

Sistem Perbaikan Citra Berkas Pelanggan Kredit Sepeda Motor Menggunakan Metode Gaussian Filter Dan Metode High-Pass Filter

Motorcycle Credit Customer File Image Improvement System Using Gaussian Filter Method and High-Pass Filter Method

Nila Sari¹, Rika Rosnelly²

¹Program Studi Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Potensi Utama

²Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Potensi Utama

nilasari03120@gmail.com¹, rikarosnelly@gmail.com²

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari metode gaussian filter yang diimplementasikan dalam Sistem Perbaikan Citra Berkas Pelanggan Kredit Sepeda Motor Menggunakan Metode Gaussian Filter yang dilakukan di CV. Honda Kita, serta mempelajari sebaik apa metode high-pass filter dalam melakukan penajaman citra berkas hasil proses perbaikan gaussian filter. Data dikumpulkan melalui observasi dan interview yang dilakukan pada CV. Honda Kita yang bersangkutan. Selanjutnya data dianalisa untuk mempelajari pola dari masing-masing metode yang digunakan. Berdasarkan pola tersebut, diketahui metode gaussian filter dan high-pass filter sangat baik dipilih untuk membangun aplikasi perbaikan citra berkas pelanggan kredit sepeda motor. Metode Gaussian Filter mampu meningkatkan kualitas citra yang berhubungan dengan pencahayaan yaitu dengan mengatur tingkat kecerahan (brightness) maupun kontras dari sebuah citra sehingga diperoleh citra yang memiliki kualitas lebih baik. High-Pass Filter berfungsi mempertajam hasil citra dari proses Gaussian Filter. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengatasi kekurangan dari metode Gaussian Filter. Dari pengujian yang dilakukan diketahui bahwa metode gaussian filter mampu melakukan perbaikan citra berkas dengan sangat baik dengan perolehan nilai rata-rata MSE 0.1506925 dan nilai rata-rata PSNR 61.39865. Metode high-pass filter mampu mempertajam citra berkas hasil gaussian filter dengan baik dengan perolehan nilai rata-rata MSE 5.93545 dan nilai rata-rata PSNR 41.495875.

Kata Kunci : Gaussian Filter, High-Pass Filter, Citra Digital, Citra Berkas, MSE, PSNR

ABSTRACT

This research was conducted to study the gaussian filter method implemented in the Motorcycle Credit Customer File Image Repair System Using the Gaussian Filter Method which was carried out at CV. Honda Kita, as well as studying how good the high-pass filter method is in sharpening the image of the gaussian filter repair process. Data was collected through observation and interviews conducted at CV. Honda Kita in question. Furthermore, the data is analyzed to study the pattern of each method used. Based on this pattern, it is known that the Gaussian filter and high-pass filter methods are very well chosen to build an image improvement application for motorcycle credit customer files. The Gaussian Filter method is able to improve image quality related to lighting, namely by adjusting the brightness and contrast levels of an image so that an image of better quality is obtained. The High-Pass Filter functions to sharpen the image results from the Gaussian Filter process. This was done with the aim of overcoming the shortcomings of the Gaussian Filter method. From the tests carried out, it is known that the Gaussian filter method is able to repair file images very well with an average MSE value of 0.1506925 and an average PSNR value of 61.39865. The high-pass filter method is able to sharpen the image of the Gaussian filter results file well with the acquisition of an average MSE value of 5.93545 and an average PSNR value of 41.495875.

Keywords : Gaussian Filter, High-Pass Filter, Digital Image, File Image, MSE, PSNR

Info Artikel :

Disubmit: 22 Oktober 2023

Direview: 23 November 2023

Diterima : 20 Desember 2023

1. PENDAHULUAN

Perbaikan kualitas citra digital (*image enhancement*) merupakan salah satu proses awal dalam pengolahan citra (*image preprocessing*) [1]. Perbaikan kualitas diperlukan karena seringkali citra yang dijadikan objek pembahasan mempunyai kualitas yang buruk, misalnya citra mengalami derau (*noise*) pada saat pengiriman melalui saluran transmisi, citra terlalu terang/gelap, citra kurang tajam, kabur, dan sebagainya. Melalui operasi pemrosesan awal inilah kualitas citra diperbaiki, sehingga citra dapat digunakan untuk tujuan lebih lanjut, misalnya untuk mengaplikasikan pengenalan (*recognition*) objek di dalam citra [2].

Penggunaan citra digital pada CV. Honda Kita menjadi hal yang sering dilakukan terutama pada berkas pelanggan kredit sepeda motor apabila *customer* melakukan pengurusan kredit secara online karena pada berkas tersebut terdapat informasi-informasi penting yang diperlukan seperti NIK, nama, alamat, dan informasi-informasi lain yang nantinya digunakan sebagai uji faktor kelayakan kredit oleh perusahaan yang bertujuan untuk melakukan manajemen risiko ketika terjadi kendala kredit macet. Berkas-berkas tersebut difoto oleh *customer* kemudian dikirim ke CV. Honda Kita melalui aplikasi whatsapp. Namun seringkali citra berkas yang dikirim ke whatsapp mengalami penurunan kualitas, ini disebabkan oleh beberapa hal seperti pada saat memfoto berkas kamera yang digunakan belum fokus, ukuran gambar yang dikompres secara otomatis oleh sistem pada saat pengiriman, dan kamera yang digunakan memiliki kualitas gambar yang kurang baik [3]. Akibat dari hal-hal tersebut inilah yang dapat menyebabkan penurunan kualitas pada citra berkas sehingga citra berkas menjadi buram dan tidak jelas. Hal ini berakibat pada proses pemberkasan atau pengolahan data menjadi terhambat karena kesulitan saat melakukan analisa atau mengidentifikasi data pada berkas tersebut.

Melihat permasalahan yang ada dalam pemrosesan pengolahan citra berkas pelanggan kredit sepeda motor di CV. Honda Kita, maka perlu dilakukan perbaikan kualitas citra berkas pelanggan kredit sepeda motor tersebut agar lebih baik karena citra berkas ini menjadi hal yang paling penting pada saat melakukan kredit sepeda motor secara online. Citra berkas yang buram dan tidak jelas dapat diperbaiki dengan menggunakan sistem pengolahan citra digital yang mengolah *pixel* pada citra. Sistem perbaikan citra digital dapat dilakukan dengan menggunakan metode pengolahan citra, diantaranya yaitu metode *gaussian filter* dan metode *high pass filter*.

Penelitian sebelumnya oleh Zanuar et al (2022) dengan judul “Implementasi Metode Gaussian Filter dan Median Filter untuk Penghalusan Gambar”, dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan dua metode yaitu metode *gaussian filter* dan metode *median filter* dalam menghilangkan derau (*noise*) pada citra digital. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa metode *gaussian filter* lebih baik dalam mereduksi derau (*noise*) dengan perolehan nilai maksimum PSNR 35.19913 lebih tinggi dibanding metode *median filter* yang hanya mencapai 31.27177 [4]. Namun pada penelitian ini, uji coba hanya dilakukan pada citra *grayscale* karena sistem dibuat untuk mengubah citra RGB menjadi citra *grayscale* secara otomatis dan *output* citra yang dihasilkan juga dalam bentuk *grayscale*. Penelitian yang dilakukan juga hanya untuk membandingkan kinerja dua metode antara metode *gaussian filter* dan metode *median filter* dan tidak digabungkan dengan metode perbaikan citra lainnya. Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh Sinar Sinurat dan ER Siagian (2021) dengan judul “Peningkatan Kualitas Citra Dengan Gaussian Filter Terhadap Citra Hasil Deteksi Robert”, penelitian ini bertujuan untuk melakukan perbaikan mutu pada citra. Hasil keseluruhan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu peningkatan kualitas citra dengan deteksi tepi menggunakan deteksi *robert* dan metode *gaussian filter* terlihat bagus [5]. Namun proses peningkatan kualitas citra akan lebih efektif jika citra *input* memiliki banyak tekstur. Citra *input* yang digunakan pada penelitian ini meliputi citra *grayscale* karena sistem dibatasi hanya untuk memproses citra *grayscale*.

Metode *gaussian filter* merupakan salah satu filter spasial linier yang bekerja dengan mengkorelasikan matriks/kernel [6]. Metode *gaussian filter* mampu meningkatkan kualitas citra yang berhubungan dengan pencahayaan yaitu dengan mengatur tingkat kecerahan (*brightness*) maupun kontras dari sebuah citra. Metode *gaussian filter* efektif dalam menghaluskan citra digital dengan mengurangi *noise* tingkat rendah [7]. Sedangkan metode *high pass filter* adalah metode yang bekerja

dengan menghilangkan komponen frekuensi rendah dalam gambar. Metode *high pass filter* digunakan untuk meningkatkan kontras dalam gambar dengan meningkatkan perbedaan antara detail halus dan latar belakang. Ini bertujuan untuk mengurangi atau menekan detail kasar yang tidak diinginkan dan fokus pada detail penting dalam gambar sehingga gambar menjadi lebih jelas dan lebih mudah dianalisis [8]. Metode *high pass filter* berperan untuk mempertajam citra hasil dari perbaikan metode *gaussian filter*. Dengan ada demikian peningkatan kualitas citra berkas pelanggan kredit sepeda motor dapat dilakukan dengan baik sehingga data dapat dianalisis dan diproses tanpa mengalami kesulitan.

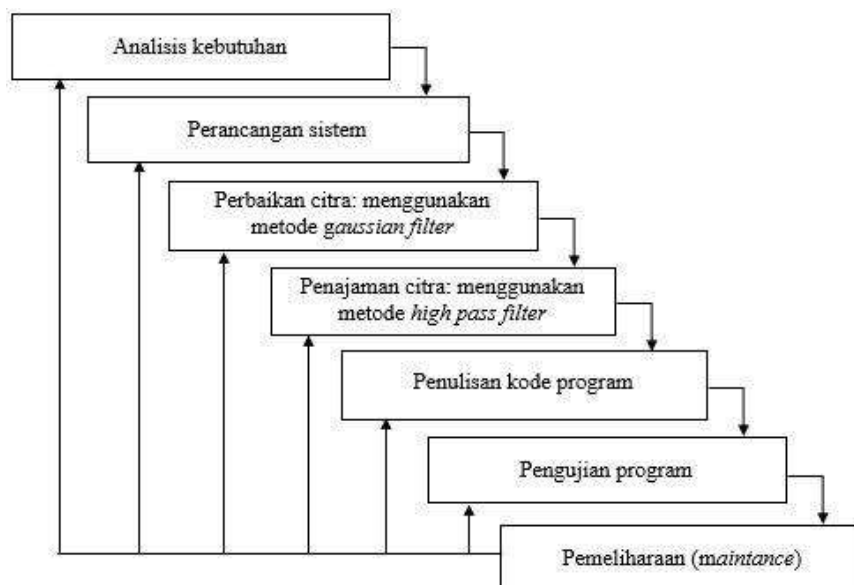
Penelitian sistem perbaikan citra berkas pelanggan kredit sepeda motor ini dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu metode *gaussian filter* dan metode *high pass filter* yang dimana penggunaan metode *gaussian filter* berperan untuk mereduksi *noise* pada citra berkas pelanggan kredit sepeda motor sehingga citra yang dihasilkan lebih bersih dari sebelumnya. Sedangkan penggunaan metode *high pass filter* adalah untuk mempertajam detail penting citra hasil perbaikan metode *gaussian filter* yang terdapat sedikit *bluring* akibat dari proses gaussian. Pada penelitian ini uji coba dilakukan pada citra RGB dan tidak mengubah bentuk citra. Citra *output* yang dihasilkan oleh sistem tetap dalam bentuk citra RGB. Sistem juga dapat melakukan perbaikan dengan format PNG, tidak hanya pada format JPG saja.

2. METODE PENELITIAN

Metode merupakan suatu cara atau teknik yang sistematis untuk mengerjakan suatu kasus. Metode yang digunakan oleh peneliti adalah penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang bersifat deskriptif dan lebih banyak menggunakan analisis.

A. Metode Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem perbaikan citra berkas pelanggan kredit sepeda motor, peneliti menggunakan metode *Software Development Live Cycle* (SDLC) model *waterfall* (air terjun) dalam pengembangan sistem, dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Pengembangan Sistem

a) Analisis Kebutuhan

Tahap ini peneliti melakukan pengumpulan data yang berisi tentang hal-hal yang dibutuhkan dalam perancangan sistem agar mampu menyelesaikan masalah yang ada sesuai tujuan. Peneliti melakukan observasi dan wawancara terhadap calon *user* untuk menganalisa dan merancang sistem dalam membantu memenuhi kebutuhan *user*. Dari proses ini diperoleh data berupa citra berkas pelanggan kredit sepeda motor yang mengalami penurunan kualitas. Citra berkas ini nantinya digunakan sebagai sampel dalam uji coba sistem. Berkas-berkas tersebut meliputi tiga foto KTP dan satu foto kartu keluarga, seluruh berkas dalam format JPG dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Citra berkas pelanggan kredit sepeda motor CV. Honda Kita

Sampel1.jpg	Sampel2.jpg	Sampel3.jpg	Sampel4.jpg
			

b) Perancangan Sistem

Tahap ini dilakukan pemodelan untuk menggambarkan permasalahan yang diperoleh dan alur kerja sistem yang dibangun. Proses ini berfokus kepada arsitektur perangkat lunak, *representasi interface*, dan detail (algoritma) *procedural*. Pemodelan yang digunakan sebelum melakukan perancangan sistem perbaikan citra berkas pelanggan kredit sepeda motor ini yaitu pemodelan UML (*Unified Modelling Language*) yang meliputi *use case diagram*, *activity diagram*, dan *sequence diagram*. UML digunakan untuk memodelkan suatu sistem (bukan hanya perangkat lunak) yang menggunakan konsep berorientasi objek [9]. *Use case diagram* sistem perbaikan citra berkas pelanggan kredit sepeda motor dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Use case diagram sistem perbaikan citra berkas pelanggan kredit sepeda motor

Berdasarkan diagram *use case* pada Gambar 2, *user* dalam hal ini adalah admin yaitu orang yang akan mengakses sistem dapat melakukan perbaikan citra dengan *gaussian filter* setelah admin meng-input citra berkas yang diinginkan. Setelah citra berkas diperbaiki dengan *gaussian filter*, admin (*user*) melakukan penajaman citra dengan *high pass filter*. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan citra hasil yang lebih baik lagi. Setelah proses perbaikan dan penajaman selesai, admin dapat menyimpan citra hasil perbaikan dan penajaman tersebut.

c) Perbaikan Citra

Pada tahap ini dilakukan proses perbaikan citra berkas yang mengalami penurunan kualitas dengan menggunakan metode *gaussian filter*. Peneliti memilih metode *gaussian filter* dalam pembuatan sistem perbaikan citra berkas pelanggan kredit sepeda motor karena metode *gaussian filter* sangat baik untuk menghilangkan *noise* yang bersifat sebaran normal yang banyak dijumpai pada citra berkas pelanggan. Pada tahap ini reduksi *noise* dilakukan untuk menghilangkan detail yang tidak diinginkan pada citra sehingga citra menjadi lebih halus (*smooth*).

d) Penajaman Citra

Penajaman citra atau biasa disebut tranformasi dilakukan pada citra berkas pelanggan kredit sepeda motor hasil dari proses perbaikan metode *gaussian filter*. Proses penajaman ini dilakukan dengan menggunakan metode *high pass filter*. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kontras warna dan cahaya pada citra berkas pelanggan kredit sepeda motor hasil dari proses metode *gaussian filter*.

e) Penulisan Kode Program

Pada tahap ini peneliti mengubah rancangan sistem menjadi sebuah aplikasi agar fungsi *software* dapat dijalankan. Peneliti melakukan pengkodean menggunakan *software* MATLAB R2013a dengan bahasa pemrograman Matlab (*Matrix Laboratory*). MATLAB menyediakan fungsi GUI yang dapat digunakan dalam memproses satu atau lebih citra [10].

f) Pengujian Program

Pada tahap pengujian ini dilakukan untuk meminimalisir kesalahan (*error*) dan memastikan keluaran yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian program yang dilakukan pada sistem perbaikan citra berkas pelanggan kredit sepeda motor menggunakan metode *black box testing*.

g) Pemeliharaan (*Maintance*)

Proses ini merupakan tahap pemeliharaan *software*. *Software* yang dibuat harus memiliki tahap pemeliharaan karena proses ini memungkinkan untuk penambahan fitur-fitur baru dan juga perbaikan apabila terdapat *error* pada sistem yang dikembangkan.

B) *Gaussian Filter*

Gaussian filter merupakan salah satu filter linier dengan nilai pembobotan untuk setiap anggotanya dipilih berdasarkan bentuk fungsi gaussian. *Gaussian filter* salah satu metode yang sangat baik untuk menghilangkan *noise* yang bersifat sebaran normal, yang banyak dijumpai pada citra hasil proses digitalisasi menggunakan kamera karena merupakan fenomena alamiah akibat dari pantulan cahaya dan kepekaan sensor cahaya pada kamera itu sendiri [11]. Metode *gaussian filter* merupakan salah satu filter spasial linier yang bekerja dengan cara korelasi atau konvolusi dan memerlukan matriks mask atau kernel [12]. Berikut adalah langkah-langkah *gaussian filter*.

a) Menentukan matriks kernel filter gaussian

Proses menentukan matriks filter gaussian menggunakan kernel yang berukuran ganjil seperti 3x3 atau 5x5. Semakin kecil kernel, maka semakin banyak nilai *pixel* pusat kernel yang berubah nilainya sehingga perubahan citra semakin terlihat dan begitupun sebaliknya [13]. Pada penelitian ini, matriks yang digunakan untuk analisa metode berukuran 3x3 *pixel*, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks kernel 3x3

(x,y)	-1	0	1
-1	?	?	?
0	?	?	?
1	?	?	?

b) Menghitung nilai elemen matriks kernel

Standar deviasi (σ) adalah ukuran statistik yang digunakan untuk mengukur variasi atau sebaran tingkat kecerahan (intensitas *pixel*) dalam citra digital. Semakin tinggi standar deviasi (σ) yang digunakan maka akan menghasilkan citra dengan kontras yang lebih tinggi [14]. Pemberian nilai standar deviasi dapat disesuaikan dengan kebutuhan ketika melakukan perbaikan citra. Jadi untuk memberikan

nilai elemen pada masing-masing koordinat matriks filter $G(x,y)$ maka masing-masing koordinat dimasukkan ke dalam persamaan 1.

$$G(x, y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Keterangan:

G = gaussian

x = nilai koordinat x

y = nilai koordinat y

e = konstanta euler (2.718281828)

σ = standar deviasi (1)

Standar deviasi (σ) yang digunakan sebagai analisa metode pada penelitian ini adalah 1. Untuk menentukan nilai elemen matriks kernel 3x3 pada dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan 1. Sehingga diperoleh hasil perhitungan nilai elemen matriks yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai elemen matriks kernel 3x3

(x,y)	-1	0	1
-1	0,367	0,606	0,367
0	0,606	1	0,606
1	0,367	0,606	0,367

c) Normalisasi matriks filter gaussian

Normalisasi adalah proses membulatkan masing-masing nilai matriks filter yang telah didapat. Selain memudahkan perhitungan komputer, nilai-nilai pembobotan harus dibuat bulat sebab nilai intensitas *pixel* pada citra digital bernilai bulat sehingga nilai filter gaussian juga harus dibuat kedalam bilangan bulat. Oleh karena itu untuk membuat nilai normalisasi dari filter maka nilai 1 sebagai pembagi dibagi dengan nilai filter terkecil. Hal ini bertujuan agar jumlah nilai-nilai pembobotan sama dengan satu. Kemudian nilai normalisasi dikalikan dengan semua nilai filter yang belum dinormalisasi dengan persamaan 2.

$$c = \left[\frac{1}{\min(G(x, y))} \right] \quad (2)$$

Keterangan:

c = nilai normalisasi

$G(x,y)$ = nilai terkecil matriks gaussian

Jika diperhatikan nilai matriks pada elemen matriks kernel 3x3 pada Tabel 3, nilai terkecil terdapat dalam matriks $G(x,y) = 0,367$ sehingga nilai normalisasi (c) sebagai berikut:

$$c = \frac{1}{0.367} = 2.724 = 3 \text{ (setelah dibulatkan ke atas)}$$

d) Mengalikan matriks kernel dengan nilai normalisasi

Mengalikan matriks dengan nilai normalisasi bertujuan untuk menyederhanakan angka yang digunakan dalam matriks filter gaussian dengan mengalikan masing-masing nilai filter $G(x,y)$ dengan nilai normalisasi yang sudah didapat menggunakan persamaan 3.

$$G(x, y) = c \cdot e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

Keterangan:

G = gaussian

x = nilai koordinat x

y = nilai koordinat y

e = konstanta euler (2.718281828)

σ = standar deviasi (1)

c = nilai normalisasi

Pada proses ini dilakukan perkalian nilai elemen matriks kernel 3x3 pada Tabel 3 dengan nilai normalisasi matriks filter gaussian. Dari proses perkalian ini diperoleh matriks kernel hasil normalisasi, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Matriks kernel hasil normalisasi

(x,y)	-1	0	1
-1	1	2	1
0	2	3	2
1	1	2	1

e) Proses konvolusi

Konvolusi merupakan penjumlahan dari perkalian setiap kernel dengan setiap titik pada fungsi masukan. Konvolusi sangat berguna untuk melakukan operasi penapisan (*filtering*) pada citra. Konvolusi (*convolution*) adalah sebuah proses dimana citra dimanipulasi dengan menggunakan eksternal *mask/subwindows* untuk menghasilkan citra yang baru [15]. Konvolusi sering kali dilibatkan dalam operasi ketetanggaan *pixel*. Konvolusi pada citra sering disebut konvolusi 2 dimensi. Konvolusi 2 dimensi didefinisikan sebagai proses untuk memperoleh suatu *pixel* berdasarkan nilai *pixel* itu sendiri dan tetangganya dengan melibatkan suatu matriks yaitu kernel yang mempresentasikan pembobotan [16]. Konvolusi filter gaussian menggunakan persamaan 4.

$$h(x,y) = f(x,y) \times G(x,y) \quad (4)$$

Keterangan:

$h(x,y)$ = citra *output*

$f(x,y)$ = citra *input*

$G(x,y)$ = filter gaussian

Citra yang digunakan sebagai analisa metode pada penelitian ini adalah salah satu citra berkas pelanggan kredit sepeda motor dengan nama sampel2.jpg yang berupa citra KTP dengan format JPG yang sudah di-*resize* dengan ukuran *pixel* awal 1000x1000 menjadi 5x5 *pixel* dan dirubah menjadi citra *grayscale*. *Resize* citra berkas dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah melihat perbandingan nilai *pixel* citra berkas sebelum dilakukan proses konvolusi dan setelah dilakukan proses konvolusi. Citra sampel dapat dilihat pada Gambar 3.

Citra sebelum di-resize



Citra setelah di-resize



Gambar 3. Citra sampel (citra KTP)

Nilai setiap *pixel* pada citra sampel dari Gambar 3 yang telah di-resize dapat dilihat pada Tabel 5. Proses konvolusi hanya mengubah nilai *pixel* tengah sebuah citra dan mengabaikan *pixel* pada baris dan kolom awal sebuah citra. Sehingga dari sampel nilai *pixel* pada Tabel 5, perubahan nilai *pixel* hanya dilakukan dari *pixel* (2,2) sampai dengan *pixel* (4,4).

Tabel 5. Nilai *pixel* awal citra sampel

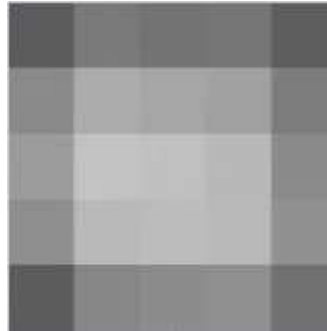
(x,y)	1	2	3	4	5
1	91	74	89	92	106
2	156	172	157	145	137
3	161	142	169	109	92
4	170	181	184	187	150
5	72	116	122	141	153

Proses konvolusi pertama dimulai dari *pixel* baris pertama kolom pertama (1,1) sampai dengan *pixel* baris ketiga kolom ketiga (3,3) sesuai dengan ukuran matriks kernel yang digunakan pada penelitian ini yaitu matriks kernel 3x3 pada Tabel 4. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan persamaan 4. Setelah proses perhitungan pertama selesai, dilanjutkan dengan proses perhitungan kedua yang dimulai dari *pixel* baris kedua kolom kedua (2,2) sampai dengan *pixel* baris keempat kolom keempat (4,4). Apabila perhitungan ketiga selesai, dilanjutkan dengan proses perhitungan ketiga yang dimulai dari *pixel* baris ketiga kolom ketiga (3,3) sampai dengan *pixel* baris kelima kolom kelima (5,5). Karena proses perhitungan telah mencapai kolom terakhir, perhitungan dilanjutkan dengan dimulai dari *pixel* baris kedua kolom pertama (2,1) sampai dengan *pixel* baris keempat kolom ketiga (4,3). Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan *pixel* baris kedua kolom kedua (2,2) sampai dengan *pixel* baris keempat kolom keempat (4,4). Proses perhitungan ini terus dilakukan sampai seluruh *pixel* selesai dihitung. Dari proses konvolusi ini diperoleh citra baru dengan nilai *pixel* tengah yang sudah berubah, dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai *pixel* citra setelah dilakukan konvolusi dengan gaussian filter

(x,y)	1	2	3	4	5
1	91	74	89	92	106
2	156	139	136	125	137
3	161	164	158	143	92
4	170	153	159	151	150
5	72	116	122	141	153

Berdasarkan Tabel 6 nilai *pixel* (2,2) diperoleh dari proses konvolusi perhitungan pertama, nilai *pixel* (2,3) diperoleh dari proses konvolusi perhitungan kedua, nilai *pixel* (2,4) diperoleh dari proses konvolusi perhitungan ketiga, nilai *pixel* (3,2) diperoleh dari proses konvolusi perhitungan keempat, terus berlanjut sampai pada nilai *pixel* terakhir (4,4). Citra hasil dari proses konvolusi dengan gaussian filter dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Citra sampel setelah dilakukan konvolusi filter gaussian

Dari Gambar 4 terlihat perubahan warna pada *pixel* citra sampel setelah dilakukan proses konvolusi dengan *gaussian filter*. *Pixel* tengah pada citra sampel menjadi lebih cerah dibanding citra awal. Hal ini terjadi karena perubahan nilai pada masing-masing *pixel* tengah akibat dari proses konvolusi dengan *gaussian filter*.

C. Penajaman High-Pass Filter

Operasi penajaman citra bertujuan memperjelas tepi pada objek di dalam atau menghilangkan bagian citra yang lembut dari efek *blurring* dari proses mereduksi *noise*. Penajaman citra lebih berpengaruh pada tepi (*edge*) objek, sehingga penajaman citra sering disebut juga penajaman tepi (*edge sharpening*) atau peningkatan kualitas tepi (*edge enhancement*) [17]. Penajaman citra bisa didapat dengan menggunakan proses *high-pass filtering* dengan mengurangi komponen *low frequency* tanpa mengganggu informasi *high frequency* pada transformasi *fourier*-nya. Metode yang digunakan adalah melakukan pelemahan dalam domain frekuensi yang memiliki frekuensi rendah. *High-pass filtering* biasa digunakan untuk *unsharp masking*, *deconvolution*, *edge detection*, mengurangi *blurring*, atau menambah *noise* [18].

High-pass filtering adalah proses filter yang melewatkan komponen citra dengan nilai intensitas yang tinggi dan meredam komponen citra dengan nilai intensitas yang rendah. *High-pass filter* akan menyebabkan tepi objek tampak lebih tajam dibandingkan sekitarnya [19]. Aturan kernel untuk *high-pass filter* adalah:

- 1) Koefisien kernel boleh positif, negatif, atau nol.
- 2) Jumlah semua koefisien kernel adalah 0 atau 1.
 - a. Jika koefisien berjumlah 0, maka komponen berfrekuensi rendah akan turun nilainya.
 - b. Jika koefisien berjumlah 1, maka komponen berfrekuensi rendah akan tetap sama dengan nilai semula.

Penelitian ini dilakukan dengan mempertahankan komponen berfrekuensi rendah agar nilai *pixel*-nya tetap sama dengan nilai semula sehingga citra *output* yang diperoleh tetap dalam bentuk RGB, maka dari itu matriks kernel *high pass filter* yang digunakan harus memiliki nilai 1 jika seluruh koefisien kernel dijumlahkan. Matriks kernel *high pass filter* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Gambar 5. Matriks kernel *high pass filter*

Perhitungan *high pass filter* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 5.

$$h(x,y) = f(x,y) - (f(x+1,y) + f(x-1,y) + f(x,y+1) + f(x,y-1) - 4f(x,y)) \quad (5)$$

Keterangan:

$h(x,y)$ = citra output

$f(x,y)$ = citra input

$4f(x,y)$ = nilai piksel tengah

D. Mean Square Error dan Peak Signal-to-Noise Ratio

Mean Square Error (MSE) dan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR) merupakan parameter yang biasa digunakan sebagai indikator untuk mengukur kemiripan dua buah citra. Parameter MSE dan PSNR sering digunakan untuk membandingkan hasil pengolahan citra dengan citra awal atau citra asli. MSE tidak memiliki satuan sedangkan satuan dari PSNR adalah desibel [20]. Nilai MSE ditentukan terlebih dahulu sebelum menentukan nilai PSNR karena nilai MSE digunakan sebagai nilai pembagi pada persamaan perhitungan nilai PSNR.

MSE adalah perbandingan antara nilai minimum dari signal yang diukur dengan besarnya derau (*noise*) yang berpengaruh pada signal tersebut. Semakin mirip kedua citra maka nilai MSE-nya semakin mendekati nilai nol. Sedangkan PSNR adalah perbandingan antara nilai maksimum dari signal yang diukur dengan besarnya derau (*noise*) yang berpengaruh pada signal tersebut [21]. Semakin tinggi nilai PSNR, semakin baik kualitas citra hasil pemrosesan. Kualitas citra dikatakan baik/sedang apabila memiliki nilai PSNR antara 30 hingga 40 dB, sangat baik > 40 dB, dan kurang baik apabila < 30 dB [22]. Parameter MSE dihitung menggunakan persamaan 6.

$$MSE = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} [f(i,j) - g(i,j)]^2 \quad (6)$$

Keterangan:

m = jumlah kolom (lebar) citra

n = jumlah baris (tinggi) citra

$f(i,j)$ = intensitas piksel pada koordinat (i,j) dari citra referensi

$g(i,j)$ = intensitas piksel pada koordinat (i,j) dari citra yang diuji

Parameter PSNR dihitung menggunakan persamaan 7.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (7)$$

Keterangan:

MSE = nilai perhitungan MSE

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tampilan Sistem

Tampilan dari sistem perbaikan citra berkas pelanggan kredit sepeda motor CV. Honda Kita yang telah dirancang menggunakan aplikasi pemrograman MATLAB R2013a dengan penerapan metode *gaussian filter* dan metode *high-pass filter* dalam upaya meningkatkan kualitas citra berkas pelanggan kredit sepeda motor dapat dilihat sebagai berikut. Sistem ini memiliki menu bar yang berfungsi sebagai tombol navigasi yang nantinya digunakan untuk membuka *form-form* yang ada pada sistem perbaikan citra berkas pelanggan kredit sepeda motor CV. Honda Kita.

a) Tampilan Halaman Menu Utama

Halaman menu utama adalah tampilan awal saat program pertama kali dibuka. Ketika program dijalankan maka sistem akan menampilkan halaman menu utama sebagai tampilan awal sistem. Tampilan halaman menu utama dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan halaman menu utama

Halaman menu utama merupakan tampilan utama dimana *user* dapat mengakses berbagai bagian atau fitur yang terdapat dalam sistem. Halaman menu utama ini memberikan navigasi kepada *user* ke berbagai halaman lainnya. Pada sistem ini tersedia menu bar sebagai tombol navigasi yang dapat digunakan oleh *user* untuk berpindah ke *form* lainnya seperti *form* perbaikan citra, *form* histogram, dan *form* tentang aplikasi. Fitur ini disediakan dengan tujuan untuk mempermudah kerja *user* saat menggunakan sistem perbaikan citra berkas pelanggan kredit sepeda motor.

b) Tampilan Halaman Perbaikan Citra

Halaman ini adalah tempat dimana dilakukannya proses perbaikan citra dengan metode *gaussian filter* dan penajaman citra dengan metode *high pass filter*. Tampilan ini dapat diakses dengan meng-klik tombol perbaikan citra pada menu bar pada halaman menu utama saat pertama kali *user* membuka sistem. Tampilan awal saat halaman ini diakses dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan sistem awal halaman perbaikan citra

Proses perbaikan citra diawali dengan meng-*input* citra berkas yang ingin diperbaiki dengan meng-*klik* tombol *input* citra. Apabila proses *input* citra berhasil, sistem akan menampilkan citra tersebut pada axes citra asli seperti pada Gambar 8.

Gambar 8. Tampilan sistem setelah proses *input* citra berhasil

Berdasarkan Gambar 8, pada bagian bawah citra asli terdapat informasi citra yang di-*input*, informasi tersebut yaitu ukuran citra, panjang, lebar, tipe citra, dan bit citra. Langkah selanjutnya citra yang sudah di-*input* dilakukan perbaikan dengan meng-*klik* tombol perbaiki citra, maka sistem akan melakukan proses perbaikan citra berkas menggunakan metode *gaussian filter* kemudian menampilkan hasilnya pada axes citra hasil perbaikan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan sistem setelah proses perbaikan dengan *gaussian filter* selesai

Pada Gambar 9 dapat dilihat terdapat nilai MSE dan nilai PSNR pada bagian bawah citra hasil perbaikan yang muncul setelah citra dilakukan perbaikan dengan *gaussian filter*. Nilai ini digunakan sebagai indikator untuk mengetahui seberapa baik metode *gaussian filter* dalam memperbaiki citra. Kemudian masuk pada proses terakhir yaitu penajaman citra dengan metode *high pass filter*. Setelah citra berkas selesai dilakukan perbaikan dengan *gaussian filter*, selanjutnya citra tersebut dilakukan penajaman dengan metode *high pass filter* dengan cara menekan tombol pertajam citra maka sistem akan mempertajam citra berkas hasil dari proses perbaikan *gaussian filter* menggunakan metode *high pass filter*. Setelah proses penajaman selesai, sistem akan menampilkan citra hasil akhir yaitu citra yang sudah dilakukan proses perbaikan *gaussian filter* dan proses penajaman *high pass filter* yang akan ditampilkan pada axes citra hasil akhir, dapat dilihat pada Gambar 10.

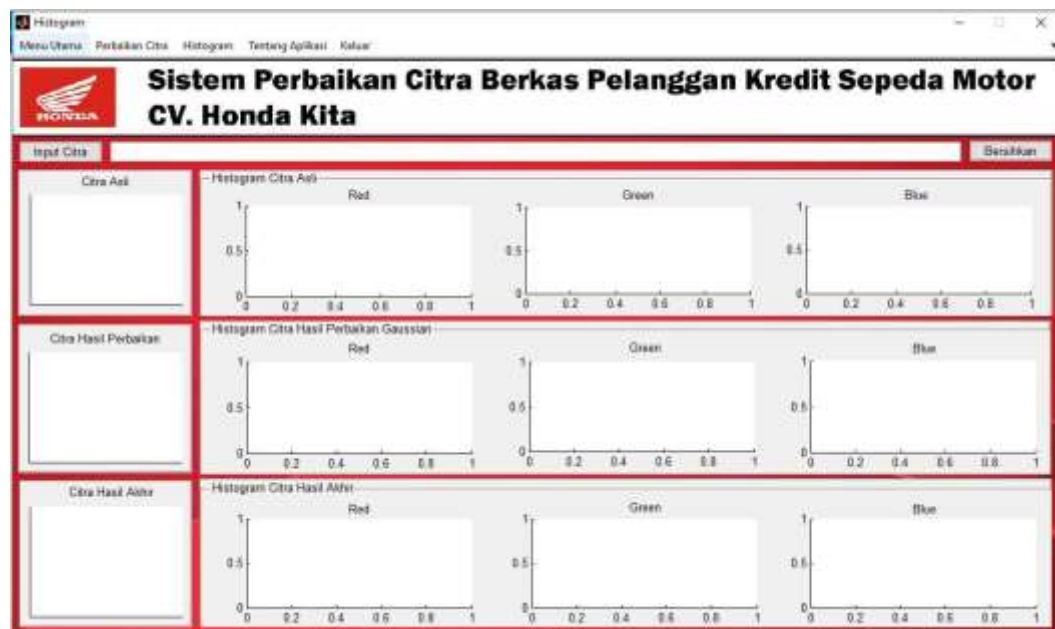


Gambar 10. Tampilan sistem setelah proses penajaman *high pass filter*

Pada Gambar 10 dapat dilihat terdapat nilai MSE dan nilai PSNR pada bagian bawah citra hasil penajaman yang muncul setelah citra dilakukan penajaman dengan *high pass filter* sama halnya seperti proses perbaikan dengan *gaussian filter*. Nilai ini digunakan sebagai indikator untuk mengetahui seberapa baik metode *high pass filter* dalam mempertajam citra. Sesuai dengan aturan MSE dan PSNR apabila nilai MSE yang dikeluarkan rendah maka citra hasil semakin baik dan berbanding berbalik dengan nilai PSNR. Pada aturan PSNR semakin tinggi nilainya maka semakin baik pula citra yang dihasilkan. Jadi citra hasil dikatakan baik apabila menghasilkan nilai MSE yang rendah dan nilai PSNR yang tinggi.

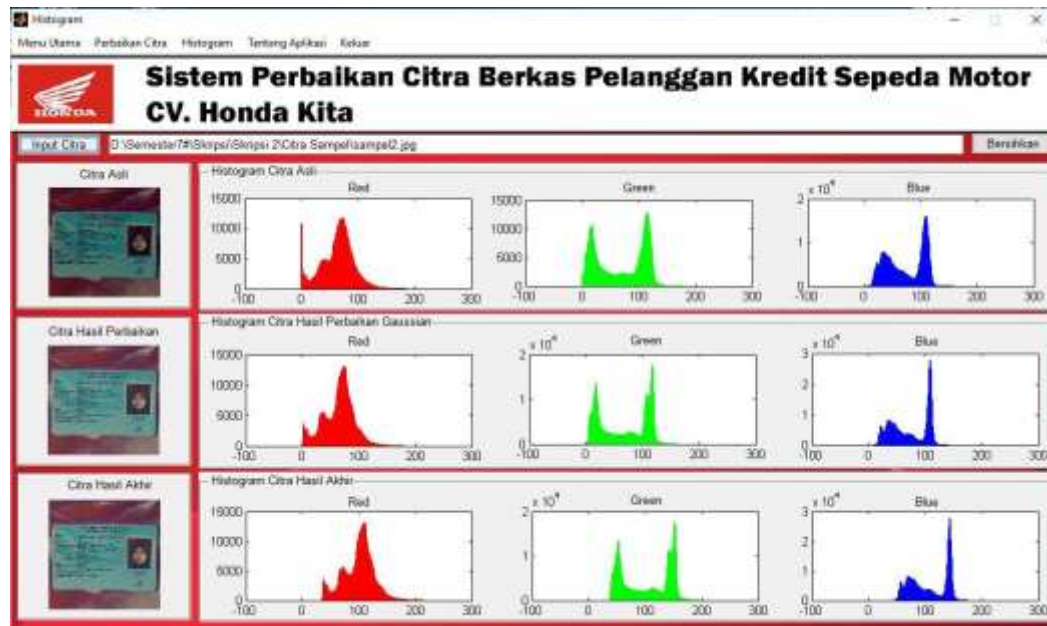
c) Tampilan Halaman Histogram

Halaman histogram digunakan untuk melihat perbandingan histogram RGB dari citra berkas sebelum dilakukan perbaikan dengan *gaussian filter* (citra asli), setelah diperbaiki dengan *gaussian filter*, dan setelah dipertajam dengan *high-pass filter*. Tampilan awal halaman histogram dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan sistem awal halaman histogram

Histogram yang dimunculkan pada sistem adalah histogram model warna RGB (*Red, Green, Blue*) karena citra yang digunakan pada penelitian ini adalah citra berkas dengan jenis RGB. Histogram RGB terdiri dari tiga komponen terpisah karena citra yang dalam format warna RGB dipisahkan menjadi tiga kanal warna terpisah, yaitu *Red* (merah), *Green* (hijau), dan *Blue* (biru). Masing-masing dari kanal warna ini berkisar dari 0 hingga 255 dalam citra 8bit per komponen, dengan nilai 0 mewakili warna gelap (hitam) sedangkan 255 mewakili warna cerah (putih). Histogram citra berkas dapat dilihat dengan meng-*input* citra terlebih dahulu menggunakan tombol input citra. Setelah citra berhasil di-*input* maka sistem secara otomatis langsung menampilkan histogram RGB dari masing-masing citra seperti yang terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Tampilan sistem halaman histogram setelah *input* citra berhasil

Histogram menggambarkan seberapa sering nilai *pixel* dalam masing-masing komponen warna *Red*, *Green*, dan *Blue* muncul dalam citra berkas mulai dari citra asli, citra hasil perbaikan, dan citra hasil akhir. Pada histogram Gambar 12 menunjukkan perbandingan intensitas *pixel* pada citra dalam model warna RGB sebelum dan setelah pengolahan. Intensitas *pixel* citra berkas tersebut mengalami perubahan setelah dilakukan perbaikan citra dengan *gaussian filter* dan penajaman citra dengan *high pass filter*. Pada sumbu horizontal menunjukkan nilai *pixel* citra digital, sedangkan sumbu vertikal mewakili frekuensi atau jumlah kemunculan nilai-nilai *pixel* citra tersebut. Histogram citra asli menunjukkan intensitas *pixel* dari masing-masing kanal warna yaitu *red*, *green*, dan *blue* dengan kanal bernilai rendah. Artinya citra tersebut adalah sebuah citra dengan dominasi warna gelap. Pada histogram citra hasil perbaikan gaussian nilai kanal warna *red*, *green*, dan *blue* menjadi sedikit lebih tinggi dari citra awal. Artinya citra berkas menjadi sedikit lebih cerah dari sebelumnya. Sedangkan pada histogram citra hasil akhir, kanal warna bernilai lebih tinggi dari histogram citra hasil perbaikan gaussian. Hal ini berarti citra mengalami peningkatan warna menjadi lebih cerah lagi setelah dilakukan penajaman *high pass filter*.

B. Hasil Pengujian

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap pengujian. Tahap pertama adalah pengujian perbaikan citra berkas pelanggan kredit sepeda motor yang mengalami penurunan kualitas seperti citra ber-*noise* atau kontras citra yang tidak sesuai dengan menggunakan metode *gaussian filter*. Pengujian ini dilakukan untuk melihat citra hasil dari proses perbaikan dengan metode *gaussian filter* dan untuk mengetahui seberapa baik metode *gaussian filter* dalam melakukan perbaikan citra berkas. Tahap kedua adalah pengujian untuk mempertajam citra berkas pelanggan kredit sepeda motor yang telah dilakukan perbaikan citra dengan metode *gaussian filter* sebelumnya. Pengujian ini dilakukan untuk mempertajam dan memperjelas detail citra berkas pelanggan kredit sepeda motor hasil dari perbaikan *gaussian filter* dan untuk mengetahui seberapa baik kinerja metode ini dalam mempertajam citra berkas. Indikator yang digunakan untuk mengukur kinerja dari metode *gaussian filter* dan metode *high pass filter* adalah nilai MSE dan PSNR. Citra sampel yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Citra asli sampel uji coba (citra berkas pelanggan kredit motor CV. Honda Kita)

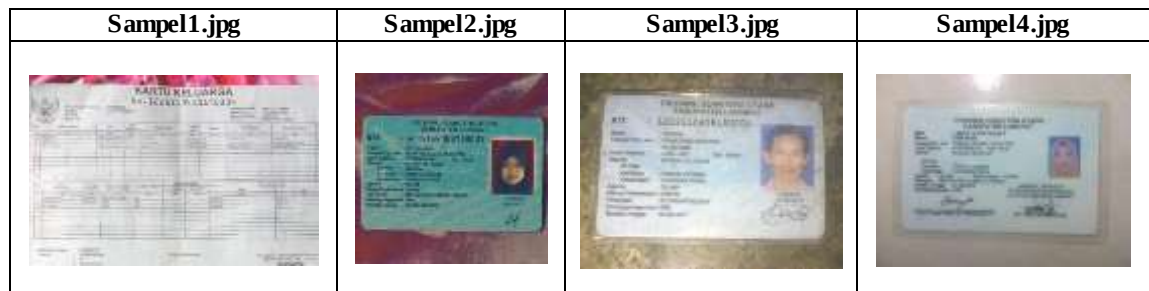
Citra Asli Sampel Uji Coba	Nama Citra	Jenis Citra	Ukuran	Dimensi
	Sampel1.jpg	RGB	238830 byte	1036 x 680
	Sampel2.jpg	RGB	164885 byte	780 x 770
	Sampel3.jpg	RGB	490149 byte	1600 x 1189
	Sampel4.jpg	RGB	222284 byte	1274 x 960

Uji coba dilakukan menggunakan 4 sampel citra berkas pelanggan kredit sepeda motor CV. Honda Kita yang berbeda yang dapat dilihat pada Tabel 7. Seluruh citra sampel dalam format JPG dengan jenis citra RGB. Masing-masing citra sampel memiliki ukuran dan dimensi *pixel* yang berbeda. Uji coba dilakukan secara bertahap satu per satu dimulai dari sampel pertama sampai dengan sampel keempat. Pada pengujian ini dilihat apakah hasil yang diperoleh sudah sesuai dengan tujuan awal dari perancangan sistem yang sudah ditentukan sebelumnya.

a) Pengujian Tahap 1

Pengujian tahap 1 dilakukan untuk menguji metode *gaussian filter* dalam melakukan perbaikan citra berkas pelanggan kredit sepeda motor yang mengalami penurunan kualitas seperti citra ber-*noise* atau kontras citra yang tidak sesuai. Pengujian ini dilakukan untuk melihat citra hasil dari proses perbaikan metode *gaussian filter* dan untuk mengetahui seberapa baik metode *gaussian filter* dalam melakukan perbaikan citra berkas berdasarkan nilai MSE dan PSNR. Pada pengujian tahap 1 ini sistem dapat melakukan perbaikan citra dengan baik. Waktu dalam memproses citra berkas cukup cepat dengan waktu 3 sampai 5 detik. Citra hasil uji coba dari pengujian tahap 1 ini dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Citra hasil perbaikan dengan metode *gaussian filter*



Tabel 8 memperlihatkan citra hasil dari proses perbaikan dengan menggunakan metode *gaussian filter*. Dapat dilihat bahwa citra berkas yang telah dilakukan proses perbaikan dengan metode *gaussian filter* menjadi lebih terang dari sebelumnya, *noise* pada citra berkas tidak terlihat, serta gambar yang dihasilkan juga terlihat *smooth*. Data MSE dan PSNR dari proses perbaikan ini dapat dilihat pada Tabel 9.

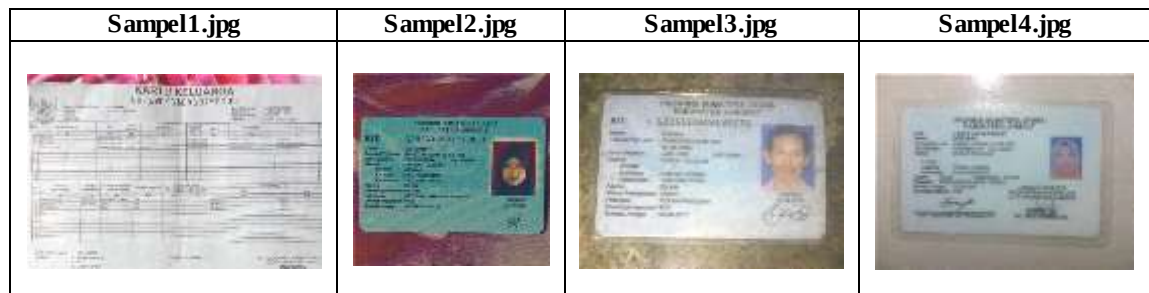
Tabel 9. Nilai MSE dan PSNR dari proses perbaikan citra dengan metode *gaussian filter*

Nama Citra	Nilai MSE	Nilai PSNR
sampel1.jpg	0.47509	51.3971
sampel2.jpg	0.00430	71.8272
Sampel3.jpg	0.02539	64.1177
Sampel4.jpg	0.09799	58.2526
Nilai rata-rata	0.1506925	61.39865

Tabel 9 memperlihatkan nilai MSE dan PSNR dari masing-masing citra sampel yang dilakukan uji coba perbaikan citra dengan metode *gaussian filter*. Berdasarkan aturan MSE yang menyatakan semakin mirip kedua citra maka nilai MSE-nya semakin mendekati nilai nol. Tidak ada batas maksimal yang ketat untuk nilai MSE, karena nilai MSE tergantung pada seberapa besar perbedaan antara citra asli dan citra hasil. Sedangkan untuk nilai PSNR, dikatakan baik (sedang) apabila memiliki nilai PSNR antara 30 hingga 40 dB, sangat baik > 40 dB, dan kurang baik apabila < 30 dB. Dari Tabel 9 dapat dilihat nilai MSE dari proses perbaikan dengan metode *gaussian filter* seluruh citra sampel berada pada kisaran nilai 0 dengan perolehan nilai rata-ratanya hanya 0.1506925. Untuk nilai PSNR yang diperoleh dari masing-masing citra hasil perbaikan metode *gaussian filter* ini berada diatas 40 dB, dengan perolehan nilai rata-rata 61.39865. Nilai ini terbilang sangat tinggi dan masuk kedalam kategori sangat baik karena berada diatas 40 dB. Berdasarkan perolehan nilai MSE dan PSNR tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode *gaussian filter* bekerja dengan sangat baik dalam memperbaiki citra berkas yang mengalami penurunan kualitas.

b) Pengujian Tahap 2

Pengujian tahap 2 dilakukan untuk menguji metode *high pass filter* dalam melakukan penajaman citra berkas pelanggan kredit sepeda motor hasil dari proses perbaikan dengan metode *gaussian filter* pada pengujian tahap 1. Pengujian ini dilakukan untuk mempertajam dan memperjelas detail citra berkas pelanggan kredit sepeda motor hasil dari perbaikan *gaussian filter* dan untuk mengetahui seberapa baik kinerja metode ini dalam mempertajam citra berkas. Sama halnya pada pengujian metode *gaussian filter* sebelumnya, indikator yang digunakan sebagai pengukur adalah nilai MSE dan PSNR citra. Citra hasil uji coba dari pengujian tahap 2 ini dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Citra hasil penajaman dengan metode *high pass filter*

Tabel 10 memperlihatkan citra hasil dari proses penajaman dengan menggunakan metode *high pass filter*. Dapat dilihat bahwa citra berkas yang telah dilakukan proses penajaman dengan metode *high pass filter* menjadi lebih tajam. Detail-detail penting seperti data-data yang terdapat pada citra menjadi lebih jelas dari sebelumnya. Dari proses ini diperoleh nilai MSE dan PSNR yang dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Nilai MSE dan PSNR dari proses perbaikan citra dengan metode *high pass filter*

Nama Citra	Nilai MSE	Nilai PSNR
sampel1.jpg	11.2696	37.6457
sampel2.jpg	7.6994	39.3002
Sampel3.jpg	2.9648	43.4448
Sampel4.jpg	1.808	45.5928
Nilai rata-rata	5.93545	41.495875

Tabel 11 memperlihatkan nilai MSE dan PSNR dari masing-masing citra sampel yang dilakukan uji coba perbaikan citra dengan metode *high pass filter*. Dapat dilihat nilai MSE dari proses penajaman dengan metode *high pass filter* seluruh citra sampel berada pada kisaran nilai yang berbeda-beda dengan perolehan nilai rata-ratanya 5.93545. Walaupun tidak mencapai kisaran nilai 0 namun perolehan ini masih sangat baik karena nilai rata-rata yang didapatkan dari proses ini hanya mencapai kisaran 5.93, nilai ini masih terbilang sangat rendah. Sementara nilai rata-rata PSNR yang diperoleh dari proses penajaman citra dengan metode *high pass filter* ini adalah 41.495875. Nilai ini terbilang tinggi dan masuk kedalam kategori sangat baik karena berada diatas 40 dB. Berdasarkan perolehan nilai MSE dan PSNR tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode *high pass filter* bekerja dengan sangat baik dalam mempertajam citra berkas hasil dari proses perbaikan citra dengan metode *gaussian filter*.

Hasil keseluruhan dari proses pengujian perbaikan *gaussian filter* dan penajaman *high-pass filter* ini, metode *gaussian filter* memperoleh nilai rata-rata MSE 0.1506925 dan nilai rata-rata PSNR 61.39865. Dari perolehan nilai ini dapat dinyatakan bahwa metode *gaussian filter* mampu memperbaiki citra berkas dengan sangat baik karena perolehan rata-rata nilai MSE berada pada kisaran 0.1 yang terbilang sangat rendah dan perolehan rata-rata nilai PSNR berada pada kisaran 61 dB yang terbilang sangat tinggi dan masuk kedalam kategori sangat baik karena berada diatas 40 dB. Sementara metode *high-pass filter* memperoleh nilai rata-rata MSE 5.93545 dan nilai rata-rata PSNR 41.495875. Dari hasil perolehan nilai ini, dapat dinyatakan bahwa metode *high-pass filter* terbukti mampu mempertajam citra hasil *gaussian filter* dengan baik karena perolehan rata-rata nilai MSE berada pada kisaran 5.9 yang terbilang rendah dan perolehan rata-rata nilai PSNR berada pada kisaran 41 dB yang terbilang tinggi dan masuk kedalam kategori sangat baik karena berada diatas 40 dB.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada sistem perbaikan citra berkas pelanggan kredit sepeda motor menggunakan metode *gaussian filter*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Metode *gaussian filter* mampu memperbaiki citra berkas dengan sangat baik dengan perolehan rata-rata nilai MSE 0.1506925 dan perolehan rata-rata nilai PSNR 61.39865 dB.
2. Metode *high pass filter* mampu mempertajam citra berkas dengan baik dengan perolehan rata-rata nilai MSE 5.93545 dan perolehan rata-rata nilai PSNR 41.495875 dB.
3. Kombinasi metode *gaussian filter* dengan metode *high pass filter* terbukti mampu menghasilkan citra berkas yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Potensi Utama yang telah memberikan kesempatan pada penulis agar menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Penulis berharap karya tulis ilmiah dapat bermanfaat untuk banyak orang.

REFERENSI

- [1] Ramadhan, T., Wara, F. A., & Reja, I. D. (2023). Analisis Perbaikan Citra Digital Menggunakan Metode Contrast Stretching. *Jurnal in Create (Inovasi Dan Kreasi Dalam Teknologi Informasi)*, 9(1), 66–76.
- [2] Sriani, Zufria, I., & Syahnan, M. (2022). Improved Digital Image Quality Using the Gaussian Filter Method. 5(158), 556–563.
- [3] Satya, I. D. G. R., & Widiartha, I. M. (2021). Gaussian Filtering Method to Remove Noise in Images. *JELIKU (Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana)*, 10(1), 53.
- [4] Zanuvar, D., Prastya, E., Pamungkas, D. P., & Niswatin, R. K. (2022). Implementasi Metode Gaussian Filter Dan Median Filter Untuk Penghalusan Gambar. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 178–187.
- [5] Sinurat, S., & Siagian, E. R. (2021). Peningkatan Kualitas Citra Dengan Gaussian Filter Terhadap Citra Hasil Deteksi Robert. *Pelita Informatika : Informasi Dan Informatika*, 9(3), 225–231.
- [6] Yu, J. (2023). Based on Gaussian filter to improve the effect of the images in Gaussian noise and pepper noise. *Journal of Physics: Conference Series*, 2580(1), 012062.
- [7] Mubarak, A. S., Ameen, Z. S., & Al-Turjman, F. (2023). Effect of Gaussian filtered images on Mask RCNN in detection and segmentation of potholes in smart cities. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 20(1), 283–295.
- [8] Matius, T., Mulyana, S., Widyaningrum, D., & Ginting, J. A. (2022). Building Drawing Line Art with High Pass Filtering and Image Morphology. 5(7), 66–70.
- [9] Jurgelaitis, M., Ceponiene, L., & Butkiene, R. (2022). Solidity Code Generation From UML State Machines in Model-Driven Smart Contract Development. *IEEE Access*, 10, 33465–33481.
- [10] Komiljonovna, M. L., & Yusupali, M. (2022). Adjuster Synthesizing for the Heat Process with Matlab. *Texas Journal of Engineering and Technology*, 7, 63–66.
- [11] Onyuka, McDubus, F., Kabari, & Giok, L. (2020). *Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology A Spatial Domain for Image Enhancement using Gaussian Filter. December 2019.*
- [12] Furqan, M., Sriani, & Nasution, I. F. (2021). Noise Reduction Using Gaussian, Mean, And Median Filter To Improve Ultrasonography Image Quality. *Infokum*, 10(1), 505–513.

- [13] Wang, G., Tan, F., Jin, S., Pan, L., He, Z., Wang, X., Li, Y., & Li, J. (2022). Image-processing-based automatic crack detection and classification for refractory evaluation. *Ceramics International*, 48(16), 23232–23240.
- [14] Mirjalili, F., & Hardeberg, J. Y. (2022). On the Quantification of Visual Texture Complexity. *Journal of Imaging*, 8(9).
- [15] Utomo, S. B., Irawan, J. F., & Alinra, R. R. (2021). Early warning flood detector adopting camera by Sobel Canny edge detection algorithm method. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 22(3), 1796–1802.
- [16] Rwelli, R. El, Shahin, O. R., & Taloba, A. I. (2021). Gesture based Arabic Sign Language Recognition for Impaired People based on Convolution Neural Network. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(12), 574–582.
- [17] Muhammad, F. A., Nugraha, G. S., & DwiYansaputra, R. (2023). Matlab Program for Sharpening Image due to Lenses Blurring Effect Simulation with Lucy Richardson Deconvolution. *AMPLITUDE: Journal of Science & Technology Innovation*, 2(1), 38–43.
- [18] Simarmata, E. (2022). Implementasi Metode High Pass Filtering Dan Metode Contrast Streching Dalam Perbaikan Kualitas Citra. *Journal of Informatics, Electrical and Electronics Engineering*, 2(2), 31–38.
- [19] Rosnelly, R., Wahyuni, L., Hardianto, Harahap, C. B., & Rahmad, S. (2023). Pelatihan Peningkatan Kualitas Citra Menggunakan Contrast Stretching , High Pass Filter. *CORAL (Community Service Journal)*, 2(2), 300–309.
- [20] Suriyan, K., Ramaingam, N., Rajagopal, S., Sakkarai, J., Asokan, B., & Alagarsamy, M. (2022). Performance analysis of peak signal-to-noise ratio and multipath source routing using different denoising method. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 11(1), 286–292.
- [21] Rosnelly, R., Riza, B. S., Wahyuni, L., Suparni, S., Prasetyo, A., & Rahim, R. (2022). Improvement of Hybrid Image Enhancement for Detection and Classification of Malaria Disease Types and Stages with Artificial Intelligence. *TEM Journal*, 11(2), 535–542.