

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

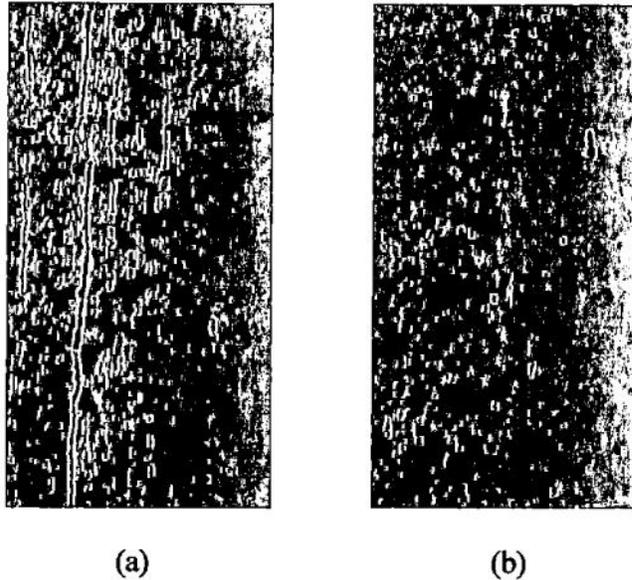
4.1 Hasil Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan menggunakan kamera digital dengan pengaturan yang sesuai. Pengambilan data ini dilakukan pada siang hari guna mendapatkan pencahayaan yang baik sehingga citra yang dihasilkan baik. Pengambilan data dilakukan di Jalan Wates Kabupaten Kulonprogo pada titik jalan yang memiliki daerah jalan yang retak dan jalan yang tidak retak.

Data yang telah diperoleh berjumlah 100 citra. Dari data total 100 citra tersebut, dihasilkan beberapa sampel data citra. Semua citra tersebut dijadikan satu baik itu citra permukaan jalan raya retak maupun citra permukaan jalan raya yang tidak retak didalam satu folder.

4.2 Klasifikasi manual

Dari hasil pengambilan data pada permukaan jalan raya maka akan ada citra antara retak dan tidak retak. Citra tersebut akan dikelompokkan untuk mempermudah pemrosesan. Cara untuk pengelompokkan itu dengan klasifikasi manual. Klasifikasi manual digunakan untuk membedakan dan mana citra retak dan tidak retak. Pada gambar 4.1 merupakan contoh dari citra retak dan tidak retak.



Gambar 4.1 (a) Citra retak, (b) Citra tidak retak

4.3 Hasil Penelitian

4.3.1 Pra Pengolahan Citra

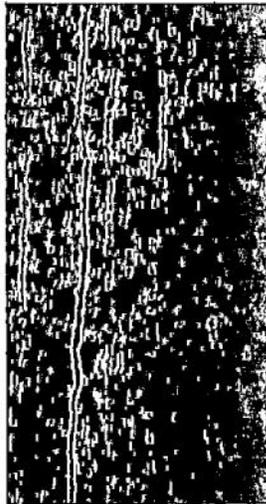
Citra hasil dari pengambilan data yang satu dengan yang lainnya memiliki kualitas yang berbeda disebabkan karena intensitas dan cara pengambilan data tersebut. Dalam pengolahan citra terdapat pra pengolahan yaitu mengatur sebuah citra input sebelum diproses menggunakan filter atau pemroses lainnya, citra input akan diatur ukurannya, dikonversi dari citra RGB ke citra *grayscale* serta pengaturan yang dibutuhkan selanjutnya.

a) Mengatur ukuran gambar

Citra yang diperoleh pada pengambilan data mempunyai ukuran yang berbeda-beda. Perbedaan ini menyulitkan parameter untuk memproses

perbandingan antar citra. Dimana dibutuhkan citra yang sama untuk memudahkan proses komputasi perbandingan menggunakan parameter.

Hal ini dikarenakan pengolahan citra adalah pengolahan terhadap setiap piksel yang dimiliki citra, semakin besar citra maka piksel yang dimiliki juga semakin banyak. Ukuran yang digunakan pada proses ini adalah 1900 x 1000. Ukuran ini dipilih untuk menyetarakan ukuran gambar yang berbeda-beda. Ukuran ini dipilih juga karena ukuran ini cukup besar untuk diproses ke metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization*, *Histogram Equalization*, *Median Filtering*, *Gaussian Filtering*, dan metode *Pyramid Gaussian level 5* sehingga citra yang dihasilkan saat level 5 tidak terlalu kecil. Gambar 4.2 merupakan hasil dari imresize menjadi 1900x1000 piksel

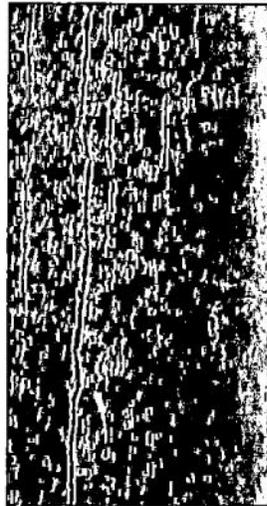


Gambar 4.2 Citra hasil imresize 1900 x 1000

Gambar 4.2 merupakan contoh dari hasil imresize dari citra asli. Citra hasil konversi diubah ukurannya sesuai yang diinginkan. Setelah diproses ukuran gambar, selanjutnya citra hasil imresize dikonversi menjadi citra *grayscale*.

b) Konversi ke *grayscale*

Citra RGB merupakan citra yang memiliki 3 kanal yaitu kanal *red* (merah), *green* (hijau), dan *blue* (biru). Pemrosesan citra RGB menjadi citra *greyscale* dimaksudkan agar kanal yang dimiliki citra hanya 1 tidak seperti citra RGB yang memiliki 3 kanal. Prinsip kerja dari proses ini yaitu dengan mencari rata-rata dari ketiga kanal yang terdapat pada citra RGB tersebut. Selain itu citra *greyscale* juga dibutuhkan sebagai input untuk seluruh filter yang digunakan pada penelitian ini. Gambar 4.3 merupakan citra hasil konversi dari RGB menjadi *greyscale*.

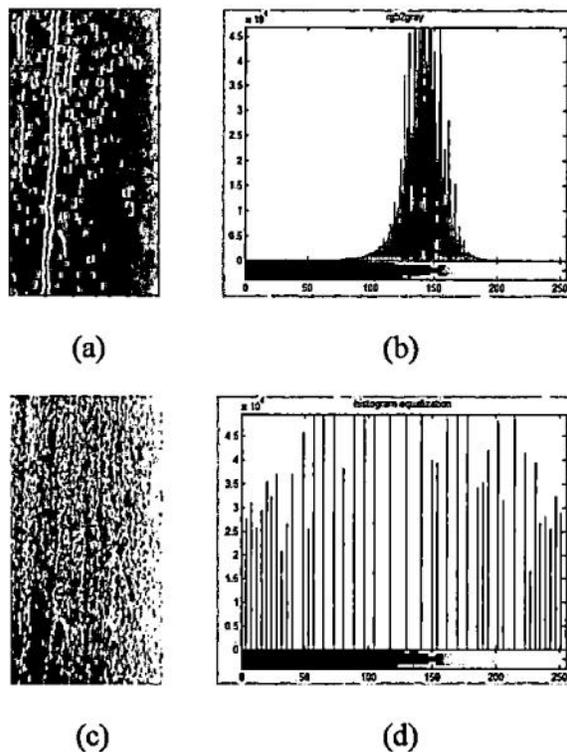


Gambar 4.3 Citra *grayscale*

Merubah citra RGB menjadi *grayscale* dapat dilakukan dengan suatu fungsi yang ada di matlab yaitu *rgb2gray*, sehingga secara otomatis akan diproses citra input tersebut dan menghasilkan output berupa citra *grayscale*.

4.3.2 Histogram Equalization

Dari proses pra pengolahan citra kemudian citra tersebut diproses oleh *Histogram Equalization* yaitu sebuah fungsi dalam pengolahan gambar yang meningkatkan kontras gambar secara umum, terutama ketika digunakan data gambar yang diwakili oleh nilai-nilai yang dekat kontras, sehingga pada daerah kontras lokal yang lebih rendah diubah pada kontras yang lebih tinggi. Hasil dari citra yang telah melalui proses *histogram equalization* akan menghasilkan histogram yang lebih baik. Gambar 4.4 adalah hasil citra asli yang telah di proses dengan Histogram Equalization.

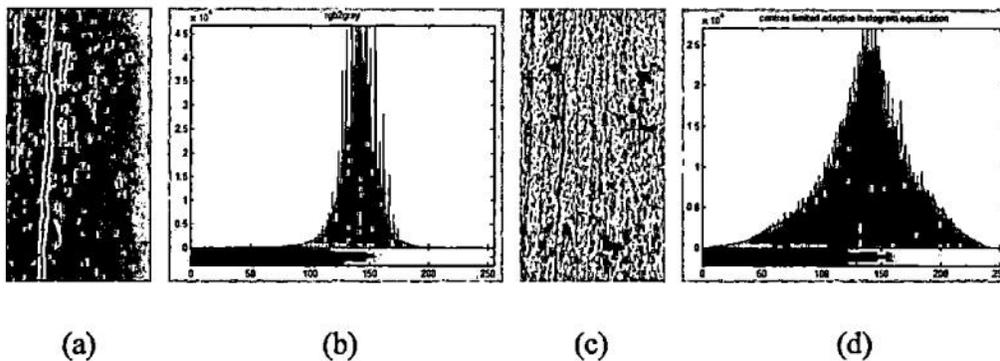


Gambar 4.4 (a) Citra asli *grayscale*, (b) Histogram citra asli *grayscale*, (c) Citra hasil *histogram equalization*, (d) Histogram citra hasil *histogram equalization*

Dilihat dari gambar 4.4.c bahwa hasil dari histogram equalization menciptakan citra baru dengan kualitas kontras yang tinggi. Histogram yang diciptakan menjadi melebar dan rata akibat dari proses *Histogram Equalization*. Dengan histogram yang lebih merata maka akan meningkatkan persebaran nilai grayscale sehingga citra output akan terkesan terlihat lebih terang dan detailnya lebih terlihat. Akan tetapi dari hasil proses *Histogram Equalization* citra yang dihasilkan berubah menjadi tidak jelas karena detail yang lebih terlihat dimana hasilnya terlihat banyak yang hitam dan retak menjadi tidak jelas.

4.3.3 Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization

Dari proses prapengolahan citra, citra grayscale diproses menggunakan *contrast limited adaptive histogram equalization* dimana pada proses ini peningkatan kualitas citra dilakukandengan cara meratakan histogram setiap *regionlocal* sehingga kontras citra meningkat. Gambar 4.5.c merupakan hasil dari proses CLAHE.

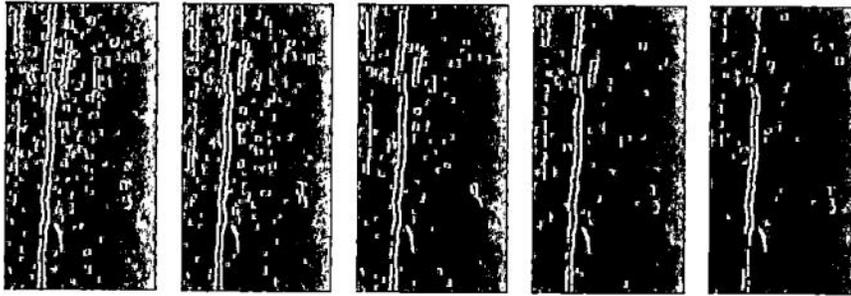


Gambar 4.5 (a) Citra *grayscale*, (b) Histogram hasil dari citra *grayscale*,
(c) Citra hasil clahe, (d) Histogram hasil dari clahe

Dari gambar 4.4 (c) jelas bahwa CLAHE meningkatkan kontras pada citra, namun pada CLAHE memiliki histogram yang lebih rapat dibandingkan HE yang meratakan histogram. Hasil dari CLAHE yang hitam akan digelapkan dan yang putih akan diterangkan namun hanya untuk blok tertentu yaitu diantara histogram yang tinggi.

4.3.4 Median Filter

Setelah pada proses prapengolahan citra kemudian citra tersebut diproses oleh Median Filter yaitu sebuah filter dimana pada penelitian ini disetiap kernel 3 atau 3x3 piksel di urutkan nilai pikselnya kemudian diambil nilai tengahnya. Kernel 3x3 merupak hasil yang terbaik dari pemrosesan antara 5x5, 9x9 ataupun 15x15, dari hasil percobaan sebelumnya maka kernel 3x3 ditetapkan pada penelitian ini. Citra baru yang lebih halus dari citra aslinya karena median filter memiliki kemampuan untuk menghilangkan derau. Metode ini digunakan yaitu untuk menghasilkan citra yang lebih baik karena citra asli yang memiliki banyak informasi belum tentu merupakan citra yang terbaik. Gambar 4.5 merupakan hasil dari citra asli yang di proses dengan median filter.



(a) (b) (c) (d) (e)

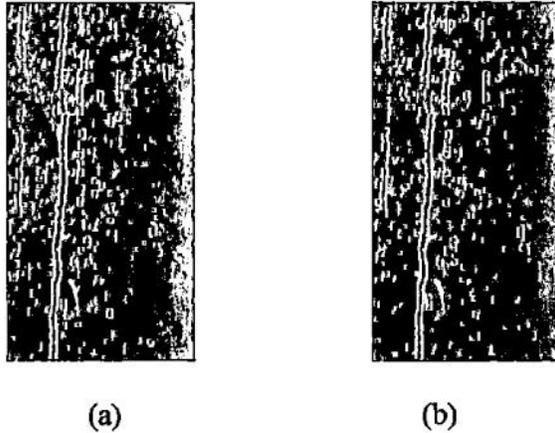
Gambar 4.6 (a) Citra grayscale, (b) Median filter 3x3, (c) Median filter 5x5, (d) Median filter 9x9, (e) Median filter 15x15

Pada gambar 4.6.a bahwa ukuran dari citra median filter sama dengan hasil yang telah di imresize yaitu 1900x1000 piksel. Jika diamati secara seksama, citra hasil median filter tersebut terlihat lebih halus atau blur karena median filter memiliki sifat menghilangkan derau. Sehingga derau yang ada pada citra asli yang telah diubah menjadi citra greyscale direduksi sehingga menghasilkan citra yang lebih baik dari citra yang asli. Semakin besar kernel yang digunakan maka hasilnya akan semakin ngeblur sehingga secara otomatis retak yang ada semakin menghilang. Kernel 3x3 dipilih karena hasil dari proses tersebut retak yang ada tetap jelas.

4.3.5 Gaussian Filter

Selain diproses dengan HE, CLAHE dan Median Filter, citra hasil setelah prapengolahan citra juga diproses dengan Gaussian Filter. Gaussian Filter yaitu filter yang mampu menghaluskan citra, dan tentu saja dengan perannya sebagai

filter maka gaussian bisa digunakan untuk menyaring citra dari derau menapis derau pada citra yang menghasilkan citra baru dengan kualitas lebih halus. Gambar 4.7 merupakan hasil dari citra asli yang di proses dengan Gaussian Filter.



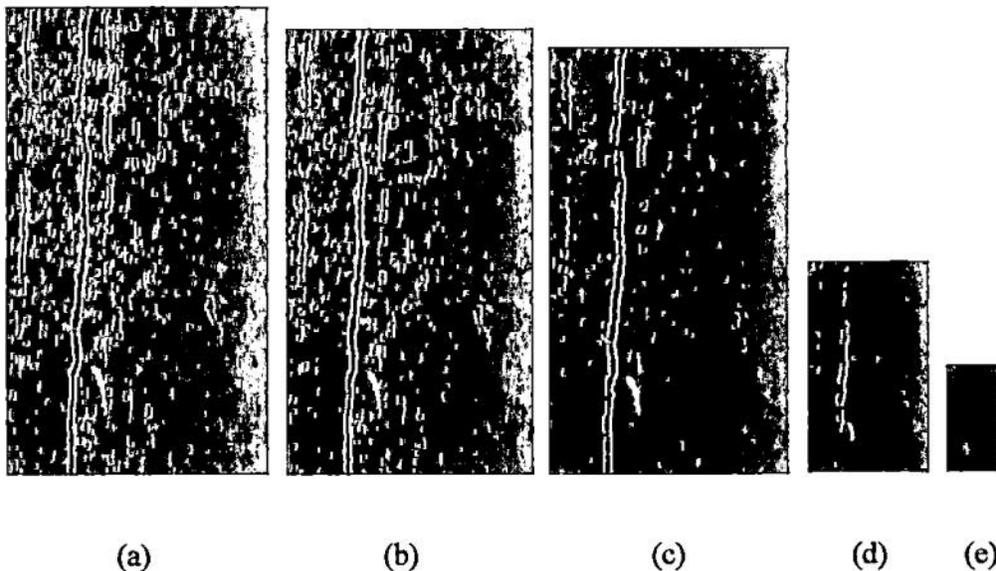
Gambar 4.7 (a) Citra asli grayscale, (b) Citra hasil gaussian filter

Dilihat dari Gambar 4.7.b bahwa hasil dari Gaussian Filter tidak jauh berbeda dengan citra yang asli. Namun apabila dilihat secara seksama citra tersebut telah dihaluskan. Dan derau yang ada telah berkurang karena sesuai dengan fungsinya bahwa derau yang ada akan difilter.

4.3.6 Piramid Gaussian

Setelah proses perbandingan antara filter satu dengan filter yang lain kemudian citra setelah pra pengolahan citra dilanjutkan ke proses selanjutnya adalah menggunakan filter Piramida Gaussian, yaitu sebuah low pass filter yang digunakan untuk mereduksi derau yang terdapat pada citra input sehingga citra

tersebut diolah dan menghasilkan citra yang baru. Metode ini menggunakan output Piramida gaussian 5 level, artinya ada 5 citra hasil filtering dengan ukuran yang berbeda. Level 1 memiliki informasi yang lebih banyak dibanding level 2, level 3, level 4 dan level 5, dan setiap level di *resize* 50%, namun banyaknya informasi bukan berarti level tersebut merupakan citra terbaik, karena sebagian informasi tersebut dapat merupakan derau yang menyebabkan kualitas citra kurang baik. Dari 5 level tersebut akan diproses menggunakan beberapa filter sehingga ditemukan level berapa hasil citra yang paling baik dan optimal. Hasil Piramida Gaussian dapat dilihat pada gambar



Gambar 4.8 (a) Piramida gaussian level 1, (b) Piramida gaussian level 2, (c) Piramida gaussian level 3, (d) Piramida gaussian level 4, (e) Piramida gaussian level 5

Pada gambar 4.8 terlihat bahwa ukuran gambar hasil piramida gaussian bervariasi menyerupai sebuah piramid. Ukuran citra level 2 lebih kecil dari level 1, level 3 lebih kecil dari level 2, level 4 lebih kecil dari level 3 dan level 5 lebih kecil dari level 4. Jika diamati secara seksama, citra hasil piramida gaussian tersebut terlihat lebih halus karena piramid gaussian didalamnya terdapat filter gaussian adalah low pass filter yaitu filter yang melewatkan frekuensi rendah dengan menghilangkan frekuensi tinggi. Gambar yang mempunyai frekuensi rendah memiliki kemiripan warna dengan titik-titik tetangganya sehingga terlihat kurang jelas, sedangkan gambar dengan frekuensi tinggi mempunyai perbedaan warna yang mencolok dengan titik-titik tetangganya, seperti tampilan pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 (a) Frekuensi rendah, (b) Frekuensi tinggi

Pada gambar tersebut terdapat 2 gambar yang berbeda yaitu gambar frekuensi rendah (Gambar 4.9 (a)) yang memiliki warna dengan kontras rendah atau perbedaan warna satu titik dan titik lainnya tidak terlalu jauh berbeda, dan gambar frekuensi tinggi (Gambar 4.9 (b)) yang mempunyai kontras warna tinggi atau perbedaan warna titik dengan titik lainnya sangat jelas.

Pada penelitian piramid gaussian ini digunakan karena memiliki sifat *low pass* filter yang dapat mereduksi derau. Derau harus dihilangkan dari citra asli agar citra output yang dihasilkan lebih baik. *Low pass* filter efektif menghilangkan derau pada citra karena derau merupakan sinyal frekuensi rendah yang tercampur dengan frekuensi tinggi. Cara kerja dari filter ini yaitu memisahkan antara frekuensi rendah dengan frekuensi tinggi.

Sinyal yang tercampur derau yang telah melalui proses *low pass* filter. Sinyal frekuensi rendah yang telah dipisahkan dengan frekuensi tinggi yang kemudian sinyal frekuensi rendah tersebut dilewatkan sedangkan sinyal frekuensi tinggi akan dihapuskan.

4.3.7 Pengujian Filter

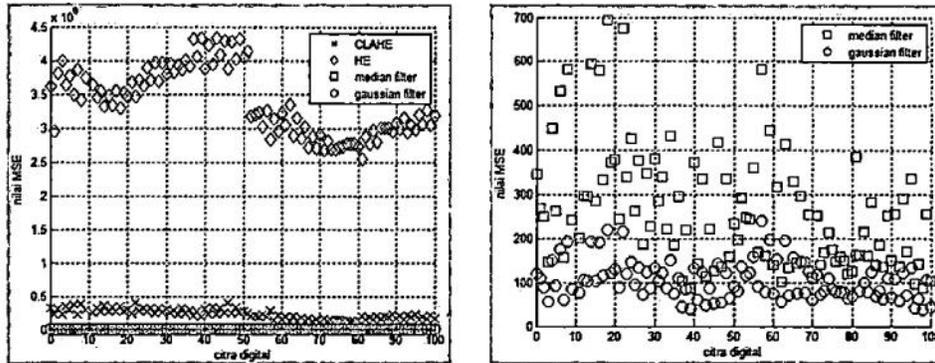
Setelah dilakukan beberapa filter nilai piksel yang telah di proses menggunakan beberapa filter guna untuk mengetahui filter yang terbaik dari beberapa filter yang digunakan pada penelitian ini. Pengujian filter ini menggunakan beberapa parameter. Parameter tersebut adalah MSE, ENL, SSI, NM, SC, PSNR, CNR.

a) Kemampuan mengurangi derau

1. MSE

MSE merupakan perbedaan setiap piksel citra. semakin kecil nilai MSE maka menunjukkan bahwa filter tersebut mampu mengurangi derau paling baik. 100 data citra asli kemudian difilter selanjutnya diproses perbandingan nilai piksel

antara citra asli dengan nilai piksel setelah difilter. Gambar 4.10 dan 4.11 adalah hasil parameter mse.

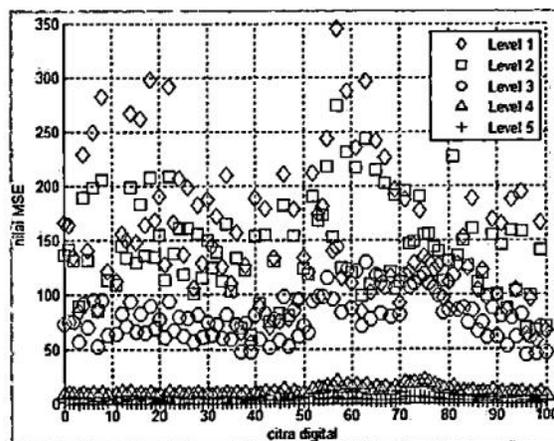


(a)

(b)

Gambar 4.10 (a) Parameter mse (b) Parameter mse median dan gaussian filter

Pada gambar 4.10 (b) terlihat bahwa gaussian filter memiliki nilai MSE yang rendah. Parameter ini menunjukkan bahwa filter yang memiliki nilai MSE paling rendah berarti filter tersebut mampu mengurangi derau bintang dengan baik. Disini berarti di tunjukkan pada gaussian filter.



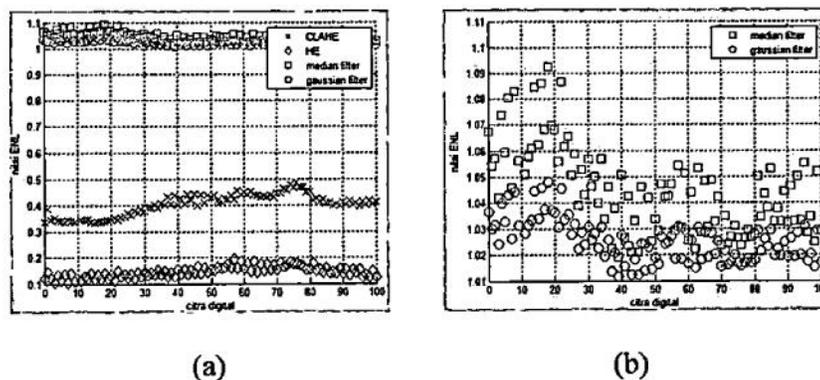
Gambar 4.11 Parameter mse pengujian piramid gaussian

Dari hasil parameter MSE pengujian piramid gaussian yang ditunjukkan pada gambar 4.11 bahwa citra level 3, level 4 dan level 5 memiliki MSE yang rendah, tetapi apabila parameter tersebut diperbesar akan didapat nilai mse yang paling rendah adalah pada citra level 5. Dari parameter mse tersebut disimpulkan bahwa pyramida level 5 mampu mengurangi derau bintang paling baik.

Dari hasil pengujian dengan parameter MSE antara kelima filter tersebut dapat disimpulkan bahwa piramid gaussian level 5 merupakan filter yang terbaik karena piramid gaussian memiliki nilai MSE yang paling rendah. Piramid gaussian level 5 merupakan metode yang baik untuk mengurangi derau pada citra digital.

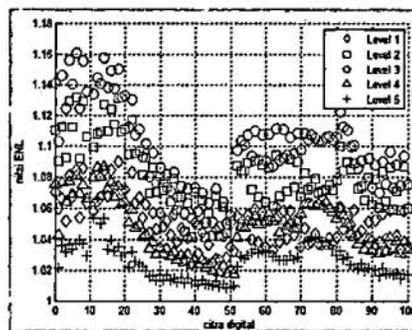
2. ENL

Rasio intensitas citra setelah difilter juga dibandingkan dengan rasio intensitas sebelum difilter dengan parameter ENL. Semakin tinggi nilai ENL menunjukkan bahwa filter tersebut adalah filter terbaik dalam mengurangi derau bintang. Pada gambar 4.12 dan 4.13 adalah hasil dari perbandingan rasio intensitas citra dengan ENL.



Gambar 4.12 (a) Parameter enl, (b) Parameter enl median dan gaussian filter

Parameter ENL menunjukkan perbandingan dari beberapa filter yang diuji dalam mengurangi derau bintang. Pada gambar 4.12 menunjukkan bahwa median filter memiliki nilai yang tertinggi pada parameter ini. Ini menunjukkan bahwa median filter mampu mengurangi derau bintang paling baik diantara filter yang lain. median filter mampu menghapus derau dan hasil image dari median filter adalah yang terbaik.



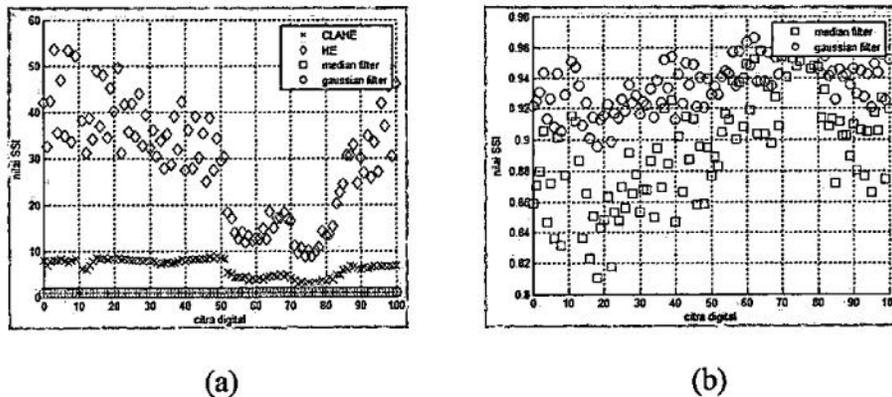
Gambar 4.13 Parameter enl piramid gaussian

Dari hasil parameter yang ditunjukkan pada gambar 4.13 menunjukkan bahwa dari hasil 100 gambar tersebut menunjukkan level 3 membuktikan dapat mengurangi derau bintang yang lebih baik. Piramid Gaussian level 3 memiliki nilai yang tinggi pada parameter ini. Sesuai dengan prinsip dari parameter ENL menunjukkan level 3 adalah yang terbaik.

Perbandingan antara median filter dan gaussian piramid level 3 lebih baik pada piramid gaussian level 3. Nilai parameter ENL di piramid gaussian level 3 lebih tinggi daripada median filter. Piramid gaussian level 3 lebih baik dalam menghilangkan derau ditunjukkan pada parameter ENL.

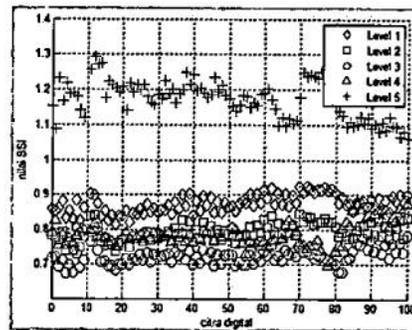
3. SSI

Setelah menggunakan 2 parameter diatas selanjutnya yaitu menggunakan parameter SSI. Parameter SSI menunjukkan bahwa *varians* setiap filter memiliki kemampuan dalam mengurangi derau bintik. Semakin kecil nilai dari SSI maka filter tersebut adalah filter yang baik dalam menghaluskan derau bintik. Pada gambar 4.14 dan 4.15 adalah hasil dari parameter SSI dengan membandingkan *varians* citra asal dengan citra hasil difilter.



Gambar 4.14 (a) Parameter ssi, (b) Parameter ssi median dan gaussian filter

Dari parameter SSI pada gambar 4.14 tersebut menunjukkan bahwa median filter memiliki nilai yang paling kecil. Nilai paling kecil ini membuktikan bahwa median filter adalah yang terbaik dalam menghaluskan derau bintik dibandingkan dengan filter yang lain. Parameter ini membagi hasil dari *varians* image setelah diproses dengan citra asli. Sehingga didapat nilai yang menyatakan kemampuan filter dalam menghaluskan derau bintik. Median filter memiliki nilai paling kecil sehingga menjadi filter yang paling baik pada parameter ini.



Gambar 4.15 Parameter ssi piramid gaussian

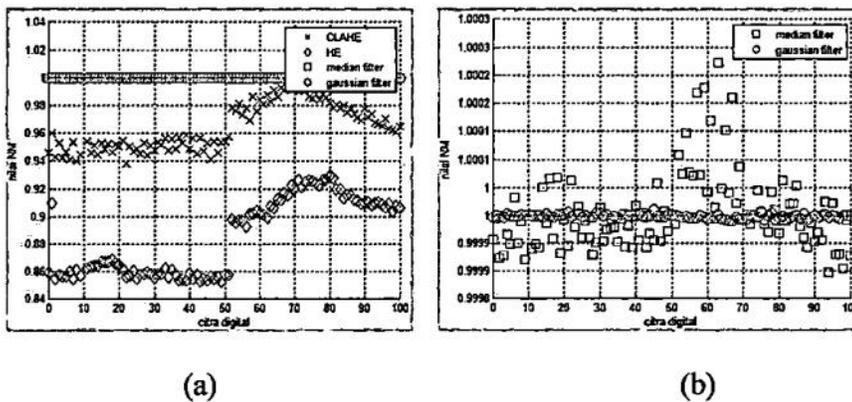
Dari parameter SSI pada gambar 4.15 tersebut menunjukkan bahwa piramid gaussian pada level 3 memiliki nilai yang paling kecil. Nilai paling kecil ini membuktikan bahwa piramid gaussian level 3 adalah yang terbaik dalam menghaluskan derau bintik dibandingkan dengan piramid gaussian level yang lain. Parameter ini membagi hasil dari *varians* citra setelah diproses dengan citra asli. Sehingga didapat nilai yang menyatakan kemampuan filter dalam menghaluskan derau bintik. Piramid gaussian Level 3 memiliki nilai paling kecil sehingga menjadi filter yang paling baik pada parameter ini.

Pada parameter SSI secara keseluruhan bahwa piramid gaussian level 3 merupakan filter yang terbaik dalam mengurangi derau. Filter yang paling buruk dalam mengurangi derau ditunjukkan pada HE. HE tidak mampu mengurangi derau dengan baik.

b) Kemampuan mempertahankan informasi

1. NM

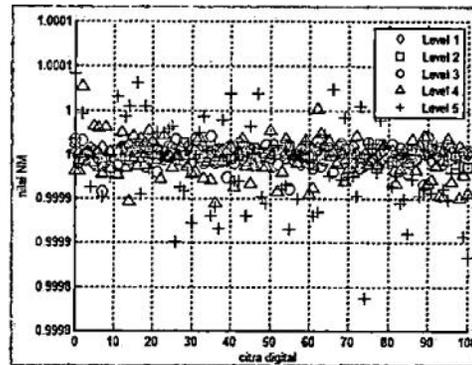
Selain parameter untuk mengetahui kemampuan mengurangi derau bintik, parameter yang lain adalah untuk mengetahui kemampuan mempertahankan informasi cita. Salah satu parameter tersebut adalah NM. NM merupakan perbandingan antara *rasio* rata-rata citra yang telah difilter dengan rasio rata-rata citra asli. Nilai piksel dari citra yang difilter di rata-rata dibagi dengan nilai rata-rata piksel citra asli. Filter memiliki kemampuan mempertahankan citra dengan baik apabila nilai NM tersebut mendekati 1. Pada gambar 4.16 dan 4.17 adalah hasil dari parameter NM:



Gambar 4.16 (a) parameter nm, (b) parameter nm median dan gaussian filter

Pada parameter NM yang ditunjukkan pada gambar 4.16 diatas bahwa pada gaussian filter dapat mempertahankan informasi citra dengan baik dibandingkan dengan filter yang lain. Parameter ini akan menghitung rata-rata piksel image setelah diproses dengan rata-rata piksel image asli. Pada parameter ini membuktikan kemampuan filter dalam mempertahankan nilai rata-rata mula-

mula. Dari gambar tersebut dapat dilihat gaussian filter memiliki nilai mendekati 1.



Gambar 4.17 Parameter nm piramid gaussian

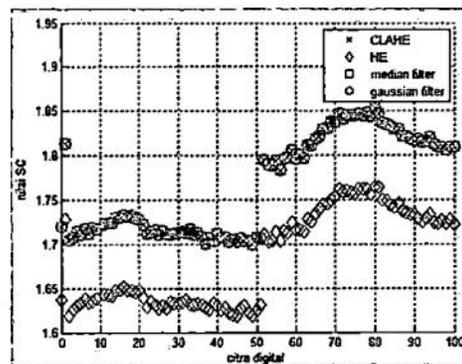
Pada parameter NM yang ditunjukkan pada gambar 4.17 diatas bahwa pada piramid gaussian level 5 dapat mempertahankan informasi citra dengan baik dibandingkan dengan level yang lain. Parameter ini akan menghitung rata-rata piksel citra setelah diproses dengan rata-rata piksel citra asli. Pada parameter ini membuktikan kemampuan filter dalam mempertahankan nilai rata-rata mula-mula. Dari gambar tersebut dapat dilihat piramid gaussian level 5 memiliki nilai 1 yang terendah. Namun untuk secara umum semua filter berada pada nilai 1 yang membedakan hanya nilai dibelakang koma.

Secara umum pada penelitian ini ditunjukkan pada parameter NM bahwa gaussian filter merupakan filter yang terbaik. Gaussian filter mampu mempertahankan nilai rata-rata mula-mula. Filter ini juga baik dalam mengurangi derau yang ada pada citra digital. Berbeda dengan piramid gaussian, piramid gaussian menunjukkan nilai yang acak pada parameter ENL, walaupun berada

nilai 1 namun tidak stabil nilainya sehingga kurang bagus dalam mempertahankan informasi.

2. SC

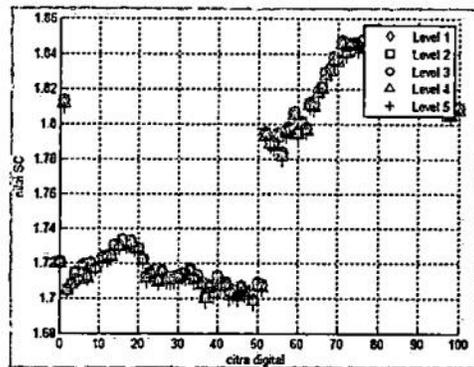
Parameter selanjutnya adalah SC. SC merupakan parameter untuk mengukur tingkat keserupaan antara citra yang telah difilter dengan citra asli. Jumlah dari piksel citra yang difilter dikuadratkan kemudian dibagi dengan penjumlahan piksel dari citra yang asli. Jika nilai SC mendekati angka 1 maka filter tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam mempertahankan informasi citra. Pada gambar 4.18 dan 4.19 adalah hasil dari parameter SC.



Gambar 4.18. Parameter sc

Dari hasil yang ditunjukkan pada gambar 4.18 menunjukkan nilai kemampuan mempertahankan citra hasil dari parameter SC tidak terlalu beda jauh. Bahwa semua filter memiliki kemampuan mempertahankan informasi citra yang sama terkecuali untuk *histogram equalization* karena HE memiliki nilai SC yang terendah. Setiap input citra akan dihitung antara jumlah kuadrat 2 intensitas

citra yang telah diproses dengan citra asli. Sehingga menampilkan grafik tersebut dimana HE adalah yang paling baik.



Gambar 4.19 Parameter sc piramid gaussian

Dari hasil yang ditunjukkan pada gambar 4.19 menunjukkan nilai kemampuan mempertahankan citra hasil dari parameter SC tidak terlalu beda jauh. Bahwa hampir semua level gambar memiliki kemampuan mempertahankan informasi citra yang sama, namun ketika gambar parameter tersebut diperbesar maka hasil yang paling baik berada pada level 4 karena semakin kecil nilai dari SC maka menunjukkan filter tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam mempertahankan kualitas citra.

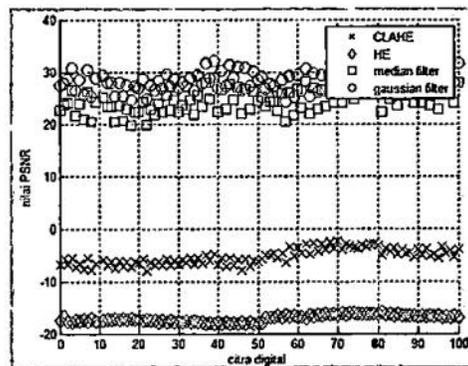
Pada parameter SC secara keseluruhan HE memiliki kualitas mempertahankan informasi yang baik. HE merupakan filter yang memiliki sifat meratakan histogram sehingga tidak banyak merubah informasi yang ada. HE merupakan filter yang memproses kontras yang diubah lebih tinggi. Untuk filter

yang paling buruk ditunjukkan pada piramid gaussian pada level 1. Karena hasil dari filter ini tidak serupa dengan citra asli.

c) Kemampuan kualitas citra secara umum

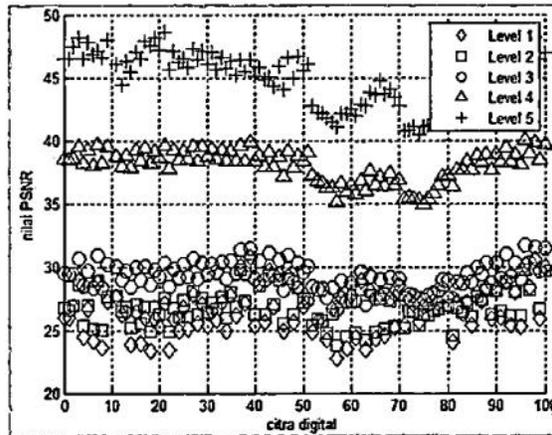
1. PSNR

Untuk mengukur kualitas citra secara umum dapat menggunakan parameter PSNR. Semakin tinggi nilai parameter PSNR maka filter tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam meningkatkan kualitas citra. Pada gambar 4.20 adalah hasil dari perbandingan antar filter menggunakan PSNR:



Gambar 4.20 Parameter psnr

Dari hasil parameter gambar 4.20 menunjukkan bahwa gaussian filter memiliki nilai yang paling tinggi. Nilai tersebut menunjukkan perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur dengan besarnya derau. Gaussian Filter memiliki kemampuan paling baik dalam meningkatkan kualitas citra terutama pada parameter PSNR.



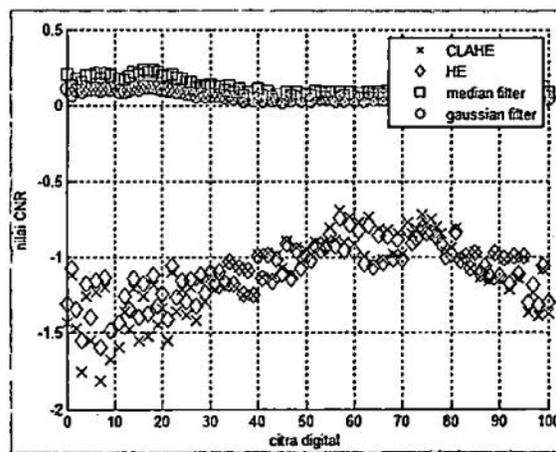
Gambar 4.21 Parameter psnr piramid gaussian

Dari hasil parameter gambar 4.21 menunjukkan bahwa gaussian level 5 memiliki nilai yang paling tinggi. Nilai tersebut menunjukkan perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur dengan besarnya derau . Piramid gaussian level 5 memiliki kemampuan paling baik dalam meningkatkan kualitas citra terutama pada parameter PSNR.

Dari hasil keseluruhan parameter PSNR bahwa semakin tinggi nilai PSNR maka filter tersebut merupakan filter yang paling baik untuk meningkatkan kualitas citra. Pada parameter ini berarti piramid gaussian level 5 merupakan filter yang baik terutama pada parameter PSNR. Piramid gaussian merupakan filter yang dapat mengurangi derau dan meningkatkan kualitas citra menjadi lebih halus. Untuk yang paling buruk adalah HE. HE tidak dapat meningkatkan kualitas citra, ditunjukkan pada parameter PSNR.

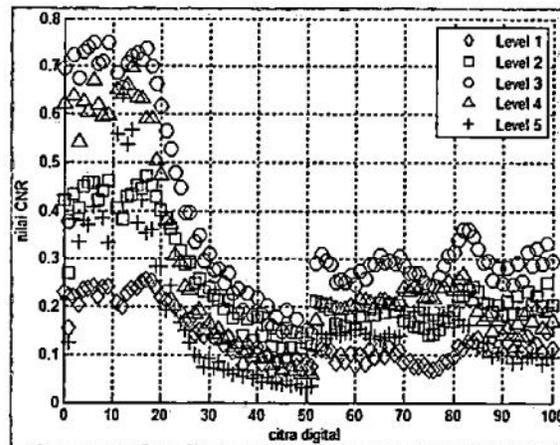
2. CNR

Kualitas citra secara umum dapat menggunakan parameter CNR. Semakin tinggi nilai parameter CNR maka filter tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam meningkatkan kualitas citra. Rata-rata piksel citra asli dikurangi dengan rata-rata citra yang difilter dibagi dengan akar jumlah kuadrat standarisasi citra asil dan citra yang difilter. Pada gambar 4.22 adalah hasil dari perbandingan antar filter menggunakan CNR:



Gambar 4.22 Parameter cnr perbandingan filter

Hasil dari parameter CNR yang ditunjukkan pada gambar 4.22 menunjukkan bahwa nilai tertinggi berada pada median filter. Parameter tersebut menunjukkan bahwa median filter memiliki kemampuan terbaik dalam meningkatkan kualitas citra dibandingkan dengan level yang lain.



Gambar 4.23 Parameter cnr piramid gaussian

Hasil dari parameter CNR yang ditunjukkan pada gambar 4.23 menunjukkan bahwa nilai tertinggi berada pada gaussian level 3. Parameter tersebut menunjukkan bahwa piramid gaussian level 3 memiliki kemampuan terbaik dalam meningkatkan kualitas citra dibandingkan dengan level yang lain.

Pada parameter CNR secara keseluruhan bahwa piramid gaussian level 3 merupakan yang terbaik daripada median filter. Piramid gaussian level 3 memiliki nilai yang tertinggi daripada filter yang lain. Untuk filter yang terburuk pada parameter ini adalah CLAHE karena CLAHE tidak dapat meningkatkan kualitas citra secara keseluruhan.

4.3.8 *Treshoulding*

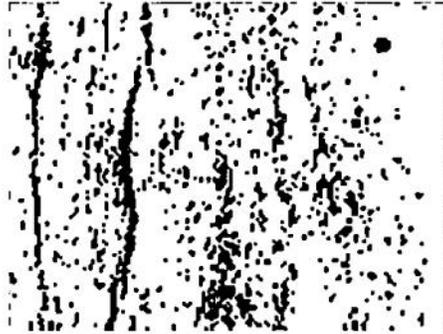
Setelah proses citra *grayscale* yang telah di filter dengan filter HE, CLAHE, Median Filter, Gaussian Filter dan Piramid Gaussian. Proses selanjutnya adalah merubah menjadi citra biner dengan proses segmentasi menggunakan

thresholding. Proses ini dilangsungkan setelah citra *grayscale* diubah ukurannya menggunakan *imresize* dari 1900x1000 menjadi 190x100 khusus untuk filter HE, CLAHE, Median Filter dan Gaussian Filter guna mempercepat proses pendeteksian. Untuk Piramid Gaussian Filter tetap menggunakan ukuran 1900x1000 dikarenakan filter tersebut merupakan multi scale dan agar hasil untuk level yang ke 5 tetap terlihat.

Pada penelitian ini yang digunakan adalah teknik *thresholding* manual yang hanya memiliki satu pembagian nilai ambang batas yang berarti nilai piksel dikelompokkan menjadi dua kelas hitam dan putih. Pada citra hitam putih terdapat 256 level, artinya mempunyai skala “0” sampai “255”, dalam hal ini nilai intensitas 0 menyatakan hitam dan 255 menyatakan putih serta nilai antara 0 sampai 255 menyatakan warna keabuan yang terletak antara hitam dan putih. Pada operasi pengembangan nilai intensitas piksel dipetakan ke salah satu dari dua nilai, 0 akan nilai ambang batas (*threshold*) T . Seperti rumus ini :

$$f(x,y) \begin{cases} 0 & \text{if } f(x,y) < T \\ 1 & \text{if } f(x,y) > T \end{cases}$$

dimana $f(x, y)$ adalah citra *grayscale* yang sudah di filter, kemudian dikelompokkan ke dalam dua mode dominan. Untuk mengekstrak objek dari latar belakang adalah dengan memilih nilai T ambang batas yang memisahkan mode ini. maka setiap titik (x, y) , yang $f(x, y) > T$ disebut titik objek, jika tidak, titik ini disebut titik latar.



Gambar 4.24 Citra *thresholding*

Dari histogram citra dari salah satu image retak yang digunakan pada penelitian ini yang disajikan pada gambar 4.24 merupakan nilai level keabuan dari hasil fungsi *imbw*. Secara otomatis akan dihasilkan nilai keabuan dari citra tersebut.

4.3.9 Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri adalah suatu proses untuk pengambilan ciri pada citra yang sebelumnya telah di proses menjadi citra biner untuk mendapatkan nilai yang akan digunakan dan dianalisis pada proses selanjutnya. Ciri tersebut berfungsi sebagai pembeda yang membedakan suatu objek yang akan di analisis dari objek yang tidak dianalisis nantinya. Contoh sebagai ciri retak atau tidak retaknya citra permukaan jalan. Pada penelitian ini ekstraksi ciri yang digunakan adalah Bwarea.

Bwarea

Citra retak dikonversi menggunakan *thresholding* agar citra tersebut menjadi citra hitam putih. Citra retak akan memiliki garis hitam yang digunakan

sebagai ciri dari retak jalan. Untuk citra tidak retak dapat berupa citra putih setelah dikonversi menggunakan thresholding namun dapat juga memiliki titik-titik hitam tergantung pada proses pemfilteran yang digunakan.

Citra yang diproses menggunakan filter *Contras Limited Adaptive Histogram Equalization*, *Histogram Equalization*, Median Filter, Gaussian Filter, citra input di rubah ukurannya menjadi 190x100 jumlah piksel tersebut agar dalam pemrosesan lebih cepat. Nilai yang digunakan adalah 19.200 piksel karena nilai tersebut merupak batas tengah dari nilai *bwarea* antara citra retak dan citra tidak retak. Untuk citra yang diproses menggunakan piramid gaussian filter, citra tidak diubah ukurannya yaitu citra input tetap menggunakan ukuran 1900x1000 kemudian diproses sampai pada level 5 sehingga mempunyai ukuran yang lebih kecil. Nilai *bwarea* yang digunakan untuk pyramid gaussian adalah sesuai dengan level yang ada. Nilai tersebut merupakan nilai tengah antara citra retak dan citra tidak retak Pyramid Gaussian level 5. Jika nilai citra yang berwarna putih tanpa ada warna hitam berarti nilai *bwarea* citra tersebut sama dengan nilai citra yaitu 19.200 untuk pemrosesan *Contras Limited Adaptive Histogram Equalization*, *Histogram Equalization*, Median Filter, Gaussian Filter, dan untuk nilai *bwarea* dari Piramid gaussian adalah untuk level 1 adalah 449000, level 2 adalah 112000, level 3 adalah 28120, level 4 adalah 6944, level 5 adalah 1376.

Citra yang bukan retak akan mempunyai nilai *bwarea* yang lebih besar dibandingkan nilai *bwarea* dari citra yang retak karena citra retak memiliki garis hitam sebagai tampilan retak jalan.

4.3.10 Klasifikasi

Pada proses klasifikasi didapatkan data ekstraksi ciri yang berupa nilai bwarea. Nilai ekstraksi ciri diproses oleh algoritma tertentu untuk membedakan antara citra retak dan tidak retak, sehingga menghasilkan akurasi pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tabel akurasi pendeteksian

NO	FILTER	AKURASI
1	Histogram Equalization	95%
2	Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization	95%
3	Median Filter	95%
4	Gaussian Filter	85%
5	Piramid Gaussian Level 1	93%
6	Piramid Gaussian Level 2	83%
7	Piramid Gaussian Level 3	92%
8	Piramid Gaussian Level 4	81%
9	Piramid Gaussian Level 5	50%

Dari 100 citra yang digunakan pada penelitian ini, pada Histogram Equalization mampu mendeteksi dengan akurasi 95%. Pada Contrast Limited Histogram Equalization mampu mendeteksi 95%. Pada Median Filter mampu mendeteksi dengan akurasi 95%. Pada Gaussian Filter mampu mendeteksi dengan akurasi 85%. Piramid Gaussian Filter level 1 dengan akurasi 93%. Piramid Gaussian Filter level 2 dengan akurasi 83%. Piramid Gaussian Filter level 3 dengan akurasi 92%. Piramid Gaussian Filter level 4 dengan akurasi 81%.

Piramid Gaussian Filter level 5 dengan akurasi 50%. Kesalahan deteksi terjadi dikarenakan noise yang tidak sepenuhnya bisa dihilangkan karena intensitas cahaya yang tinggi pada citra permukaan jalan dan juga filter yang digunakan sangat berpengaruh seperti pada Piramid Gaussian Filterlevel 5 dengan citra yang ukurannya kecil dapat menghilangkan informasi citra yang seharusnya retak menjadi tidak retak..

Dengan hasil pendeteksian yang ditunjukkan pada tabel tersebut setiap pemfilteran memiliki hasil yang berbeda-beda. Penelitian ini mebandingkan filter mana yang mampu menghasilkan perbaikan kualitas citra yang baik dalam pendeteksi jalan raya retak.