

SISTEM UNTUK MENGHILANGKAN NOISE SALT AND PEPPER DENGAN PYTHON PADA CITRA DIGITAL

Moh. Ali Mas'ud, Indyah Hartami Santi, Zunita Wulansari

Program Studi Teknik Informatika S1, Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Islam Balitar, Jln. Majapahit No. 2-4 Sananwetan Kota Blitar, Indonesia
alimasud603@gmail.com

ABSTRAK

Dalam era digital, citra merupakan bentuk data visual yang sangat penting. Sayangnya, kualitas citra digital sering kali terganggu oleh berbagai jenis *noise*, termasuk *noise salt and pepper*, yang dapat mengurangi kejelasan dan akurasi informasi dalam citra tersebut. Penelitian ini dilaksanakan di studio foto Iswaraness dengan pendekatan penelitian RND. Data dikumpulkan melalui wawancara, kuesioner, observasi, dan referensi kepustakaan. Algoritma *Median filter* diterapkan untuk menghilangkan *noise salt and pepper* pada citra digital dan database *MySQL* akan digunakan untuk penyimpanan proses pengolahan citra digital. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas sistem penghilangan *noise salt and pepper* dengan menggunakan metode *blackbox testing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *Median filter* dalam bahasa pemrograman Python berhasil secara signifikan mengatasi *noise salt and pepper* dalam citra digital. Hasil pengujian *blackbox* juga mengonfirmasi keberhasilan sistem ini. Temuan ini memberikan wawasan yang penting terkait potensi penggunaan metode ini dalam meningkatkan kualitas citra digital yang terpengaruh oleh *noise salt and pepper*.

Kata kunci: citra digital, noise salt and pepper, Median filter, blackbox testing, Python, Database.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era digital saat ini memungkinkan banyaknya penggunaan citra digital dalam berbagai aplikasi, baik itu di bidang medis, perindustrian, maupun hiburan. Namun, pengambilan citra digital tidak selalu menghasilkan citra yang sempurna. Citra seringkali terganggu oleh berbagai jenis *noise* atau gangguan seperti *Gaussian noise*, *Salt and pepper noise*, dan *speckle noise*. *Noise* pada citra digital dapat merusak informasi penting yang terkandung di dalamnya dan mempengaruhi kualitas citra.

Untuk mengatasi masalah tersebut, banyak penelitian dilakukan untuk mengembangkan metode pengolahan citra yang dapat menghilangkan *noise*. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah dengan menggunakan *Median filter*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [1], kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa *Median filter* memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan *maximum* dan *minimum filter* pada sistem identifikasi citra rontgen paru. Metode *Median filter* merupakan filter *nonlinear* yang dikembangkan oleh Tukey. Metode tersebut berfungsi mengurangi *noise* dan menghaluskan citra. Dikatakan *nonlinear* karena

Cara kerja penapis ini tidak termasuk kedalam kategori operasi konvolusi [2]. definisi citra atau image dapat diartikan sebagai fungsi $f(x,y)$ dimana x dan y adalah koordinat spasial pada bidang citra, dan nilai $f(x,y)$ merepresentasikan intensitas atau kecerahan pada titik koordinat tersebut. Ini menjadi penting karena analisis dan pengolahan citra seringkali melibatkan manipulasi terhadap nilai intensitas pada tiap titik koordinat, sehingga pengetahuan tentang definisi dasar citra sangatlah penting seperti yang disebutkan oleh [3]. berdasarkan penelitian [4], Salt

and pepper and pepper noise sering muncul pada gambar yang diambil dengan kamera atau sensor yang buruk, serta intensitas cahaya yang kurang, sehingga sesuai dengan tempat studi kasus penelitian penulis yaitu studio foto yang merupakan tempat dimana kamera dan permainan intensitas cahaya sering muncul. Penelitian ini akan dilakukan pada lingkungan perangkat lunak yang sesuai, seperti Python. Python memiliki beberapa kelebihan, yaitu pemrograman menggunakan Python jauh lebih cepat dan lebih pendek dibandingkan menggunakan C++ dan Java, mampu menangani pemrograman kompleks dan mendukung pemrograman grafis serta platform independent yang berarti bahwa program yang dibuat menggunakan Python dapat berjalan pada sistem operasi apa saja selama terdapat platform Python[5].

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya [6]. adalah penelitian ini bertujuan untuk bertujuan untuk merancang sistem dan menguji sistem yang dapat menghilangkan *noise* pada citra digital menggunakan *Median filter* dan menggunakan database *MySQL* dengan Python *OpenCV*. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat membantu dalam meningkatkan kualitas citra digital dan memudahkan dalam pengolahan dan penyimpanan data hasil pengolahan. data citra digital yang mengalami gangguan Salt and pepper noise. Dikarenakan Noise salt and pepper dapat sangat mengganggu pada hasil citra jepretan kamera digital.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem

Sistem adalah suatu kesatuan yang terdiri dari beberapa komponen yang saling terkait dan berinteraksi untuk mencapai tujuan tertentu dengan memproses masukan (input) sehingga menghasilkan keluaran (output). Pengertian sistem dapat dilihat dari dua pendekatan, yaitu dari segi prosedur dan dari segi elemen atau komponen. Dalam pendekatan yang menekankan pada elemen atau komponen, sistem dianggap sebagai sekumpulan komponen yang saling terkait dan berinteraksi untuk mencapai tujuan tertentu [7]. Dalam konteks ini, sistem dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, termasuk di dalamnya pengolahan citra.

2.2. Salt and Pepper Noise

Salt and pepper noise adalah jenis gangguan pada citra digital yang ditandai dengan munculnya titik-titik hitam dan putih secara acak pada citra. Gangguan ini biasanya disebabkan oleh kesalahan pada proses pengambilan gambar, seperti kesalahan pada sistem sensor atau kontrol kualitas [8]. Salt and pepper noise atau dikenal juga sebagai impulse noise terjadi ketika beberapa piksel dalam citra digital mengalami gangguan pada nilai intensitasnya, sehingga terlihat seperti titik putih (salt) atau hitam (pepper) pada citra. Gangguan ini dapat terjadi pada saat pengambilan gambar atau pada saat proses pemrosesan citra. Penyebab utama dari Salt and pepper noise pada citra digital adalah kesalahan saat proses akuisisi citra.

Faktor yang mempengaruhi terjadinya Salt and pepper noise adalah kualitas perangkat keras kamera, kecerahan atau intensitas cahaya yang tidak merata, serta kebisingan lingkungan yang tidak dapat dihindari.

2.3. Median filter

Median filter digunakan untuk mengurangi noise pada citra dengan cara mengambil nilai Median dari piksel-piksel sekitarnya. Dalam implementasinya, penghitungan nilai Median membutuhkan jumlah data yang ganjil, karena nilai Median adalah nilai tengah dari data ketika diurutkan dari yang terkecil hingga yang terbesar. Oleh karena itu, untuk memproses piksel yang berada di tengah-tengah area yang akan dihilangkan noise -nya, jumlah data yang digunakan dalam penghitungan nilai Median harus ganjil agar dapat memperoleh nilai Median yang tepat. Pada metode Median filter, digunakan matriks berukuran 3x3, 5x5, 7x7, dan 9x9 untuk mengolah citra.

Misalkan F adalah citra asli dan F' adalah citra hasil Median filter. Untuk setiap piksel (i, j) pada citra F' , piksel tersebut dihitung menggunakan nilai Median dari himpunan piksel tetangga pada citra F . Ukuran matriks filter yang digunakan adalah $N \times N$. Rumus Median filter: $F'(i, j) = \text{Median}([F(i-k, j-l) \mid k = -(N/2) \text{ to } (N/2), l = -(N/2) \text{ to } (N/2)])$.

Dalam rumus Median filter, terdapat beberapa variabel yang memiliki arti sebagai berikut:

1. F : Merupakan matriks gambar asli yang akan diterapkan *Median filter*. Matriks ini terdiri dari nilai-nilai piksel dalam gambar.
2. $F'(i, j)$: Merupakan nilai piksel pada posisi (i, j) dalam gambar yang telah diolah menggunakan *Median filter*.
3. i dan j : Merupakan koordinat dari piksel yang sedang diproses di dalam gambar. i merujuk pada baris (tinggi) gambar, sedangkan j merujuk pada kolom (lebar) gambar.
4. N : Merupakan ukuran matriks filter *Median filter*. Matriks filter ini memiliki ukuran $N \times N$, di mana N adalah bilangan ganjil. Ukuran filter ini menentukan berapa banyak piksel yang akan digunakan untuk menghitung nilai piksel baru di $F'(i, j)$.
5. k dan l : Merupakan variabel untuk iterasi dalam rumus *Median filter*. Dalam rumus tersebut, k dan l akan melintasi seluruh kemungkinan nilai dari $-(N/2)$ hingga $(N/2)$, dengan langkah 1. Ini berarti k dan l akan bergerak dari nilai negatif setengah ukuran filter hingga nilai positif setengah ukuran filter. Variabel ini digunakan untuk mendapatkan piksel-piksel sekitar piksel $F(i, j)$ yang akan digunakan untuk menghitung nilai piksel baru $F'(i, j)$.
6. $\text{Median}([F(i-k, j-l) \mid k = -(N/2) \text{ to } (N/2), l = -(N/2) \text{ to } (N/2)])$: Merupakan operasi *Median* yang diterapkan pada himpunan piksel sekitar piksel $F(i, j)$. Operasi *Median* ini mengambil nilai *Median* (nilai tengah) dari himpunan piksel tersebut. Dalam hal ini, himpunan piksel tersebut terdiri dari nilai piksel-piksel dalam matriks F yang terletak dalam jangkauan $(i-k, j-l)$ dengan k dan l bergerak sesuai dengan iterasi yang disebutkan sebelumnya.

Dengan menerapkan rumus ini pada setiap piksel dalam gambar asli F , kita dapat menghasilkan gambar yang telah dihaluskan dengan mengurangi *noise* menggunakan *Median filter*. Dalam rumus tersebut, dilakukan iterasi untuk setiap piksel (i, j) pada citra F' . Untuk setiap piksel tersebut, diambil himpunan piksel tetangga sebanyak $N \times N$, yaitu dengan menggeser matriks filter sekitar piksel tersebut. Nilai *Median* diambil dari himpunan piksel tersebut, dan nilai piksel pada citra hasil F' diisi dengan nilai *Median* yang telah dihitung. Rumus ini dapat diterapkan untuk berbagai ukuran matriks filter yang berbeda, termasuk 3x3, 5x5, 7x7, atau 9x9, sesuai dengan kebutuhan pengolahan citra. Metode *Median filter* telah terbukti memiliki kinerja yang lebih baik daripada filter lainnya dalam mengurangi derau salt and pepper and pepper pada citra digital [9]. Filter *Median* memiliki kelebihan dalam mengurangi derau yang diakibatkan oleh derau acak seperti salt and pepper and pepper noise, yang juga disebut sebagai derau impulse.

2.4. Database

Database MySQL adalah sistem manajemen basis data relasional (RDBMS) yang sangat populer dan telah menjadi salah satu solusi yang paling banyak digunakan dalam pengembangan perangkat lunak, terutama dalam konteks aplikasi web dan bisnis. Dikembangkan oleh MySQL AB (sekarang dimiliki oleh Oracle Corporation), MySQL memiliki sejumlah karakteristik dan fitur penting yang membuatnya menjadi pilihan utama untuk menyimpan dan mengelola data dalam berbagai lingkungan.

2.5. Pengujian Black Box

Menurut [10], Black Box Testing adalah suatu metode pengujian perangkat lunak yang memfokuskan pada input dan output sistem perangkat lunak, di mana pengujian dilakukan dengan memasukkan input ke dalam sistem perangkat lunak dan mengamati output yang dihasilkan. Metode ini fokus pada pengujian fungsional perangkat lunak tanpa memerhatikan struktur internal kode atau logika implementasinya. Dalam black box testing, pengujian dilakukan dari perspektif eksternal, mirip dengan cara pengguna akhir akan berinteraksi dengan perangkat lunak tersebut.

2.6. Python

Python adalah salah satu bahasa pemrograman yang saat ini sangat populer di seluruh dunia. Menurut, Python menduduki peringkat keempat atau kelima sebagai bahasa pemrograman yang paling sering digunakan. Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang sangat fleksibel dan sering digunakan dalam pengembangan perangkat lunak, analisis data, dan pengolahan citra. Kelebihan Python adalah sintaks yang sederhana dan mudah dipahami, Python juga memiliki banyak modul dan pustaka yang dapat digunakan untuk mempermudah pengembangan perangkat lunak dan pengolahan citra. Salah satu modul yang populer untuk pengolahan citra adalah OpenCV, yang menyediakan berbagai fungsi untuk manipulasi dan analisis citra. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian yang menggunakan metode penelitian *Research and Development* (R&D). Metode penelitian ini digunakan sebagai suatu pedoman dalam menentukan gambaran, langkah, prosedur, waktu, dan tempat pengambilan data. Dengan menggunakan metode ini, peneliti dapat memastikan bahwa semua tahapan penelitian dilakukan secara sistematis dan terstruktur, sehingga hasil penelitian yang diperoleh dapat memiliki kualitas yang baik dan akurat. Untuk jenis penelitiannya penelitian ini menggunakan model *Waterfall*. Hal ini karena metode *Waterfall* memfokuskan pada proses yang terstruktur dan memastikan bahwa setiap tahap dilakukan secara benar dan sesuai dengan standar. Dengan demikian, metode *Waterfall* dipilih sebagai metode penelitian ini karena sesuai dengan

pengembangan aplikasi *Median filtering* di studio foto Iswaraness yang memiliki spesifikasi dan kebutuhan yang jelas, serta memastikan bahwa setiap tahap pengembangan dilakukan dengan benar dan sesuai dengan standar.

Dalam rangka mengidentifikasi masalah, peneliti akan mengembangkan sebuah sistem aplikasi dengan tujuan untuk membantu mengurangi noise salt and pepper berbasis python. Hal ini bertujuan untuk memudahkan studio foto dalam mengurangi noise salt and pepper pada citra digital hasil jepretan kamera.

Dari pemahaman atas masalah ini, terlihat bahwa penelitian ini akan memberikan manfaat signifikan bagi studio foto Iswaraness yang berlokasi di Kecamatan Srengat, Kabupaten Blitar, Jawa Timur. dengan adanya pengembangan aplikasi penghilang noise salt and pepper menggunakan metode Waterfall. Tahapan yang akan digunakan dalam pengembangan sistem aplikasi ini akan mengikuti model Waterfall, yang terlihat pada Gambar 1.

Sesuai dengan model Waterfall, perancangan aplikasi aplikasi penghilang noise salt and pepper dimulai dengan analisis kebutuhan. Analisis ini mencakup evaluasi kebutuhan hardware dan software, serta komponen lain yang terkait dengan proses pembayaran biaya sekolah. Tahap implementasi akan melibatkan penulisan Source Code program yang akan disesuaikan dengan desain yang telah dirancang oleh peneliti sebelumnya. Selanjutnya, peneliti akan melakukan pengujian software menggunakan metode

blackbox testing untuk menilai kualitas dari perangkat lunak aplikasi yang telah dibuat.

3.1. TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Teknik pengumpulan data penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah teknik observasi, wawancara, dan studi pustaka. Teknik observasi dilakukan dengan cara melakukan pengamatan langsung pada studio foto yang akan menjadi objek penelitian untuk mengetahui kondisi aktual dari permasalahan yang dihadapi. Teknik wawancara dilakukan dengan cara melakukan interview terhadap pemilik studio foto atau karyawan untuk mendapatkan informasi mengenai pengalaman dan pengetahuan mereka terkait permasalahan yang dihadapi. Selain itu, studi pustaka juga dilakukan untuk memperoleh informasi dan referensi terkait teori dan konsep yang akan digunakan dalam penelitian ini.

a. Wawancara

Dalam melakukan penelitian ini, penulis melakukan wawancara kepada bapak alfan pemilik studio foto kerja sama. Tujuannya adalah untuk memperoleh gambaran mengenai sistem yang dibutuhkan pengguna.

b. Observasi

Observasi dilakukan pada beberapa citra digital yang terkena *noise salt and pepper* dengan variasi tingkat keparahan *noise* yang berbeda-beda. Observasi dilakukan untuk mengetahui tingkat keparahan *noise* pada citra serta untuk memperoleh

gambaran kondisi citra sebelum dan setelah dilakukan proses perbaikan menggunakan *Median filter*

c. Kepustakaan

Metode studi pustaka dilakukan dengan mempelajari referensi-referensi terkait dan pemikiran para ahli dalam bidang perbaikan citra digital dengan menggunakan *Median filter* dan penanganan *noise salt and pepper*. Informasi yang diperoleh dari metode ini digunakan untuk mendukung penjelasan mengenai konsep *Median filter* dan teknik penanganan *noise salt and pepper* pada sistem yang dirancang dalam skripsi ini.

d. Kuesioner

Kuesioner adalah salah satu bagian penting dalam sebuah penelitian yang berfokus pada pengumpulan data dari responden yang terkait dengan topik penelitian. Kuesioner sendiri dapat berisi berbagai macam pertanyaan yang dirancang dengan tujuan untuk memperoleh data yang diperlukan. Kuesioner juga dapat digunakan dalam tahap beta testing untuk mengumpulkan data dari para pengguna sistem yang sedang dikembangkan.

3.2. JENIS DATA

Jenis data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data primer berupa data yang di peroleh langsung dari narasumber atau sumber asli yang kemudian diolah dan disajikan dalam penelitian ini.

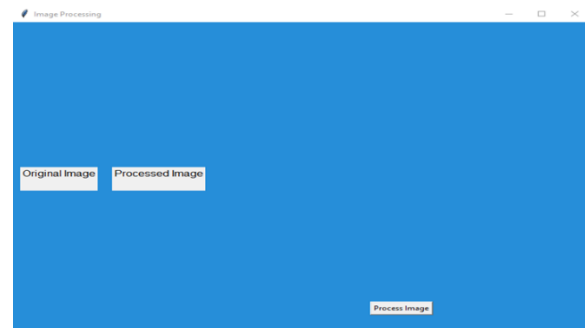
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. IMPLEMENTASI

Pada tahap implementasi, aplikasi yang telah dirancang akan dikembangkan dan dibangun sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Proses ini melibatkan penulisan kode program, menggabungkan komponen-komponen yang diperlukan, dan pengembangan antarmuka pengguna. Selama tahap ini, berbagai fitur dan fungsi aplikasi akan diimplementasikan. Misalnya, dalam konteks aplikasi pengolahan gambar dengan fitur penghapusan *noise salt and pepper*, kode program akan dibuat untuk memproses gambar dengan menerapkan teknik penghapusan *noise* yang telah ditentukan. Hasil dari merancang dan membangun tampilan sebuah aplikasi penghilang *noise salt and pepper* adalah tampilan yang ditampilkan dalam aplikasi proses menghilangkan *noise* dan nilai MRE (*Mean Squared Error*) tersebut. Pada tahap implementasi, aplikasi yang telah dirancang akan dikembangkan dan dibangun sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Proses ini melibatkan penulisan kode program, menggabungkan komponen-komponen yang diperlukan, dan pengembangan antarmuka pengguna. Untuk mengimplementasikan tampilan atau halaman dalam aplikasi.

4.2. Tampilan Halaman Utama

Dalam halaman utama, terdapat dashboard yang menampilkan label untuk gambar asli (*original image*) dan gambar yang telah diproses (*processed image*). Selain itu, terdapat tombol "*Process image*" yang digunakan untuk mengambil gambar dengan *noise*.



Gambar 1. Tampilan utama aplikasi

4.3. Proses Citra

Tampilan proses citra ini akan menampilkan inputan citra yang telah di input melalui tombol *process image* yang kemudian aplikasi akan menampilkan *Original image* yaitu berupa citra yang di input melalui tombol *proccess image*, kemudian aplikasi akan menampilkan *processed image* sekaligus dengan algoritma *Median filter*. Selain itu aplikasi juga akan menampilkan nilai *Mean Squared Error*, Disini nilai MSE nya adalah 3.50, nilai MSE dalam pemrosesan *Median filter* semakin kecil akan semakin baik. Dan nilai PSNR nya 42.69

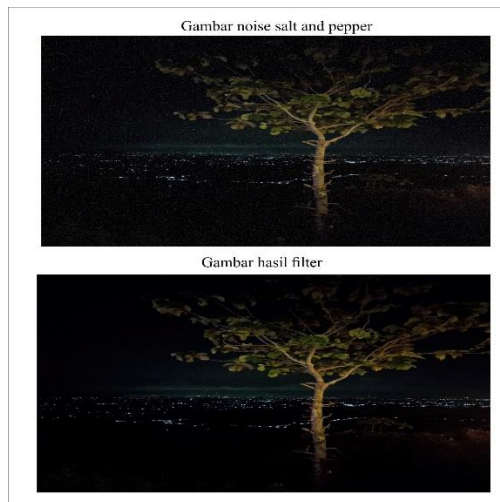


Gambar 2. Tampilan proses citra

Peneliti juga melakukan pemrosesan citra pada jupyter notebook dan mendapatkan nilai MSE yang berbeda, nilai pada jupyter notebook adalah 4.94. ini berarti nilai MSE pada aplikasi yang peneliti rancang memiliki tingkat pemrosesan dalam menghilangkan *noise salt and pepper* lebih baik, bisa dilihat nilai perbandingannya pada gambar 3 dan gambar 4.

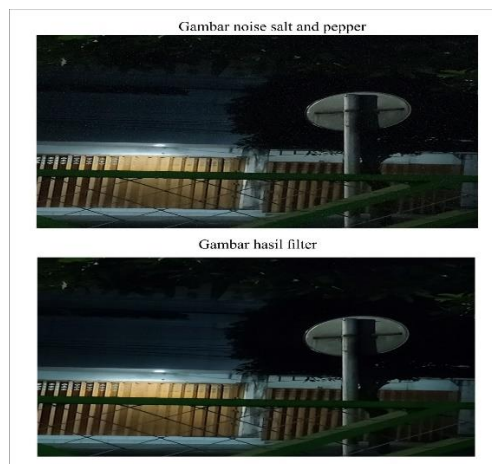


Gambar 3. Proses jupyter notebook



Gambar 4. Citra pohon

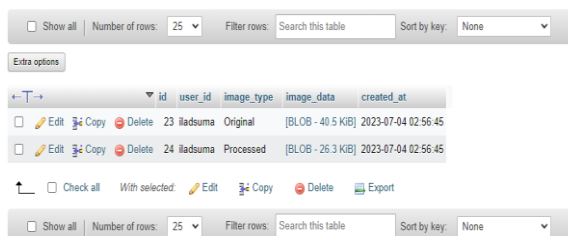
Pada gambar 6 ini, terlihat jelas bahwa gambar jadi semakin jernih hasilnya setelah di proses dengan *Median filter*, sama halnya dengan gambar 7 berikut.



Gambar 5. Citra rambu-rambu

4.4. Database

Database ini digunakan berdasarkan analisis kebutuhan peneliti, sistem ini akan menyimpan data citra beserta waktu data itu di proses.



Gambar 6. Database

Pada tahap implementasi, aplikasi akan melibatkan penggunaan database untuk menyimpan informasi pengguna, data gambar, dan informasi login. Penggunaan database memungkinkan aplikasi untuk mengorganisir dan menyimpan data dengan efisien,

serta memudahkan pengelolaan dan pemrosesan data dalam jangka panjang.

4.5. Pengujian Black Box

Setelah tahap implementasi, dilakukan pengujian black box untuk memastikan bahwa aplikasi berfungsi dengan baik dari perspektif pengguna tanpa memperhatikan implementasi internalnya. Pengujian black box melibatkan pengujian fungsionalitas dan fitur-fitur aplikasi secara keseluruhan tanpa melihat detail kode atau struktur internal yang digunakan. Tabel 1 digunakan untuk mengevaluasi hasil dengan menggunakan skala kelayakan guna menilai kelayakan aplikasi.

Tabel 1. Skala kelayakan

Keterangan	Skala Kelayakan
Sangat Setuju (SS)	100% - 80%
Setuju (S)	79% - 60%
Ragu - Ragu (Rg)	59% - 40%
Tidak Setuju (TS)	39% - 20%
Sangat Tidak Setuju (STS)	19% - 1%

Skenario pengujian black box pada *process image*

Tabel 2. Pengujian *process image*

No	Skenario pengujian	Hasil yang diinginkan	Hasil pengujian
1	<i>Process image button</i>	Hanya bisa mengambil file format jpg dan png.	Berhasil
2	<i>Process image button</i>	Muncul pesan kesalahan "no image selected selected" ketika tidak memilih gambar.	Gagal
3	<i>Process image button</i>	Dapat memunculkan original <i>image</i> dan processed <i>image</i> pada aplikasi dan database saat input data <i>image</i> .	berhasil
4	<i>Process image button</i>	Dapat memunculkan informasi kapan data di input dan user yang input data <i>image</i> .	berhasil

Pengujian *test case process image button* dilakukan sebanyak 4 kali. Pengujian pertama dilakukan untuk menguji fungsi pengambilan *image* format png dan jpg. Pengujian kedua dilakukan untuk memastikan bahwa pesan kesalahan "no image selected" muncul dengan benar ketika pengguna tidak memilih gambar sebelum menekan tombol "*Process image*". Pengujian ketiga dilakukan untuk memverifikasi bahwa tombol "*Process image*" dapat menghasilkan tampilan yang benar di antarmuka pengguna dan menyimpan data gambar original dan processed ke dalam database.

Pengujian keempat dilakukan untuk menguji aplikasi Dapat memunculkan informasi kapan data di input dan user yang input data *image*. Selain itu,

pengujian ini juga memastikan bahwa informasi waktu input dan pengguna yang menginput data gambar berhasil tercatat dengan benar di database. Dengan demikian, pengujian terhadap tombol "Process image" telah dilakukan sebanyak 4 kali dengan 3 hasil berhasil dari proses pengujian tersebut maka akan dihitung dengan rumus dan hasilnya 75% akurat. $\frac{3}{4} \times 100 = 100\%$.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil merancang sistem menggunakan bahasa pemrograman Python untuk menghilangkan *noise salt and pepper* pada citra digital. Sistem ini efektif dalam mengatasi *noise* tersebut dengan tingkat akurasi yang tinggi dengan nilai MSE pada aplikasi 3.50 dengan PSNR 42.69 dan jupyter notebook nilai MSE 4.94. Melalui pengujian black box hasil pengujiannya adalah 75%, menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu menghilangkan *noise salt and pepper* pada citra digital secara efektif. Hal ini berpotensi meningkatkan kualitas citra digital dengan memberikan solusi yang otomatis dan akurat dalam menghilangkan *noise salt and pepper*. Meskipun sistem yang dirancang telah memberikan hasil yang baik dalam menghilangkan *noise salt and pepper*, masih terdapat ruang untuk perbaikan dan pengembangan lebih lanjut. Untuk meningkatkan kinerja sistem, algoritma yang digunakan dapat dioptimasi lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. L. Utari, P. Kristiyanto, and A. Q. Munir, "Klasifikasi Citra Rontgen Covid-19 dengan menggunakan Deep Learning," *JUSTIN (Jurnal Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 11, no. 3, pp. 432–439.
- [2] J. Maulida and N. Fadillah, "Analisa Dan Perbandingan Metode Median Dan Metode Konvolusi Pada Gambar Bernoise," *InfoTekJar (Jurnal Nas. Inform. dan Teknol. Jaringan)*, vol. 3, no. 2, pp. 180–183, 2019, doi: 10.30743/infotekjar.v3i2.1036.
- [3] M. Zen, "Perbandingan Metode Dimensi Fraktal Dan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Dalam Sistem Identifikasi Sidik Jari Pada Citra Digital," *Jitekh*, vol. 7, no. 2, pp. 42–50, 2019.
- [4] K. Ahmad, J. Khan, and M. S. U. D. Iqbal, "A comparative study of different denoising techniques in digital image processing," *2019 8th Int. Conf. Model. Simul. Appl. Optim. ICMSAO 2019*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/ICMSAO.2019.8880389.
- [5] J. L. Phandany, A. M. Sambul, and A. S. M. Lumenta, "Comparative Study of Digital Image Optimal Compression Algorithm Using Python," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 23–34, 2022.
- [6] R. Hanifatunnisa and Rahmawati Hasanah, "Aplikasi Filter Digital untuk Citra Mengandung Derau Salt and Pepper Menggunakan Metode Directional Weighted Minimum Deviation," *J. Tek. Media Pengemb. Ilmu dan Apl. Tek.*, vol. 20, no. 2, pp. 180–189, 2021, doi: 10.26874/jt.vol20no2.418.
- [7] A. H. Nugroho and T. Rohimi, "Perancangan Aplikasi Sistem Pengolahan Data Penduduk Dikelurahan Desa Kaduronyok Kecamatan Cisata, Kabupaten Pandeglang Berbasis Web," 2020.
- [8] J. Al-Azzeh, B. Zahran, and Z. Alqadi, "Salt and pepper noise : Effects and removal," *Int. J. Informatics Vis.*, vol. 2, no. 4, pp. 252–256, 2018, doi: 10.30630/joiv.2.4.151.
- [9] A. Shah et al., "Comparative analysis of Median filter and its variants for removal of impulse noise from gray scale images," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 34, no. 3, pp. 505–519, 2022, doi: 10.1016/j.jksuci.2020.03.007.
- [10] L. Setiyani, "Pengujian Sistem Informasi Inventory Pada Perusahaan Distributor Farmasi Menggunakan Metode Black Box Testing," *Techno Xplore J. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–9, 2019, doi: 10.36805/technoexplore.v4i1.539.