	68,394	66,838	0,97725
$20^\circ$	70,088	66,412	0,94756
$30^\circ$	71,563	65,076	0,90939
$40^\circ$	74,651	63,520	0,85093
$50^\circ$	82,812	61,376	0,74117
$60^\circ$	82,043	62,365	0,72172
$70^\circ$	84,483	60,146	0,71193
$80^\circ$	82,114	61,461	0,74851

Berdasarkan data pada tabel 4.3 dapat diketahui bahwa nilai *mean* akan mengalami peningkatan seiring dengan penambahan sudut datang cahaya. Namun sebaliknya, semakin besar sudut datang cahaya maka nilai kontras citra spekel yang terukur akan semakin kecil. Hal ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya hasil dari pemantulan baur yang tertangkap oleh kamera. Penyajian data secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Grafik Hubungan Variasi Sudut Datang Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Sumbu X

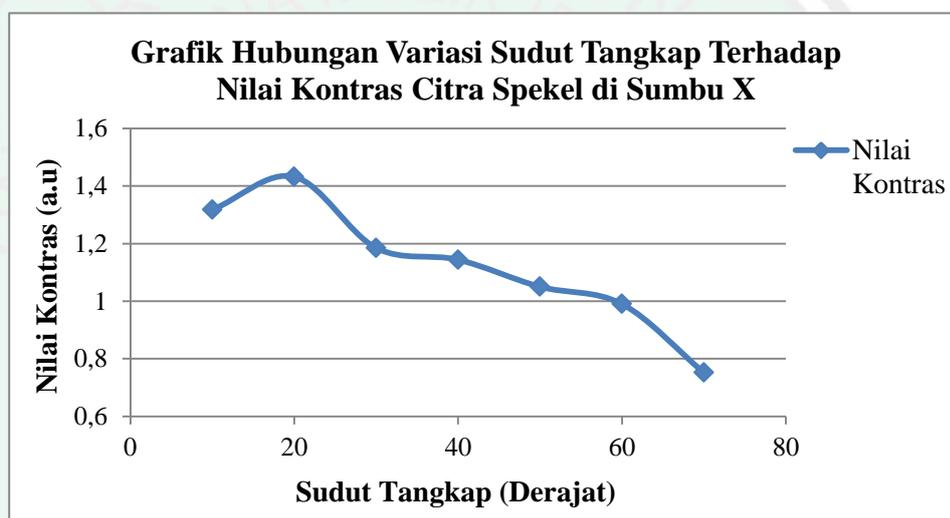
Berdasarkan grafik pada gambar 4.15, diperoleh informasi bahwa nilai kontras citra spekel beras yang optimum berada pada sudut datang  $0^\circ$ . Secara garis besar semakin besar sudut datang cahaya, maka nilai kontras citra spekel yang dihasilkan semakin kecil. Penurunan nilai kontras mengindikasikan peningkatan intensitas cahaya yang terukur pada citra spekel. Selain data pada variasi sudut datang, juga diperoleh data hasil pengolahan citra spekel beras pada variasi sudut tangkap. Data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Tangkap di Sumbu X

Sudut Tangkap	Mean	Standar Deviasi	Nilai Kontras (a.u)
$10^\circ$	15,297	20,148	1,31716
$20^\circ$	27,253	39,020	1,43178
$30^\circ$	45,224	53,583	1,18488
$40^\circ$	51,490	58,900	1,14388
$50^\circ$	63,528	66,703	1,04998

60°	66,752	66,099	0,99022
70°	87,000	65,419	0,75193

Pada tabel 4.4 dapat diketahui bahwa nilai *mean* dan standar deviasi mengalami peningkatan yang cukup signifikan seiring dengan penambahan sudut tangkap cahaya, sehingga mengakibatkan nilai kontras citra spekel semakin kecil. Hal ini dikarenakan nilai kontras citra spekel diperoleh dari rasio standar deviasi dengan *mean*. Penyajian data secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Grafik Hubungan Variasi Sudut Tangkap Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Sumbu X

Sesuai dengan grafik pada gambar 4.16, diperoleh informasi bahwa nilai kontras citra spekel beras yang optimum berada pada sudut tangkap 20°. Pada grafik tampak bahwa nilai kontras citra spekel semakin kecil seiring dengan penambahan sudut tangkap cahaya. Hal ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang tertangkap oleh kamera, akibat dari fenomena pemantulan cahaya baur/difus.

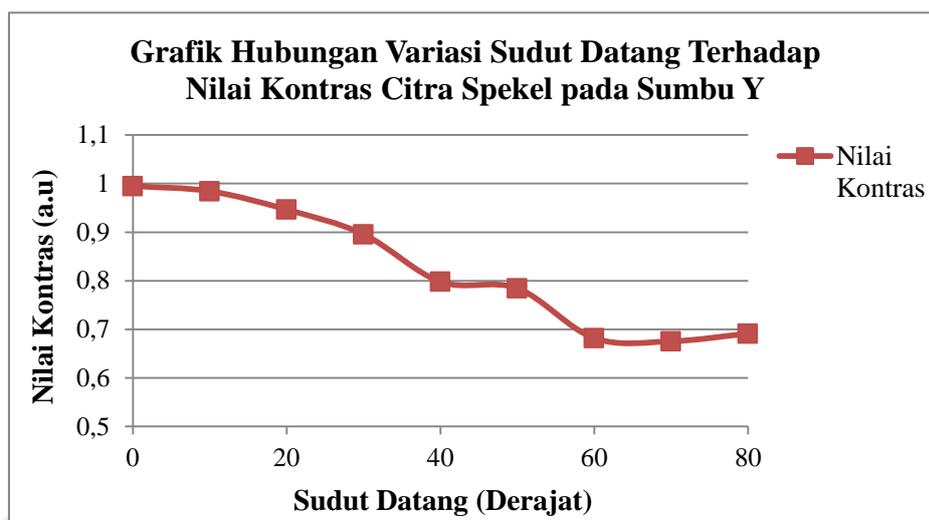
## B. Data Hasil Pengolahan Citra Spekel Beras pada Sumbu Y

Pengambilan data citra spekel beras yang kedua dilakukan pada sumbu Y. Posisi pengambilan data dilakukan dengan meletakkan laser pada sumbu X, kemudian kamera diletakkan pada sumbu Y. Pengambilan data kali ini menghasilkan 231 citra spekel dengan sudut datang pada rentang  $0^\circ$  hingga  $80^\circ$ , serta sudut tangkap pada rentang  $10^\circ$  hingga  $70^\circ$ . Data hasil yang diperoleh pada variasi sudut datang dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Datang di Sumbu Y

Sudut Datang	Mean	Standar Deviasi	Nilai Kontras (a.u)
$0^\circ$	75,965	70,431	0,99491
$10^\circ$	78,500	71,976	0,98437
$20^\circ$	81,882	71,792	0,94648
$30^\circ$	85,767	70,939	0,89553
$40^\circ$	91,071	66,440	0,79790
$50^\circ$	91,267	65,150	0,78442
$60^\circ$	98,749	60,392	0,68186
$70^\circ$	101,684	60,392	0,67545
$80^\circ$	98,122	60,347	0,69124

Berdasarkan data pada tabel 4.5 dapat diketahui bahwa nilai *mean* mengalami peningkatan seiring dengan penambahan sudut datang cahaya. Namun sebaliknya, semakin besar sudut datang cahaya maka nilai kontras citra spekel yang terukur akan semakin kecil. Hal ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya hasil dari pemantulan baur yang tertangkap oleh kamera dan nilai kontras berbanding terbalik dengan nilai *mean* citra. Penyajian data secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Grafik Hubungan Variasi Sudut Datang Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Sumbu Y

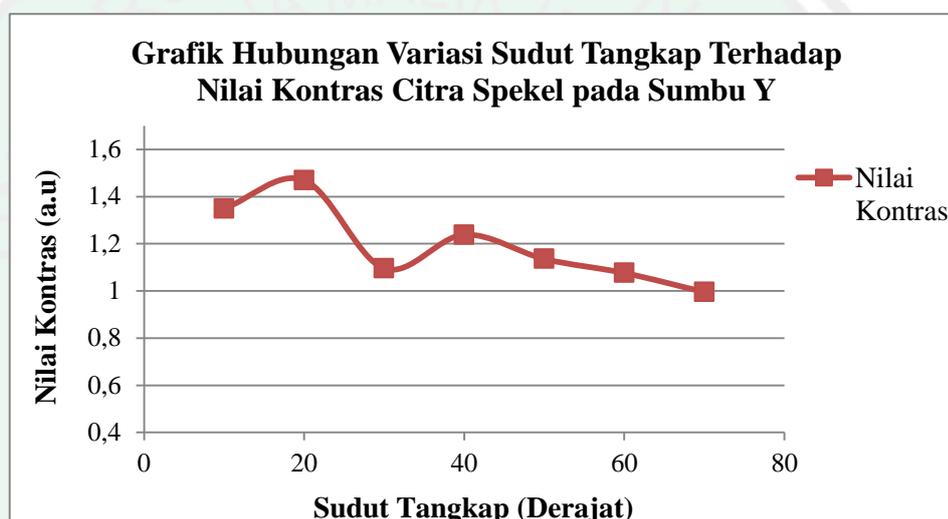
Berdasarkan grafik pada gambar 4.17, diperoleh informasi bahwa nilai kontras citra spekel beras yang optimum berada pada sudut datang  $0^\circ$ . Secara garis besar semakin besar sudut datang cahaya, maka nilai kontras citra spekel yang dihasilkan semakin kecil. Penurunan nilai kontras mengindikasikan peningkatan intensitas cahaya yang terukur pada citra spekel. Selain data pada variasi sudut datang, juga diperoleh data hasil pengolahan citra spekel beras pada variasi sudut tangkap. Data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Tangkap di Sumbu Y

Sudut Tangkap	Mean	Standar Deviasi	Nilai Kontras (a.u)
$10^\circ$	15,225	20,537	1,34911
$20^\circ$	20,853	30,642	1,46945
$30^\circ$	52,303	57,275	1,09506
$40^\circ$	46,165	57,157	1,23811
$50^\circ$	54,919	62,354	1,13539

60°	063,789	68,638	1,07604
70°	75,965	70,431	0,99491

Pada tabel 4.6 dapat diketahui bahwa nilai *mean* dan standar deviasi mengalami peningkatan yang cukup signifikan seiring dengan penambahan sudut tangkap cahaya, sehingga mengakibatkan nilai kontras citra spekel semakin kecil. Hal ini dikarenakan nilai kontras citra spekel diperoleh dari rasio standar deviasi dengan *mean*. Penyajian data secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.18.



Gambar 4.18 Grafik Hubungan Variasi Sudut Tangkap Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Sumbu Y

Sesuai dengan grafik pada gambar 4.18, diperoleh informasi bahwa nilai kontras citra spekel beras yang optimum berada pada sudut tangkap 20°. Pada grafik tampak bahwa nilai kontras citra spekel semakin kecil seiring dengan penambahan sudut tangkap cahaya. Hal ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang tertangkap oleh kamera, akibat dari fenomena pemantulan cahaya baur/difus.

### C. Data Hasil Pengolahan Citra Spekel Beras pada Kuadran 1

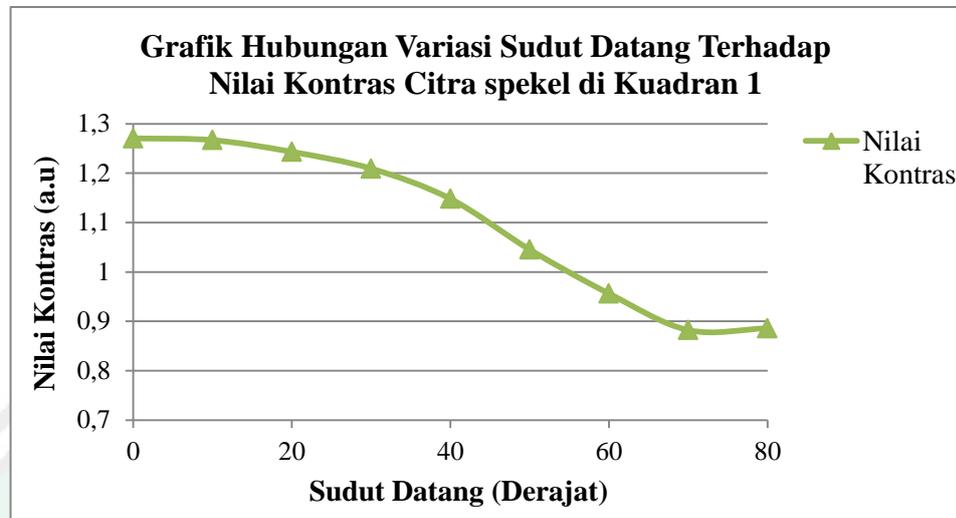
Pengambilan data citra spekel beras berikutnya dilakukan pada kuadran 1. Posisi pengambilan data dilakukan dengan meletakkan laser pada sumbu X, kemudian kamera diletakkan pada kuadran 1 (membentuk sudut  $30^{\circ}$  terhadap sumbu X). Pengambilan data kali ini menghasilkan 237 citra spekel dengan sudut datang pada rentang  $0^{\circ}$  hingga  $80^{\circ}$ , serta sudut tangkap pada rentang  $10^{\circ}$  hingga  $80^{\circ}$ . Data hasil yang diperoleh pada variasi sudut datang dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Datang di Kuadran 1

Sudut Datang	Mean	Standar Deviasi	Nilai Kontras (a.u)
$0^{\circ}$	51,383	65,292	1,27070
$10^{\circ}$	51,637	65,424	1,26701
20	53,102	66,022	1,24330
$30^{\circ}$	54,653	66,095	1,20935
$40^{\circ}$	56,354	64,706	1,14821
$50^{\circ}$	61,244	64,016	1,04530
$60^{\circ}$	64,554	61,730	0,95626
$70^{\circ}$	69,361	61,197	0,88230
$80^{\circ}$	68,220	60,434	0,88587

Berdasarkan data pada tabel 4.7 dapat diketahui bahwa nilai *mean* mengalami peningkatan seiring dengan penambahan sudut datang cahaya. Namun sebaliknya, semakin besar sudut datang cahaya maka nilai kontras citra spekel yang terukur akan semakin kecil. Hal ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya hasil dari pemantulan baur yang tertangkap oleh kamera dan

nilai kontras berbanding terbalik dengan nilai *mean* citra. Penyajian data secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.19.



Gambar 4.19 Grafik Hubungan Variasi Sudut Datang Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 1

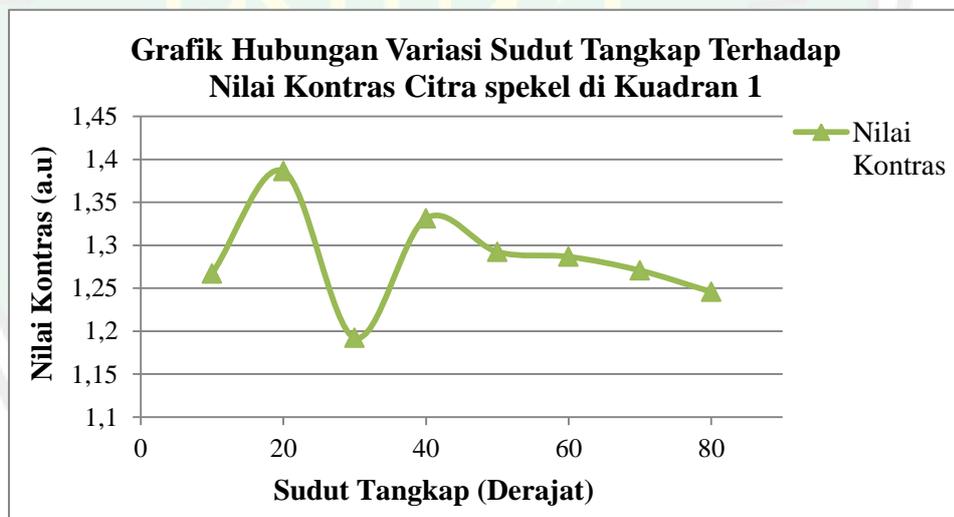
Berdasarkan grafik pada gambar 4.19, diperoleh informasi bahwa nilai kontras citra spekel beras yang optimum berada pada sudut datang  $0^{\circ}$ . Secara garis besar semakin besar sudut datang cahaya, maka nilai kontras citra spekel yang dihasilkan semakin kecil. Penurunan nilai kontras mengindikasikan peningkatan intensitas cahaya yang terukur pada citra spekel. Selain data pada variasi sudut datang, juga diperoleh data hasil pengolahan citra spekel beras pada variasi sudut tangkap. Data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Tangkap di Kuadran 1

Sudut Tangkap	Mean	Standar Deviasi	Nilai Kontras (a.u)
$10^{\circ}$	15,372	19,480	1,26718
$20^{\circ}$	28,938	40,113	1,38617

30°	43,690	52,088	1,19222
40°	41,751	55,582	1,33129
50°	45,893	59,308	1,29230
60°	45,801	58,929	1,28665
70°	51,383	65,292	1,27070
80°	51,323	63,937	1,24577

Pada tabel 4.8 dapat diketahui bahwa nilai *mean* dan standar deviasi mengalami peningkatan yang cukup signifikan seiring dengan penambahan sudut tangkap cahaya, sehingga mengakibatkan nilai kontras citra spekel semakin kecil. Hal ini dikarenakan nilai kontras citra spekel diperoleh dari rasio standar deviasi dengan *mean*. Penyajian data secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.20.



Gambar 4.20 Grafik Hubungan Variasi Sudut Tangkap Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 1

Sesuai dengan grafik pada gambar 4.20, diperoleh informasi bahwa nilai kontras citra spekel beras yang optimum berada pada sudut tangkap 20°. Pada grafik tampak bahwa nilai kontras citra spekel semakin kecil seiring dengan

penambahan sudut tangkap cahaya. Hal ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya hasil dari pemantulan baur yang tertangkap oleh kamera. Semakin besar sudut tangkap yang digunakan, maka akan semakin banyak intensitas cahaya yang tertangkap kamera akibat dari fenomena pemantulan cahaya baur/difus.

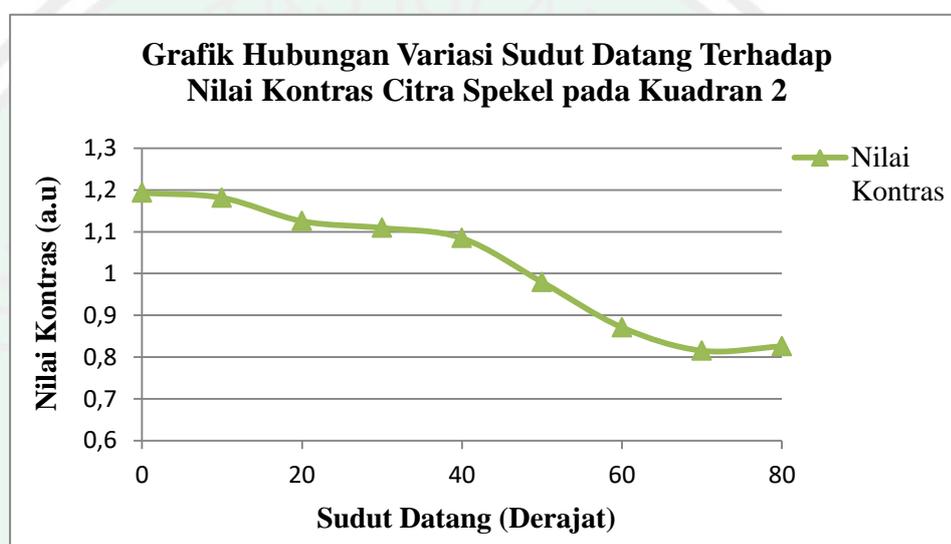
#### D. Data Hasil Pengolahan Citra Spekel Beras pada Kuadran 2

Pengambilan data citra spekel beras berikutnya dilakukan pada kuadran 2. Posisi pengambilan data dilakukan dengan meletakkan laser pada sumbu X, kemudian kamera sebagai detektor (penangkap) cahaya laser diletakkan pada kuadran 2 (membentuk sudut  $30^{\circ}$  terhadap sumbu X atau laser). Pengambilan data kali ini menghasilkan 237 citra spekel dengan sudut datang pada rentang  $0^{\circ}$  hingga  $80^{\circ}$ , serta sudut tangkap pada rentang  $10^{\circ}$  hingga  $80^{\circ}$ . Data hasil yang diperoleh pada variasi sudut datang dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Datang di Kuadran 2

Sudut Datang	Mean	Standar Deviasi	Nilai Kontras (a.u)
$0^{\circ}$	55,862	66,640	1,19295
$10^{\circ}$	56,109	66,275	1,18119
$20^{\circ}$	58,660	66,012	1,12534
$30^{\circ}$	59,421	65,907	1,10916
$40^{\circ}$	60,336	65,435	1,08452
$50^{\circ}$	64,774	63,456	0,97965
$60^{\circ}$	69,206	60,283	0,87108
$70^{\circ}$	73,340	59,790	0,81525
$80^{\circ}$	72,194	59,616	0,82578

Berdasarkan data pada tabel 4.9 dapat diketahui bahwa nilai *mean* mengalami peningkatan seiring dengan penambahan sudut datang cahaya. Namun sebaliknya, semakin besar sudut datang cahaya maka nilai kontras citra spekel yang terukur akan semakin kecil. Hal ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya hasil dari pemantulan baur yang tertangkap oleh kamera dan nilai kontras berbanding terbalik dengan nilai *mean* citra. Penyajian data secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.21.



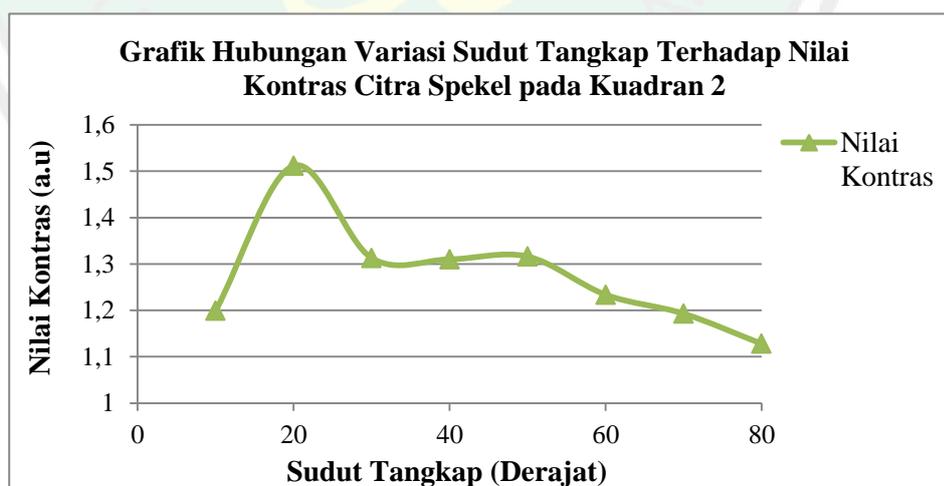
Gambar 4.21 Grafik Hubungan Variasi Sudut Datang Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 2

Berdasarkan grafik pada gambar 4.21, diperoleh informasi bahwa nilai kontras citra spekel beras yang optimum berada pada sudut datang  $0^\circ$ . Secara garis besar semakin besar sudut datang cahaya, maka nilai kontras citra spekel yang dihasilkan semakin kecil. Penurunan nilai kontras mengindikasikan peningkatan intensitas cahaya yang terukur pada citra spekel. Selain data pada variasi sudut datang, juga diperoleh data hasil pengolahan citra spekel beras pada variasi sudut tangkap. Data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Tangkap di Kuadran 2

Sudut Tangkap	Mean	Standar Deviasi	Nilai Kontras (a.u)
10°	13,703	16,434	1,19902
20°	22,490	33,998	1,51173
30°	38,863	51,024	1,31295
40°	41,915	54,914	1,31011
50°	45,182	59,463	1,31609
60°	51,547	63,597	1,23377
70°	55,862	66,640	1,19295
80°	59,659	67,297	1,12803

Pada tabel 4.10 dapat diketahui bahwa nilai *mean* dan standar deviasi mengalami peningkatan yang cukup signifikan seiring dengan penambahan sudut tangkap cahaya, sehingga mengakibatkan nilai kontras citra spekel semakin kecil. Hal ini dikarenakan nilai kontras citra spekel diperoleh dari rasio standar deviasi dengan *mean*. Penyajian data secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.22.



Gambar 4.22 Grafik Hubungan Variasi Sudut Tangkap Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 2

Sesuai dengan grafik pada gambar 4.22, diperoleh informasi bahwa nilai kontras citra spekel beras yang optimum berada pada sudut tangkap  $20^\circ$ . Pada grafik tampak bahwa nilai kontras citra spekel semakin kecil seiring dengan penambahan sudut tangkap cahaya. Hal ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang tertangkap oleh kamera. Semakin besar sudut tangkap yang digunakan, maka akan semakin banyak intensitas cahaya yang tertangkap kamera akibat dari fenomena pemantulan difus/baur.

#### E. Data Hasil Pengolahan Citra Spekel Beras pada Kuadran 3

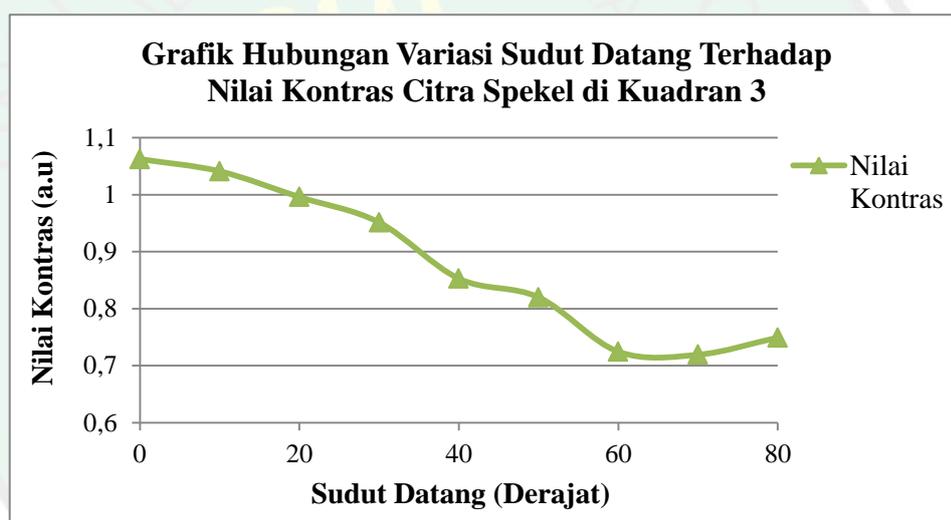
Pengambilan data citra spekel beras berikutnya dilakukan pada kuadran 3. Posisi pengambilan data dilakukan dengan meletakkan laser pada sumbu X, kemudian kamera sebagai detektor (penangkap) cahaya laser diletakkan pada kuadran 3 (membentuk sudut  $30^\circ$  terhadap sumbu X). Pengambilan data kali ini menghasilkan 237 citra spekel dengan sudut datang pada rentang  $0^\circ$  hingga  $80^\circ$ , serta sudut tangkap pada rentang  $10^\circ$  hingga  $80^\circ$ . Data hasil yang diperoleh pada variasi sudut datang dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Datang di Kuadran 3

Sudut Datang	Mean	Standar Deviasi	Nilai Kontras (a.u)
$0^\circ$	66,386	70,533	1,06250
$10^\circ$	67,274	70,038	1,04109
$20^\circ$	69,248	68,965	0,99592
$30^\circ$	71,029	67,570	0,95133
$40^\circ$	73,955	63,057	0,85264
$50^\circ$	78,334	64,224	0,81994
$60^\circ$	83,574	60,544	0,72448

70°	84,151	60,517	0,71915
80°	79,297	59,409	0,74920

Berdasarkan data pada tabel 4.11 dapat diketahui bahwa nilai *mean* mengalami peningkatan seiring dengan penambahan sudut datang cahaya. Namun sebaliknya, semakin besar sudut datang cahaya maka nilai kontras citra spekel yang terukur akan semakin kecil. Hal ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya hasil dari pemantulan baur yang tertangkap oleh kamera dan nilai kontras berbanding terbalik dengan nilai *mean* citra. Penyajian data secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.23.



Gambar 4.23 Grafik Hubungan Variasi Sudut Datang Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 3

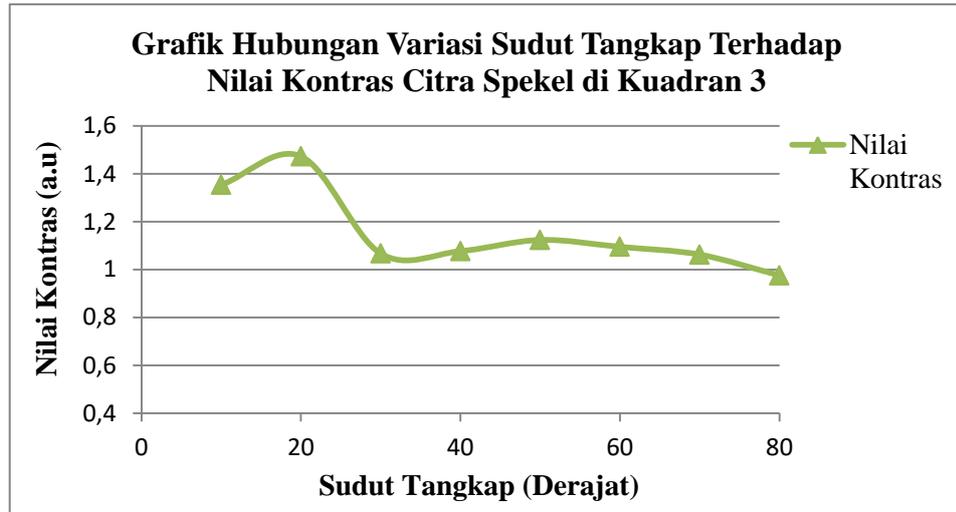
Berdasarkan grafik pada gambar 4.23, diperoleh informasi bahwa nilai kontras citra spekel beras yang optimum berada pada sudut datang 0°. Secara garis besar semakin besar sudut datang cahaya, maka nilai kontras citra spekel yang dihasilkan semakin kecil. Penurunan nilai kontras mengindikasikan peningkatan intensitas cahaya yang terukur pada citra

spekel. Selain data pada variasi sudut datang, juga diperoleh data hasil pengolahan citra spekel beras pada variasi sudut tangkap. Data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Tangkap di Kuadran 3

Sudut Tangkap	Mean	Standar Deviasi	Nilai Kontras (a.u)
10°	16,393	22,189	1,35356
20°	24,404	35,947	1,47304
30°	52,502	56,020	1,06702
40°	55,308	59,561	1,07691
50°	57,788	64,931	1,12361
60°	62,527	68,456	1,09482
70°	66,386	70,533	1,06250
80°	74,173	72,367	0,97566

Pada tabel 4.12 dapat diketahui bahwa nilai *mean* dan standar deviasi mengalami peningkatan yang cukup signifikan seiring dengan penambahan sudut tangkap cahaya, sehingga mengakibatkan nilai kontras citra spekel semakin kecil. Hal ini dikarenakan nilai kontras citra spekel diperoleh dari rasio standar deviasi dengan *mean*. Penyajian data secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.24.



Gambar 4.24 Grafik Hubungan Variasi Sudut Tangkap Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 3

Sesuai dengan grafik pada gambar 4.24, diperoleh informasi bahwa nilai kontras citra spekel beras yang optimum berada pada sudut tangkap  $20^\circ$ . Pada grafik tampak bahwa nilai kontras citra spekel semakin kecil seiring dengan penambahan sudut tangkap cahaya. Hal ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang tertangkap oleh kamera. Semakin besar sudut tangkap yang digunakan, maka akan semakin banyak intensitas cahaya yang tertangkap kamera akibat dari fenomena pemantulan difus/baur.

#### **F. Data Nilai Kontras Citra Spekel Beras pada Kuadran 4**

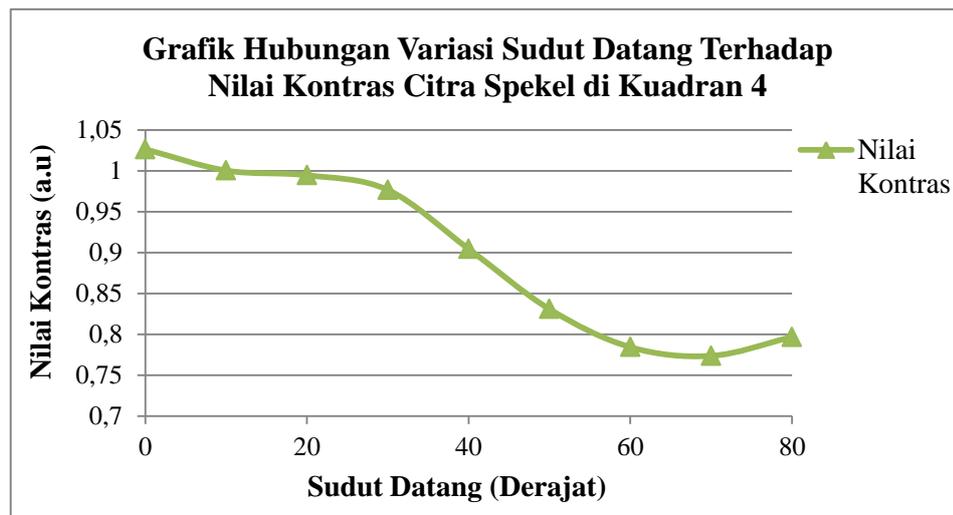
Pengambilan data citra spekel beras berikutnya dilakukan pada kuadran 4. Posisi pengambilan data dilakukan dengan meletakkan laser pada sumbu X, kemudian kamera sebagai detektor (penangkap) cahaya laser diletakkan pada kuadran 4 (membentuk sudut  $30^\circ$  terhadap sumbu X). Pengambilan data kali ini menghasilkan 237 citra spekel dengan rentang sudut datang pada rentang

0° hingga 80°, serta sudut tangkap pada rentang 10° hingga 80°. Data hasil yang diperoleh pada variasi sudut datang dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Datang di Kuadran 4

Sudut Datang	Mean	Standar Deviasi	Nilai Kontras (a.u)
0°	66,645	68,412	1,02653
10°	68,863	68,892	1,00043
20°	68,961	68,594	0,99468
30°	69,630	68,012	0,97677
40°	72,617	65,695	0,90469
50°	74,952	62,280	0,83096
60°	79,063	62,025	0,78451
70°	78,981	61,114	0,77380
80°	77,931	62,097	0,79684

Berdasarkan data pada tabel 4.13 dapat diketahui bahwa nilai *mean* mengalami peningkatan seiring dengan penambahan sudut datang cahaya. Namun sebaliknya, semakin besar sudut datang cahaya maka nilai kontras citra spekel yang terukur akan semakin kecil. Hal ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya hasil dari pemantulan baur yang tertangkap oleh kamera dan nilai kontras berbanding terbalik dengan nilai *mean* citra. Penyajian data secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.25.



Gambar 4.25 Grafik Hubungan Variasi Sudut Datang Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 4

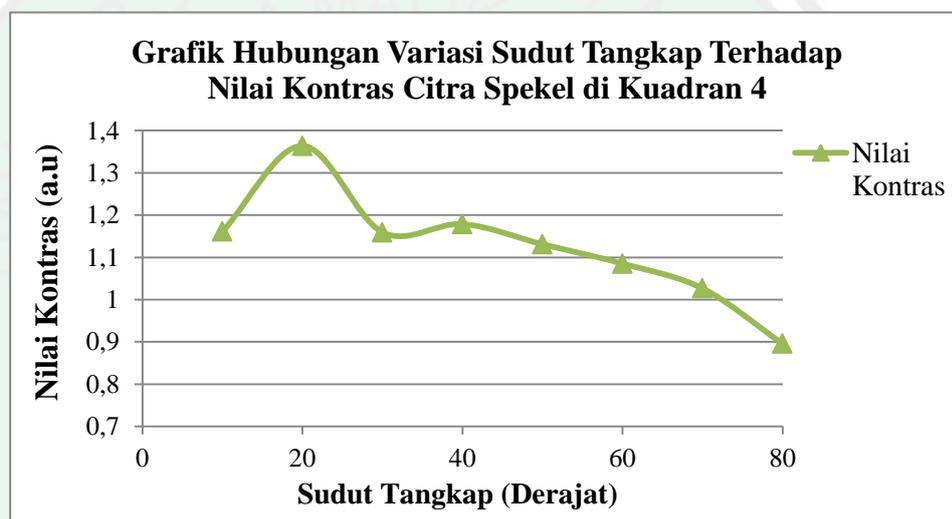
Berdasarkan grafik pada gambar 4.25, diperoleh informasi bahwa nilai kontras citra spekel beras yang optimum berada pada sudut datang  $0^{\circ}$ . Penurunan nilai kontras mengindikasikan peningkatan intensitas cahaya yang terukur pada citra spekel. Selain data pada variasi sudut datang, juga diperoleh data hasil pengolahan citra spekel beras pada variasi sudut tangkap. Data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Data Hasil Pengolahan Citra Spekel pada Variasi Sudut Tangkap di Kuadran 4

Sudut Tangkap	Mean	Standar Deviasi	Nilai Kontras (a.u)
$10^{\circ}$	13,558	15,741	1,16096
$20^{\circ}$	26,522	36,174	1,36395
$30^{\circ}$	44,920	52,080	1,15938
$40^{\circ}$	49,176	57,968	1,17882
$50^{\circ}$	55,311	62,564	1,13113
$60^{\circ}$	61,780	67,042	1,08519
$70^{\circ}$	66,645	68,412	1,02653

80°	74,006	66,299	0,89586
-----	--------	--------	---------

Pada tabel 4.14 dapat diketahui bahwa nilai *mean* dan standar deviasi mengalami peningkatan yang cukup signifikan seiring dengan penambahan sudut tangkap cahaya, sehingga mengakibatkan nilai kontras citra spekel semakin kecil. Hal ini dikarenakan nilai kontras citra spekel diperoleh dari rasio standar deviasi dengan *mean*. Penyajian data secara lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.26.



Gambar 4.26 Grafik Hubungan Variasi Sudut Tangkap Terhadap Nilai Kontras Citra Spekel Beras di Kuadran 4

Sesuai dengan grafik pada gambar 4.26, diperoleh informasi bahwa nilai kontras citra spekel beras yang optimum berada pada sudut tangkap 20°. Pada grafik tampak bahwa nilai kontras citra spekel semakin kecil seiring dengan penambahan sudut tangkap cahaya. Hal ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang tertangkap oleh kamera. Semakin besar sudut tangkap yang digunakan, maka akan semakin banyak intensitas cahaya yang tertangkap kamera akibat dari fenomena pemantulan cahaya baur/difus.

#### 4.1.4 Data Tingkat Akurasi Pengukuran Aplikasi

Pembuatan aplikasi analisis kontras citra spekel menggunakan fitur GUI MATLAB tentunya harus dilakukan pengujian terlebih dahulu sebelum bisa digunakan. Pengujian dilakukan karena hasil pengukuran tiap aplikasi dalam membaca citra digital memiliki ketelitian yang berbeda, terutama pada aplikasi yang dibuat dalam penelitian kali ini. Selain itu, pengujian tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi pengukuran aplikasi yang dibuat dalam memperoleh nilai *mean*, standar deviasi, dan nilai kontras dari suatu citra spekel. Nilai akurasi dapat diperoleh dengan membandingkan antara hasil nilai kontras menggunakan *software* ImageJ dan aplikasi yang dibuat. Selanjutnya dari kedua hasil tersebut dapat dibandingkan untuk memperoleh persen akurasi aplikasi. Persamaan yang digunakan untuk menentukan persen akurasi aplikasi adalah :

$$\%Error = \frac{\text{Nilai Kontras GUI} - \text{Nilai kontras ImageJ}}{\text{Nilai kontras GUI}} \times 100\% \quad (4.1)$$

$$\%Akurasi = 100\% - \%Error \quad (4.2)$$

Berdasarkan persamaan 4.1 dan 4.2 maka prosentase error dan prosentase akurasi pengukuran pada aplikasi berbasis GUI MATLAB dapat dihitung. Adapun hasil pengujian dari aplikasi yang dibuat dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Data Hasil Pengujian Tingkat Akurasi Pengukuran Aplikasi

Letak Pengambilan Data	Nilai Kontras Hasil ImageJ	Nilai Kontras Hasil GUI MATLAB	Nilai Error (%)	Akurasi (%)	Rata-Rata Akurasi (%)
Sumbu X	0,99022	0,99023	0,00107	100,00	100,00
	0,97725	0,97726	0,00097	100,00	
	0,94756	0,94766	0,01063	99,99	

	0,90939	0,90940	0,00114	100,00	
	0,85093	0,85094	0,00152	100,00	
	0,74117	0,74118	0,00197	100,00	
	0,72172	0,72173	0,00182	100,00	
	0,71193	0,71195	0,00188	100,00	
	0,74851	0,74852	0,00170	100,00	
Sumbu Y	0,99491	0,99491	0,00044	100,00	100,00
	0,98437	0,98437	0,00059	100,00	
	0,94648	0,94649	0,00114	100,00	
	0,89553	0,89554	0,00168	100,00	
	0,79790	0,79792	0,00209	100,00	
	0,78442	0,78443	0,00135	100,00	
	0,68186	0,68187	0,00240	100,00	
	0,67545	0,67546	0,00207	100,00	
	0,69124	0,69126	0,00237	100,00	
Kuadran 1 (Sudut 30)	1,27070	1,27071	0,00102	100,00	100,00
	1,26701	1,26703	0,00166	100,00	
	1,24330	1,24331	0,00103	100,00	
	1,20935	1,20938	0,00204	100,00	
	1,14821	1,14823	0,00199	100,00	
	1,04530	1,04533	0,00261	100,00	
	0,95626	0,95629	0,00311	100,00	
	0,88230	0,88234	0,00427	100,00	
	0,88587	0,88590	0,00320	100,00	
Kuadran 2 (Sudut 30)	1,19295	1,19296	0,00084	100,00	100,00
	1,18119	1,18120	0,00076	100,00	
	1,12534	1,12537	0,00263	100,00	
	1,10916	1,10920	0,00429	100,00	
	1,07656	1,07659	0,00235	100,00	
	0,97586	0,97591	0,00426	100,00	
	0,87108	0,87112	0,00405	100,00	

	0,81525	0,81529	0,00524	99,99	
	0,82578	0,82581	0,00431	100,00	
Kuadran 3 (Sudut 30)	1,06250	1,06236	0,01358	100,00	99,95
	1,04109	1,04110	0,00088	100,00	
	0,99592	1,00079	0,48684	99,51	
	0,95133	0,95134	0,00062	100,00	
	0,85264	0,85265	0,00109	100,00	
	0,81994	0,81995	0,00119	100,00	
	0,72448	0,72449	0,00212	100,00	
	0,71915	0,71916	0,00140	100,00	
	0,74920	0,74921	0,00168	100,00	
Kuadran 4 (Sudut 30)	1,02653	1,02654	0,00057	100,00	100,00
	1,00043	1,00044	0,00092	100,00	
	0,99468	0,99469	0,00120	100,00	
	0,97677	0,97677	0,00089	100,00	
	0,90469	0,90470	0,00124	100,00	
	0,83096	0,83097	0,00159	100,00	
	0,78451	0,78451	0,00095	100,00	
	0,77380	0,77381	0,00190	100,00	
	0,79684	0,79685	0,00109	100,00	

Pada tabel 4.15 dapat diketahui bahwa hasil pengukuran antara aplikasi yang dibuat dengan hasil pengukuran ImageJ tidak jauh berbeda. Sehingga diperoleh tingkat akurasi pada rentang antara 99,95 % sampai dengan 100,00 %. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi sudah berjalan sesuai algoritma program yang dimasukkan.

## 4.2 Pembahasan

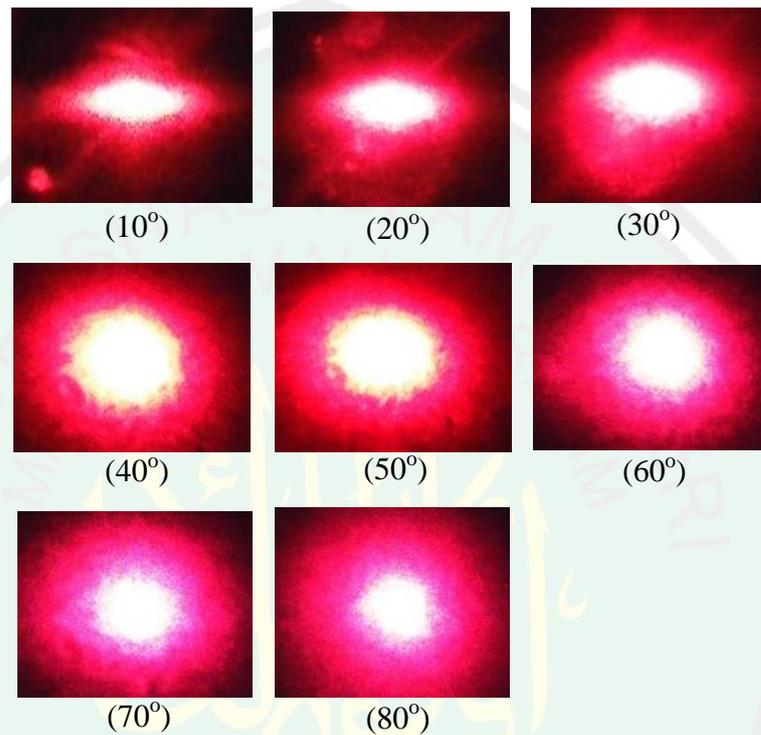
Tumbuhan biji-bijian yang tidak asing bagi masyarakat Indonesia adalah padi (*Oryza sativa*). Padi menjadi sumber makanan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia karena memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi dan berbagai kandungan gizi lainnya. Beras sebagai hasil pasca panen padi sebagian besar disimpan terlebih dahulu sebelum didistribusikan kepada masyarakat. Sehingga perlu dilakukan pengecekan kualitas untuk memastikan kondisi beras sebelum dipasarkan. Salah satu metode pengecekan kualitas beras yaitu dengan menerapkan citra digital berupa metode *Laser Speckle Imaging* (LSI). Penggunaan metode ini agar pengecekan bersifat *non-invasive* atau tidak bersentuhan dengan beras secara langsung.

Penggunaan citra spekel dalam pengujian kualitas bahan memiliki beberapa faktor yang harus diperhatikan. Menurut Muchlian dkk pada tahun 2013, spekel yang dihasilkan bergantung pada panjang gelombang cahaya, ukuran berkas cahaya, jarak bidang pengamatan terhadap sumber cahaya, kekasaran permukaan benda, serta sudut yang terbentuk oleh laser dan detektor terhadap bidang. Pengaruh sudut penyinaran (sudut datang cahaya) dan sudut tangkap cahaya pada persebaran citra spekel yang dihasilkan akan dibahas lebih lanjut dalam bab ini.

### 4.2.1 Pengaruh Variasi Sudut Datang dan Sudut Tangkap Cahaya pada Citra Spekel Beras yang Dihasilkan

Variasi sudut datang dan sudut tangkap cahaya laser yang dilakukan pada penelitian kali ini yaitu pada sudut datang sinar laser dengan rentang  $0^\circ$  hingga  $80^\circ$ , serta sudut tangkap sinar laser pada rentang  $10^\circ$  hingga  $80^\circ$ . Khusus untuk pengambilan data di sumbu X dan sumbu Y dilakukan pada sudut tangkap

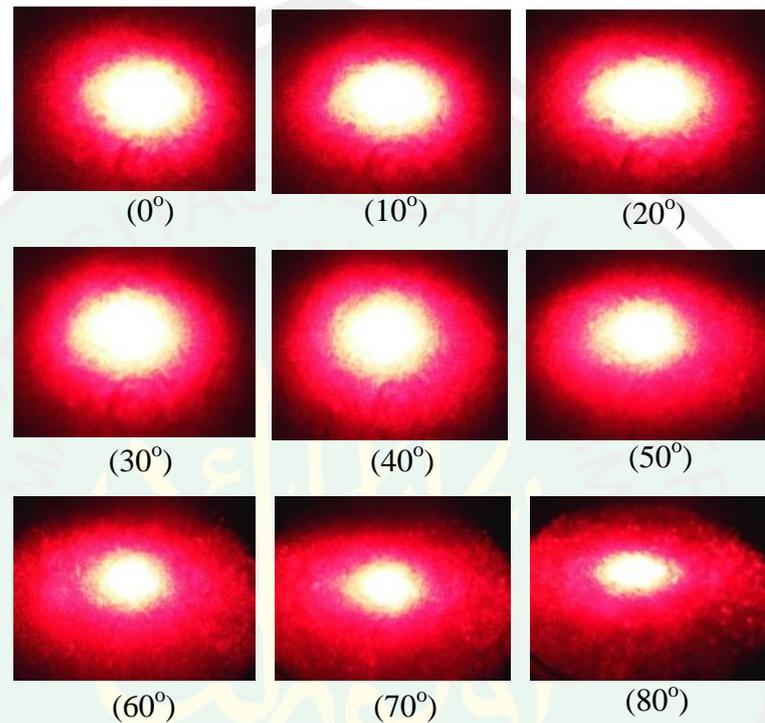
dengan interval  $10^\circ$  hingga  $70^\circ$ , berbeda dari pengambilan data di posisi lainnya karena posisi kamera di sudut  $80^\circ$  menghalangi perkenaan sinar laser terhadap bidang. Adapun citra spekel yang dihasilkan dari variasi beberapa sudut tangkap dapat dilihat pada gambar 4.27.



Gambar 4.27 Citra Spekel Beras pada Variasi Sudut Tangkap (Rentang Sudut  $10^\circ$  hingga  $80^\circ$ )

Pada gambar 4.27 di sudut tangkap  $10^\circ$  citra spekel yang dihasilkan cenderung berukuran kecil dan sedikit lonjong. Sementara itu, ketika sudut tangkap yang digunakan semakin besar maka citra spekel yang dihasilkan akan memiliki ukuran semakin besar dan berbentuk bulat. Hal ini dikarenakan semakin besar sudut tangkap maka kamera akan semakin dekat dengan sampel, sehingga cahaya akan lebih banyak tertangkap oleh kamera dengan sudut tangkap besar. Intensitas cahaya akibat fenomena pemantulan baur yang tertangkap kamera akan mempengaruhi nilai mean citra dan secara otomatis juga

mempengaruhi nilai kontras citra. Semakin banyak intensitas cahaya yang tertangkap kamera maka nilai mean citra akan semakin besar, hal ini akan mengakibatkan nilai kontras semakin kecil. Untuk citra spekel pada variasi sudut datang dapat dilihat pada gambar 4.28.



Gambar 4.28 Citra Spekel Beras Pada Variasi Sudut Datang (Rentang Sudut  $0^\circ$  hingga  $80^\circ$ )

Pada gambar 4.28 merupakan citra spekel beras dari hasil variasi sudut datang. Dapat diamati bahwa semakin besar sudut datang yang digunakan maka citra spekel yang dihasilkan akan semakin melebar. Hal ini diakibatkan ketika sudut datang yang digunakan kecil maka berkas sinar laser yang mengenai bahan akan cenderung mengumpul sehingga citra yang dihasilkan berbentuk bulat dan lebih terang. Sebaliknya ketika sudut datang yang digunakan semakin besar, maka berkas sinar laser yang mengenai bahan akan cenderung menyebar

sehingga pola spekel yang dihasilkan cenderung menyebar dan memiliki *mean* tinggi.

Fenomena pemantulan cahaya baur atau difus yang terjadi pada penelitian kali ini mengakibatkan intensitas cahaya yang terpantul memiliki fase yang acak. Oleh karena itu, persamaan yang digunakan untuk perhitungan nilai kontras diperoleh dengan mengacu pada persamaan probabilitas, statistika, dan distribusi intensitas yang terjadi ketika sinar laser menerangi bahan dan mengalami reflektansi.

Pengaruh variasi sudut datang dan sudut tangkap cahaya laser pada nilai kontras citra spekel beras secara lebih spesifik dapat ditinjau menurut hasil distribusi intensitas cahaya yang diperoleh dari ekstraksi statistika berupa nilai *mean*, standar deviasi, serta nilai kontras dari citra spekel. Rasio dari standar deviasi dengan *mean* menjadi penentu nilai kontras. Data hasil penelitian dapat dilihat pada sub bab 4.1.3. Dari grafik dan data yang telah dipaparkan, secara garis besar dapat diketahui bahwa semakin besar sudut datang cahaya maka nilai kontras citra spekel yang terukur akan semakin kecil. Artinya semakin besar sudut datang maka intensitas cahaya yang mengenai sampel dan yang mengalami pemantulan baur akan semakin besar. Besarnya intensitas cahaya yang terukur pada peristiwa pemantulan baur berhubungan dengan nilai *mean* citra. Selain itu semakin besar sudut datang cahaya maka standar deviasi yang dihasilkan juga akan semakin besar. Oleh sebab itu nilai kontras citra spekel yang dihasilkan akan semakin kecil ketika sudut datang cahaya yang digunakan semakin besar.

Selain pengaruh variasi sudut datang cahaya terhadap citra spekel, juga diperoleh pengaruh variasi sudut tangkap cahaya terhadap citra spekel yang dihasilkan. Dari grafik dan data yang telah dipaparkan dapat diketahui bahwa semakin besar sudut tangkap cahaya yang digunakan, maka nilai kontras citra spekel yang terukur akan semakin kecil. Hal ini diakibatkan ketika sudut tangkap cahaya yang digunakan kecil, maka akan sedikit intensitas cahaya yang tertangkap oleh kamera. Sebaliknya ketika sudut tangkap cahaya yang digunakan besar, maka intensitas cahaya yang tertangkap akan semakin banyak. Intensitas cahaya akibat dari fenomena pemantulan baur/difus yang tertangkap oleh kamera berhubungan dengan nilai *mean* citra yang dihasilkan. Demikian pula dengan nilai standar deviasi yang terus bertambah besar seiring pertambahan sudut tangkap cahaya. Namun, pertambahan nilai *mean* pada variasi sudut tangkap cahaya cenderung lebih besar dibandingkan pertambahan nilai standar deviasi citra spekel. Sehingga nilai kontras yang dihasilkan akan semakin kecil seiring pertambahan sudut tangkap cahaya.

#### **4.2.2 Sudut Datang dan Sudut Tangkap Cahaya yang Tepat untuk Menghasilkan Pola Spekel Optimum**

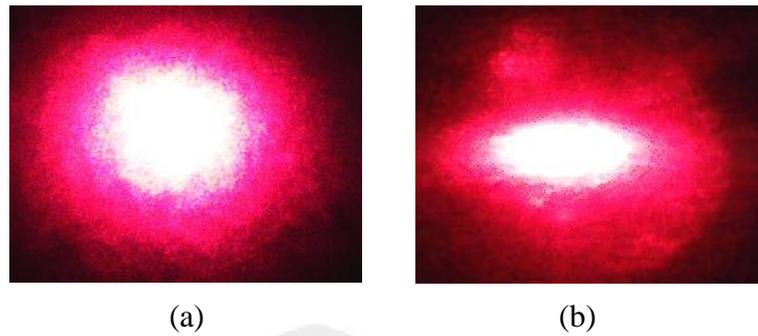
Pengambilan data citra spekel beras pada penelitian kali ini dilakukan pada beberapa posisi yang berbeda. Pengambilan data pertama dilakukan pada sumbu X dengan posisi sinar datang berupa laser berpelurus terhadap detektor cahaya berupa kamera VGA. Kemudian pengambilan data pada sumbu Y dan pengambilan data pada kuadran 1 hingga kuadran 4 dengan rentang sudut datang dan sudut tangkap yang sudah ditentukan.

Pada sumbu X diperoleh citra spekel sebanyak 211 buah. Kemudian pada sumbu Y diperoleh citra spekel sebanyak 230 buah. Pengambilan data pada posisi kuadran 1 hingga kuadran 4 dilakukan pada sudut  $30^\circ$  dengan acuan sumbu X. Pada masing-masing kuadran diperoleh citra sebanyak 237 buah. Sehingga total citra yang diperoleh pada kuadran 1 hingga 4 adalah 948 buah. Adapun data nilai kontras citra spekel yang optimum pada berbagai posisi pengambilan data dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Nilai Kontras Citra Spekel yang Optimum Pada Variasi Posisi Pengambilan Data

Posisi Pengambilan Data	Sudut Datang	Nilai Kontras (a.u)	Sudut Tangkap	Nilai Kontras (a.u)
Sumbu X	$0^\circ$	0,99022	$20^\circ$	1,43178
Sumbu Y	$0^\circ$	0,99491	$20^\circ$	1,46945
Kuadran 1	$0^\circ$	1,27070	$20^\circ$	1,38617
Kuadran 2	$0^\circ$	1,19295	$20^\circ$	1,51173
Kuadran 3	$0^\circ$	1,06250	$20^\circ$	1,47304
Kuadran 4	$0^\circ$	1,02653	$20^\circ$	1,36395

Dari tabel 4.15 dapat diketahui bahwa nilai kontras citra spekel beras yang optimum dapat diperoleh dengan menggunakan sudut datang laser sebesar  $0^\circ$  dan sudut tangkap cahaya sebesar  $20^\circ$  pada semua posisi pengambilan data. Nilai kontras citra yang optimum pada variasi sudut datang yaitu sebesar 1,27070 a.u. Selain itu nilai kontras citra spekel beras yang optimum pada variasi sudut tangkap cahaya yaitu sebesar 1,51173 a.u. Citra spekel beras yang memiliki nilai kontras optimum dapat dilihat pada gambar 4.29.



Gambar 4.29 (a) Citra Spekel Beras Pada Sudut Datang  $0^\circ$  dengan Nilai Kontras Optimum (b) Citra Spekel Beras Pada Sudut Tangkap  $20^\circ$  dengan Nilai Kontras Optimum

Probabilitas persebaran intensitas dan pola spekel yang ditemukan pada penelitian kali ini dapat mengacu pada persamaan 2.20 dan 2.21. Persamaan tersebut mendefinisikan bahwa fase terdistribusi secara merata dalam interval  $(-\pi, \pi)$ . Artinya pola spekel dari suatu bahan dapat ditemui pada interval  $-\pi$  hingga  $\pi$ , namun citra spekel yang memiliki nilai kontras optimum harus dicari lebih spesifik melalui penelitian karena persebaran pola spekel sebagai hasil dari intensitas cahaya yang acak akibat fenomena pemantulan cahaya baur/difus. Diperoleh citra spekel dengan kontras optimum pada sudut datang  $0^\circ$  dan sudut tangkap  $20^\circ$ .

#### 4.2.3 Tingkat Akurasi Pengukuran Aplikasi Analisis Kontras Citra Spekel

Pembuatan aplikasi analisis kontras citra spekel berbasis GUI MATLAB bertujuan untuk memudahkan dalam pengolahan citra spekel untuk memperoleh nilai *mean*, standar deviasi, dan nilai kontrasnya. Aplikasi ini dibuat untuk mengubah pengolahan citra spekel yang sebelumnya diolah secara manual, maka dengan aplikasi ini dapat lebih menghemat waktu karena pengolahan citra spekel dilakukan dengan otomatis.

Sebelum aplikasi dapat digunakan, maka harus dilakukan pengujian terlebih dahulu dengan membandingkan hasil pengukuran aplikasi terhadap hasil pengukuran pada *software* ImageJ. Hasil pengujian tingkat akurasi pengukuran aplikasi dapat dilihat lebih lengkap pada tabel 4.15. Untuk mendapatkan nilai persen *error* dan persen akurasi pengukuran nilai kontras citra spekel digunakan rumus pada persamaan 4.1 dan 4.12. Diperoleh rata-rata persen akurasi pengukuran pada penelitian kali ini yang disajikan pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil Akhir Pengujian Tingkat Akurasi Pengukuran Aplikasi

Letak Pengambilan Data	Tingkat Akurasi Rata-Rata
Sumbu X	100,00 %
Sumbu Y	100,00 %
Kuadran 1	100,00 %
Kuadran 2	100,00 %
Kuadran 3	99,95 %
Kuadran 4	100,00 %

Berdasarkan tabel 4.16 dapat diketahui bahwa tingkat akurasi pengukuran aplikasi setelah dilakukan pengujian yaitu tingkat akurasi pengukuran yang diperoleh berkisar antara 99,95 % sampai dengan 100,00 %. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa aplikasi yang dibuat telah berjalan sesuai program dan dapat digunakan untuk mencari nilai *mean*, standar deviasi, dan nilai kontras dari citra spekel.

### 4.3 Integrasi Penelitian dengan Al-Qur'an

Beras yang menjadi sumber makanan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia karena memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi dan berbagai kandungan gizi lainnya. Beras diperoleh dari hasil pengolahan padi. Padi yang tergolong kedalam tumbuhan biji-bijian telah dijelaskan oleh Allah SWT secara tersirat dalam Surah Al-An'aam ayat 95.

Firman Allah SWT :

إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَىٰ ۗ يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ ۗ ذٰلِكُمْ اللَّهُ فَالِقَآءُ  
تُؤَفِّكُونَ

Artinya :

*Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan. Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. (Yang memiliki sifat-sifat) demikian ialah Allah, maka mengapa kamu masih berpaling ? (Q.S Al-An'aam: 95)*

Pada ayat in padi dan beras dijelaskan secara tersirat lafadz di Surah Al-An'am ayat 95 yang berbunyi إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَىٰ yaitu “Allah SWT yang menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan”. Hal ini menjadi salah satu tanda kekuasaan Allah SWT yang wajib diyakini. Selain pada ayat diatas, Allah SWT juga telah menunjukkan tanda kekuasaannya pada Al-Qur'an Surah Yasin ayat 33.

Firman Allah SWT :

وَآيَةٌ لَهُمُ الْأَرْضُ الْمَيِّتَةُ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ

Artinya :

*Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah bumi yang mati. Kami hidupkan bumi itu dan Kami keluarkan dari padanya biji-bijian, maka daripadanya mereka makan. (Q.S Yasin: 33)*

Pada lafadz إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى dalam surah Al-An'aam 95 diperjelas dengan surah Yasin ayat 33, menurut Al-Mahalli (2007) pada tafsir Jalalain menyatakan (Dan suatu tanda bagi mereka) yang menunjukkan bahwa mereka akan dibangkitkan kembali, lafal ayat ini berkedudukan menjadi Khabar Muqaddam (adalah bumi yang mati) dapat dibaca الْمَيِّتَةُ Pada surah Yasin ayat 33 atau الْمَيِّتِ (Kami hidupkan bumi itu) dengan air, menjadi Mubtada Muakhkhar (dan Kami keluarkan daripadanya biji-bijian) seperti gandum (maka daripadanya mereka makan.).

Menurut Al-Imam Ibnu Katsir (2002) menjelaskan bahwa pada surah yasin ayat 33 Allah SWT menunjukkan kekuasaannya pada kata الْأَرْضُ الْمَيِّتَةُ , menurut tafsir Ibnu Katsir dalam firman Allah SWT tersebut dapat dijabarkan bahwa “Yakni pada asal mulanya tandus, tidak ada suatu tumbuh-tumbuhan pun padanya. Apabila Allah Swt. menurunkan hujan padanya, maka menjadi suburlah ia dan menumbuhkan beraneka ragam tumbuh-tumbuhan yang subur”. Kemudian dilanjutkan pada firman Allah SWT di kata berikutnya yaitu أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا , menurut tafsir Ibnu Katsir pada ayat ini Allah SWT menjelaskan tujuan ditumbuhkannya butir-butir tumbuhan yaitu “Kami menjadikannya sebagai penyebab rezeki bagi mereka dan bagi ternak mereka”.

Menurut Shihab (2001) pada tafsir Al-Misbah ditafsirkan bahwa “bukti untuk mereka bahwa Kami Mahakuasa membangkitkan dan mengumpulkan adalah tanah kering- kerontang yang Kami hidupkan dengan air. Lalu, dari tanah itu, Kami keluarkan biji-bijian yang kemudian dapat mereka makan”.

Pada Al-Qur'an juga dijelaskan mengenai cahaya beserta manfaatnya untuk menunjang kehidupan makhluk hidup. Allah SWT menciptakan cahaya untuk membantu aktivitas makhluk hidup di bumi. Adapun ayat dalam Al-Qur'an yang menjelaskan tentang cahaya disebutkan Allah SWT dalam Q.S An-Nur ayat 35.

Firman Allah SWT :

اللَّهُ نُورُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ ۗ مِثْلُ نُورِ كَمِشْكَاتٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ ۗ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ ۗ  
الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبَارَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا  
يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ ۗ نُورٌ عَلَى نُورٍ ۗ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَنْ يَشَاءُ ۗ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ  
لِلنَّاسِ ۗ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ

Artinya :

Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya Allah, adalah seperti sebuah lubang yang tak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang berkahnya, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur (sesuatu) dan tidak pula di sebelah barat(nya), yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. Cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah membimbing kepada cahaya-Nya siapa yang dia kehendaki, dan Allah memperbuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha Mengetahui segala sesuatu (Q.S An-Nur: 35).

Menurut Shihab (2001) pada tafsir Al-Misbah menyatakan bahwa Allah SWT adalah sumber segala cahaya di langit dan di bumi. Dialah yang menerangi keduanya dengan cahaya yang bersifat materiil (المِصْبَاحُ) yang dapat kita lihat dan berjalan di bawah cahayanya. Cahayanya juga ada yang bersifat maknawi (نور) seperti cahaya kebenaran, keadilan, pengetahuan, keutamaan, petunjuk dan keimanan. Pada lafadz المِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ Allah SWT menunjukkan kejelasan cahaya-Nya yang agung dan bukti-buktinya yang mengagumkan adalah seperti cahaya sebuah lampu yang sangat terang. Lampu itu dapat membantu mengumpulkan

cahaya dan memantulkannya. Lampu itu berada dalam kaca yang bening dan bersinar seperti matahari, mengkilap seperti mutiara. Demikianlah bukti-bukti materi dan maknawi yang terpancar di alam raya ini menjadi tanda-tanda yang jelas yang menghapus keraguan akan wujud Allah dan kewajiban beriman kepada-Nya serta risalah-risalah-Nya. Allah memaparkan contoh-contoh yang bersifat materiil agar persoalan-persoalan yang bersifat rasionil mudah ditangkap. Allah SWT Maha luas pengetahuan-Nya.

Firman Allah SWT :

هُوَ الَّذِي يُصَلِّي عَلَيْكُمْ وَمَلَائِكَتُهُ لِيُخْرِجَكُم مِّنَ الظُّلُمَاتِ إِلَى النُّورِ ۚ وَكَانَ بِالْمُؤْمِنِينَ  
رَحِيمًا

Artinya :

*Dialah yang memberi rahmat kepadamu dan malaikat-Nya (memohonkan ampunan untukmu), supaya Dia mengeluarkan kamu dari kegelapan kepada cahaya (yang terang). Dan adalah Dia Maha Penyayang kepada orang-orang yang beriman (Q.S Al-Ahzab: 43).*

Menurut Al-Qarni (2007) pada tafsir Muyassar menyatakan bahwa pada lafadz **لِيُخْرِجَكُم مِّنَ الظُّلُمَاتِ إِلَى النُّورِ** mengandung makna bahwa “Allah SWT menuntun hambanya yakni dari kegelapan maksiat menuju cahaya ketaatan, dan dari kegelapan kesesatan menuju cahaya petunjuk”. Pada ayat ini tujuan Allah SWT menciptakan cahaya untuk menuntun hamba-Nya agar terbebas dari kegelapan, baik kegelapan secara fisis maupun secara tauhid.

Berdasarkan ayat beserta tafsir yang telah dipaparkan, terdapat kesinambungan antara Surah Al-An’am ayat 95 dengan Surah Yasin ayat 33. Dimana pada ayat tersebut Allah SWT menunjukkan kekuasaanya dengan menumbuhkan butir tumbuhan agar dapat menjadi sumber makanan bagi manusia

dan makhluk hidup lainnya. Selain itu Allah SWT juga menunjukkan kekuasaannya dalam Surah An-Nur ayat 35 dan Surah Al-Ahzab ayat 43 dengan menciptakan cahaya sebagai petunjuk, serta nikmat untuk menunjang kehidupan manusia agar selalu dalam ketaqwaan kepada Allah SWT. Hendaknya kita sebagai seorang muslim yang bertaqwa harus senantiasa mensyukuri apa yang telah diberikan oleh Allah SWT. Salah satu bukti syukur kita yaitu dengan memanfaatkan butir tumbuh-tumbuhan (beras) yang diberikan Allah SWT dan juga menjaga kualitas bahan makanan yang dikonsumsi agar senantiasa menyehatkan untuk tubuh.

Sebagai seorang muslim yang juga berakal tentunya harus memanfaatkan teknologi yang ada untuk diterapkan dalam pengecekan kualitas makanan yang akan dikonsumsi. Salah satu metode pengecekan kualitas beras dengan memanfaatkan cahaya yang telah diciptakan oleh Allah SWT. Metode yang dapat dilakukan dan bersifat tidak merusak (*Non-Destructive Detection*) adalah menggunakan identifikasi pola spekel (*Laser Speckle Imaging*) hasil dari fenomena pemantulan cahaya baur/difus. Hal inilah yang mendorong untuk dilakukannya penelitian kali ini.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dipaparkan mengenai analisis pengaruh variasi sudut datang dan sudut tangkap cahaya pada persebaran citra spekel beras dengan metode *Laser Speckle Contrast Imaging* (LSCI) berbasis GUI MATLAB, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengaruh variasi sudut datang dan sudut tangkap cahaya terhadap pola spekel yang dihasilkan yaitu :
  - a. Semakin besar sudut datang cahaya maka pola spekel yang terbentuk akan menyebar dan mengakibatkan nilai mean yang terus meningkat, sehingga nilai kontras yang terukur akan semakin kecil.
  - b. Semakin besar sudut tangkap cahaya maka intensitas yang terukur akan semakin banyak, sehingga pola spekel yang terbentuk akan berukuran semakin besar dan nilai kontras yang terukur semakin kecil.
2. Sudut datang dan sudut tangkap cahaya laser yang tepat agar citra spekel memiliki nilai kontras optimum berada pada sudut datang  $0^{\circ}$  (sejajar garis normal) dan sudut tangkap (sudut kamera)  $20^{\circ}$  pada semua posisi pengambilan data. Sehingga diperoleh rata-rata nilai kontras citra spekel beras yang paling optimum pada variasi sudut datang yaitu sebesar 1,27070 a.u. dan pada variasi sudut tangkap cahaya yaitu sebesar 1,51173 a.u.
3. Tingkat akurasi pengukuran aplikasi yang dibuat dapat diuji dengan membandingkan hasil pengukuran nilai kontras antara aplikasi berbasis GUI MATLAB dengan *software* ImageJ. Sehingga diperoleh hasil pengujian

tingkat akurasi pengukuran aplikasi berkisar antara 99,95 % hingga 100,00 %. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa aplikasi yang dibuat dapat sesuai program dan bisa digunakan untuk mencari nilai *mean*, standar deviasi, dan nilai kontras dari citra spekel.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah dipaparkan maka disarankan :

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan variabel-variabel lain yang dapat mempengaruhi pengukuran nilai kontras serta penentuan kualitas beras menggunakan citra spekel.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan fitur pengukuran variabel lain pada aplikasi analisis kontras citra spekel agar dapat digunakan lebih luas dan fleksibel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiansyah, Dimas Syahrul. 2014. *LASER DAN SIFAT OPTIK “Sifat Berkas dan Tipe Cahaya Laser*. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.
- Ajay G, Suneel M, Kumar K K, dan Prasad P S. 2013. *Quality Evaluation of Rice Using Morphological Method*. International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE). 2(6): 35-37.
- Al-Imam Abul Fida Isma’il Ibnu Katsir ad-Dimasyqi. 2002. *Terjemah Tafsir Ibnu Katsir Juz 22*. Bandung: Sinar Baru Al-Gesindo.
- Al-Mahalli, Imam Jalaluddin dan As-Suyuti. 2007. *Tafsir Jalalain*. Terj. Bahrun Abu Bakar. Bandung : Sinar Baru Al-Gesindo.
- Al-Qarni, Aidh. 2007. *Tafsir Muyassar*. Jakarta: Qisthi Press.
- Amal, Ikhlasul dan Bambang Sumarno. 2017. *Pengenalan Komponen Kualitas Beras Melalui Pengujian Citra Bentuk dengan Metode Smallest Univalued Asimilating Nucleus dan Pengujian Citra Tekstur Menggunakan Metode Neurofuzzy*. Jurusan Pendidikan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Aprilia, Arissa dan Ristu Saptono. 2015. *Identifikasi Kualitas Beras dengan Citra Digital*. Solo: Prodi Informatika, FMIPA, Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Briers D, Duncan D, Kirkpatrick S, Larsson M, Stromberg T, dan Thompson O. (2013). *Laser speckle contrast imaging : theoretical and practical limitations*. Biomedical Optics Journal. 18(6):1–9.
- Bueche, Frederick J dan Eugene Hecht. 2006. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh*. Jakarta: Erlangga.
- Choi J, Ramirez S J, Lotfi J, dan J. S. Nelson. 2006. “*Linear response range characterization and in vivo application of laser speckle imaging of blood flow dynamics*,” J. Biomed. Opt. **11**, 041129.
- Csala, Mark. 2004. *Fundamental Of light Source and laser*. A John Wiley and & Jean.Inc
- Departemen Agama RI. 2015. *Al-Qur’an Terjemahan*. Bandung: CV Darus Sunnah.
- Draijer M, Hondebrink E, Van Leeuwen T, dan Steenbergen W. 2009. *Review of laser speckle contrast techniques for visualizing tissue perfusion*. Lasers Med. Sci., 24(4):639–651.

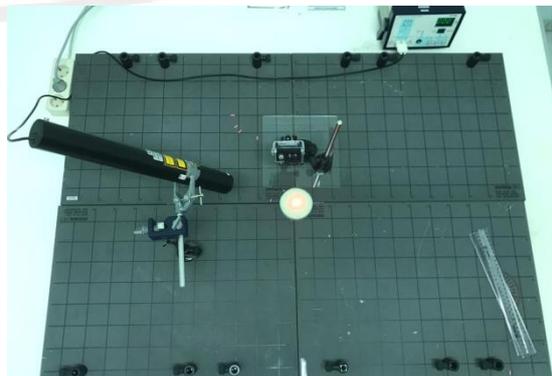
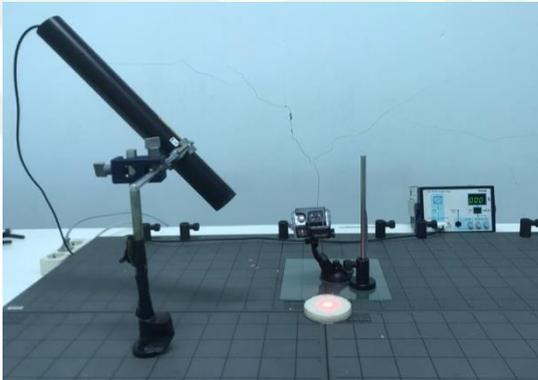
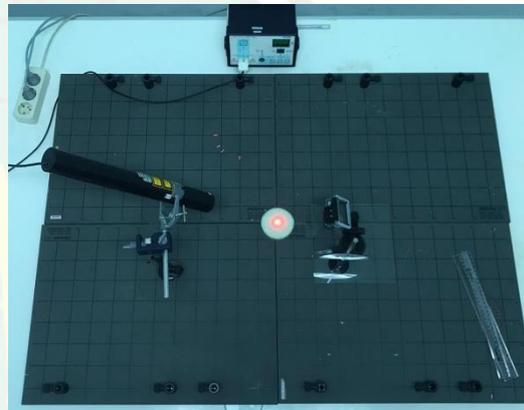
- Fitrya N, Harmadi, dan Sandra. 2013. *Analisis Kontras Spekel Menggunakan LSI (Laser Speckle Imaging) Untuk Mendeteksi Formalin pada Tomat*. Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Andalas, Jurnal Fisika dan Aplikasinya 9(2): 80-85.
- Goodman, J.W. 2007. *Speckle Phenomena in Optic; Theory and Application*. Englewood, Colorado : Robert and Co.
- Halliday D, Robert Resnick dan Jearl Walker. 2013. *Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.
- Hermawati, Fajar Astuti. 2013. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Penerbit ANDI
- Huda A K, Diana A N, Ning R, dan Diky A. 2015. *Analisa Kekerasan Bahan dengan Metode Citra Spekel*. Surabaya : Laboratorium Optoelektronika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember [dirujuk 15 Oktober 2019]. Tersedia pada : [https://www.academia.edu/19605703/Analisa\\_Kekerasan\\_Bahan\\_dengan\\_Metode\\_Citra\\_Spekel](https://www.academia.edu/19605703/Analisa_Kekerasan_Bahan_dengan_Metode_Citra_Spekel)
- Inpres No. 5 Tahun 2015. 2015. *Instruksi Presiden (INPRES) tentang Kebijakan Pengadaan Gabah/Beras dan Penyaluran Beras oleh Pemerintah*. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/77363/inpres-no-5-tahun-2015>. Diakses tanggal 28 Oktober 2019.
- Khaksari, Kosar dan Sean J. Kirkpatrick. 2017. “*Laser Speckle Modeling and Simulation for Biophysical Dynamics: Influence of Sample Statistics*” J. Biomed. Opt. 11, 040302 .
- Krane, Kenneth. 1992. *Fisika Modern* . Jakarta: Universitas Indonesia (UI – Press).
- Kumala P P, Ning R, Diani A N, dan Gontjang P. 2015. *Uji Kekasaran Permukaan Bahan dengan Metode Citra Spekel dan Menggunakan Pengolahan Software ImageJ*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Muchlian M, Dahyunir D, dan Harmadi. 2013. *Analisis Pola dan Bulir Spekel Menggunakan LSI (Laser Speckle Imaging) Pada Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub>*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya. 9(2):52-56
- Postnikov, Eugene B, Maria O. Tsoy, dan Dmitry E. Postnov. 2019. *MATLAB for Laser Speckle Contrast Analysis (LASCA): a practice-based approach*. Kursk : Department of Theoretical Physics, Kursk State University.
- Purnomo, Mauridhi Henri dan Arif Muntasa. 2010. *Konsep Pengolahan Citra Digital dan Ekstraksi Fitur*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

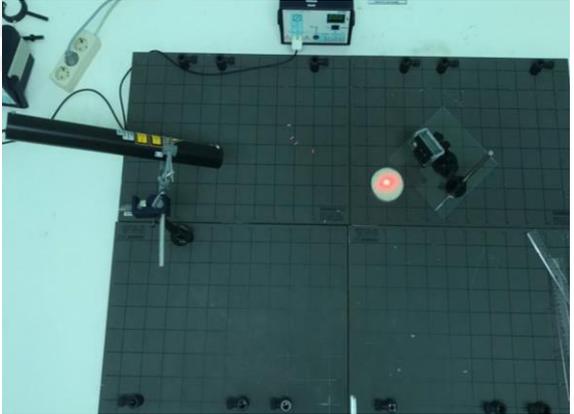
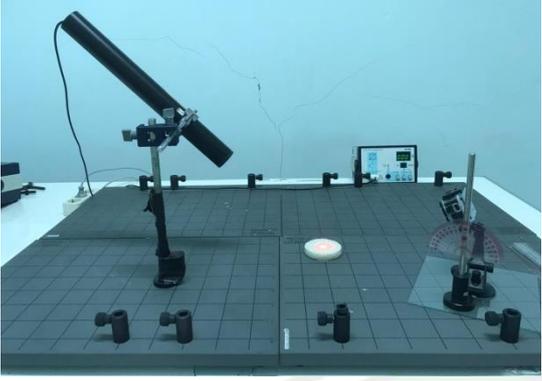
- Shihab, Muhammad Quraish. 2001. *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Siregar R P, Minarni, dan Tengku E. 2016. *Analisa Pengaruh Sudut Penyerakan Terhadap Gray Value Pada Pola Speckel Buah Apel Menggunakan Metode Laser Speckel Imaging (LSI)*. Riau: Universitas Riau [dirujuk 15 Oktober 2019]. Tersedia pada : <https://repository.unri.ac.id/bitstream/handle/123456789/7857/>.
- Somantri A S, Emmy D, dan I Wayan A. 2013. *Identifikasi Mutu Fisik Beras dengan Menggunakan Teknologi Pengolahan Citra dan Jaringan Syaraf Tiruan*. Jurnal Pascapanen.10(2): 95-103.
- Sri, L. H. 2014. *Analisis Pola Interferensi Celah Banyak untuk Menentukan Panjang Gelombang Laser He-Ne dan Laser Dioda*. Jurnal Fisika Vol 1 No 1.
- Suarga. 2007. *FISIKA KOMPUTASI : Problema Fisika dengan MATLAB*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Sugiharto, Aris. 2006. *Pemrograman GUI dengan MATLAB*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Suminar R, Hidayat B, dan Atmaja R D. 2012. *Klasifikasi Kualitas Beras Berdasarkan Ciri Fisik Berbasis Pengolahan Citra Digital*. Jurnal Telkom University.
- Tipler, Paul A. 1998. *Fisika: Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga
- Vaz, Pedro G, Anne Humeau H, Edite Figueiras, Carlos Coreia, dan Joao Cardoso. 2017. *Performance Analysis of Spatial Laser Speckle Contrast Implementations*. Journal Of BIOSTEC : 148 -153.
- Zulkarnain, Shidiq dan Minarni. 2018. *Investigasi Penggunaan Metode Laser Speckel Imaging (LSI) Untuk Pengukuran Kadar Gula Darah*. Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Riau, *Jurnal Fisika Unnes* 8 (2) : 60-67.



# LAMPIRAN

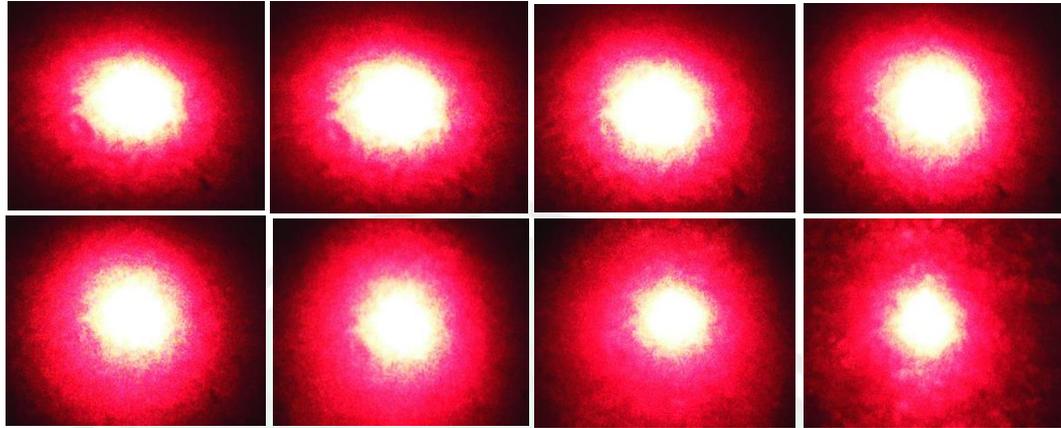
## Lampiran 1 : Dokumentasi Pengambilan Data



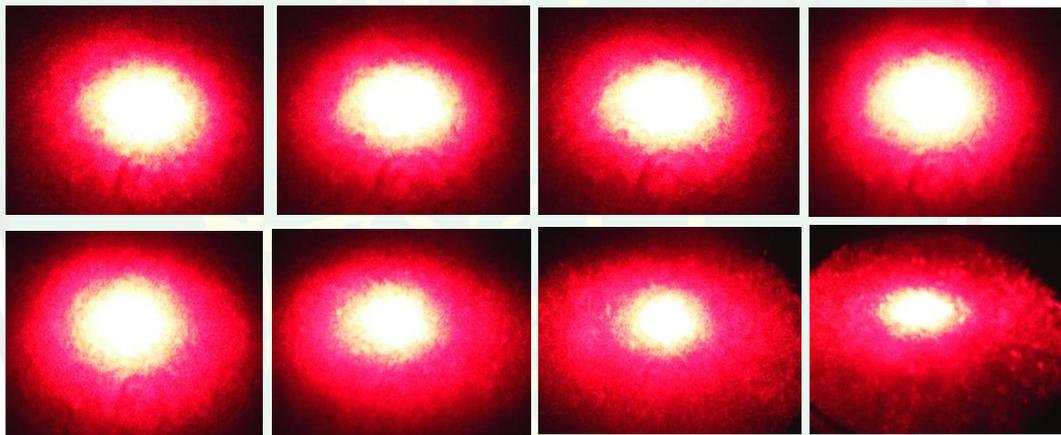


**Lampiran 2 : Citra Spekel Beras Hasil Variasi Sudut Datang**

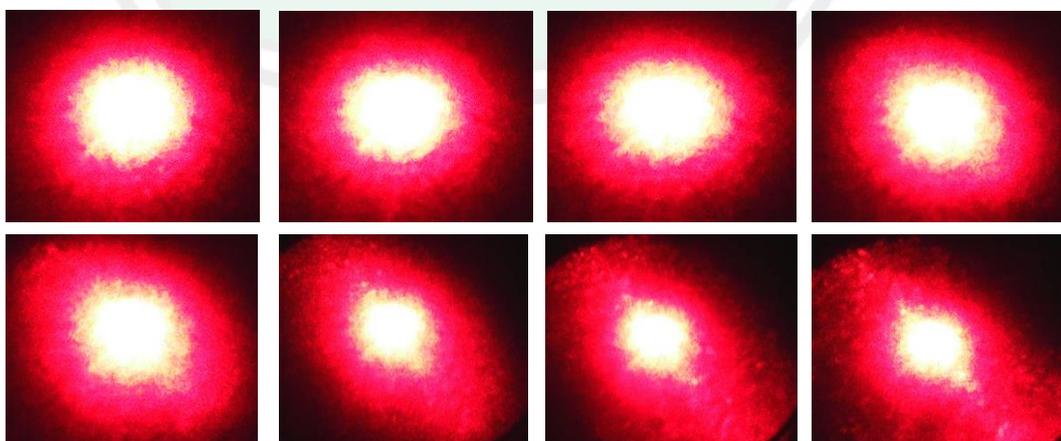
**A. Citra Spekel Hasil Pengambilan Data di Sumbu X**



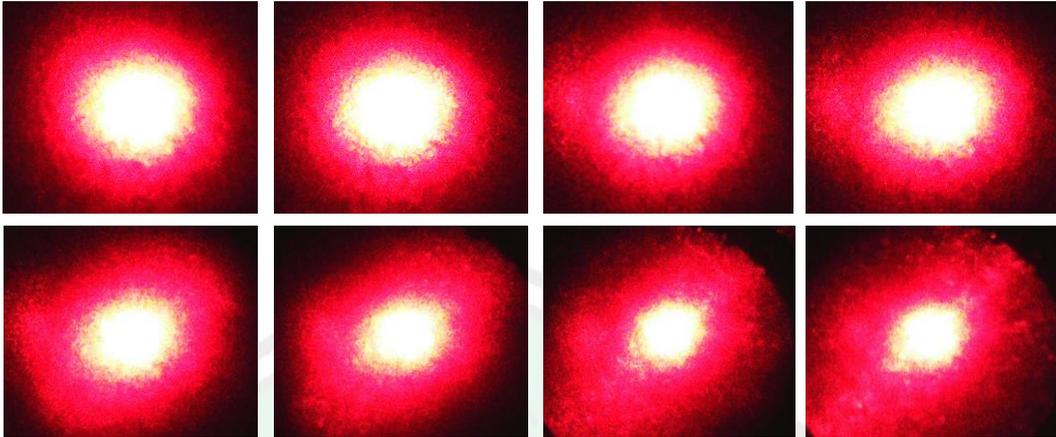
**B. Citra Spekel Hasil Pengambilan Data di Sumbu Y**



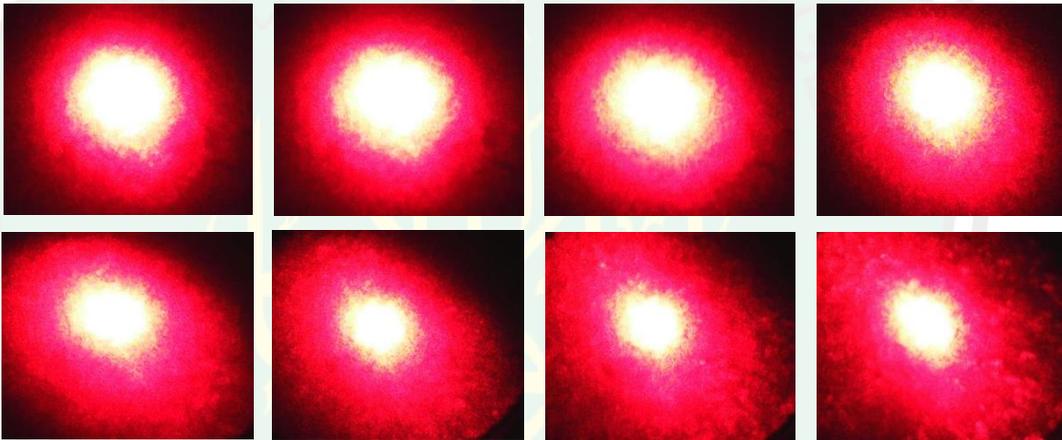
**C. Citra Spekel Hasil Pengambilan Data di Kuadran 1**



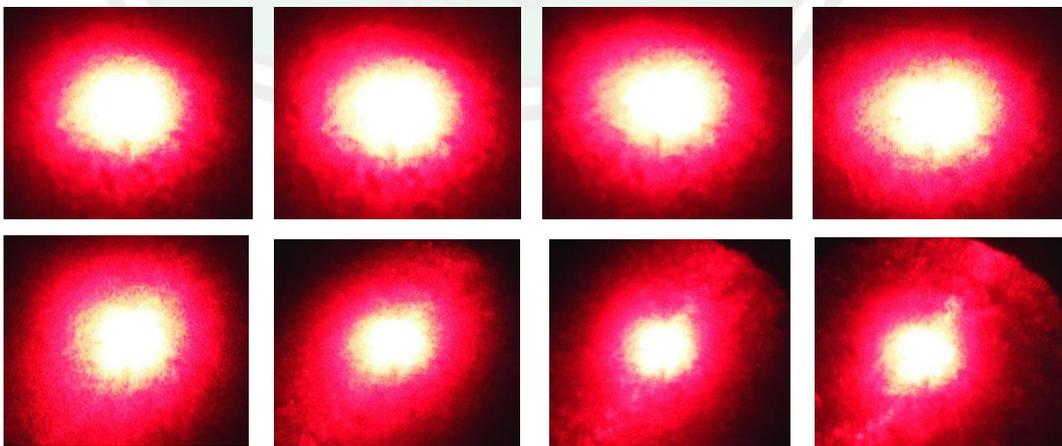
**D. Citra Spekel Hasil Pengambilan Data di Kuadran 2**



**E. Citra Spekel Hasil Pengambilan Data di Kuadran 3**

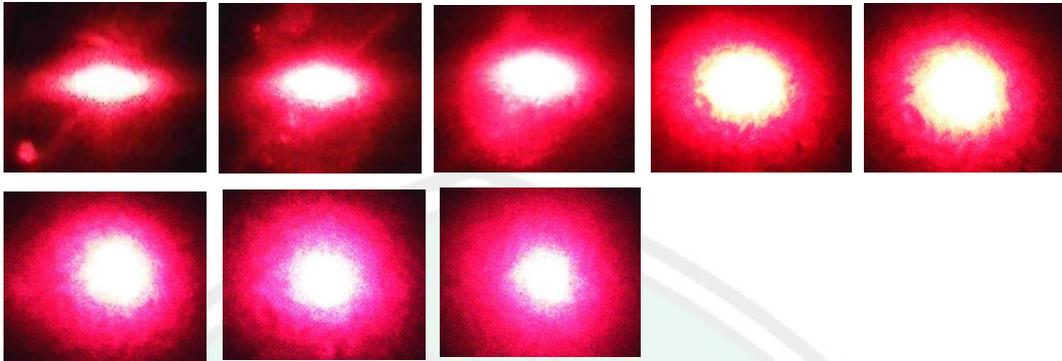


**F. Citra Spekel Hasil Pengambilan Data di Kuadran 4**

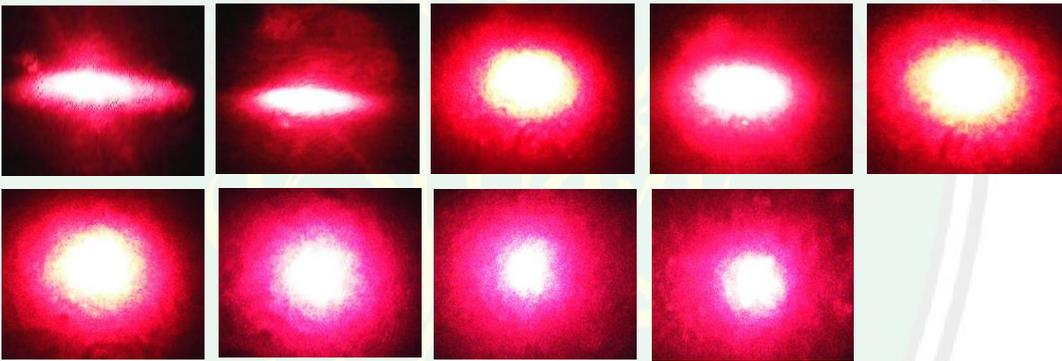


**Lampiran 3 : Citra Spekel Beras Hasil Variasi Sudut Tangkap**

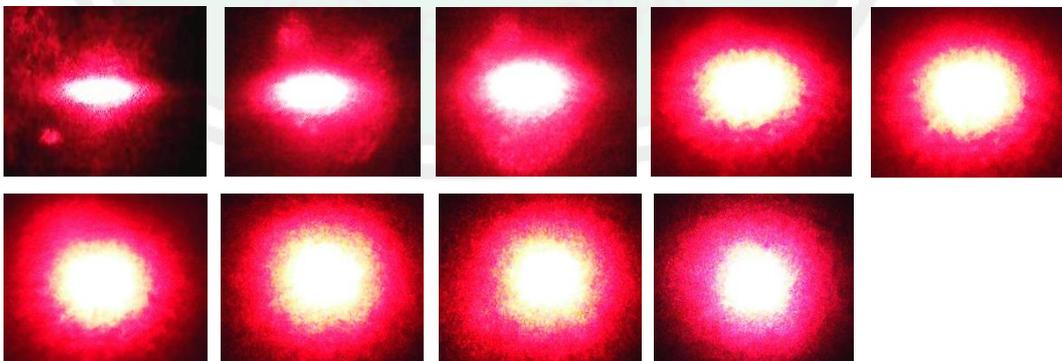
**A. Citra Spekel Hasil Pengambilan Data di Sumbu X**



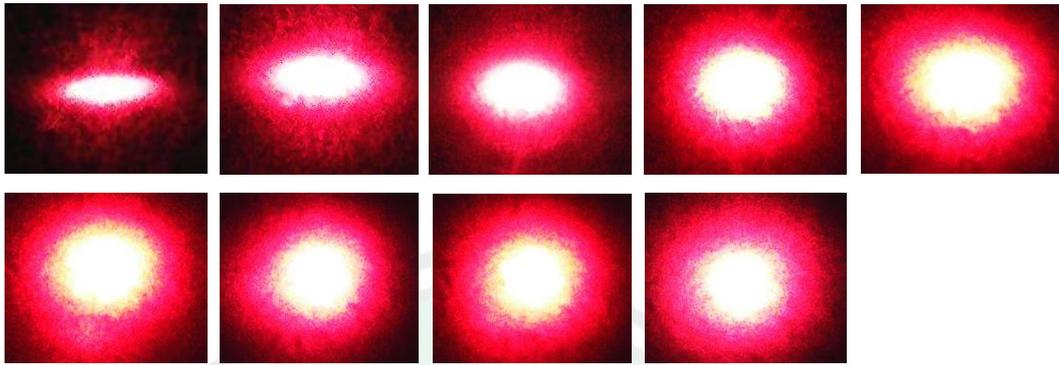
**B. Citra Spekel Hasil Pengambilan Data di Sumbu Y**



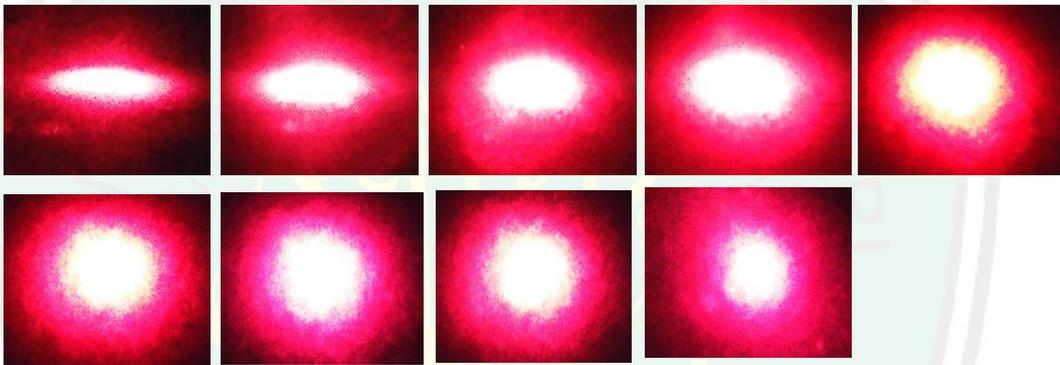
**C. Citra Spekel Hasil Pengambilan Data di Kuadran 1**



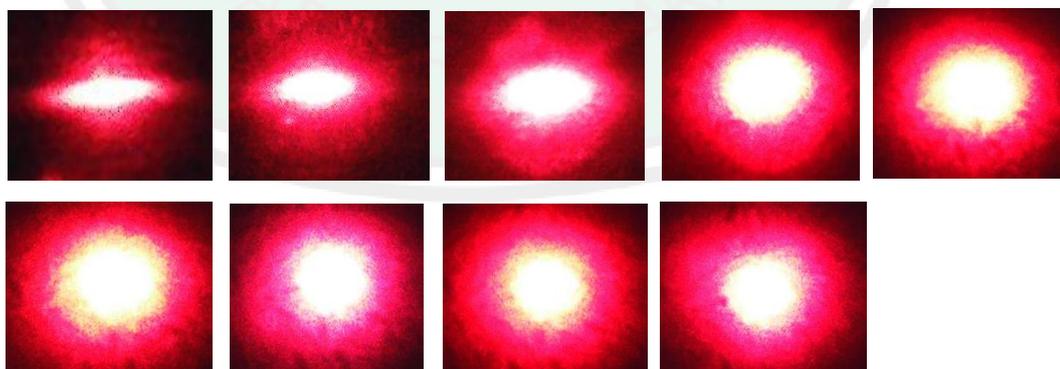
**D. Citra Spekel Hasil Pengambilan Data di Kuadran 2**



**E. Citra Spekel Hasil Pengambilan Data di Kuadran 3**



**F. Citra Spekel Hasil Pengambilan Data di Kuadran 4**



## Lampiran 4 : Coding Aplikasi

```
function varargout = ProjectGUI(varargin)
% PROJECTGUI MATLAB code for ProjectGUI.fig
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @ProjectGUI_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @ProjectGUI_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before ProjectGUI is made visible.
function ProjectGUI_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = ProjectGUI_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
handles.folder = uigetdir; %store the selected folder in
handles.folder;
files = dir(fullfile(handles.folder, '*jpg')); %get all png files
for i =1:length(files)
    piclist{i} = files(i).name; %lists each of them in a cell
end
set(handles.listbox1, 'String', piclist);
guidata(hObject, handles); %update the gui to save handles

% --- Executes on selection change in listbox1.
function listbox1_Callback(hObject, eventdata, handles)
list= get(handles.listbox1, 'string'); %get the picture list
selected = get(handles.listbox1, 'value'); % get which one is
selected.
data1= imread(fullfile(handles.folder, cell2mat(list(selected))));
%open the picture
axes(handles.axes1);
handles=guidata(gcbo);
```

```

        set(handles.figure1, 'CurrentAxes', handles.axes1);
        axes(handles.axes1)
    cla reset
    imshow(data1);
    set(handles.figure1, 'Userdata', data1);
    set(handles.axes1, 'Userdata', data1);

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
handles = guidata(gcbo);
    I = get(handles.axes1, 'Userdata');

    Img = rgb2gray(I); %pengubahan citra kedalam grayscale
    M = mean2(Img); %mencari nilai mean
    S = std2(Img); %mencari nilai standar deviasi
    C = S/M; %mencari nilai kontras

    set(handles.edit2, 'string', M);
    set(handles.edit3, 'string', S);
    set(handles.edit4, 'string', C);

    axes(handles.axes2)
    imshow(Img);

    axes(handles.axes3)
    imhist(Img);

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function listbox1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
handles = guidata(gcbo);

M1 = str2num(char(get(handles.edit2, 'String')));
S1 = str2num(char(get(handles.edit3, 'String')));
C1 = str2num(char(get(handles.edit4, 'String')));
F = get(handles.edit1, 'string');

pilih=handles.pilih
switch handles.pilih
case 1
%Export ke Excel
Header = {'Mean', 'Standar Deviasi', 'Nilai Kontras'}
filename = F;
xlswrite(filename, Header, 'Sheet1', 'A1' );

% cek apakah file ada
if exist(filename, 'file')
    % File exists.
    data= xlsread(filename, 'Sheet1', 'A2:A1000');

```

```

        MBaru = [data;M1];
        xlswrite(filename,MBaru,'Sheet1','A2');

        data1= xlsread(filename,'Sheet1','B2:B1000');
        SBaru = [data1;S1];
        xlswrite(filename,SBaru,'Sheet1','B2');

        data2= xlsread(filename,'Sheet1','C2:C1000');
        CBaru = [data2;C1];
        xlswrite(filename,CBaru,'Sheet1','C2');

else
    % File does not exist.
    xlswrite(filename,M1,'Sheet1','A2');
    xlswrite(filename,S1,'Sheet1','B2');
    xlswrite(filename,C1,'Sheet1','C2');
end

case 2
%Export ke txt file
RowM = M1.';
RowS = S1.';
RowC = C1.';

Data1 = [RowM; RowS; RowC];

fileID = fopen(F,'w');
fprintf(fileID,'%f %f %f\r\n',Data1);
fclose(fileID);
end

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in radiobutton1.
function radiobutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.radiobutton2,'Value',0);
pilih = 1;
handles.pilih=pilih;
guidata(hObject,handles)

% --- Executes on button press in radiobutton2.
function radiobutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.radiobutton1,'Value',0);
pilih = 2;
handles.pilih=pilih;
guidata(hObject,handles)
function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

% hObject    handle to edit4 (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit2 (see GCBO)
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
set(handles.edit1,'string','');
set(handles.edit2,'string','');
set(handles.edit3,'string','');
set(handles.edit4,'string','');
axes(handles.axes1)
plot(0)
axes(handles.axes2)
plot(0)
axes(handles.axes3)
plot(0)

% --- Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
close

```

**Lampiran 5 : Data Hasil Pengolahan Citra Spekel**

**A. Data Pada Sumbu X dan Y**

Sudut Tangkap	Sudut Datang	Mean	Standar Deviasi	Kontras	Rata-Rata Kontras	No Gambar	
10	0	15,326	20,532	1,339684197	1,349110541	0	
		15,338	20,445	1,332963881		1	
		15,01	20,634	1,374683544		2	
	10	10	15,479	20,409	1,318496027	1,320051782	3
			15,56	20,494	1,317095116		4
			15,661	20,744	1,324564204		5
	20	20	15,397	20,538	1,333896214	1,331801985	6
			15,554	20,625	1,32602546		7
			15,652	20,903	1,335484283		8
	30	30	14,8	20,541	1,387905405	1,386411457	9
			14,787	20,509	1,38696152		10
			14,892	20,616	1,384367446		11
	40	40	16,141	22,98	1,423703612	1,425089732	12
			16,291	23,2	1,424099196		13
			16,289	23,252	1,427466388		14
	50	50	16,433	24,14	1,468995314	1,474091731	15
			16,469	24,271	1,473738539		16
			16,57	24,516	1,47954134		17
	60	60	16,489	25,134	1,52428892	1,529804437	18
			16,454	25,153	1,528686034		19
			16,425	25,236	1,536438356		20
	70	70	17,801	27,954	1,570361216	1,577521233	21
			17,704	27,998	1,58145052		22
			17,82	28,169	1,580751964		23
	80	80	18,335	28,12	1,533678756	1,541243415	24
			18,334	28,102	1,532780626		25
18,526			28,85	1,557270863	26		
20	0	20,98	30,724	1,464442326	1,469446618	27	
		20,634	30,449	1,475671222		28	
		20,945	30,752	1,468226307		29	
	10	10	22,111	32,234	1,457826421	1,46938495	30
			21,765	31,683	1,455685734		31
			22,026	32,921	1,494642695		32
	20	20	22,667	33,587	1,481757621	1,47022895	33
			22,647	33,738	1,48973374		34
			22,523	32,415	1,439195489		35
	30	30	23,092	34,206	1,481292222	1,482236956	36
			22,919	34,097	1,487717614		37
			23,454	34,658	1,477701032		38
	40	40	23,968	35,812	1,494158879	1,490379845	39
			23,77	35,567	1,496297854		40
			24,253	35,911	1,480682802		41
	50	50	24,469	36,133	1,476684785	1,496757947	42
			24,386	37,112	1,521856803		43
			25,158	37,529	1,491732252		44
	60	60	26,53	40,422	1,523633622	1,50225998	45
			27,292	40,164	1,471640041		46
			26,768	40,46	1,511506276		47
	70	70	27,076	42,66	1,575565076	1,49840001	48
			28,953	42,529	1,468897869		49
			29,576	42,907	1,450737084		50
	80	80	28,122	41,792	1,486096295	1,497495446	51

		27,785	41,602	1,497282706		52
		27,67	41,757	1,509107336		53
30	0	52,038	57,094	1,097159768	1,095057067	54
		52,359	57,474	1,097690941		55
		52,513	57,256	1,090320492		56
		52,852	57,643	1,09064936		57
	10	52,806	57,693	1,092546302	1,094280043	58
		52,597	57,838	1,099644466		59
		53,421	58,971	1,103891728		60
	20	53,648	58,125	1,083451387	1,093307633	61
		53,489	58,441	1,092579783		62
		54,35	60,146	1,106642134		63
	30	55,586	60,29	1,084625625	1,091437766	64
		55,885	60,526	1,08304554		65
		56,263	62,02	1,102323019		66
	40	57,401	62,026	1,080573509	1,091476328	67
		56,876	62,082	1,091532457		68
		55,273	59,711	1,080292367		69
	50	54,744	59,459	1,08612816	1,087846992	70
		54,314	59,589	1,097120448		71
		54,314	59,842	1,101778547		72
	60	54,811	59,647	1,088230465	1,087458545	73
		54,901	58,874	1,072366624		74
		54,244	58,221	1,073316865		75
	70	54,021	59,255	1,096888247	1,088277539	76
		54,202	59,331	1,094627505		77
		54,059	59,14	1,0939899		78
	80	54,974	59,201	1,076890894	1,087941141	79
		54,227	59,267	1,09294263		80
		46,141	57,085	1,237186017		1,238108432
0	46,015	57,115	1,241225687	82		
	46,339	57,271	1,235913593	83		
	10	51,509	59,672	1,158477159	1,160432092	84
51,26		59,289	1,156632852	85		
51,346		59,879	1,166186266	86		
20	48,22	59,288	1,229531315	1,238147096	87	
	47,719	59,143	1,239401496		88	
	47,534	59,204	1,245508478		89	
30	47,739	59,686	1,250256604	1,251011706	90	
	47,707	59,712	1,251640221		91	
	47,659	59,628	1,251138295		92	
40	51,374	61,028	1,187916066	1,18812682	93	
	51,289	60,958	1,188519956		94	
	51,329	60,976	1,187944437		95	
50	56,464	60,68	1,074667044	1,077815355	96	
	56,33	60,729	1,078093378		97	
	56,181	60,714	1,080685641		98	
60	63,316	60,465	0,954971887	0,952441456	99	
	63,435	60,384	0,951903523		100	
	63,369	60,229	0,950448958		101	
70	64,833	58,541	0,902950658	0,899576092	102	
	65,234	58,517	0,897032222		103	
	65,439	58,813	0,898745396		104	
80	62,442	56,515	0,905079914	0,903691784	105	
	62,319	56,477	0,906256519		106	
	62,816	56,518	0,89973892		107	
50	0	54,797	62,266	1,136303082	1,135388915	108
		54,675	62,241	1,138381344		109
		55,285	62,554	1,131482319		110

	10	56,57	63,146	1,11624536	1,118573852	111
		56,505	63,228	1,118980621		112
		56,5	63,308	1,120495575		113
	20	55,62	63,384	1,139590076	1,134756796	114
		55,749	63,329	1,135966564		115
		56,412	63,673	1,128713749		116
	30	57,199	64,085	1,12038672	1,116846271	117
		57,65	64,129	1,112385082		118
		57,376	64,133	1,117767011		119
	40	58,474	64,693	1,106354961	1,108777833	120
		58,462	64,711	1,106889946		121
		58,211	64,794	1,113088592		122
	50	65,699	63,149	0,961186624	0,961152994	123
		65,978	63,233	0,958395223		124
65,471		63,106	0,963877136	125		
60	74,95	59,591	0,795076718	0,791758854	126	
	75,249	59,564	0,791558692		127	
	75,483	59,529	0,788641151		128	
70	77,808	58,117	0,746928336	0,75179374	129	
	77,18	58,15	0,753433532		130	
	77,002	58,138	0,75501935		131	
80	77,046	56,387	0,731861485	0,729264761	132	
	77,467	56,132	0,724592407		133	
	77,373	56,586	0,73134039		134	
60	0	63,554	68,597	1,079349844	1,076036987	135
		63,561	68,54	1,078334199		136
		64,251	68,776	1,070426919		137
	10	65,88	69,428	1,053855495	1,054421146	138
		65,458	69,162	1,056585902		139
		65,768	69,242	1,052822041		140
	20	68,536	72,003	1,050586553	1,048028272	141
		68,848	72,047	1,046464676		142
		69,461	72,728	1,047033587		143
	30	68,12	72,111	1,058587786	1,044836279	144
		69,042	71,929	1,041815127		145
		69,636	72,011	1,034105922		146
	40	76,452	70,724	0,925077173	0,925018142	147
		76,453	70,719	0,924999673		148
		76,937	71,165	0,924977579		149
	50	82,728	67,517	0,816132386	0,814903187	150
		82,782	67,578	0,816336885		151
		83,266	67,632	0,81224029		152
	60	88,5	64,347	0,727084746	0,724936504	153
		88,071	64,351	0,730671844		154
		89,621	64,263	0,717052923		155
70	90,946	63,116	0,693994238	0,688859962	156	
	90,956	62,999	0,692631602		157	
	92,268	62,738	0,679954047		158	
80	89,618	61,953	0,691300855	0,678167427	159	
	91,417	61,907	0,67719352		160	
	92,598	61,671	0,666007905		161	
70	0	75,755	70,453	0,93001122	0,927165109	162
		75,771	70,331	0,928204722		163
		76,368	70,509	0,923279384		164
	10	78,583	71,859	0,91443442	0,916894662	165
		78,578	71,991	0,916172466		166
		78,338	72,077	0,920077102		167
	20	81,935	71,767	0,875901629	0,876779592	168
		82,072	71,743	0,87414709		169

		81,639	71,866	0,880290057		170
	30	85,742	70,966	0,827669054	0,827120329	171
		85,817	70,912	0,826316464		172
		85,741	70,94	0,827375468		173
		90,566	66,528	0,734580306		174
	40	91,234	66,414	0,727952298	0,729557864	175
		91,412	66,378	0,726140988		176
		90,869	65,177	0,717263313		177
	50	91,219	65,292	0,715771933	0,71385616	178
		91,712	64,981	0,708533234		179
		98,914	60,332	0,609943992		180
	60	98,767	60,343	0,610963176	0,611578535	181
		98,565	60,502	0,613828438		182
		101,042	60,693	0,600671008		183
	70	101,802	60,237	0,591707432	0,593943087	184
		102,207	60,246	0,58945082		185
		98,034	60,442	0,6165412		186
	80	98,26	60,281	0,613484633	0,615020573	187
		98,0707	60,317	0,615035887		188
		0	0			0
	0	0	0			0
		0	0			0
		0	0			0
	10	0	0			0
		0	0			0
		0	0			0
	20	85,274	57,905	0,679046368	0,682941128	189
		84,026	58,188	0,69249994		190
		85,702	58,044	0,677277076		191
	30	90,968	66,818	0,73452203	0,732311957	192
		90,896	66,7119	0,733936587		193
		91,624	66,746	0,728477255		194
	40	100,635	63,649	0,632473791	0,63199239	195
		97,099	61,335	0,631674889		196
		97,441	61,566	0,631828491		197
	50	99,933	61,397	0,614381636	0,611454055	198
		100,187	61,283	0,611686147		199
		100,767	61,296	0,608294382		200
	60	103,061	59,042	0,57288402	0,572114551	201
		102,82	59,285	0,576590158		202
		103,874	58,883	0,566869476		203
	70	103,36	57,578	0,557062693	0,555058986	204
		103,274	57,413	0,555928888		205
		103,918	57,382	0,552185377		206
	80	101,84	60,549	0,594550275	0,594170847	207
		101,418	61,055	0,602013449		208
		103,55	60,675	0,585948817		209
	0					0
						0
						0
	10					0
						0
						0
	20	86,53	68,544	0,792141454	0,78895127	210
		89,882	70,927	0,789112392		211
		89,972	70,682	0,785599964		212
	30	95,205	67,871	0,71289323	0,714328631	213
		94,472	67,866	0,718371581		214
		95,196	67,753	0,711721081		215
	40	96,163	63,632	0,661709805	0,663305509	216

		95,191	63,586	0,667983318		217
		96,328	63,598	0,660223403		218
	50	100,613	61,998	0,616202678	0,61316018	219
		100,465	62,133	0,618454188		220
		101,914	61,64	0,604823675		221
	60	103,073	59,42	0,576484627	0,576697139	222
		102,916	59,344	0,576625598		223
		103,246	59,571	0,576981191		224
	70	101,652	58,053	0,571095502	0,567308557	225
		102,101	57,975	0,5678201		226
		102,682	57,811	0,56301007		227
	80	100,125	53,235	0,531685393	0,604561573	228
		98,614	63,357	0,642474699		229
		98,617	63,068	0,639524626		230

### B. Data Pada Kuadran 1 Hingga Kuadran 4

Sudut Tangkap	Sudut Datang	Mean	Standar Deviasi	Kontras	Rata-Rata Kontras	No Gambar	
10	0	13,556	16,043	1,183461198	1,199024709	0	
		13,599	16,063	1,181189793		1	
		13,953	17,196	1,232423135		2	
	10	10	13,571	15,912	1,172500184	1,172450787	3
			13,496	15,812	1,171606402		4
			13,553	15,901	1,173245776		5
	20	20	13,551	16,407	1,210759354	1,211819899	6
			13,54	16,391	1,2105613		7
			13,636	16,556	1,214139044		8
	30	30	13,663	16,811	1,230403279	1,228572302	9
			13,63	16,73	1,227439472		10
			13,604	16,704	1,227874155		11
	40	40	13,569	17,145	1,263541897	1,261707816	12
			13,555	17,085	1,260420509		13
			13,574	17,119	1,261161043		14
	50	50	13,885	18,565	1,337054375	1,33530907	15
			13,885	18,501	1,332445085		16
			13,896	18,571	1,336427749		17
	60	60	14,705	20,591	1,400272016	1,398728252	18
			14,703	20,547	1,397469904		19
			14,642	20,476	1,398442836		20
	70	70	15,162	21,617	1,425735391	1,426633771	21
			15,218	21,675	1,424300171		22
			15,121	21,621	1,42986575		23
	80	80	15,547	22,378	1,439377372	1,440598154	24
			15,523	22,359	1,440378793		25
15,562			22,441	1,442038298	26		
20	0	22,541	34,026	1,509515993	1,511725647	27	
		22,399	33,963	1,516273048		28	
		22,529	34,005	1,5093879		29	
	10	10	22,909	34,445	1,503557554	1,505709197	30
			22,84	34,34	1,503502627		31
			22,697	34,274	1,51006741		32
	20	20	23,3214	35,501	1,522249951	1,509783392	33
			23,741	35,66	1,502042879		34
			23,629	35,563	1,505057345		35
	30	30	24,059	37,045	1,539756432	1,543105832	36
			23,887	36,947	1,546740905		37

	40	23,949	36,949	1,54282016	1,525982933	38	
		24,905	37,978	1,524914676		39	
		24,913	37,946	1,523140529		40	
		24,905	38,102	1,529893596		41	
	50	25,514	40,036	1,569177706	1,570729681	42	
		25,521	40,188	1,574703186		43	
		25,546	40,064	1,56830815		44	
	60	27,412	42,333	1,544323654	1,538729162	45	
		27,625	42,254	1,529556561		46	
		27,383	42,233	1,542307271		47	
	70	30,091	44,617	1,482735702	1,488198311	48	
		29,735	44,567	1,498806121		49	
29,976		44,456	1,483053109	50			
80	33,614	45,6	1,356577616	1,355531317	51		
	33,686	45,54	1,35189693		52		
	33,5	45,497	1,358119403		53		
30	0	39,087	51,051	1,306086423	1,31295401	54	
		38,654	50,958	1,318311171		55	
		38,847	51,063	1,314464437		56	
	10	38,571	51,05	1,323533224	1,327574293	57	
		38,415	51,064	1,32927242		58	
		38,543	51,259	1,329917235		59	
	20	39,363	51,741	1,31445774	1,318092842	60	
		39,31	51,748	1,316408039		61	
		39,077	51,715	1,323412749		62	
	30	40,287	53,16	1,319532355	1,319449351	63	
		40,433	53,181	1,315287018		64	
		40,219	53,231	1,32352868		65	
	40	40,979	55,104	1,344688743	1,343572942	66	
		40,896	55	1,344874804		67	
		41,081	55,096	1,341155279		68	
	50	43,389	57,304	1,320703404	1,328506472	69	
		42,989	57,309	1,33310847		70	
		43,056	57,338	1,331707544		71	
	60	40,633	54,575	1,343120124	1,339023264	72	
		40,746	54,513	1,337873656		73	
		40,836	54,56	1,336076011		74	
	70	46,842	57,246	1,222108364	1,22136795	75	
		46,764	57,163	1,22237191		76	
		46,862	57,154	1,219623576		77	
	80	46,717	53,416	1,143395338	1,147427261	78	
		46,407	53,383	1,15032215		79	
		46,458	53,36	1,148564295		80	
	40	0	41,887	54,937	1,31155251	1,310114846	81
			42,011	54,844	1,305467616		82
			41,848	54,96	1,313324412		83
		10	44,925	56,815	1,264663328	1,262888888	84
			44,952	56,858	1,264860295		85
			45,253	56,98	1,25914304		86
		20	39,594	54,589	1,378718998	1,380815734	87
			39,576	54,676	1,38154437		88
			39,481	54,57	1,382183835		89
30		40,411	55,032	1,361807429	1,355819467	90	
		40,635	55,049	1,354718838		91	
		40,874	55,218	1,350932133		92	
40		41,149	55,823	1,356606479	1,360168965	93	
		40,871	55,758	1,364243596		94	
		41,028	55,784	1,35965682		95	
50		41,627	56,082	1,347250583	1,347181195	96	

		41,645	56,051	1,34592388		97	
		41,634	56,138	1,348369121		98	
		44,423	55,707	1,254012561		99	
	60	44,423	55,688	1,253584855	1,255885861	100	
		44,209	55,706	1,260060169		101	
		48,556	55,047	1,133680699		1,13520603	102
	48,596	55,146	1,134784756	103			
	48,508	55,161	1,137152635	104			
	80	52,52	54,333	1,034520183	1,036703096	105	
		52,26	54,383	1,040623804		106	
		52,595	54,434	1,034965301		107	
	50	0	45,185	59,5	1,316808675	1,316090808	108
			45,258	59,393	1,312320474		109
			45,102	59,496	1,319143275		110
		10	47,441	61,129	1,288526802	1,289364819	111
47,474			61,246	1,290095631	112		
47,521			61,277	1,289472023	113		
20		48,479	60,917	1,256564698	1,257327518	114	
		48,513	60,954	1,256446726		115	
		48,461	61,011	1,258971131		116	
30		48,26	60,839	1,260650642	1,26120365	117	
		48,315	60,809	1,258594639		118	
		48,153	60,883	1,264365668		119	
40		47,977	59,429	1,238697709	1,242112753	120	
		47,884	59,482	1,242210342		121	
		47,814	59,549	1,245430209		122	
50		51,861	60,421	1,165056594	1,165036718	123	
		51,89	60,44	1,164771632		124	
		51,875	60,449	1,165281928		125	
60		55,285	60,21	1,089083838	1,090128351	126	
		55,206	60,21	1,090642321		127	
		55,229	60,236	1,090658893		128	
70		61,841	57,356	0,9274753	0,928824924	129	
		61,794	57,403	0,928941321		130	
		61,737	57,419	0,93005815		131	
80		62,125	56,565	0,910503018	0,912204771	132	
		62,091	56,593	0,911452545		133	
		61,963	56,675	0,914658748		134	
60		0	51,516	63,551	1,23361674	1,233768788	135
			51,636	63,541	1,230556201		136
			51,49	63,7	1,237133424		137
	10	53,001	64,933	1,225127828	1,228924369	138	
		52,923	64,982	1,227859343		139	
		52,732	65,06	1,233785936		140	
	20	53,337	64,629	1,211710445	1,210141868	141	
		53,464	64,561	1,207560227		142	
		53,501	64,798	1,211154932		143	
	30	53,605	64,613	1,205353978	1,206218275	144	
		53,73	64,716	1,204466778		145	
		53,588	64,779	1,208834067		146	
	40	54,581	64,602	1,183598688	1,182143265	147	
		54,51	64,388	1,181214456		148	
		54,582	64,495	1,18161665		149	
	50	58,15	62,719	1,078572657	1,082108583	150	
		58,07	62,765	1,080850697		151	
		57,835	62,861	1,086902395		152	
	60	64,515	62,104	0,962628846	0,962558795	153	
		64,434	62,065	0,963233696		154	
		64,526	62,062	0,961813842		155	

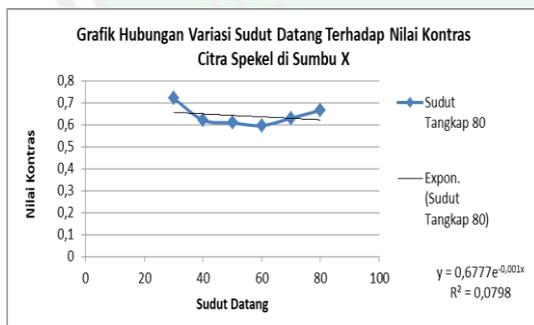
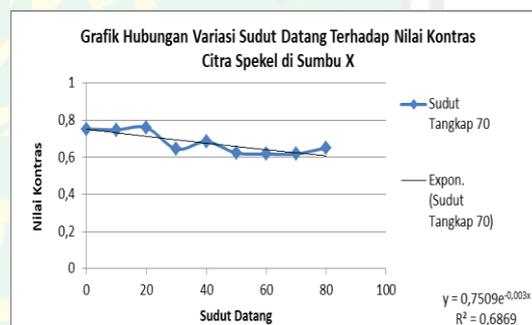
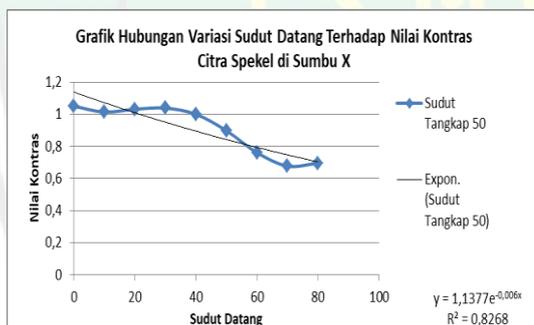
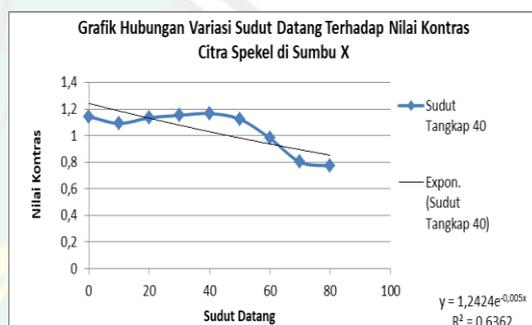
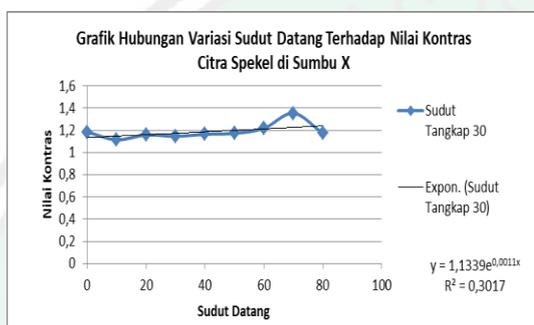
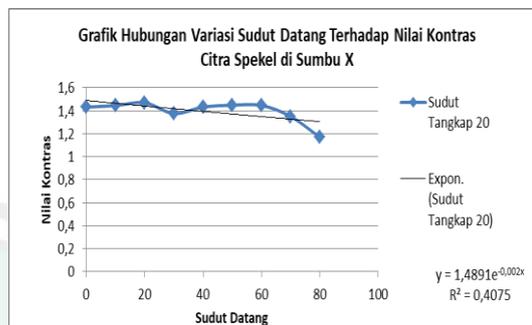
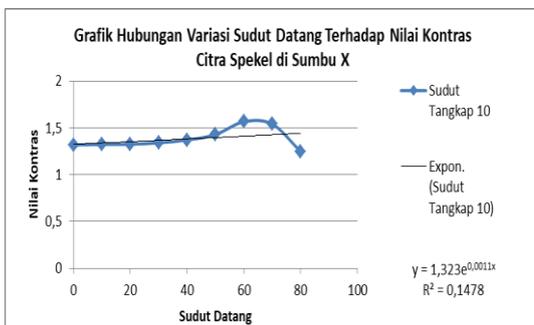
70	70	67,751	59,162	0,873226963	0,874411341	156
		67,79	59,23	0,873727688		157
		67,709	59,332	0,876279372		158
	80	66,887	59,746	0,893237849	0,895259508	159
		66,817	59,835	0,895505635		160
		66,78	59,904	0,89703504		161
	0	55,875	66,604	1,192017897	1,192946291	162
		56,019	66,635	1,189507132		163
		55,693	66,682	1,197313846		164
	10	56,3	66,285	1,177353464	1,181192759	165
		56,125	66,221	1,179884187		166
		55,903	66,32	1,186340626		167
	20	58,611	65,938	1,125010664	1,125343035	168
		58,824	66,046	1,122773018		169
		58,544	66,052	1,128245422		170
30	59,478	65,919	1,108292142	1,10915597	171	
	59,486	65,843	1,106865481		172	
	59,3	65,96	1,112310287		173	
40	60,367	65,991	1,093163483	1,084518811	174	
	60,415	64,973	1,07544484		175	
	60,225	65,341	1,084948111		176	
50	64,86	63,861	0,984597595	0,979649166	177	
	64,687	63,211	0,977182432		178	
	64,776	63,297	0,977167469		179	
60	69,356	60,197	0,867942211	0,871079956	180	
	69,221	60,291	0,870992907		181	
	69,04	60,362	0,874304751		182	
70	73,428	59,762	0,813885711	0,815245712	183	
	73,27	59,78	0,815886447		184	
	73,323	59,829	0,815964977		185	
80	72,293	59,564	0,823924861	0,825776218	186	
	72,154	59,688	0,827230646		187	
	72,135	59,596	0,826173148		188	
0	59,753	67,291	1,126152662	1,128030247	189	
	59,656	67,299	1,128117876		190	
	59,567	67,3	1,129820202		191	
10	59,66	67,391	1,129584311	1,130674562	192	
	59,746	67,475	1,129364309		193	
	59,628	67,563	1,133075065		194	
20	57,283	63,749	1,112878166	1,115049698	195	
	57,127	63,657	1,11430672		196	
	56,941	63,658	1,117964209		197	
30	61,26	65,232	1,064838394	1,066555113	198	
	61,169	65,347	1,068302572		199	
	61,376	65,459	1,066524374		200	
40	62,701	64,15	1,023109679	1,024271499	201	
	62,636	64,208	1,025097388		202	
	62,664	64,206	1,02460743		203	
50	67,41	63,619	0,943762053	0,945408034	204	
	67,292	63,788	0,947928431		205	
	67,284	63,552	0,944533619		206	
60	69,857	59,95	0,858181714	0,853224049	207	
	69,727	59,218	0,849283635		208	
	69,807	59,49	0,852206799		209	
70	74,866	57,599	0,769361259	0,770363742	210	
	74,78	57,61	0,770393153		211	
	74,73	57,642	0,771336813		212	
80	75,539	59,806	0,791723481	0,832337544	213	
	75,62	58,713	0,776421582		214	

		75,254	69,901	0,928867569		215
90	0			#DIV/0!	#DIV/0!	0
				#DIV/0!		0
				#DIV/0!		0
	10			#DIV/0!	#DIV/0!	0
				#DIV/0!		0
				#DIV/0!		0
	20	59,835	67,09	1,121250104	1,116755359	216
		60,373	67,25	1,113908535		217
		60,361	67,309	1,115107437		218
	30	65,487	69,071	1,054728419	1,054482116	219
		65,471	69,105	1,055505491		220
		65,511	68,997	1,053212438		221
	40	66,328	65,354	0,985315402	0,986968811	222
		66,214	65,437	0,988265322		223
		66,197	65,358	0,98732571		224
	50	70,307	65,197	0,927318759	0,92629715	225
		70,273	65,303	0,929275824		226
		70,705	65,211	0,922296867		227
	60	73,956	63,886	0,863837958	0,86346519	228
		74,021	63,846	0,862539009		229
		73,966	63,908	0,864018603		230
	70	76,764	63,151	0,82266427	0,82441424	231
		76,738	63,284	0,824676171		232
		76,75	63,388	0,82590228		233
	80	74,482	63,308	0,849977176	0,850849655	234
		74,719	63,379	0,848231374		235
		74,221	63,41	0,854340416		236

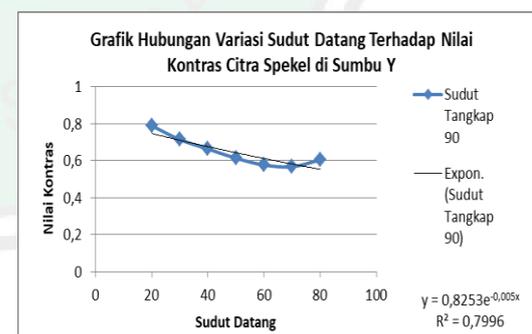
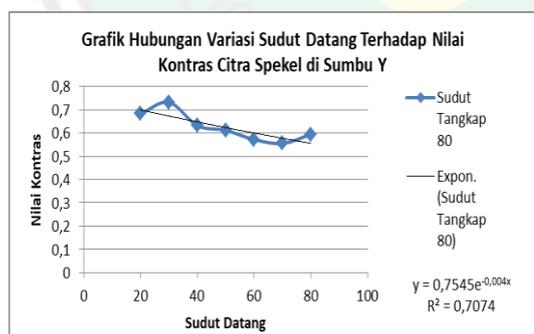
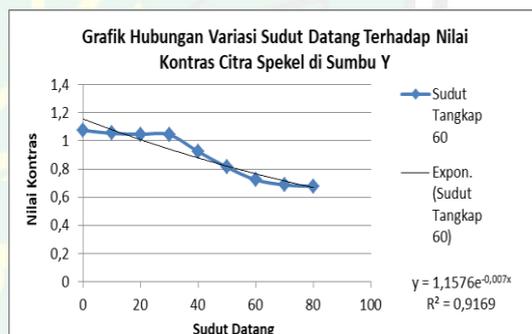
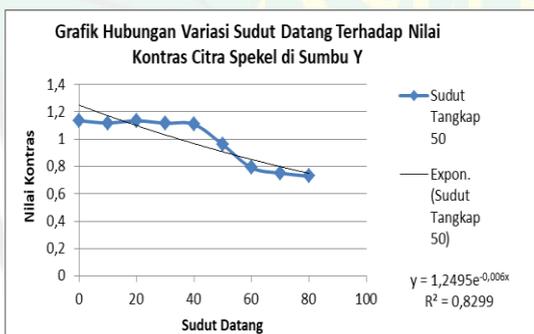
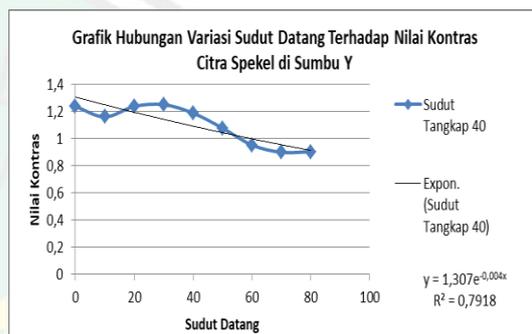
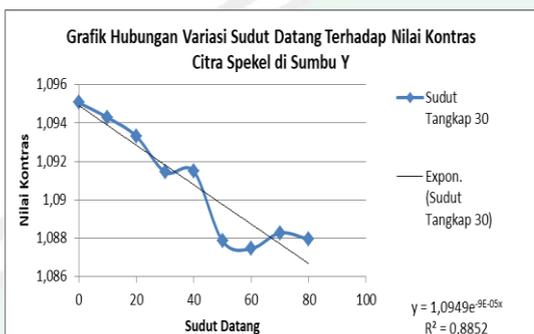
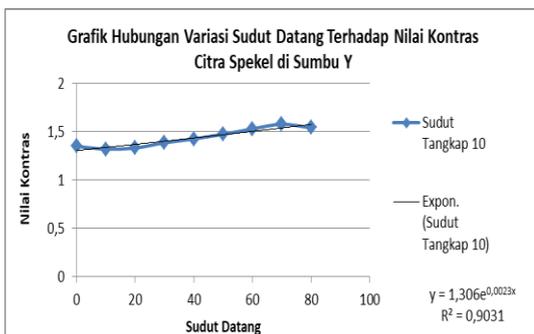


## Lampiran 6 : Grafik *Plotting* Data

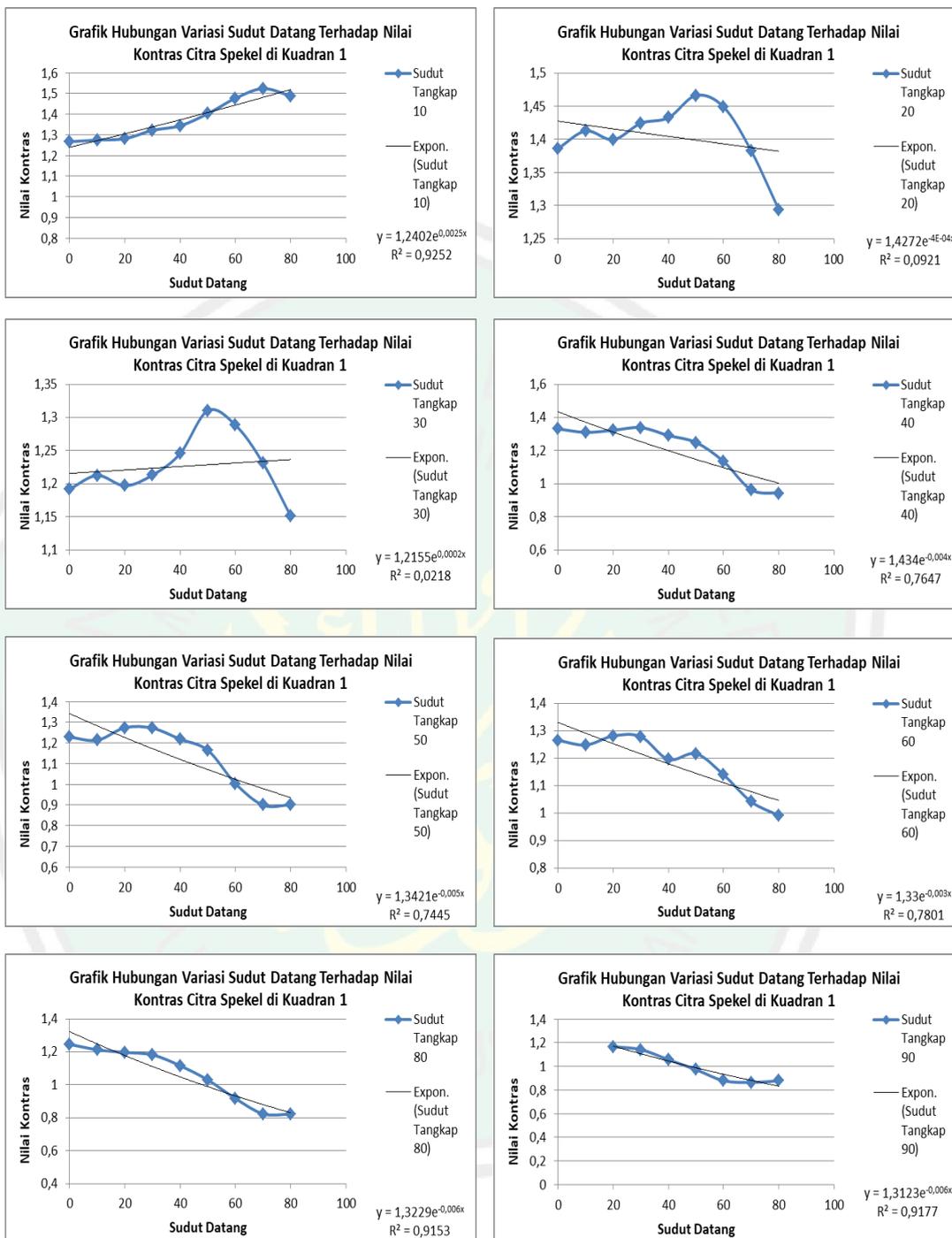
### 1. Pengambilan Data di Sumbu X



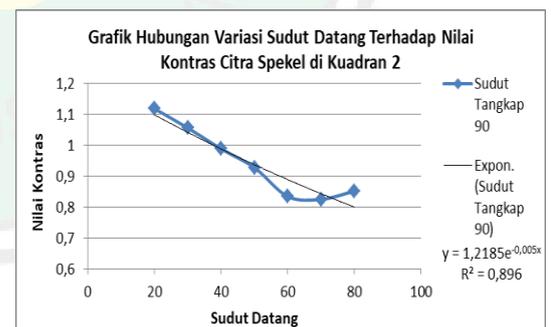
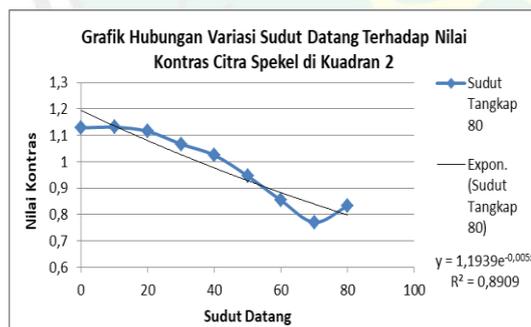
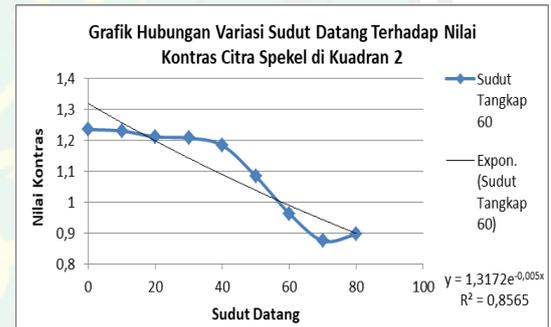
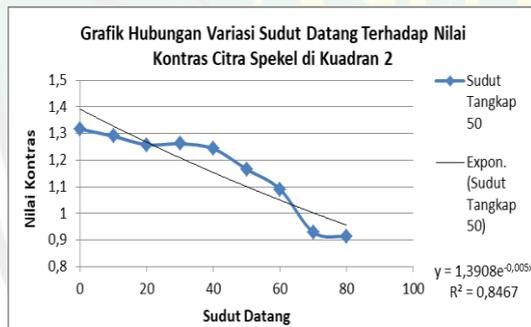
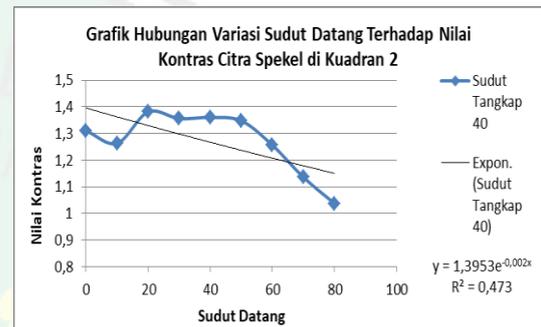
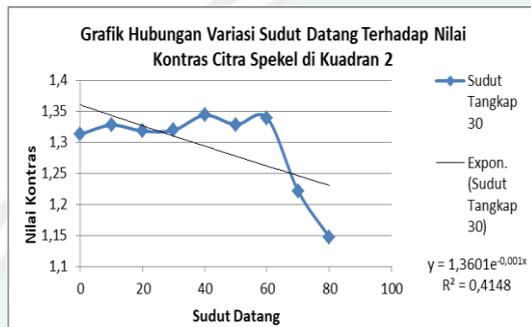
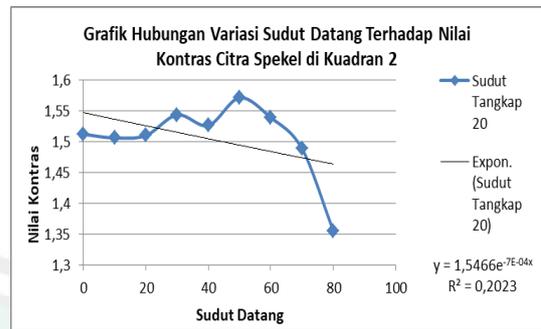
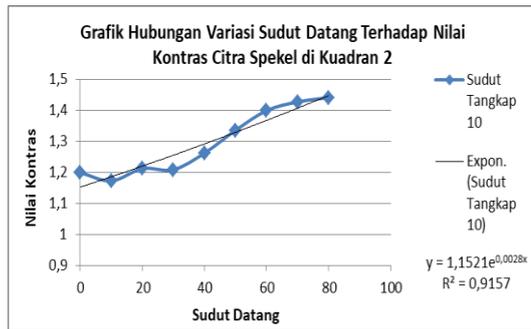
## 2. Pengambilan Data di Sumbu Y



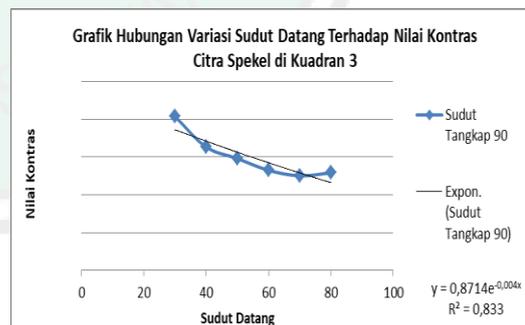
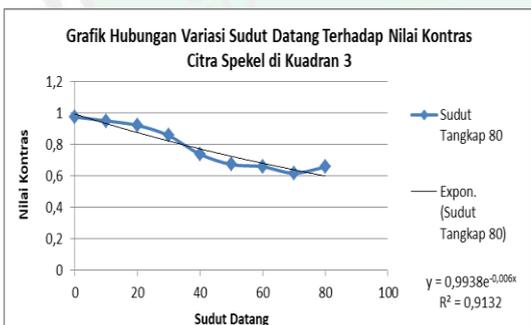
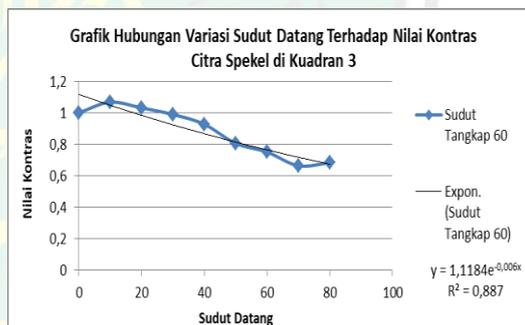
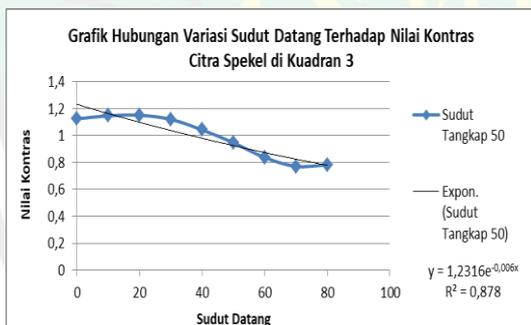
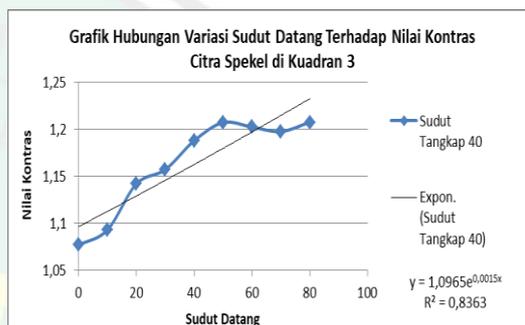
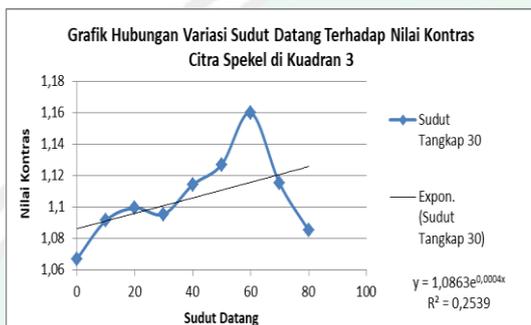
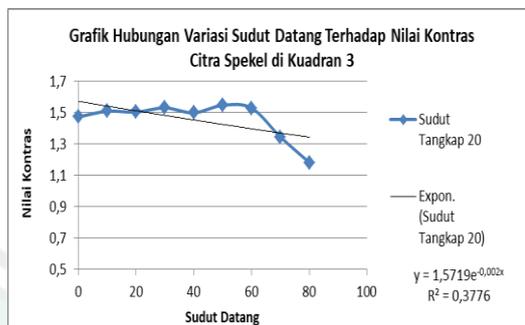
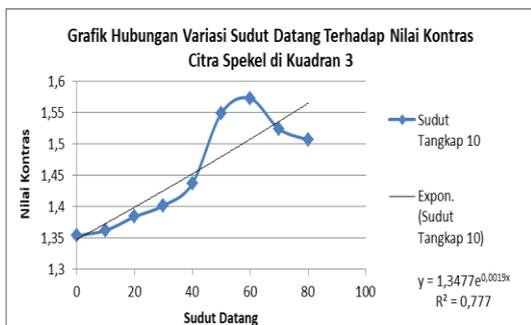
### 3. Pengambilan Data di Kuadran 1



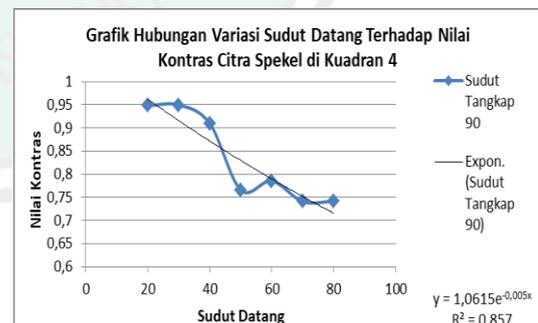
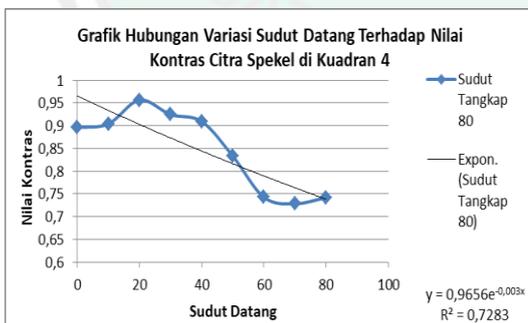
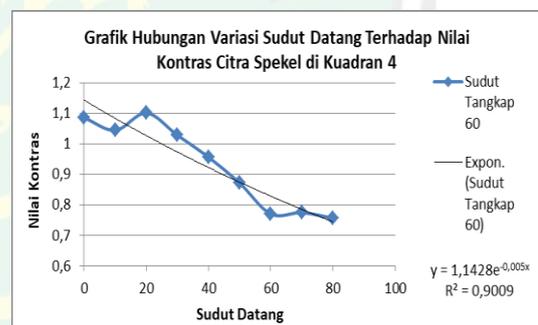
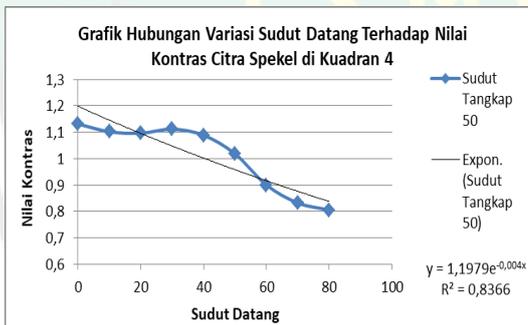
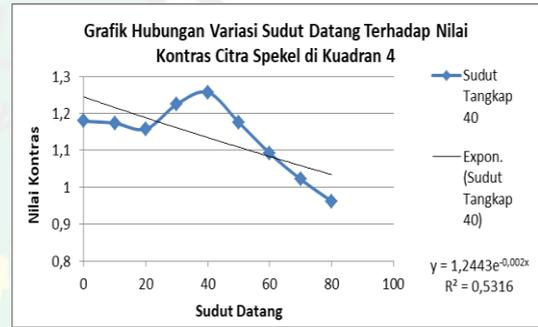
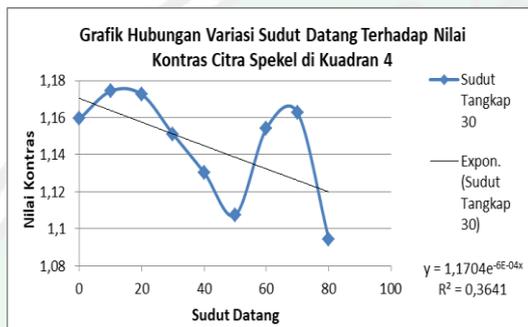
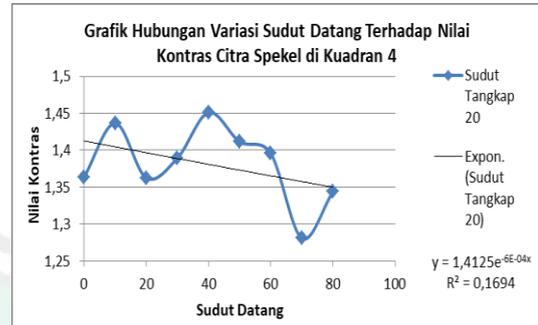
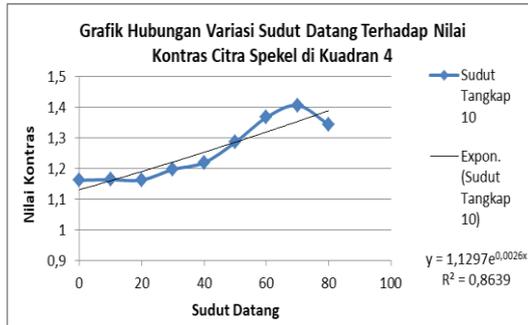
#### 4. Pengambilan Data di Kuadran 2



### 5. Pengambilan Data di Kuadran 3



## 6. Pengambilan Data di Kuadran 4





KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Mahardhika Mega Utama  
NIM : 16640053  
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika  
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Variasi Sudut Datang dan Sudut Tangkap Cahaya pada Persebaran Citra Spekel Beras dengan Metode *Laser Speckle Contrast Imaging (LSCI)* Berbasis *Graphical User Interface (GUI) MATLAB*  
Pembimbing I : Farid Samsu Hananto, M.T.  
Pembimbing II : Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si.

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	16 Oktober 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	30 Oktober 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
3	04 November 2019	Konsultasi Bab I, II, III dan ACC	
4	13 Desember 2019	Konsultasi Kajian Agama Bab I, II, III	
5	26 Februari 2020	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
6	09 Maret 2020	Konsultasi Bab IV dan Bab V	
7	20 Maret 2020	Konsultasi Kajian Agama dan Bab IV	
8	26 Maret 2020	Konsultasi Kajian Agama dan Bab V	
9	29 April 2020	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC	
10	02 Mei 2020	Konsultasi Kajian Agama, Abstrak dan ACC	

Malang, 04 Mei 2020  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika,

Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003