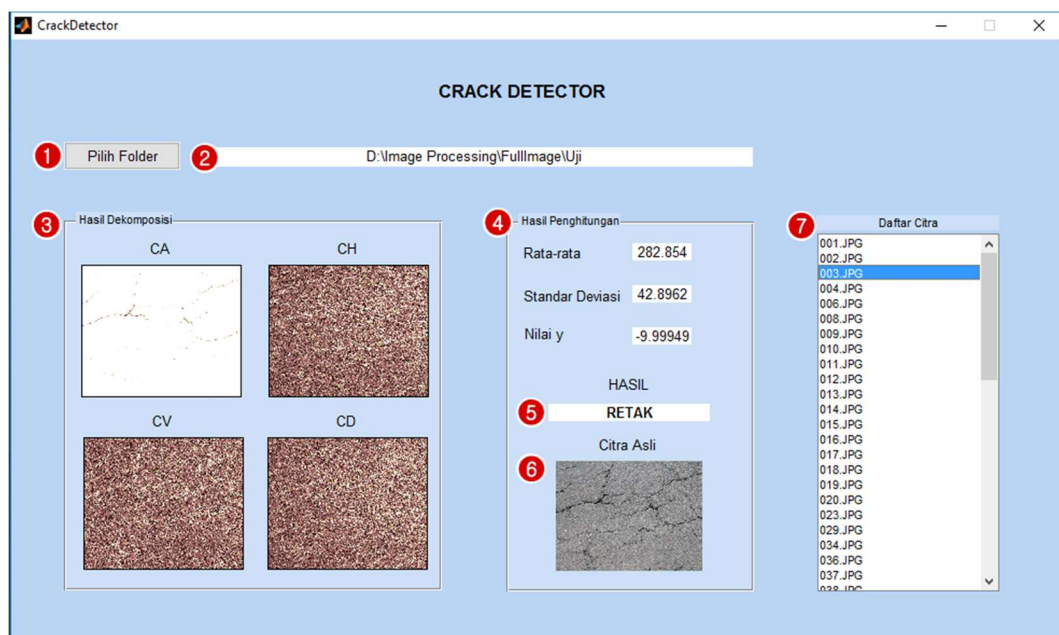


BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi GUI

GUI diimplementasikan sesuai dengan program pengolah citra dan klasifikasi pada tahap sebelumnya. GUI bertujuan untuk memudahkan pengguna mengidentifikasi suatu citra jalan raya. Implementasi GUI ditunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Implementasi GUI

Pada GUI ini terdapat 1 tombol dan 5 informasi utama pada aplikasi. Penjelasan fungsi dari setiap bagian program adalah sebagai berikut:

1. Tombol *Pilih Folder* yang berfungsi untuk memilih data citra pada direktori aktif komputer.

2. *Fullpath* menunjukkan lokasi file citra di folder aktif.
3. *Hasil Dekomposisi* menunjukkan hasil citra setelah melalui proses dekomposisi *wavelet*, terdapat 4 citra hasil yaitu CA, CH, CV dan CD.
4. *Hasil Penghitungan* menunjukkan nilai rata-rata, nilai standar deviasi, dan nilai y hasil dari persamaan LDA.
5. Keputusan klasifikasi retak atau tidak retak berdasarkan pada nilai y .
6. Citra asli menunjukkan citra sebelum didekomposisi.
7. Daftar citra menunjukkan seluruh citra yang terdapat dalam folder aktif, citra akan otomatis diproses ketika pengguna melakukan klik pada nama citra yang kemudian program akan menampilkan hasil klasifikasi.

Prinsip kerja sistem diawali dengan pembacaan citra retak dan tidak retak. Citra ini terdapat pada direktori aktif yang sebelumnya telah dipilih. Citra terpilih kemudian diolah sesuai dengan algoritma yang sudah ditentukan. Hasil akhir dari tahap ini adalah program menghasilkan keputusan apakah citra termasuk kelas retak atau tidak retak. Tampilan hasil kerja sistem yang telah dibuat ditampilkan pada Gambar 4.2

```
Command Window

'Citra = ' '077.JPG'
'Nilai y = ' '5.4135'
'Jawaban = ' 'tidak retak'

'Citra = ' '081.JPG'
'Nilai y = ' '5.597'
'Jawaban = ' 'tidak retak'

'Citra = ' '082.JPG'
'Nilai y = ' '5.8668'
'Jawaban = ' 'tidak retak'

'Citra = ' '084.JPG'
'Nilai y = ' '8.0598'
'Jawaban = ' 'tidak retak'

'Citra = ' '085.JPG'
'Nilai y = ' '4.378'
'Jawaban = ' 'tidak retak'

>>DONE...
>> akurasi

akurasi =

92.8571
```

Gambar 4. 2 Tampilan command window program

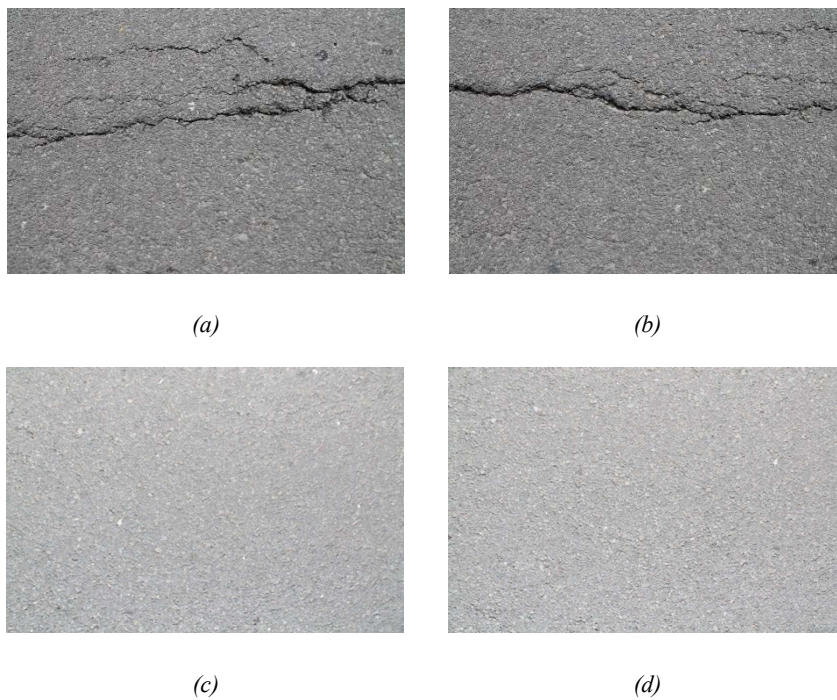
Command Window menampilkan beberapa informasi yaitu: nama citra, nilai y , keputusan apakah citra termasuk retak atau tidak retak dan akurasi program dalam persen.

4.2 Data Citra

Total data yang digunakan adalah 86 citra. Sebanyak 30 citra (15 citra retak dan 15 citra tidak retak) digunakan sebagai citra latih. Kemudian 56 citra (28 citra retak dan 28 citra tidak retak) digunakan sebagai citra uji. Citra ini mempunyai kualitas yang bervariasi yaitu: kualitas baik, kualitas sedang dan kualitas buruk. Klasifikasi kualitas citra ini didasarkan pada pengamatan secara langsung atau secara visual yang nantinya akan dijadikan pembandingan dengan hasil klasifikasi program.

4.2.1 Data Kualitas Baik

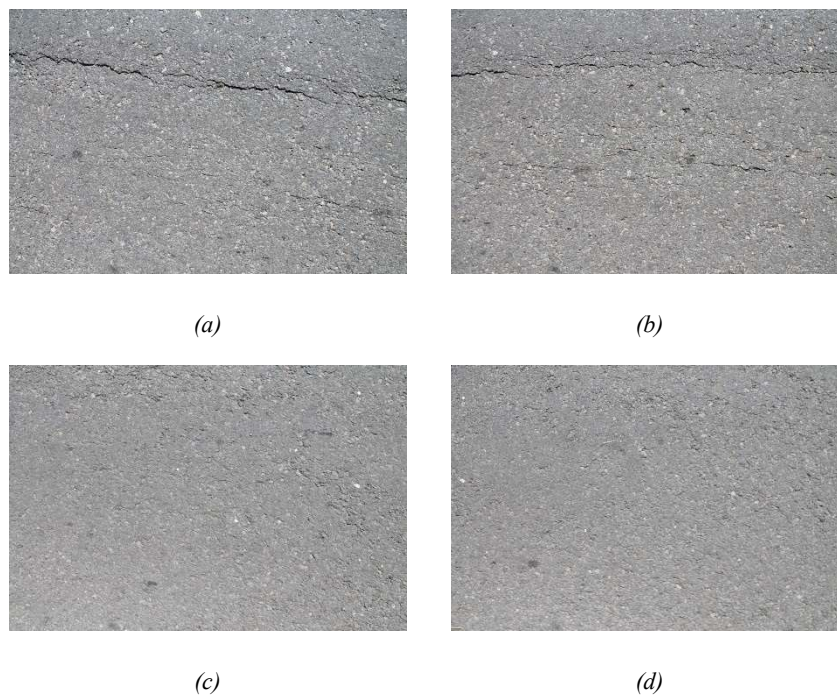
Data dengan kualitas baik adalah citra yang dapat diolah dengan baik dan menghasilkan keputusan yang tepat sesuai dengan klasifikasi manual. Citra tipe ini mempunyai retak yang mudah dikenali karena mempunyai kontras warna yang berbeda dengan latar belakang sedangkan citra tidak retak menampilkan jalan raya yang mulus tanpa retak. Beberapa contoh data dengan kualitas baik ditampilkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Data kualitas baik, (a), (b) citra retak; (c), (d) citra tidak retak.

4.2.2 Data Kualitas Sedang

Data dengan kualitas sedang adalah citra yang dapat diolah dengan baik dan menghasilkan keputusan yang benar sesuai dengan klasifikasi manual. Citra tipe ini mempunyai retak yang kurang jelas sehingga agak sulit dikenali karena mempunyai kontras warna yang hampir sama dengan latar belakang sedangkan citra tidak retak menampilkan jalan raya yang kurang mulus. Beberapa contoh data dengan kualitas sedang ditampilkan pada Gambar 4.4.



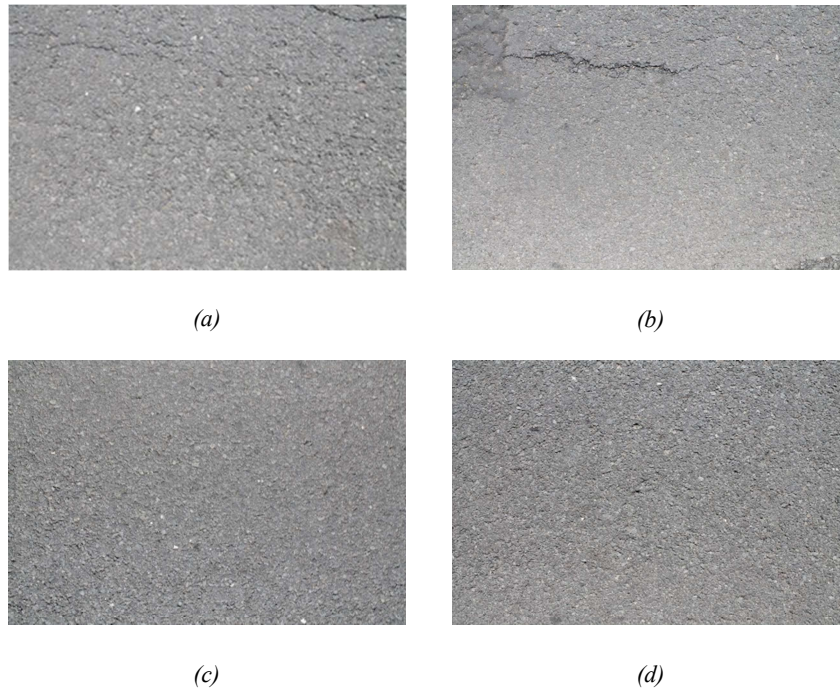
Gambar 4. 4 Data kualitas sedang, (a), (b) citra retak; (c), (d) citra tidak retak.

4.2.3 Data Kualitas Buruk

Data dengan kualitas buruk adalah citra yang tidak dapat diolah dengan baik dan menghasilkan keputusan yang salah sehingga tidak sesuai dengan klasifikasi manual. Citra tipe ini mempunyai retak yang tidak jelas sehingga sulit

dikenali karena mempunyai kontras warna yang sama dengan latar belakang.

Contoh data kualitas buruk ditunjukkan pada Gambar 4.5.

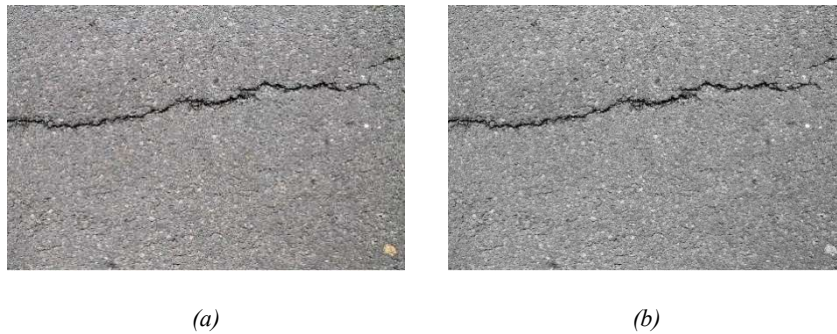


Gambar 4. 5 Data kualitas buruk, (a), (b) citra retak; (c), (d) citra tidak retak.

4.3 Hasil Perancangan Program

4.3.1 Pra Pengolahan Citra

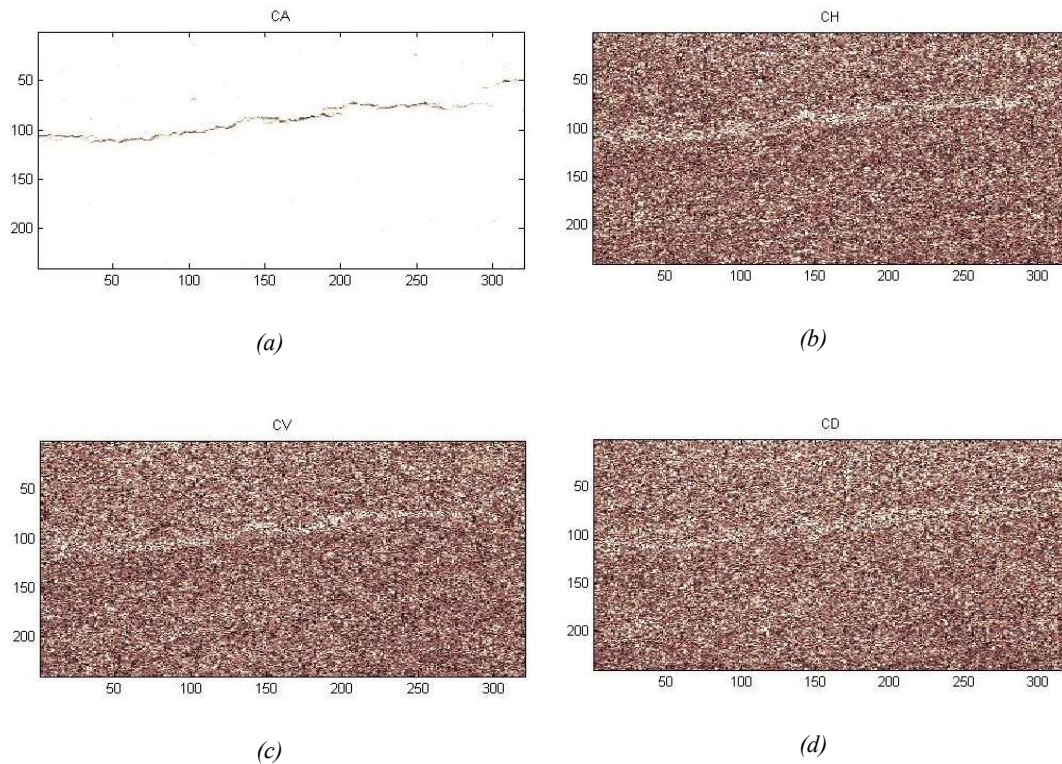
Data citra dipengaruhi oleh beberapa faktor misalnya intensitas pencahayaan dan pengaturan kamera. Pengambilan data citra ini menghasilkan kualitas citra yang beragam. Dalam pengolahan citra digital dikenal istilah *pre-processing* atau pra pengolahan yang bertujuan untuk menyeragamkan citra masukan agar hasil lebih obyektif. Tahap pra pengolahan citra pada penelitian ini adalah mengatur ukuran gambar dan mengubah citra RGB ke mode *grayscale*. Citra RGB dan *grayscale* ditunjukkan pada Gambar 4.6



Gambar 4. 6 (a) Citra RGB; (b) Citra Grayscale.

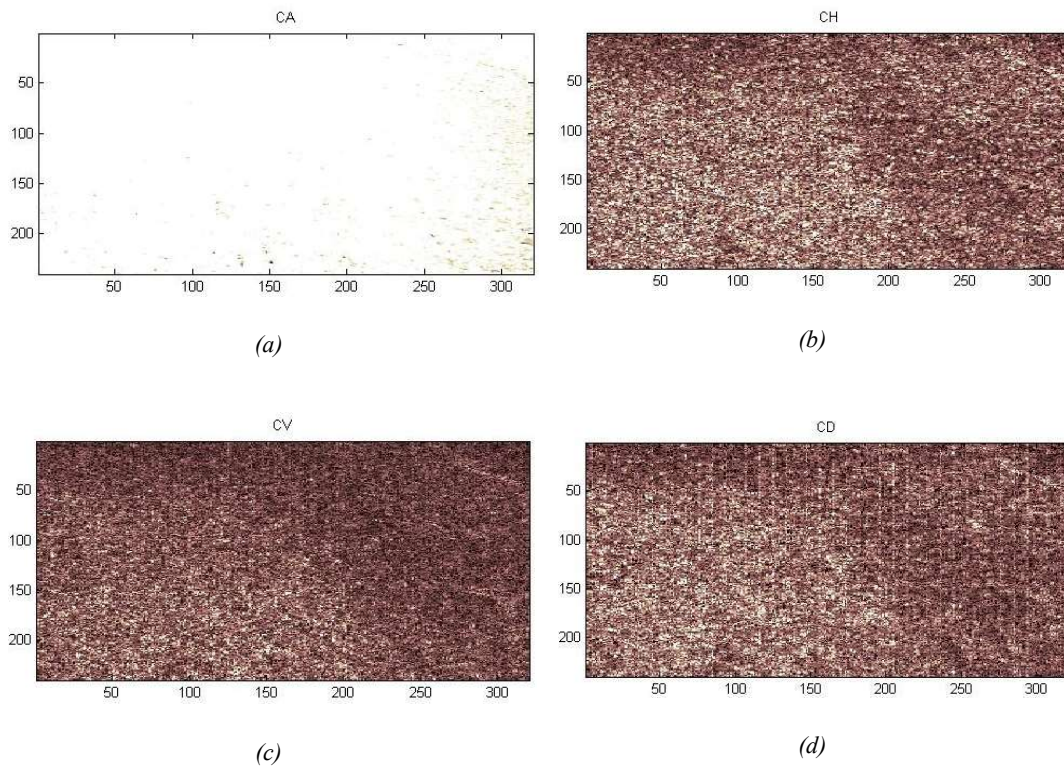
4.3.2 Transformasi *Wavelet*

Gambar dalam format *grayscale* kemudian dilewatkan pada filter *high-pass* dan filter *low-pass*, kemudian setengah dari masing-masing keluaran diambil sebagai sampel melalui operasi *down-sampling* atau disebut sebagai proses dekomposisi satu tingkat. Kemudian didapatkan koefisien *wavelet* yang merupakan gabungan dari keluaran *high-pass* filter dan *low-pass* filter yang terakhir. Koefisien *wavelet* berisi informasi sinyal hasil transformasi yang telah terkompresi. Transformasi *wavelet* menghasilkan empat buah koefisien yaitu: *coefficient approximation* (CA), *coefficient horizontal detail* (CH), *coefficient vertical detail* (CV) dan *coefficient diagonal detail* (CD).



Gambar 4. 7 Transformasi wavelet pada citra retak,
(a) sub-gambar CA, (b) sub-gambar CH, (c) sub-gambar CV, (d) sub-gambar CD.

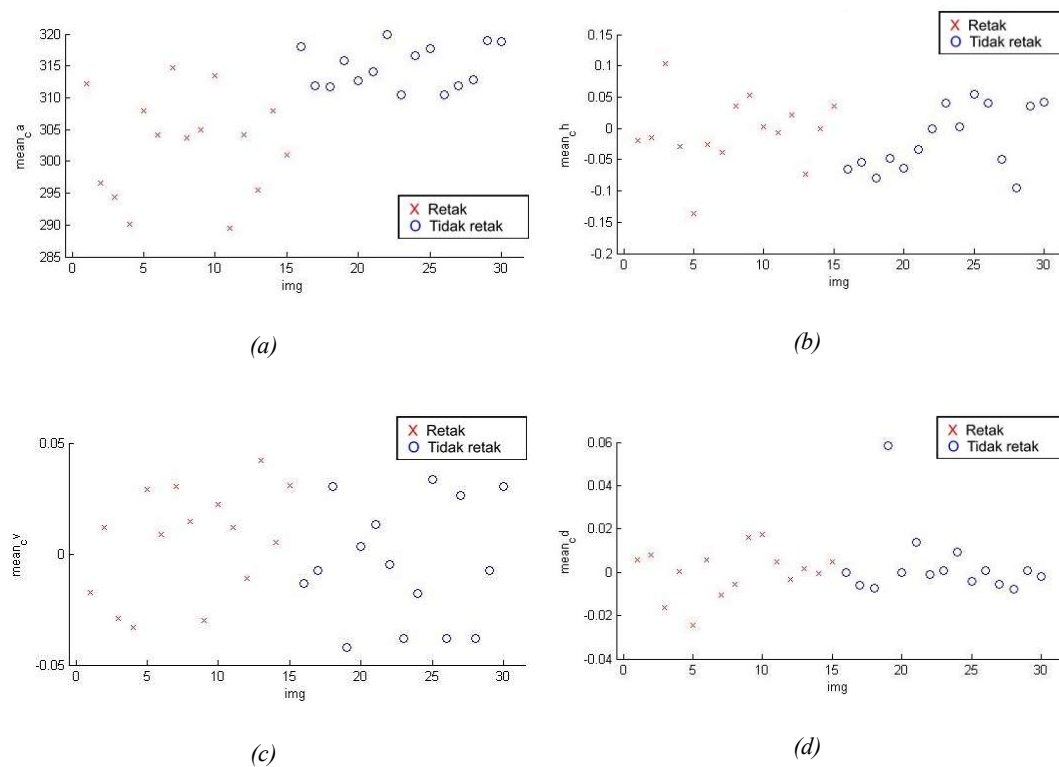
Gambar 4.7 menunjukkan empat buah sub-gambar hasil transformasi *wavelet* diskrit pada citra retak, secara fisik dapat dilihat dan diamati bahwa koefisien CA mempunyai hasil yang masih bisa dibedakan mana yang terdapat retak dan tidak retak. Pada ketiga koefisien yang lainnya yaitu koefisien CH, CV dan CD menampilkan gambar dengan banyak derau sehingga sulit untuk dideteksi mana yang terdapat retak dan tidak retak.



Gambar 4. 8 Transformasi wavelet pada citra tidak retak,

(a) sub-gambar CA, (b) sub-gambar CH, (c) sub-gambar CV, (d) sub-gambar CD.

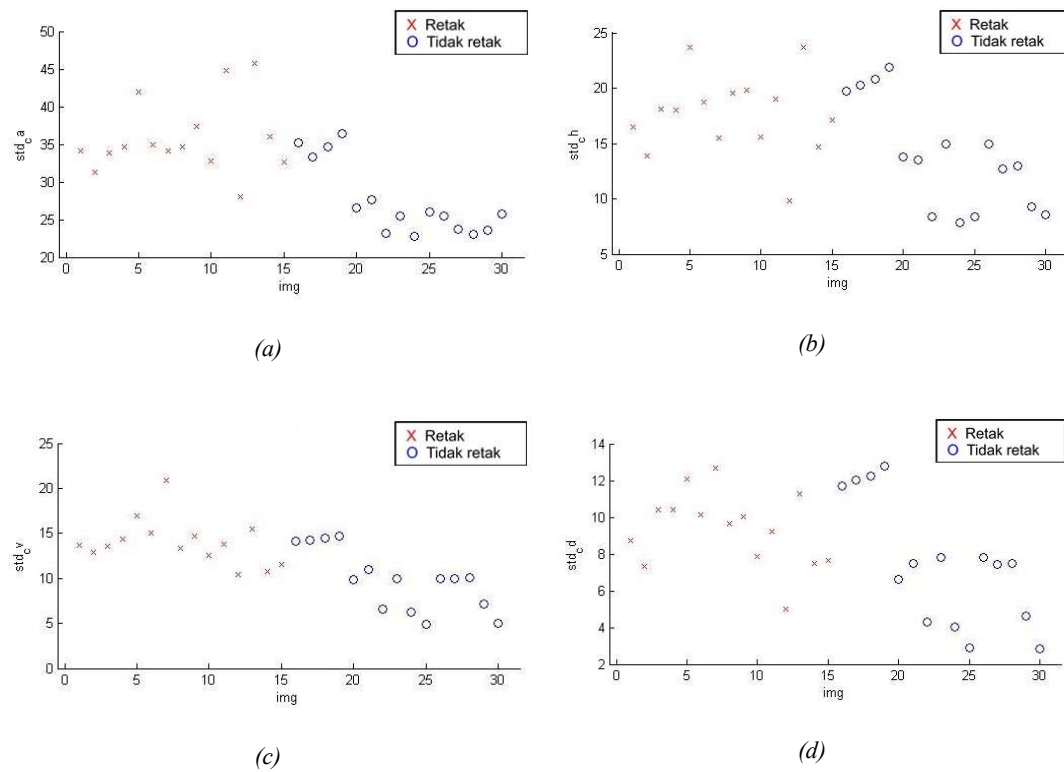
Gambar 4.8 menunjukkan gambar hasil transformasi *wavelet* diskrit pada citra tidak retak, pada Gambar 4.8 (a) dapat diamati bahwa koefisien CA mempunyai gambar yang lebih bersih tanpa derau jika dibandingkan dengan hasil transformasi pada Gambar 4.8 (b) koefisien detail CH, Gambar 4.8 (c) koefisien detail CV, dan Gambar 4.8 (d) koefisien CD. Ekstraksi ciri adalah menampilkan ciri yang membedakan citra satu dengan yang lainnya. Ekstraksi ciri *wavelet* yang digunakan pada penelitian ini dilakukan dengan cara menghitung suatu nilai pembeda antara citra retak dan tidak retak. Metode ekstraksi ciri yang digunakan yaitu menghitung nilai rata-rata dan standar deviasi.



Gambar 4. 9 Scatter plot nilai rata-rata (*mean*) setelah transformasi

(a) koefisien CA, (b) koefisien CH, (c) koefisien CV, (d) koefisien CD

Gambar 4.9 menunjukkan grafik *scatter* nilai rata-rata (*mean*) koefisien hasil transformasi *wavelet* diskrit pada ke 30 citra latih. Sumbu *X* menunjukkan *index* gambar dari citra retak dan tidak retak, sedangkan sumbu *Y* menunjukkan nilai rata-rata. Hasil dari transformasi ini adalah nilai rata-rata koefisien CA, CH, CV, dan CD. Grafik *scatter* ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari koefisien CA mempunyai pola yang sudah terpisah berdasarkan klasifikasi citra retak dan tidak retak. Citra retak cenderung mempunyai nilai rata-rata yang lebih kecil dibanding dengan nilai rata-rata citra tidak retak. Hal ini dikarenakan tingkat keabuan dari citra retak lebih mendekati hitam atau bernilai 0. *Scatter* plot standar deviasi ditunjukkan pada Gambar 4.10



Gambar 4. 10 Scatter plot nilai standar deviasi (*std*) setelah transformasi

(a) koefisien CA, (b) koefisien CH, (c) koefisien CV, (d) koefisien CD

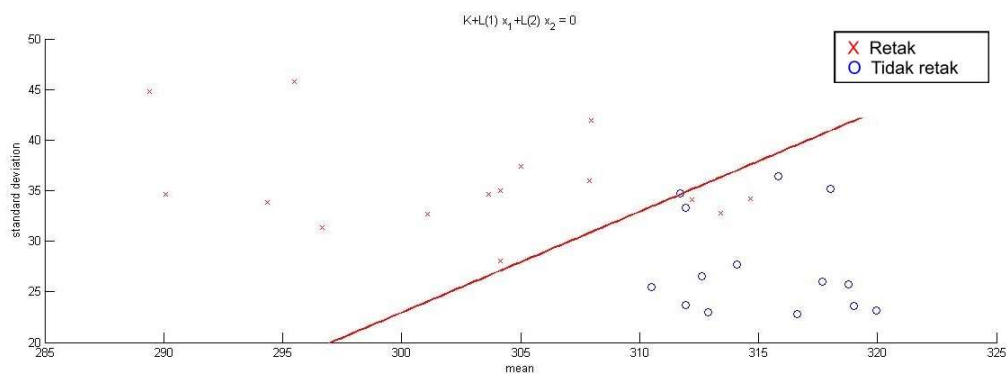
4.3.3 Klasifikasi

Hasil ekstraksi ciri 30 citra latih yaitu nilai rata-rata dan standar deviasi kemudian disimpan kedalam *file database* dengan ekstensi *file .mat* (dot mat). *File* tersebut dipanggil kemudian dimasukkan kedalam suatu persamaan diskriminan untuk mendapatkan persamaan baru sebagai acuan program untuk membuat keputusan citra retak atau tidak retak. Persamaan diskriminan ditunjukkan pada Gambar 4.11

$$Y = K + L(1)*X_1 + L(2)*X_2$$

Gambar 4. 11 Persamaan LDA

Nilai rata-rata (*mean*) dimasukkan sebagai X_1 dan nilai standar deviasi sebagai X_2 . Variabel K dan L adalah konstanta yang didapatkan setelah X_1 dan X_2 dimasukkan pada proses pelatihan menggunakan 30 citra latih. Kemudian nilai K dan L dimasukkan kedalam persamaan pada citra uji untuk membuat keputusan citra retak atau tidak retak.



Gambar 4.12 Grafik scatter plot dari ekstraksi ciri

Gambar 4.12 menunjukkan data klasifikasi citra latih dengan simbol (x) berwarna merah menunjukkan citra retak dan simbol (o) berwarna biru menunjukkan citra tidak retak. Garis lurus berwarna merah sebagai batas pemisah antara citra kelas retak dan tidak retak. Nilai yang didapatkan dari tahap ini ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Nilai K , $L(1)$, $L(2)$ hasil persamaan LDA

Variabel	Nilai
K	-74.5443
L(1)	0.2691
L(2)	-0.2699

Nilai K , $L(1)$ dan $L(2)$ selajutnya dimasukkan kedalam persamaan LDA menjadi

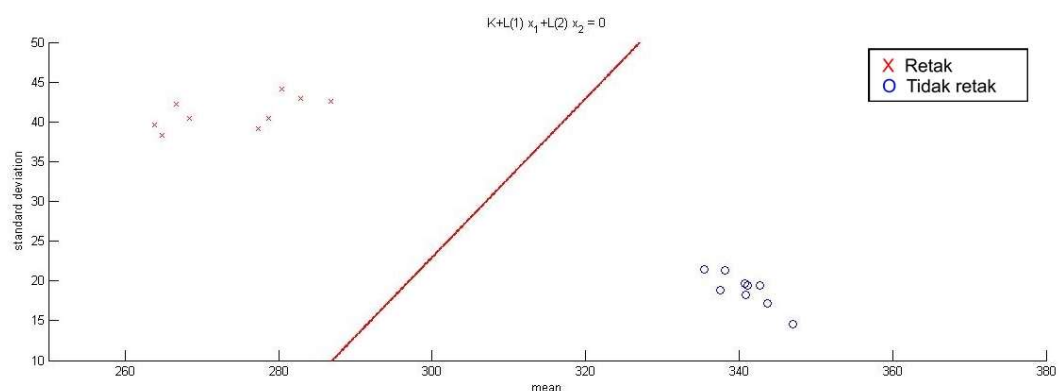
$$Y = -74.5443 + 0.2691 * X_1 + (-0.2699) * X_2$$

Persamaan yang telah didapatkan kemudian dimasukkan kedalam program deteksi pada citra uji. Seperti pada tahap pelatihan X_1 diisi oleh nilai rata-rata CA dan X_2 diisi oleh nilai standar deviasi CA. Hasil dari persamaan LDA ini adalah nilai y sebagai hasil diskriminan. Untuk menentukan citra digunakan sebuah *rule base* atau aturan berdasarkan nilai Y , yaitu: jika hasil persamaan Y kurang dari atau sama dengan nol ($Y \leq 0$), maka citra termasuk citra retak, jika tidak maka citra termasuk tidak retak.

4.4 Hasil Pengujian

Hasil pengujian yang dilakukan pada 56 citra uji (28 retak dan 28 tidak retak) menggunakan metode ekstraksi ciri dan menggunakan persamaan LDA sebagai pengklasifikasi citra. Tahap yang dilakukan pada pengujian adalah hampir sama dengan tahap pelatihan menggunakan citra latih. Klasifikasi LDA menggunakan masukan berupa nilai ekstraksi ciri citra uji. Sebanyak 56 citra dibedakan berdasarkan kualitasnya yaitu citra kualitas baik, sedang dan buruk. Masing-masing kualitas diuji menggunakan program deteksi yang telah dirancang. Tujuan dari pengujian berdasarkan kualitas ini adalah untuk mengetahui pengaruh kualitas citra terhadap hasil dan untuk mengetahui tingkat akurasi program.

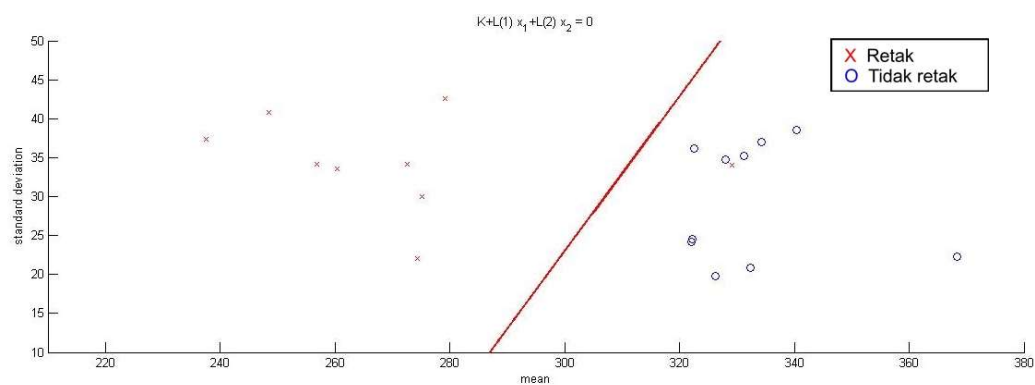
Data citra kualitas baik terdiri dari 9 citra retak dan 9 citra tidak retak kemudian diuji dengan program yang telah disusun. Hasil *scatter plot* citra kualitas baik ditunjukkan oleh Gambar 4.13 dengan simbol “x” berwarna merah mewakili citra retak dan simbol “o” berwarna biru mewakili citra tidak retak. Dari hasil *scatter plot* tersebut dapat diamati bahwa kedua kelas (retak dan tidak retak) terpisah secara keseluruhan oleh garis merah yaitu persamaan linier yang sebelumnya telah ditentukan. Artinya pengujian pada citra dengan kualitas baik mendapatkan nilai akurasi hingga 100%.



Gambar 4.13 Scatter plot pengujian citra kualitas baik

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa citra dengan kualitas baik dapat dipisahkan oleh garis diskriminan dengan baik. Antara citra kelas retak dan tidak retak mempunyai pola yang sudah terpisah jauh oleh garis pembeda. Hal ini karena citra retak mempunyai nilai rata-rata yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan citra tidak retak. Selain itu, citra retak mempunyai nilai standar deviasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan citra tidak retak.

Data citra kualitas sedang terdiri atas 9 citra retak dan 10 citra tidak retak. Hasil *scatter plot* pengujian terhadap citra kualitas sedang ditunjukkan oleh Gambar 4.14. Gambar tersebut dapat diamati bahwa ada symbol “o” berwarna biru yang masuk ke area “x” atau melewati garis pembatas berwarna merah. Data citra ini adalah data yang dibaca sebagai citra retak oleh sistem, secara *visual* adalah citra tidak retak. Begitu juga sebaliknya ada citra yang secara *visual* diklasifikasikan sebagai citra retak, namun oleh sistem dibaca sebagai citra tidak retak. Pengujian pada citra kualitas sedang mencapai akurasi sebesar 94.7 %.



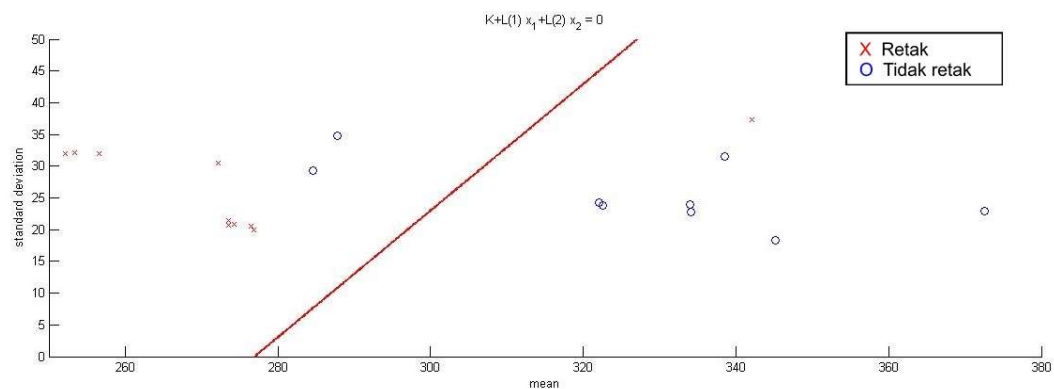
Gambar 4. 14 Scatter plot pengujian citra kualitas sedang



Gambar 4. 15 Contoh citra kualitas sedang yang terbaca error saat pengujian

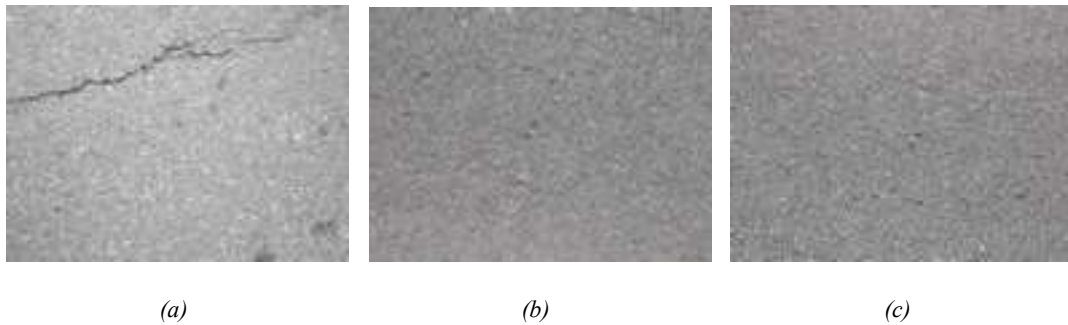
Data citra kualitas buruk pada pengujian ini terdiri dari 10 citra retak dan 9 citra tidak retak. *Scatter plot* hasil pengujian terhadap citra kualitas buruk

ditunjukkan oleh Gambar 4.16. Dari gambar tersebut terdapat beberapa citra yang dengan jelas melewati garis merah persamaan LDA. Data citra yang dibaca salah oleh program ini disebabkan oleh kualitas citra yang tidak baik, sehingga program tidak bisa membedakan atau mengklasifikasikan data citra dengan benar. Citra kualitas buruk secara *visual* agak susah dibedakan mana yang retak dan tidak retak karena pada citra yang terdapat retak kurang begitu jelas adanya retak dan seringkali sulit dibedakan dengan latar belakang. Citra tidak retak yang dibaca sebagai citra retak juga demikian, warna latar belakang citra mempunyai intensitas cahaya yang kurang atau redup sehingga terbaca sebagai citra retak. Akurasi yang didapatkan setelah pengujian pada citra kualitas buruk adalah 84.2 %.



Gambar 4. 16 Scatter plot pengujian citra kualitas buruk

Citra retak dengan kualitas buruk terbaca *error* karena intensitas cahaya berlebih, sehingga derajat keabuan mendekati putih dan terbaca sebagai citra tidak retak. Selain itu, citra retak terbaca *error* oleh program karena intensitas cahaya yang redup sehingga bagian retak terlihat samar dengan latar belakang. Contoh citra kualitas buruk ditunjukkan pada Gambar 4.17



Gambar 4. 17 Contoh citra kualitas buruk yang terbaca error saat pengujian

Hasil pengujian terhadap citra berdasarkan kualitasnya dirangkum dalam Tabel 2

Tabel 2. Tabel hasil pengujian

Kualitas Citra	Citra		Jumlah Error	Akurasi
	Retak	Tidak Retak		
Baik	9	9	0	100%
Sedang	9	10	1	94,7%
Buruk	10	9	3	84,2%

Data pada Tabel 2 diatas dapat diketahui bahwa akurasi tertinggi setelah digunakan pada 56 citra uji. *Error* yang terjadi pada saat pengujian pada citra kualitas sedang adalah satu citra yang secara *visual* diklasifikasikan sebagai citra retak, sedangkan pengujian menggunakan program diklasifikasikan sebagai citra tidak retak. *Error* pada saat pengujian citra kualitas buruk terdapat satu citra secara *visual* diklasifikasikan sebagai citra retak, sedangkan menggunakan program dinyatakan sebagai citra tidak retak. Citra berkualitas buruk juga terdapat dua citra secara *visual* diklasifikasikan sebagai citra tidak retak sedangkan menggunakan program diklasifikasikan sebagai citra retak. Secara keseluruhan

pengujian pada 56 citra uji terdapat 4 citra dengan kesalahan klasifikasi atau dinyatakan sebagai *error*.

Kesimpulan yang didapat dari Tabel 2 adalah citra dengan kualitas baik dapat diproses dengan baik oleh sistem dan menghasilkan akurasi tepat mencapai 100%. Sedangkan pada citra berkualitas sedang tingkat akurasi program adalah sebesar 94.7%. Hasil pengujian pada citra buruk mendapatkan akurasi sebesar 84.2%.