

Penerapan Metode Interpolasi Linear dan Geometric Mean Filter Pada Citra Resolusi Rendah Hasil Resampling

Application of Linear Interpolation and Geometric Mean Filter Methods to Resampling Low Resolution Images

Ivan Alexander*¹, Mufida Khairani², Dharmawati³

^{1,2,3} Prodi Teknik Informatika Universitas Harapan Medan, Jl. HM. Joni No. 70 C, Teladan Baru Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia.

E-Mail: 1edoalehajanuari@gmail.com, 2mufida.khairani@gmail.com,
3Dharmawati66@yahoo.com

Abstrak

Selain representasi warna yang terkandung dalam sebuah citra digital, ukuran dari citra juga akan sangat berpengaruh pada proses pengolahan citra. Pada beberapa kasus akuisisi citra yang dilakukan, terkadang dihasilkan ukuran citra yang didapat tidak sesuai dengan yang di inginkan. Pada proses pattern recognition, seperti pengenalan plat kendaraan dapat menghasilkan keluaran yang salah jika ukuran citra masukan yang diproses tidak sesuai. Oleh karena itu penentuan ukuran dari suatu citra digital sangat penting dalam proses pengolahan citra lebih lanjut. Untuk mengatasi masalah tersebut dapat dilakukan dengan memperbesar ukuran citra melalui proses interpolasi atau resampling. Perbesaran citra merupakan suatu proses untuk memperbesar ukuran dari suatu citra digital dari ukuran semula menjadi ukuran baru dan berbeda berdasarkan skala perbesaran yang di inginkan. Akan tetapi hasil dari perbesaran citra yang diperoleh selalu terdapat blur, sehingga citra akan terlihat seperti kotak-kotak (pecah-pecah). Keadaan seperti ini terjadi karena di saat proses pembesaran dilakukan resolusi citra baru tersebut menjadi lebih rendah. Sehingga diperlukan metode tambahan untuk memperbaiki kualitas citra hasil resampling. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra resolusi rendah hasil resampling dengan menerapkan metode Interpolasi Linear dan Geometric Mean Filter. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode Interpolasi Linear mampu menghasilkan citra baru yang berukuran lebih besar dari citra aslinya dan metode Geometric Mean Filter dapat memperbaiki kualitas citra hasil pembesaran sehingga detail informasi pada citra menjadi lebih baik dan jelas dilihat secara visual. Dan untuk mengetahui apakah gambar yang di perbesar dari Interpolasi Linear dan Geometric Mean Filter bagus atau tidak, akan menggunakan metode Mean Squared Error (MSE) dan Peak Signal to Noise Ratio (PSNR).

Kata Kunci: Citra, Interpolasi Linear, Geomtric Mean Filter, MSE, PSNR.

Abstract

In addition to the color representation contained in a digital image, the size of the image will also greatly affect the image processing process. In some cases of image acquisition, sometimes the size of the image obtained does not correspond to the desired one. Pattern recognition processes, such as vehicle license plate recognition, may result in incorrect output if the size of the processed input image is not appropriate. Therefore, determining the size of a digital image is very important in further image processing. To solve such problems

can be done by enlarging the size of the image through the process of interpolation or resampling. Image magnification is the process of enlarging the size of a digital image from its original size to a new and different size based on the desired magnification scale. However, as a result of enlarging the image obtained there is always a blur, so the image will look like a checkerboard (split). This situation occurs because during the magnification process the resolution of the new image becomes lower. Thus, additional methods are needed to improve the image quality of the resampling results. This study aims to improve the low-resolution image quality of resampling results by applying Linear Interpolation and Geometric Mean Filter methods. The test results showed that the Linear Interpolation method was able to produce a new image that was larger than the original image and the Geometric Mean Filter method could improve the image quality of the enlarged image so that the details of the information in the image are better and clearly seen visually. And to find out if the image enlarged from the Linear Interpolation and Geometric Mean Filter is good or not, we will use the Mean Squared Error (MSE) and Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) methods.

Keywords: Image, Interpolasi Linear, Geometric Mean Filter, PSNR, MSE.

1. PENDAHULUAN

Salah satu teknologi informasi yang masih berkembang pada saat ini adalah teknologi pengolahan citra (*image processing*). Teknologi ini telah digunakan seperti pada kamera digital, laptop, televisi, dan lain-lain. Pengolahan citra merupakan bagian dari sistem buatan visual yang berfungsi untuk mengolah objek visual ke dalam citra dengan proses digitasi. Pengolahan citra bukan hanya mengolah objek visual menjadi citra melainkan juga menghasilkan *output* atau keluaran lain yakni informasi dari citra.

Secara harfiah citra (*image*) adalah gambar pada bidang dwi matra atau dua dimensi [1]. Citra atau istilah lain untuk gambar sebagai salah satu komponen multimedia yang memegang peranan sangat penting sebagai bentuk informasi visual [2]. Citra atau gambar merupakan komponen multimedia dengan bentuk informasi visual [3]. Citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari suatu objek [4]. Keluaran citra sebagai sistem perekaman data dapat berupa optik berupa foto, atau bentuk *analog* berupa sinyal video, seperti citra pada monitor TV, maupun dalam bentuk digital yang dapat disimpan pada media penyimpanan [3]. Citra dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu citra diam (*still image*) dan citra bergerak (*animated image*) [4]

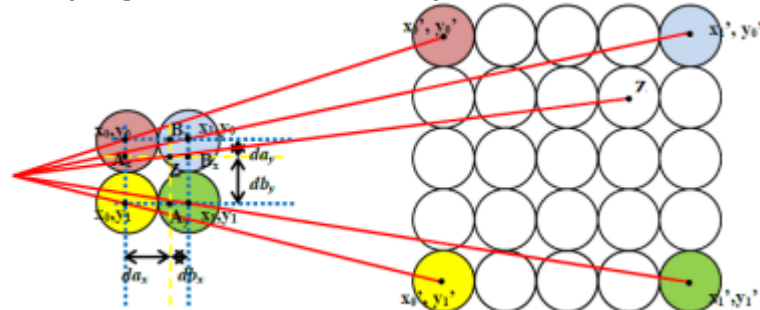
Suatu citra dapat didefinisikan sebagai fungsi $f(x, y)$ berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y adalah koordinat (x, y) dinamakan intensitas atau tingkat keabuan dari citra pada titik tersebut. Apabila nilai x, y dan nilai amplitude f secara keseluruhan berhingga (*finite*) dan bernilai diskrit, maka dapat dikatakan bahwa citra tersebut adalah citra digital [2]. Citra digital dapat ditulis dalam bentuk matrik [4] melalui persamaan berikut:

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & f(1,M-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}$$

Dimana $f(x, y)$ menunjukkan nilai keabuan. Nilai pada baris dan kolom (pada posisi x dan y) sering disebut dengan istilah piksel. Suatu piksel memiliki nilai

dalam rentang tertentu, tergantung dari jenis warnanya. Namun secara umum jangkauannya adalah 0-255 [8]. Citra digital adalah barisan bilangan nyata maupun kompleks yang diwakili oleh *bit-bit* tertentu. Ada sejumlah jenis *file* gambar digital yang tersedia saat ini. Jenis *file* gambar yang paling umum digunakan adalah *Joint Photographic Experts Assemble* (JPEG), *Graphics Interchange Format* (GIF), *Portable Network Graphics* (PNG) dan *Bitmap* (BMP). Jenis *file* gambar didasarkan pada teknik kompresi yang digunakan untuk mengurangi ukuran *file* gambar. Gambar dalam berbagai jenis *file* mungkin berbeda warna, jika warna telah digunakan.

Ketika sebuah citra diperbesar dengan cara memproyeksikan semua piksel dari citra asal ke citra hasil, maka akan ada piksel-piksel kosong yang terdapat pada citra hasil. Hal ini dikarenakan jumlah piksel yang terdapat pada citra hasil jelas akan lebih banyak dari jumlah piksel citra asal, sehingga akan terdapat piksel-piksel pada citra hasil yang tidak diketahui nilainya.



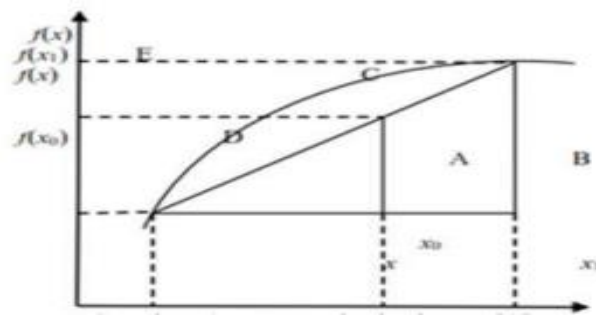
Gambar 1. Proses Perbesaran Citra

2. METODOLOGI PENELITIAN

Perbesaran pada citra merupakan bagian dari proses skala citra yang merupakan sebuah contoh dari proses resampling sebuah citra, citra uji yang digunakan yaitu hanya berformat *bitmap (.bmp)*, dan aplikasi ini akan dirancang menggunakan bahasa pemrograman *Microsoft Visual C#NET*. Maka penulis menggunakan beberapa metode penelitian untuk menyelesaikan permasalahan perbesaran citra seperti metode Interpolasi Linear, Geometric Mean Filter, *Mean Squared Error (MSE)* dan *Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)* dan *Flowchart*

2.1 Interpolasi Linear

Bentuk paling sederhana dari interpolasi adalah menghubungkan dua buah titik data garis data dengan garis lurus. Diketahui nilai suatu fungsi di titik x_0 dan x_1 , yaitu $f(x_0)$ dan $f(x_1)$. Dengan metode *Interpolasi Linear* akan dicari nilai fungsi di titik x , yaitu $f_1(x)$, dimana indeks 1 pada $f_1(x)$ menunjukkan bahwa interpolasi dilakukan dengan interpolasi polinomial order 1 dari dua segi tiga sebangun ABC dan ADE [5]



Gambar 2. Interpolasi Linear

Dari gambar di atas dapat dituliskan bahwa BC berbanding AB senilai dengan DE berbanding AD, dan dituliskan dalam bentuk rumus dibawah ini.

$$\frac{BC}{AB} = \frac{DE}{AD}$$

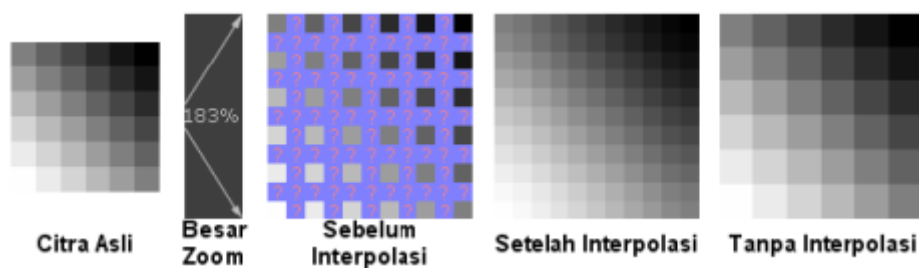
$$\frac{f(x) - f(x_0)}{f(x_1) - f(x_0)} = \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}$$

Kemudian dapat diatur kembali supaya memenuhi sebuah formula *Interpolasi Linear*, dapat dilihat pada rumus dibawah ini.

$$f(x) = f(x_0) + \frac{f(x_1) - f(x_0)}{(x_1 - x_0)}(x - x_0)$$

Keterangan rumus diatas sebagai berikut:

- $f(x)$: intensitas warna RGB titik yang dicari
- $f(x_0)$: intensitas warna RGB titik sebelah kiri
- $f(x_1)$: intensitas warna RGB titik sebelah kanan
- x_0 : posisi titik sebelah kiri
- x_1 : posisi titik sebelah kanan
- x : titik yang dicari



Gambar 3. Ilustrasi Interpolasi Citra Digital

2.2 Geometric Mean Filter

Metode *Geometric Mean Filter* adalah metode filtering yang setiap pikselnya diperbaiki dan diganti oleh hasil kali masing-masing piksel dalam *subimage window* atau kernel konvolusi citra kemudian dipangkatkan dengan $\frac{1}{MN}$ [6] .

Adapun rumus yang digunakan untuk metode *Geometric Mean Filter* adalah dengan menggunakan persamaan berikut.

$$f(x, y) = \left[\prod_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t) \right]^{\frac{1}{mn}}$$

Keterangan persamaan diatas sebagai berikut:

$f(x, y)$: nilai koordinat piksel hasil *filtering*

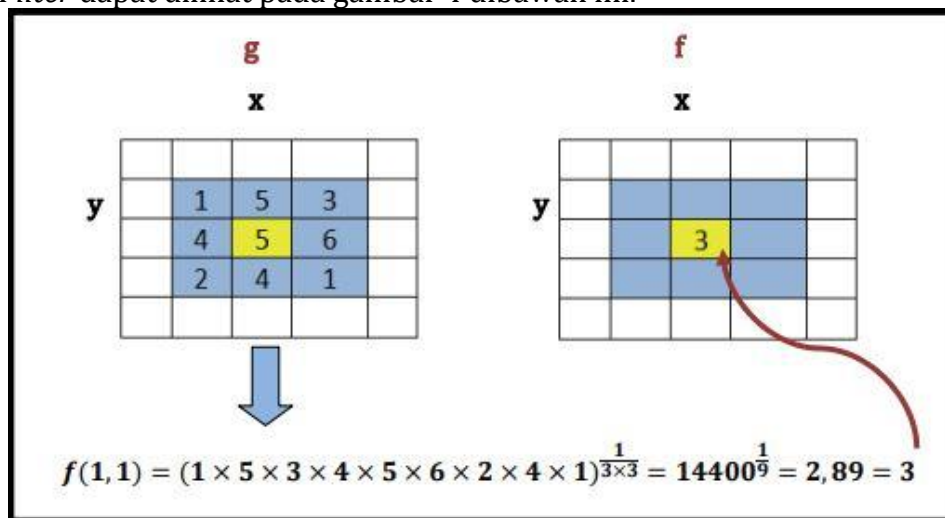
mn : dimensi kernel *filter*

$g(s, t)$: nilai intensitas piksel yang akan diganti dengan nilai hasil *filtering*

$\prod_{(s,t) \in S_{xy}}$: perkalian nilai piksel yang terkena proses *filtering*

Penelitian yang dilakukan oleh [4] dapat disimpulkan bahwa metode *Geometric Mean Filter* dapat mereduksi *noise* pada citra dengan cara mengganti nilai piksel dengan nilai tengah (rata-rata) intensitas piksel citra yang mengandung *noise*. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan digunakan metode *Geometric Mean Filter* untuk menghilangkan degradasi pada citra saat algoritma *Interpolasi Linear* diterapkan sehingga kualitas citra yang dihasilkan menjadi lebih baik.

Adapun ilustrasi dari proses perhitungan dengan menggunakan metode *Geometric Mean Filter* dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Proses Perhitungan Metode *Geometric Mean Filter*

Hasil perhitungan metode *Geometric Mean Filter* pada $g(1,1)$ adalah $f(1,1) = 3$, sehingga nilai 5 diganti dengan nilai 3.

2.3 MSE dan PSNR

Penilaian kualitas citra secara objektif dalam penelitian ini adalah menggunakan MSE (*Mean Square Error*) dan PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) yang merupakan indeks kualitas yang paling umum digunakan.

MSE dihitung dari sebuah contoh objek yang kemudian dibandingkan dengan objek aslinya, sehingga dapat diketahui tingkat ketidaksesuaiannya antara objek contoh dengan aslinya. Sedangkan PSNR adalah nilai perbandingan antara citra asli (f) dengan citra yang diuji (g) berdasarkan atas perbedaan nilai piksel kedua citra. Kedua citra mempunyai ukuran yang sama $M \times N$. Adapun rumus yang digunakan untuk mencari nilai PSNR [7] adalah dengan menggunakan rumus berikut.

$$PSNR(f, g) = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{MSE(f, g)} \right)$$

Sebelum mencari nilai PSNR, maka harus dicari terlebih dahulu nilai MSE. MSE adalah suatu nilai yang dihitung dengan merata-ratakan nilai intensitas kuadrat. Nilai intensitas yang dimaksud adalah perbedaan antara citra asli dengan citra uji. Semakin tinggi nilai PSNR maka semakin tinggi pula kualitas citranya. Adapun rumus yang digunakan untuk mencari nilai MSE adalah dengan menggunakan rumus berikut.

$$MSE(f, g) = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f_{ij} - g_{ij})^2$$

Keterangan dari rumus diatas sebagai berikut:

M : panjang citra hasil pengolahan

N : lebar citra hasil pengolahan

f_{ij} : nilai pixel dari citra asli

g_{ij} : nilai pixel dari citra hasil pengolahan (citra uji)

MSE adalah rata-rata kuadrat nilai kesalahan antara citra asli sebelum mengalami proses *filtering* dengan citra hasil yang telah mengalami proses *filtering*. Nilai MSE yang semakin kecil menandakan prosedur *filtering* yang digunakan semakin baik. Hal ini dikarenakan kualitas citra sebelum mengalami proses *filtering* hampir sama dengan kualitas citra setelah mengalami proses *filtering*. Semakin besar nilai PSNR, semakin bagus kualitas citra hasil *filtering*.

Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai MSE dan PSNR, misalkan terdapat nilai piksel citra *input* dan piksel citra *output* sebagai berikut:

A,B(i,j)	0	1	2	3	4	5
0	160	100	255	80	189	201
1	87	130	124	89	100	255
2	120	132	100	255	240	189
3	125	220	130	83	140	88
4	70	187	181	100	255	197
5	243	86	255	234	65	87

A,B(i,j)	0	1	2	3	4	5
0	210	96	255	83	223	231
1	87	142	124	255	86	255
2	134	129	100	255	210	189
3	120	135	100	83	127	255
4	70	137	231	86	255	197
5	255	86	76	234	120	53

Gambar 5. (a) Ilustrasi Piksel Cover Input (b) Ilustrasi Piksel Output

Untuk mencari nilai PSNR, maka langkah pertama adalah menghitung nilai MSE (*Means Square Error*). MSE digunakan untuk menghitung beda (kesalahan) antara *cover image* dan *stego image*, secara matematis nilai MSE dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.7).

$$MSE = \frac{(210 - 160)^2 + (96 - 100)^2 + (255 - 255)^2 + (83 - 80)^2 + (223 - 189)^2 + (231 - 201)^2 + (87 - 87)^2 + (142 - 130)^2 + (124 - 124)^2 + (255 - 89)^2 + (86 - 100)^2 + (255 - 255)^2 + (134 - 120)^2 + (129 - 132)^2 + (100 - 100)^2 + (255 - 255)^2 + (210 - 240)^2 + (189 - 189)^2 + (120 - 125)^2 + (135 - 220)^2 + (100 - 130)^2 + (83 - 83)^2 + (127 - 140)^2 + (255 - 88)^2 + (70 - 70)^2 + (137 - 187)^2 + (231 - 181)^2 + (86 - 100)^2 + (255 - 255)^2 + (197 - 197)^2 + (255 - 243)^2 + (86 - 86)^2 + (76 - 255)^2 + (234 - 234)^2 + (120 - 65)^2 + (53 - 87)^2}{6 * 6}$$

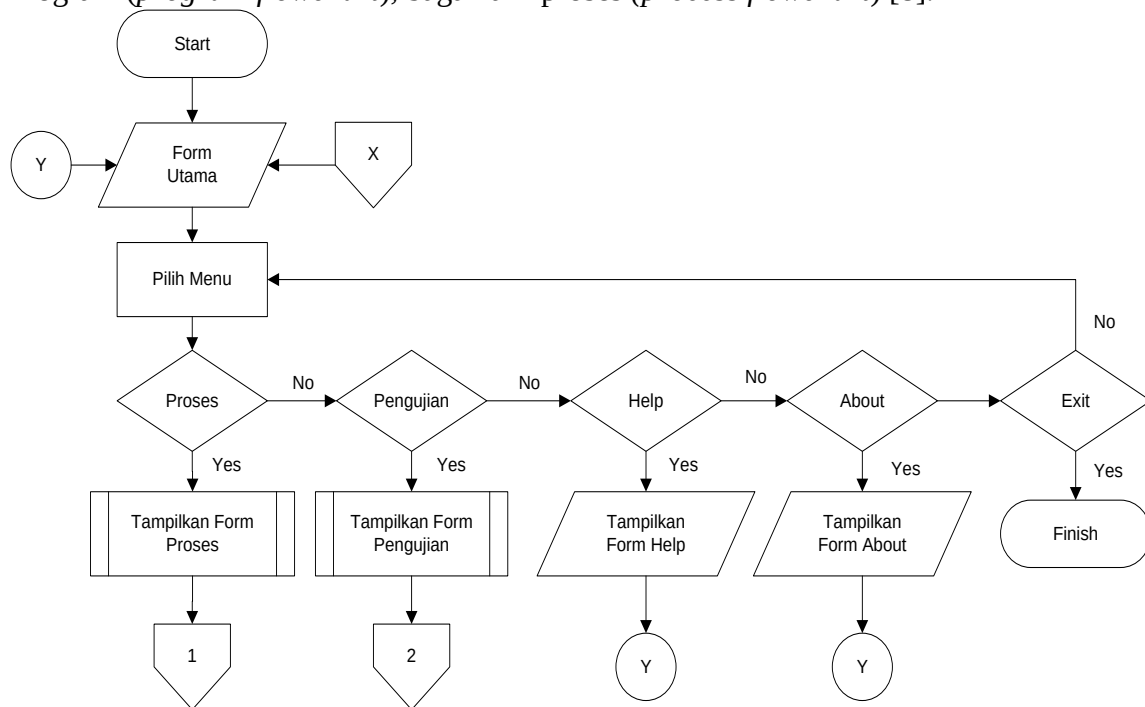
$$MSE = \frac{2500 + 16 + 0 + 9 + 1156 + 900 + 0 + 144 + 0 + 27556 + 196 + 0 + 196 + 9 + 0 + 0 + 900 + 0 + 25 + 7225 + 900 + 0 + 169 + 27889}{36} = 3093,111$$

Setelah nilai MSE didapatkan, maka nilai PSNR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.6).

$$PSNR = 10 * \log_{10} \left(\frac{255^2}{3093,111} \right) = 13,22685$$

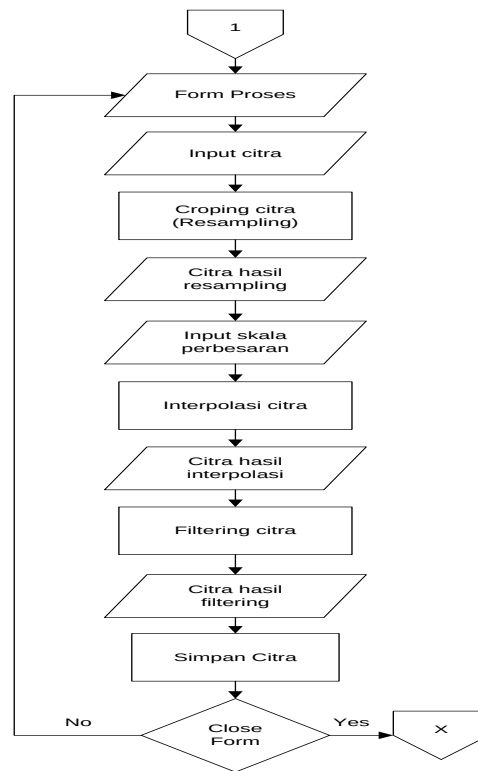
2.4 Flowchart

Flowchart atau diagram alir adalah representasi secara simbolik dari suatu algoritma atau prosedur untuk menyelesaikan suatu masalah. *Flowchart* adalah bagan (*chart*) yang menunjukkan alir (*flow*) di dalam program atau prosedur sistem secara logika. Ada lima macam bagan alir, di antaranya bagan alir sistem (*system flowchart*), bagan alir dokumen (*document flowchart*), bagan alir skematik (*schematic flowchart*), Bagan Alir Program (*program flowchart*), bagan alir proses (*process flowchart*) [8].



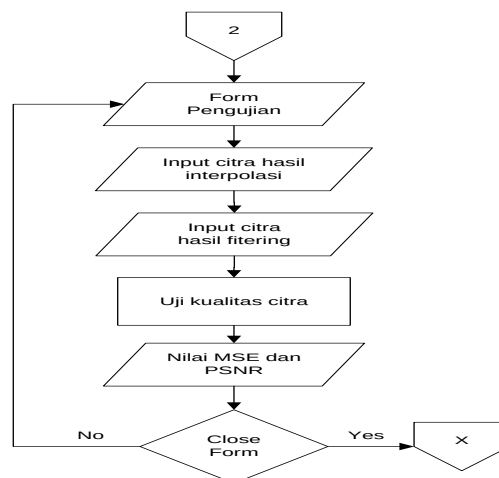
Gambar 6. *Flowchart* Sistem

Pada gambar 6 menunjukkan *flowchart* dari alur proses saat sistem menampilkan halaman utama. Pada halaman utama, *user* dapat mengakses lima buah menu yang terdapat pada halaman utama. Jika memilih menu proses maka sistem akan menampilkan halaman proses perbesaran atau interpolasi pada citra dengan menggunakan algoritma *Interpolasi Linear* dan dilanjutkan dengan proses *filtering* pada citra yang telah di interpolasi dengan menggunakan metode *Geometric Mean Filter*, jika tidak maka pilih menu pengujian yang akan menampilkan halaman untuk proses pengujian kualitas citra pada hasil *filtering* metode *Geometric Mean Filter* dengan menggunakan parameter nilai *Mean Squared Error* (MSE) dan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR)



Gambar 7. Flowchart Sistem Pada Form Proses

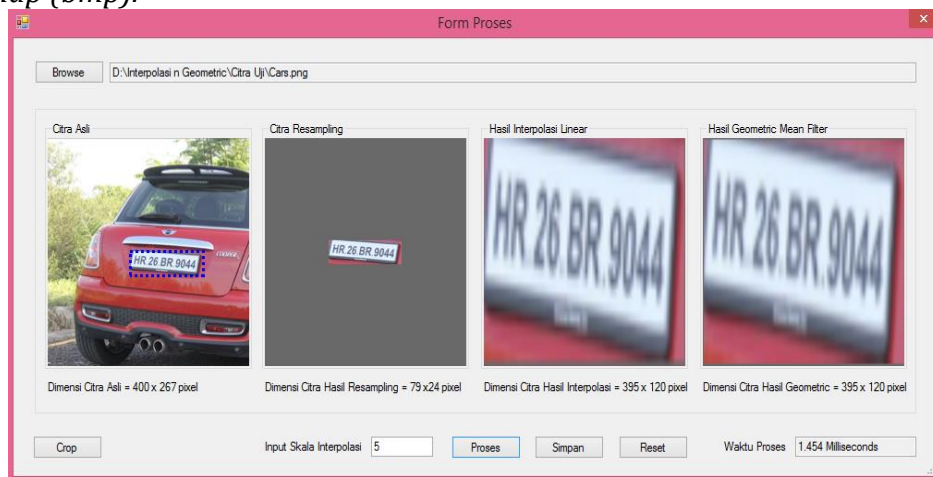
Pada gambar 7 menunjukkan alur proses saat sistem menampilkan *form* atau halaman proses. Pada halaman ini, *user* dapat melakukan proses interpolasi atau perbesaran pada citra hasil *resampling* kemudian melakukan proses *filtering* pada citra hasil interpolasi. Pada gambar 8 dibawah ini juga menunjukkan alur proses saat sistem menampilkan *form* atau halaman pengujian. *Flowchart* sistem pada halaman pengujian dimulai dengan menampilkan *form* atau halaman pengujian, selanjutnya dilakukan penginputan citra hasil interpolasi dan citra citra hasil *filtering*.



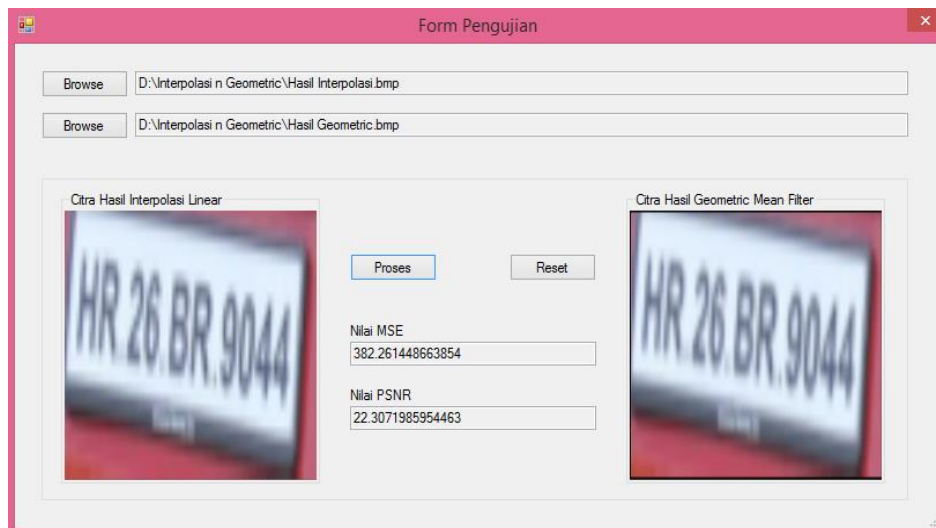
Gambar 8. Flowchart Sistem Pada Form Pengujian

3. Hasil dan Pembahasan.

Penulis merancang aplikasi menggunakan program *Microsoft Visual C# NET* untuk mencari hasil Interpolasi Linear dan Geometric mean filter serta mencari nilai MSE dan PSNR nya Seperti yang sudah di jelaskan di flowchart bahwa disini penulis hanya menggunakan menu proses dan pengujian untuk mencari nilai MSE dan PSNR nya. Jenis file citra yang proses yaitu berformat *JPG/PNG*, dan format citra yang dihasilkan dari proses resampling yaitu berformat *bitmap (bmp)*.



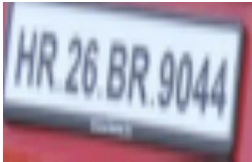
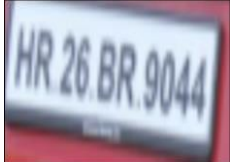
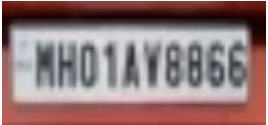
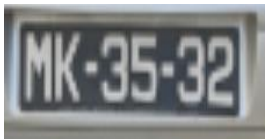
Gambar 9. Hasil Proses Resampling Citra pada BK Mobil



Gambar 10. Hasil Nilai MSE dan PSNR dari Citra Resampling

Berikut adalah 10 Contoh Pengujian sistem Interpolasi Linear dan Geometric Mean Filter untuk mencari hasil MSE dan PSNR nya.

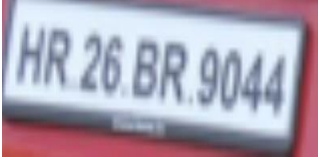
Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem

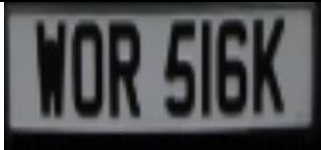
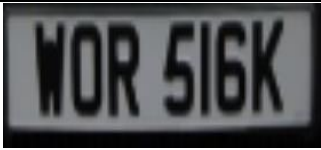
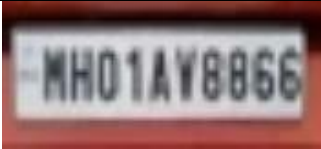
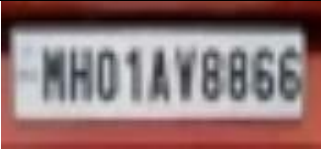
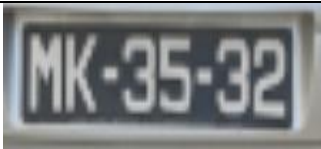
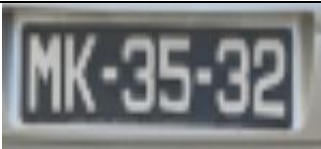
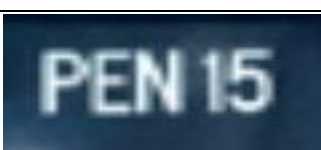
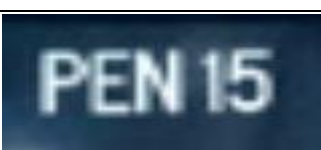
Citra Asli	Citra Resampling	Hasil Interpolasi Linear (Skala 3)	Hasil Geometric Mean Filter
 400x267 piksel	 84x31 piksel	 252x93 piksel	 252x93 piksel
 400x267 piksel	 41x16 piksel	 123x48 piksel	 123x48 piksel
 400x225 piksel	 73x25 piksel	 219x75 piksel	 219x75 piksel
 400x248 piksel	 73x33 piksel	 219x99 piksel	 219x99 piksel
 400x305 piksel	 93x29 piksel	 279x87 piksel	 279x87 piksel
 442x333 piksel	 59x25 piksel	 177x75 piksel	 177x75 piksel
 400x332 piksel	 75x28 piksel	 225x84 piksel	 225x84 piksel

 400x265 piksel	 51x25 piksel	 153x75 piksel	 153x75 piksel
 600x411 piksel	 52x33 piksel	 156x99 piksel	 156x99 piksel
 320x260 piksel	 40x27 piksel	 120x81 piksel	 120x81 piksel

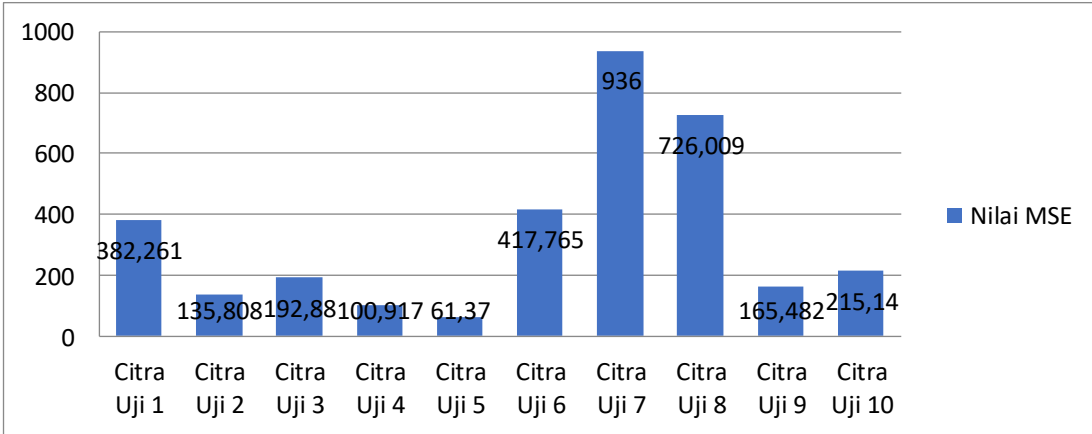
Hasil pengujian pada tabel 1 menunjukkan bahwa secara visual citra hasil *resampling* memiliki resolusi yang terlalu kecil yang mengakibatkan citra mengalami degradasi atau kabur sehingga detail informasi pada citra tidak terlihat dengan jelas.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kualitas Citra dengan Indikator Nilai MSE

No.	Hasil Interpolasi Linear	Hasil Geometric Mean Filter	MSE
1.			382,261
2.			135,808
3.			192,880
4.			100,917

5.			61,370
6.			417,765
7.			936,000
8.			726,099
9.			165,482
10.			215,140
Rata-rata MSE			333,372

Berdasarkan hasil pengujian kualitas citra terhadap sepuluh buah citra seperti terlihat pada tabel 2 dengan indikator nilai MSE menunjukkan bahwa dari sepuluh kali pengujian didapatkan nilai MSE yang cukup besar, sehingga dapat disimpulkan bahwa kualitas citra hasil *Geometric Mean Filter* yang dihasilkan mengalami penurunan kualitas citra. Adapun grafik perbandingan pengujian kualitas citra berdasarkan nilai MSE pada tabel 4.2 dapat disajikan pada gambar 11



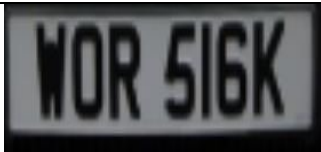
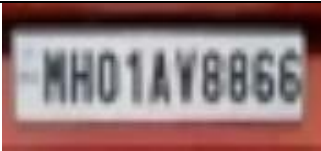
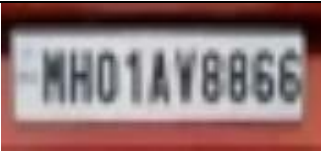
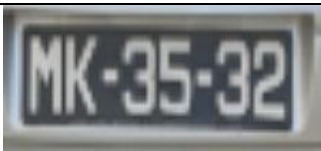
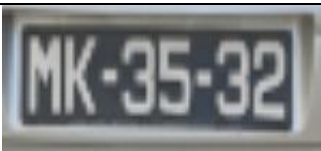
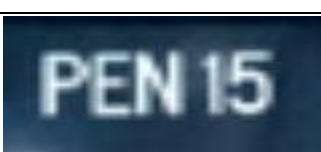
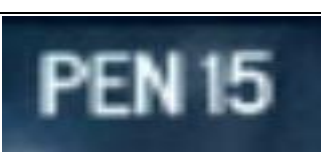
Gambar 11. Grafik Perbandingan MSE Terhadap Citra Uji

Pada gambar 11 keseluruhan skenario uji mendapatkan nilai MSE yang cukup besar atau tinggi, artinya penggunaan metode *Geometric Mean Filter* dalam meningkatkan kualitas citra hasil *Interpolasi Linear* berdasarkan indikator nilai MSE kurang baik, dengan rata-rata nilai MSE yaitu 333,372. Nilai MSE paling kecil atau rendah pada citra uji 5 yaitu sebesar 61,370.

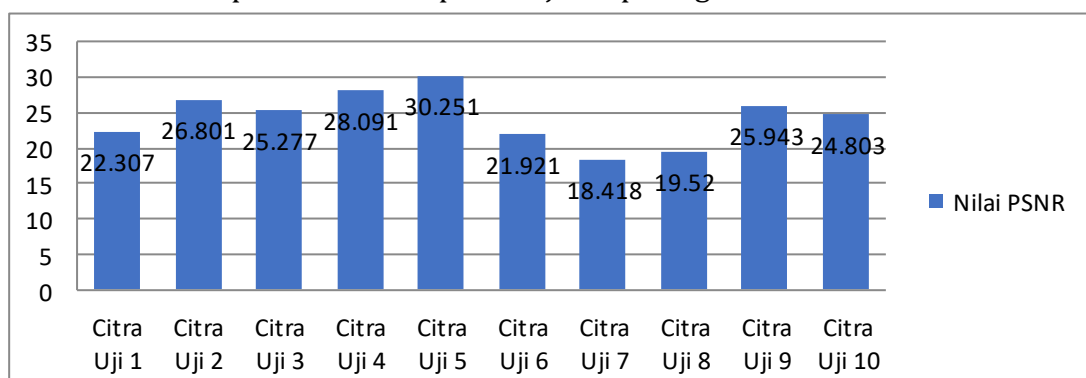
Sedangkan perbandingan kualitas citra hasil *Interpolasi Linear* setelah di *filter* dengan menggunakan metode *Geometric Mean Filter* berdasarkan inidkator nilai PSNR yang diambil dari hasil implementasi pengujian pada aplikasi yang telah dibuat seperti disajikan pada tabel

Tabel 3. Hasil pengujian citra dengan indikator nilai PSNR

No.	Hasil Interpolasi Linear	Hasil Geometric Mean Filter	PSNR
1.			22,307
2.			26,801
3.			25,277
4.			28,091

5.			30,251
6.			21,921
7.			18,418
8.			19,520
9.			25,943
10.			24,803
Rata-rata PSNR			24,333

Berdasarkan hasil pengujian kualitas citra terhadap sepuluh buah citra seperti terlihat pada tabel 3 Adapun grafik perbandingan pengujian kualitas citra berdasarkan nilai PSNR pada tabel 3 dapat disajikan pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik Perbandingan PSNR Terhadap Citra Uji

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penerapan dari metode Interpolasi Linear dan Geometric Mean Filter pada citra resolusi rendah hasil resampling, maka penulis membuat kesimpulan sebagai berikut.

1. Citra resolusi rendah hasil resampling yang diperbesar menggunakan metode interpolasi linear sesuai dengan nilai skala yang didapat dan juga citra resolusi rendah hasil resampling yang di perbesar menggunakan metode Geometric Mean Filter telah berhasil mendapat nilai MSE dan PSNR nya.
2. Penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi yang dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas citra resolusi rendah hasil resampling. Pengujian dari 10 citra hasil resampling dengan skala 3 diperoleh rata-rata MSE sebesar 333,372 dan rata-rata pada nilai PSNR sebesar 34,333. Pada indikator MSE, kualitas citra hasil Interpolasi Linear setelah di filter dengan Geometric Mean Filter menghasilkan kualitas yang kurang baik karena nilai MSE yang dihasilkan cukup besar, sedangkan pada indikator PSNR menghasilkan kualitas citra yang cukup baik karena nilai PSNR yang dihasilkan besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Simalango. M. Penerapan Metode Interpolasi Linear Pada Pembesaran Citra. *Majalah Ilmiah INTI*, vol. 15, no. 2 (2017).
- [2] Riandari, F. mplementasi Metode Geometric Mean Filter Untuk Perbaikan Dengan Reduksi Noise Pada Citra Digital. *Jurnal Mantik Penusa*, vol. 2, no. 2 (2018).
- [3] Lase, J. S. S. Implementasi Metode Line Column Interpolation Untuk Pembesaran Skala Citra Hasil Cropping Selection Area. *Jurnal Sistem Komputer dan Informatika (JSON)*, vol. 3, no. 1 (2021).
- [4] Ndruru, E & Tarigan, P. Penerapan Metode Geometric Mean Filter Untuk Meeduksi Noise Speckle dan Salt and Pepper Pada Citra Ultraviolet. *Jurnal Pelita Informatika*, vol. 6, no. 2 (2017).
- [5] Thera, D., Sitorus, S. H., Midyanti, D. M. Penerapan Metode Interpolasi Linear dan Histogram Equalization Untuk Perbesaran dan Perbaikan Citra. *Jurnal Komputer dan Aplikasi*, vol. 8, no. 1 (2020).
- [6] Ismail, A. Analisis Perbandingan Kombinasi Meteod Alpha-Trimmed Mean Filter dan Geometric Mean Filter Untuk Mereduksi Noise Pada Citra Digital. *Repository Universitas Sumatera Utara* (2017).
- [7] Wulandari. M. Pengukuran SSIM dan Analisis Kinerja Metode Interpolasi Untuk Peningkatan Kualitas Citra Digital. *Jurnal Muara*, vol. 1, no. 1 (2017).
- [8] Verawati & Liksha, P. DAplikasi Akuntansi Pengolahan Data Jasa Service Pada PT. Budi Berlian Motor Lampung. *Jurnal Sistem Informasi Akuntansi (JUSINTA)*, vol. 1, no. 1 . (2018).