

# Perancangan Sistem Pengujian Distorsi Kaca Spion Menggunakan Metode *Radial Line*

Fitri Rahmah, Apriani Kusumawardhani, Heru Setijono  
 Department of Engineering Physics, Faculty of Industrial Technology  
 ITS Surabaya Indonesia 60111  
 Email: apri@ep.its.ac.id

**Abstrak**—Pengujian distorsi merupakan salah satu cara untuk mengetahui kualitas dari kaca spion. Distorsi merupakan keadaan dimana bayangan benda yang terbentuk tidak sama dengan benda asli karena adanya cacat pada cermin. Selama ini pengujian dilakukan secara manual dengan metode *concentric circle* yang memiliki kelemahan melakukan penghitungan distorsi di bagian terpusat saja. Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian distorsi dengan metode *radial line* yang memiliki kelebihan melakukan penghitungan di seluruh luasan kaca spion. Metode *radial line* membutuhkan layar dengan pola *radial line* sebagai obyek dalam kaca spion. Pengambilan data dalam pengujian ini melalui penyusunan secara tegak lurus kaca spion terhadap obyek dan *webcam* sejauh 300 mm. Data yang diperoleh dalam format digital kemudian diolah dengan sistem pengolahan citra digital melalui GUI (*Graphical User Interface*). Tahap *pre-processing* citra dalam penelitian ini dilakukan melalui proses *smoothing* dan *sharpening*. Selanjutnya citra obyek dipisahkan terhadap *background*. Kemudian *software* pengolahan citra akan menghitung besar faktor distorsi. Untuk mendapatkan *error* yang minimal dalam pengujian, maka dilakukan variasi terhadap ketebalan garis obyek dan tahap *pre-processing*. Pada proses ini diperoleh garis obyek yang paling baik menggunakan ketebalan 1.2 mm. Tahap *pre-processing* terbaik dengan memasukkan nilai sebesar 2 dan 0 pada *smoothing* dan *sharpening* GUI. Hasil yang diperoleh adalah *error* presisi yang didapatkan sebesar 1.69% atau keakuratan 98.31%.

**Kata kunci**—Distorsi, Pengolahan Citra, *Radial Line*

## I. PENDAHULUAN

Kaca spion dalam aplikasinya memiliki fungsi yang penting bagi pengemudi kendaraan bermotor, yaitu agar mampu memantau keadaan di belakang kendaraannya. Oleh karena itu, dalam pembuatan kaca spion harus memenuhi standar uji yang berlaku agar fungsinya dapat berjalan secara maksimal. Pengujian distorsi merupakan salah satu cara untuk mengetahui kualitas dari kaca spion [1]. Distorsi merupakan gejala di mana bayangan benda yang terbentuk tidak sama dengan benda aslinya karena adanya cacat pada suatu cermin, lensa atau alat optik lainnya [2]. Metode pengujian distorsi dapat menggunakan metode *concentric circle* atau *radial line*, masih dilaksanakan secara manual. Kemudian dilakukan sebuah penelitian dengan metode *concentric circle* menggunakan sistem pengolahan citra dan berhasil dilakukan. Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini telah dilakukan perancangan sistem pengujian distorsi pada kaca spion menggunakan metode *radial line*. Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Kamera yang digunakan menggunakan *webcam*

- Tahap *pre-processing* menggunakan parameter *smoothing* dan *sharpening*
- Kaca spion yang digunakan adalah kaca kendaraan bermotor roda dua kategori L3 dengan tipe KZRK.

## II. DASAR TEORI

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai teori yang digunakan sebagai penunjang dalam pelaksanaan penelitian.

### A. Kaca Spion

Menurut SNI 2770.2:2009, Kaca spion merupakan cermin untuk melihat ke arah belakang kendaraan secara jelas. Kaca spion ini harus bisa diatur oleh pengemudi dalam posisi mengemudi normal, arahnya mudah diatur, dapat tetap bertahan pada posisi tertentu, dan juga harus harus dapat berfungsi dengan baik pada siang dan malam hari [1].

### B. Aberasi

Aberasi didefinisikan sebagai kelainan bentuk bayangan yang dihasilkan oleh lensa atau cermin. Terdapat suatu kesalahan dalam sistem optis sehingga bayangan yang terjadi tidak sama dengan benda aslinya [2].

Aberasi jenis distorsi merupakan gejala bayangan yang disebabkan oleh perbesaran bayangan yang tidak merata, dimana perbesaran pada bagian-bagian yang paling luar tidak sama. Benda yang berupa garis-garis sejajar akan melengkung. Distorsi terjadi ketika ukuran setiap titik pada bidang citra diperbesar dalam cara yang berbeda. Distorsi ini tidak menyebabkan *blur* pada citra yang dihasilkan, sehingga dapat diperbaiki secara digital [3].

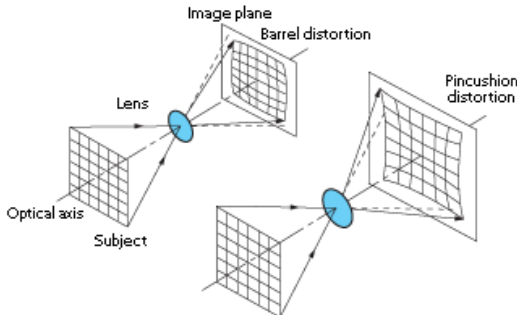
Terdapat dua jenis distorsi, yang pertama yaitu distorsi isotropik atau *pincushion*, dimana perbesaran meningkat terhadap sumbu-x dan sumbu-y dan distorsi anisotropik atau barrel, dimana perbesaran berada di pusat koordinat. Ilustrasi distorsi dapat dilihat pada Gambar.1.

### C. Dasar Pengolahan Citra Digital

Dasar dari pengolahan citra digital adalah hubungan yang saling ketergantungan dari *hardware*, *software*, dan teori ilmu tentang pengolahan citra digital. Pengolahan citra melibatkan elemen akuisisi data sebagai tahap pertamanya. Akuisisi data berfungsi untuk mendapatkan data dalam bentuk citra digital. Tahap ini membutuhkan dua syarat dalam menangkap citra. Syarat yang pertama adalah adanya suatu alat yang secara fisik mampu menangkap spektrum gelombang elektromagnetik, kemudian memproduksi sinyal keluaran yang proporsional pada suatu tingkatan energi. Syarat yang kedua adalah adanya

alat yang mampu untuk mengubah sinyal keluaran tersebut ke dalam bentuk digital [4].

Tahap selanjutnya adalah tahap *pre-processing* yang berfungsi untuk meningkatkan peluang kesuksesan dari proses pengolahan citra. *Pre-processing* dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra sebelum diolah lebih lanjut.



Gambar 1. Ilustrasi distorsi *pincushion* dan *barrel*

*Pre-processing* citra melalui *smoothing* dan *sharpening* merupakan salah satu bentuk transformasi yang melibatkan hubungan suatu piksel dengan piksel tetangganya. Piksel yang mengalami gangguan umumnya memiliki frekuensi tinggi. Komponen citra yang berfrekuensi rendah umumnya mempunyai nilai piksel konstan atau berubah sangat lambat. Operasi *smoothing* dilakukan untuk menekan komponen yang berfrekuensi tinggi dan meloloskan komponen yang berfrekuensi rendah. Oleh karena itu, proses *smoothing* dalam citra menggunakan operasi dari *Low Pass Filter*.

Dalam *software* pengolahan citra, terdapat *toolbox* sendiri dalam mengolah citra 2-D dalam domain spasial. Yaitu dengan menggunakan fungsi *fspecial* dengan persamaan 1.

$$w = \text{fspecial}('type', \text{parameters}) \tag{1}$$

Dimana *w* didefinisikan sebagai *filter mask*. *fspecial* adalah fungsi pengolahan citra 2D untuk domain spasial, 'type' adalah jenis filter yang digunakan. *Average filtering* atau *mean filtering* merupakan metode *smoothing* yang paling mudah dikerjakan dan sering digunakan untuk mengurangi *noise*. Prinsip terjadinya *mean filtering* ini adalah perataan nilai dari masing-masing piksel tetangganya [5]. Perataan ini didapatkan dari persamaan 2. Hasil matriks dari *smoothing* dapat dilihat pada Gambar 2.

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n z_i \tag{2}$$

$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$

Gambar 2. Matriks *Smoothing Averaging Filter 3x3* [5]

Selain *smoothing*, proses *pre-processing* citra dapat melalui tahap *shrapening* atau penajaman. Pada tahap ini citra dilakukan *smoothing* terlebih dahulu, kemudian hasil dari citra *smoothing* dikurangkan dengan citra asli. Proses inilah yang

disebut dengan proses *masking*. Hasil dari proses *masking* selanjutnya ditambahkan pada citra asli. Oleh karena itu, citra asli akan semakin memberikan efek detail yang bertingkat dan semakin tajam. Persamaan dari proses *sharpening* ditunjukkan oleh persamaan 3. Jika pada *averaging filter* kernel memiliki nilai yang sama dari hasil rata-ratanya, maka berbeda dengan *gaussian filter* yang memiliki nilai yang berbeda pada kernelnya.

$$g(x, y) = f(x, y) + c[\nabla^2 f(x, y)] \tag{3}$$

Dimana  $f(x, y)$  adalah citra asli,  $g(x, y)$  citra hasil perbaikan, dan  $c$  adalah konstanta dari *masking*, dimana menggunakan bilangan positif. Hasil proses matriks *gaussian filter* ditunjukkan oleh Gambar 3.

	1	4	7	4	1
	4	16	26	16	4
$\frac{1}{273}$	7	26	41	26	7
	4	16	26	16	4
	1	4	7	4	1

Gambar 3. Matriks *Smoothing Gaussian Filter 5x5* dengan  $\sigma=1.0$  [6]

*Segmentasi* atau pengelompokan, berfungsi untuk memisahkan obyek yang akan diolah dengan latarnya. Prinsip dari segmentasi adalah menjadikan per-bagian citra yang diolah sehingga membentuk daerah-daerah atau region [4].

Proses *Clustering* adalah proses pengelompokan data ke dalam *cluster* berdasarkan parameter tertentu sehingga obyek-obyek dalam sebuah *cluster* memiliki tingkat kemiripan yang tinggi satu sama lain dan sangat tidak mirip dengan obyek lain pada *cluster* yang berbeda.

*Clustering* secara umum memiliki tahapan sebagai berikut:

1. Representasi pola
2. Pengukuran kedekatan pola (Pattern Proximity)  
Kedekatan pola diukur berdasarkan fungsi jarak antara dua ciri menggunakan algoritma *Euclidean Distance*. Jarak digunakan untuk mengukur ketidakmiripan antara dua obyek data.
3. *Clustering*  
*Clustering* yang dimanfaatkan adalah *Fuzzy C-Mean Clustering* (FCM). Pengelompokan setiap titik data dalam sebuah cluster ditentukan oleh derajat keanggotaannya. FCM membagi sebuah koleksi ke- $n$  dari vektor  $x_i$ , dengan  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  ke dalam  $c$  grup fuzzy dan mencari pusat cluster, menghitung fungsi objektif, berhenti jika hasil fungsi objektifnya mencapai nilai toleransi atau hasil fungsi objektifnya setelah iterasi maksimal yang ditetapkan, dan menghitung matrik partisi baru [7].

Tahapan selanjutnya berupa representasi, yang merupakan tahapan dalam mengolah data mentah hasil segmentasi untuk dikondisikan sesuai dengan tujuan akhir diadakannya pengolahan citra. Pada tahap pengenalan, maka dilakukan pelabelan dari hasil representasi sebelumnya. Kemudian data pengolahan ini ditampilkan sebagai hasil akhir.

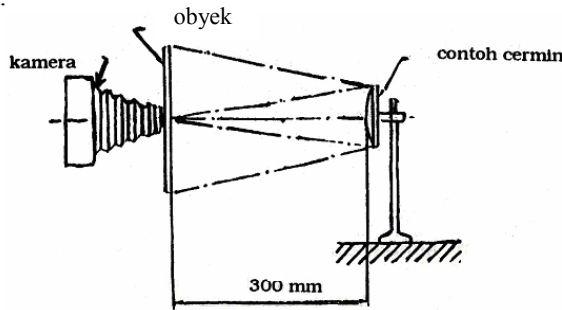
Piksel piksel dapat dilabelkan dengan indeks-indeks tertentu sesuai dengan posisi globalnya pada citra. Urutan indeks disesuaikan secara *scanning* dari titik citra asli menuju ke titik citra terakhir. Pengindeksan dapat dilihat pada Gambar 4.

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Gambar 4 Contoh Indeks Posisi Piksel-piksel citra 3x3 [6]

D. Metode Radial Line

Metode *radial line* merupakan metode pengujian distorsi dengan menggunakan obyek yang memiliki gambar berbentuk pola jari-jari lingkaran. Susunan komponen pengujian disajikan pada Gambar 5 sesuai dengan Toyota Engineering Standard 7620Z-S5A. Terlihat pada gambar bahwa kaca spion diletakkan dengan jarak sejauh 300 mm dari obyek. Posisi kamera dan kaca spion dalam keadaan lurus saling berhadapan. Kemudian pengambilan gambar dilakukan dengan menggunakan kamera yang melewati lubang pada obyek.



Gambar 5. Metode Pengujian [8]

Faktor distorsi dengan menggunakan *Radial Line Method* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.

$$\epsilon_a = \max\left(\frac{d}{L(OR_n)}\right) \cdot 100 \tag{4}$$

Dimana :

- $\epsilon_a$  adalah faktor distorsi (%)
- $L(OR_n)$  adalah panjang garis lurus dari titik O ke  $R_n$ , dimana  $R_n$  adalah titik perpotongan antara bayangan obyek garis lurus dan tepian keliling dari kaca spion
- $d$  adalah pergeseran maksimum antara garis lurus  $OR_n$  dengan bayangan obyek dari jari-jari lingkaran

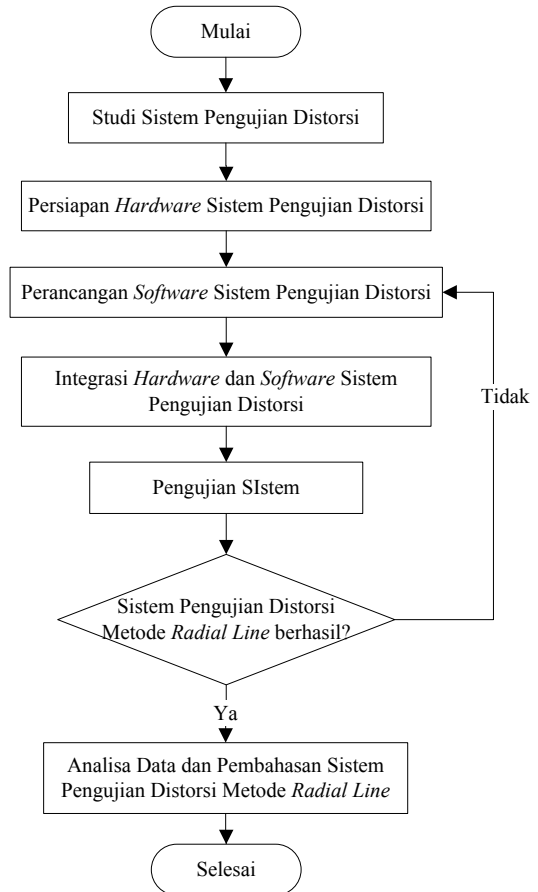
III. METODE

Pengerjaan dilakukan melalui metode eksperimental dengan beberapa prosedur penelitian. Prosedur yang dilakukan secara berurutan dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 6.

A. Studi Sistem Pengujian Distorsi

Perancangan sistem yang dibuat berupa *software* sistem pengujian distorsi pada kaca spion menggunakan metode *radial line*. Pengujian melalui pengambilan data citra digital menggunakan standarisasi dari SNI 2770.2:2009. Jarak pengambilan data dari kaca spion dengan kamera dan obyek

sejauh 300 mm. Obyek yang digunakan disesuaikan dengan Toyota Engineering Standard 7620Z-S5A. Obyek harus memiliki pola *radial line* yang berfungsi untuk dipantulkan pada kaca spion. Sedangkan kamera berupa *webcam* yang digunakan berfungsi untuk menangkap citra hasil pantulan tersebut. Citra yang didapatkan berada dalam ruang warna RGB akan tersimpan di dalam perangkat komputer. Sistem pengolahan citra berfungsi untuk mencari besar faktor distorsi melalui *software* sistem pengujian distorsi yang dibuat.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

B. Persiapan Hardware Sistem Pengujian Distorsi

Susunan *hardware* yang dibutuhkan berupa kaca spion, obyek, dan kamera. Dalam pengujian ini, kaca spion yang digunakan adalah kaca spion kendaraan bermotor roda dua. Kaca spion yang akan diuji masih lengkap dengan bingkainya.

Pola yang digunakan yaitu berupa citra *radial line* dengan besar tiap sudutnya 15°. Sehingga akan didapatkan total jumlah keseluruhan *radial line* adalah sebanyak 24 garis. Pengujian distorsi dilakukan melalui pengolahan citra dari perubahan bayangan obyek ini. Pada bagian tengah obyek dibuat sebuah lubang yang besarnya menyesuaikan diameter lensa kamera yang digunakan.

Akuisisi data yang digunakan untuk menangkap pantulan obyek *radial line* berupa *webcam*. *Webcam* diletakkan pada lubang obyek. Sehingga pada saat kaca spion mendapatkan bayangan citra obyek, *webcam* dapat melakukan pengambilan gambar. Pemilihan *webcam* *dautofocus* agar pengaturan fokus kamera menyesuaikan dengan otomatis pada jarak 300 mm.

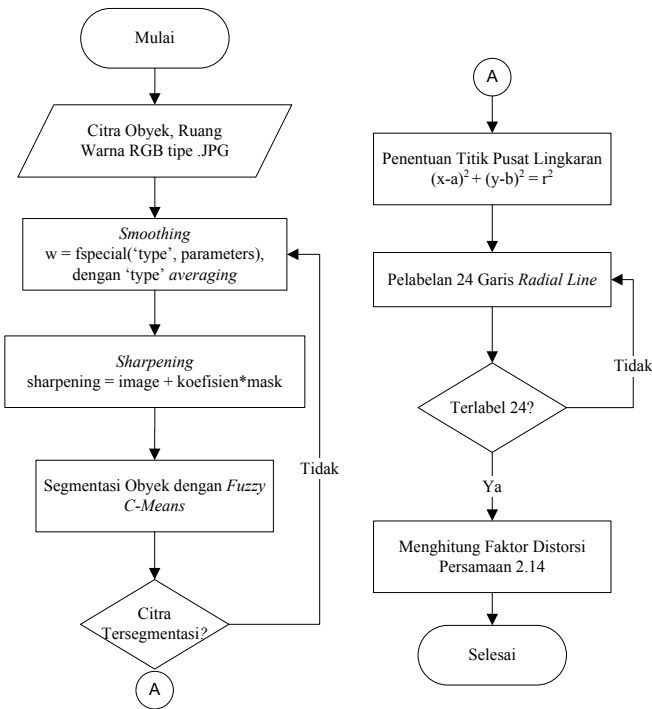
C. Perancangan Software Sistem Pengujian Distorsi

Perancangan sistem pengujian distorsi pada kaca spion ini diawali dengan membuat diagram blok sistem pengujian dan algoritma pengolahan citra pada *software* pemrograman.

Prosedur-prosedur selanjutnya antara lain sebagai berikut:

1. Akuisisi data melalui pengenalan perangkat *webcam* oleh *software* sistem pengujian distorsi
2. Pengambilan data citra digital oleh *webcam* dengan citra masukan berada dalam ruang warna RGB
3. Proses penghalusan dan penajaman citra dengan parameter *smoothing* dan *sharpening* pada citra masukan
4. Pemisahan citra kaca spion dengan background menggunakan pengelompokan warna
5. Penentuan titik pusat pada jari-jari lingkaran
6. Pelabelan untuk mendapatkan *radial line* yang terdistorsi
7. Proses interseksi antara *radial line* yang terdistorsi dengan garis lurus terhadap titik pusat lingkaran
8. Penentuan titik distorsi terjauh dari *radial line* terhadap garis lurus dengan persamaan jarak titik ke suatu persamaan garis  $x.a + y.b + c = 0$
9. Memasukkan ke dalam persamaan distorsi untuk menentukan besar faktor distorsinya

Prosedur di atas disajikan dalam diagram alir *software* sistem pengujian distorsi pada Gambar 7.



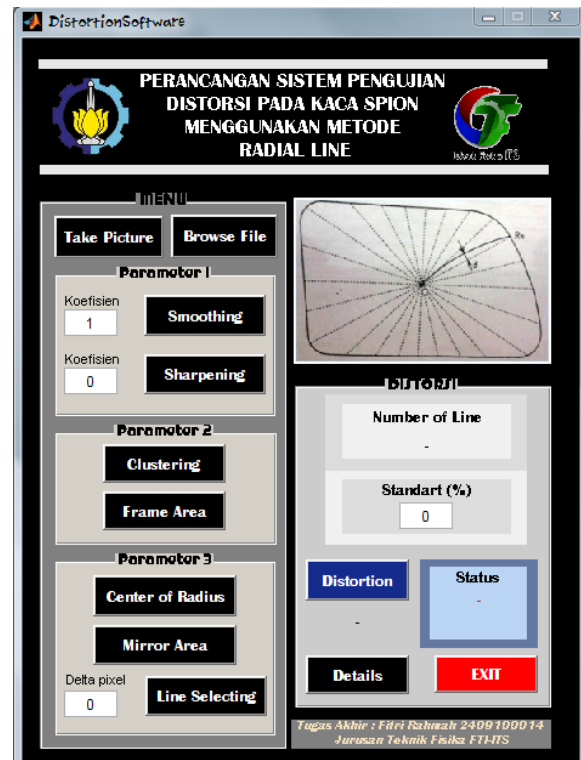
Gambar 7. Diagram Alir *Software* Sistem Pengujian Distorsi

Berdasarkan prosedur yang telah dipaparkan, perancangan sistem dibuat dengan menggunakan *software* pengolahan citra dan dilengkapi dengan *graphical user interface*. Gambar 8 merupakan tampilan dari *interface* yang dibuat. Terdapat beberapa tombol untuk eksekusi yang telah disesuaikan dengan diagram alir *software* sistem pengujian distorsi. Pilihan pertama berupa pengambilan citra secara langsung melalui *software* sistem pengujian distorsi. Sedangkan pilihan kedua adalah pengambilan citra dari berkas yang sudah

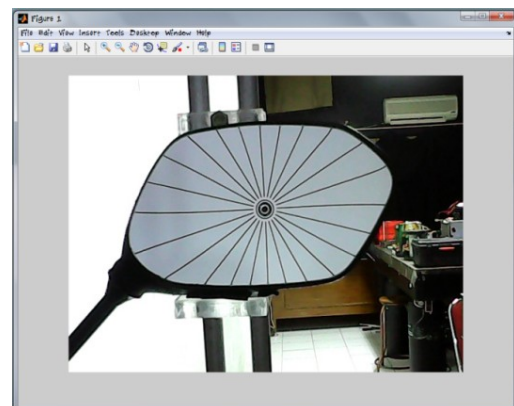
tersimpan di dalam perangkat komputer. Citra yang terpilih akan ditampilkan pada jendela baru GUI seperti Gambar 9.

D. Integrasi Hardware dan Software Sistem Pengujian Distorsi

Pencahayaan pada penelitian ini tidak dibuat bervariasi, tetapi dibuat secara konstan dalam rentang 34 lux – 38 lux. Pengukuran dilakukan tepat di depan perangkat *webcam*. Pemilihan ketebalan garis juga mempengaruhi hasil pengolahan citra. Oleh karena itu, garis *radial line* pada obyek diuji dengan variasi ketebalan.



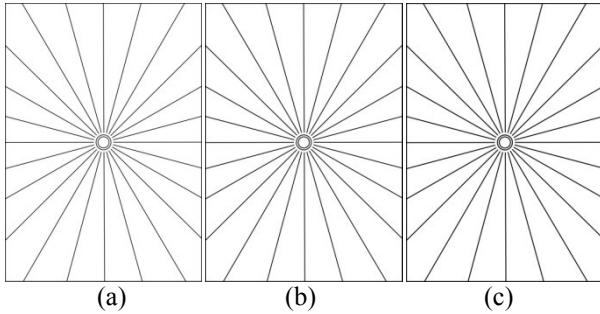
Gambar 8. *Graphical User Interface* Sistem Pengujian



Gambar 9. Jendela Baru GUI Citra yang Akan Diolah

Variasi ketebalan garis yang diujikan adalah sebesar 1.0 mm, 1.2 mm, dan 1.4 mm. Pemilihan variasi ketebalan garis minimal sebesar 1.0 mm dikarenakan pengujian dengan ketebalan di bawah itu langsung menghasilkan citra yang gagal diolah. Pengertian gagal diolah pada *software* sistem pengujian ini adalah terputusnya beberapa bagian garis *radial*

line pada saat proses segmentasi. Gambar 10 merupakan tampilan obyek *radial line* dengan variasi ketebalan garis.



Gambar 10. Variasi Ketebalan Garis pada Obyek: (a) 1.0 mm, (b) 1.2 mm, (c) 1.4 mm

Selain itu juga dilakukan penentuan parameter *smoothing* dan *sharpening*. Proses *smoothing* dilakukan melalui persamaan intensitas warna dengan piksel tetangganya. Besar piksel tetangga yang diolah bergantung dari seberapa besar daerah olahannya. Proses ini dilakukan sebanyak 6 kali tiap sampelnya melalui *input* bilangan pada *smoothing* dan *sharpening* GUI yang telah dibuat. Bilangan tersebut adalah 1 dan 2 pada *smoothing*, selanjutnya masing-masing dilakukan *sharpening* dengan 3 bilangan, yaitu 0, 1 dan 2.

IV. HASIL PENELITIAN

Sistem pengujian distorsi pada kaca spion dilakukan dengan variasi pada parameter ketebalan garis obyek *radial line*, parameter *pre-processing*, dan parameter pengurangan pikselnya.

A. Analisa Data Pemilihan Ketebalan Garis Obyek pada Sistem Pengujian Distorsi

Pemilihan ketebalan garis yang paling baik dilakukan melalui penghitungan terhadap persentase *error presisi* distorsi yang paling kecil. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 1.

TABEL 1  
RATA-RATA DISTORSI TIGA BUAH SAMPEL KACA SPION

Tebal Garis (mm)	Rata-Rata Distorsi Sampel ke- (%)			Rata-Rata Distorsi dengan Error Minimal Sampel ke- (%)		
	1	2	3	1	2	3
1.0	2.408	1.891	2.107	2.353	1.779	2.061
1.2	2.314	1.769	2.184	2.354	1.739	2.061
1.4	2.444	2.176	2.353	2.391	2.272	2.408

Nilai distorsi dengan selisih yang paling minimal ini selanjutnya disebut dengan nilai distorsi dengan *error* minimal pada tabel. Untuk menentukan ketebalan garis yang paling baik belum dapat diputuskan dari perhitungan ini. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan persentase *error* presisi rata-rata hasil distorsi sampel yang diuji yang disajikan pada Tabel 2.

Hasil pengujian pada tabel 2 ini adalah persentase *error* presisi rata-rata distorsi yang paling kecil dimiliki oleh garis dengan ketebalan 1.2 mm sebesar 2.314%. Sehingga garis ketebalan 1.2 mm dijadikan parameter paling baik.

TABEL 2  
PERSENTASE ERROR PRESISI RATA-RATA DISTORSI TIGA BUAH SAMPEL KACA SPION

Tebal Garis (mm)	Error  Presisi Distorsi Sampel ke-			%  Error  Presisi Distorsi Sampel ke-			% Rata-Rata
	1	2	3	1	2	3	
1.0	0.055	0.112	0.047	2.294	5.944	2.209	3.482
1.2	0.040	0.030	0.077	1.722	1.686	3.534	2.314
1.4	0.053	0.096	0.055	2.156	4.390	2.357	2.968

B. Analisa Data Penentuan Parameter Smoothing dan Sharpening Sistem Pengujian Distorsi

Penentuan parameter *smoothing* dan *sharpening* melalui penghitungan persentase *error* distorsi dari seluruh sampel kaca spion yang paling kecil dan menjadi mayoritas. Dengan mengkombinasikan kedua syarat ini diharapkan mampu mendapatkan nilai kombinasi *smoothing* dan *sharpening* dengan *error* yang paling kecil. Hasil mayoritas dari munculnya nilai standar deviasi dan standar *error* minimal pada variasi *smoothing* dan *sharpening* diperlihatkan pada tabel 3.

TABEL 3  
PERSENTASE BANYAKNYA NILAI STANDAR DEVIASI DAN STANDAR ERROR MINIMAL PADA VARIASI SMOOTHING DAN SHARPENING

Smooth	Sharp	n Kali SD dan SE Minimal pada Sample ke-			% n Kali SD dan SE Minimal
		1	2	3	
1	0	1	0	1	22.22
	1	0	0	0	0.00
	2	0	0	0	0.00
2	0	1	2	2	55.56
	1	1	0	0	11.11
	2	0	1	0	11.11

Hasil pengujian ini adalah persentase terbesar dalam memunculkan nilai standar deviasi dan standar *error* minimal berada pada kombinasi *smoothing* dan *sharpening* 2-0 sebesar 55.56%.

C. Analisa Data Penentuan Parameter Pengurangan Piksel dalam Pelabelan pada Sistem Pengujian Distorsi

Pemilihan parameter pengurangan piksel yang paling baik dilakukan melalui banyaknya nilai *error* distorsi minimal pada setiap variasi bilangan pengurangan pikselnya. Pengurangan piksel yang diujikan adalah 6, 7, dan 8. Hasil pengujian ditampilkan pada tabel 4.

TABEL 4  
NILAI ERROR DAN PERSENTASE BANYAKNYA NILAI ERROR MINIMAL PADA VARIASI PENGURANGAN PIKSEL

Delta Piksel	Error pada Sample ke-			n Kali Error Minimal pada Sample ke-			% n Kali Error Minimal
	1	2	3	1	2	3	
6	0.339	0.090	0.181	0	0	0	0.00
7	<b>0.170</b>	<b>0.090</b>	<b>0.080</b>	1	1	1	100.00
8	0.348	0.097	0.084	0	0	0	0.00

Hasil pengujian ini adalah banyaknya nilai *error* minimal pada bilangan ini, menghasilkan persentase sebesar 100%. Sehingga parameter pengurangan piksel yang digunakan adalah sebesar 7.

D. Analisa Data Penentuan Faktor Distorsi Webcam pada Sistem Pengujian Distorsi

Pengolahan dengan menggunakan kombinasi parameter *smoothing* dan *sharpening* sebesar 2-0 juga mengacu pada

pengujian sebelumnya. Hasil pengukuran faktor distorsi *webcam* dapat dilihat pada tabel 5.

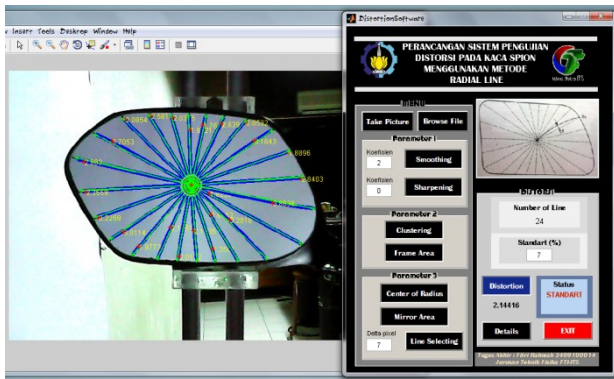
TABEL 5  
HASIL PENGUKURAN FAKTOR DISTORSI *WEBCAM*

Data ke-	$d_{max}$ (piksel)	L(OR <sub>n</sub> ) (piksel)	Faktor Distorsi (%)	Rata-Rata (%)
1	1.054	348.604	0.302	0.346
2	1.054	348.604	0.302	
3	1.232	326.014	0.378	
4	1.212	338.195	0.358	
5	1.313	338.195	0.388	

Hasil pengujian ini adalah perhitungan nilai  $d_{max}$  dan panjang (OR<sub>n</sub>) sesuai dengan persamaan 4, didapatkan nilai rata-rata faktor distorsi *webcam* sebesar 0.346%.

E. Analisa Data Pengujian Sistem

Berdasarkan penentuan parameter yang telah diujikan, maka pengambilan sampel menggunakan acuan dengan ketebalan garis obyek 1.2 mm, koefisien *smoothing* sebesar 2, koefisien *sharpening* sebesar 2, dan delta piksel sebesar 7. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Pengujian Distorsi Salah Satu Sampel

Hasil pengujian faktor distorsi dengan acuan yang telah ditetapkan disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7. Pada Tabel 6 faktor distorsi terbesar dimiliki oleh sampel nomor 7 sebesar 52.5294% ± 4.791 atau 52.5294% ± 10.713. Besarnya distorsi ini dikarenakan sampel kaca spion ini dalam kondisi cacat. Akibat cacat tersebut garis yang terlabel lebih dari 24, sehingga distorsi yang teridentifikasi sebagai menjadi besar.

TABEL 6  
HASIL PENGUJIAN FAKTOR DISTORSI SAMPEL KACA SPION KANAN

Sampel ke-	Faktor Distorsi (%)	Error	Varians	Standar Deviasi	Standar Error
1	2.250	0.116	0.029	0.170	0.076
2	1.714	0.011	0.003	0.052	0.023
3	2.237	0.025	0.006	0.080	0.036
4	1.932	0.001	0.000	0.014	0.006
5	1.782	0.003	0.001	0.029	0.013
6	3.234	0.191	0.048	0.218	0.098
7	52.5294	459.093	114.773	10.713	4.791
8	2.336	2.278	0.570	0.755	0.338
9	1.814	0.895	0.224	0.473	0.212
Rata - Rata				0.224	0.100

TABEL 7  
HASIL PENGUJIAN FAKTOR DISTORSI SAMPEL KACA SPION KIRI

Sampel ke-	Faktor Distorsi (%)	Error	Varians	Standar Deviasi	Standar Error
1	2.020	0.052	0.013	0.114	0.051

2	2.002	0.016	0.004	0.064	0.029
3	1.986	0.021	0.073	0.073	0.032
4	2.136	0.189	0.217	0.217	0.097
5	2.059	0.026	0.081	0.081	0.036
6	2.039	0.112	0.167	0.167	0.075
7	2.381	0.128	0.179	0.179	0.080
8	2.386	0.111	0.166	0.166	0.074
9	2.091	0.016	0.063	0.063	0.028
Rata - Rata				0.125	0.056

Sedangkan pada tabel 7, hasil pengujian ini adalah faktor distorsi terbesar dimiliki oleh sampel nomor 8 sebesar 2.039% ± 0.075 atau 2.039% ± 0.167. Berdasarkan hasil pengujian ini, keakuratan dan penyimpangan data hasil pengujian ketebalan 1.2 mm sebesar 98.31% atau *error* presisi 1.69%.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari pelaksanaan penelitian tugas akhir ini adalah telah berhasil dirancang suatu sistem pengujian distorsi pada kaca spion menggunakan metode *radial line*. Hasil dari pengujian sistem ini adalah:

- Pemilihan ketebalan garis obyek *radial line* terbaik berdasarkan hasil analisa data adalah sebesar 1.2 mm karena memiliki persentase *error* rata-rata distorsi yang paling kecil sebesar 2.314%.
- Pemilihan *smoothing* dan *sharpening* terbaik masing-masing memasukkan nilai sebesar 2 dan 0 pada *Graphical User Interface*, karena memiliki persentase *error* yang paling minimal.
- Berdasarkan pengujian dengan pemilihan terbaik yang dilakukan, diperoleh *error* presisi yang didapatkan sebesar 1.69% atau keakuratan sebesar 98.31%.
- Metode ini dapat direkomendasikan untuk diaplikasikan sebagai pengujian distorsi.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] SNI. (2009). *Kaca Spion untuk Kendaraan Bermotor Kategori L*. Badan Standarisasi Nasional SNI 2770.2.
- [2] Smith, W. J. (1966). *Modern Optical Engineering*. USA: McGraw-Hill.
- [3] A.G.J. Nijmeijer; M.A. Boel, dkk. Correction of Lens-Distortion for Real-Time Image Processing Systems. Department of Electrical Engineering: University of Twente.
- [4] Gonzales, R. C., & Richard, E. W. (1992). *Digital Image Processing*. Addison-Wesley.
- [5] Gonzalez, R. C. (2004). *Digital Image Processing Using Matlab*. Pearson Education, Inc.
- [6] Khoiruddin, A. A. (2007). Menentukan Nilai Akhir Kuliah dengan FUZZY C-Means. *Seminar Nasional Sistem dan Informatika. SNSI 07-041*, 232-238
- [7] Mozef, E. (2003). Algoritma Labeling Citra Biner dengan Performansi Optimal Processor-Time. *Jurnal Informatika Vol.4 No.1*, 20-29
- [8] Toyota Engineering Standar. *Radial Line Method. 760Z-S5A*. Toyota Standar Company.