



Analisis Perbandingan Filter Median dan Gaussian dalam Mengurangi Noise pada Citra Digital

Puji Sri Alhirani¹, Lailan Sofinah Harahap^{2*}, Rani Chantika³

^{1,2,3} Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia

Alamat: Jl Lap Golf, Kec Pancur Batu, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara

Korespondensi Penulis: lailansofinahharahap@gmail.com*

Abstract. Digital image processing is one of the important aspects in the world of technology, especially in improving image quality from noise interference. This study aims to analyze and compare the performance of the Median Filter and Gaussian Filter in reducing salt & pepper noise in digital images. The research process was carried out using the Python programming language and the OpenCV and NumPy libraries. The initial image was randomly noised, then processed using both types of filters. The results obtained were evaluated visually and quantitatively using the PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) and MSE (Mean Squared Error) metrics. Based on the experimental results, the Median Filter was able to produce cleaner images and maintain image details compared to the Gaussian Filter. These results indicate that the Median Filter has advantages in handling salt & pepper noise. This study is expected to be a reference in selecting the right filtering method to improve the quality of digital images.

Keywords: Digital Image Processing; Gaussian Filter; Median Filter; Noise; PSNR

Abstrak. Pengolahan citra digital adalah salah satu aspek penting dalam dunia teknologi, terutama dalam peningkatan kualitas gambar dari gangguan noise. Studi ini bermaksud agar menganalisis dan membandingkan kinerja Filter Median dan Filter Gaussian dalam mengurangi noise jenis salt & pepper pada citra digital. Proses penelitian dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Python dan pustaka OpenCV serta NumPy. Citra awal diberi noise secara acak, kemudian diproses menggunakan kedua jenis filter. Hasil yang diperoleh dievaluasi secara visual dan kuantitatif dengan memakai metrik PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) dan MSE (Mean Squared Error). Berdasarkan hasil percobaan, Filter Median mampu menghasilkan citra yang lebih bersih dan mempertahankan detail gambar dibandingkan dengan Filter Gaussian. Hasil ini menunjukkan bahwa Filter Median memiliki keunggulan dalam menangani noise salt & pepper. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pemilihan metode filtering yang tepat untuk peningkatan kualitas citra digital.

Kata kunci: Filter Gaussian; Filter Median; Noise; Pengolahan Citra Digital; PSNR

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi digital yang pesat sudah mendorong peningkatan penggunaan citra digital dalam berbagai bidang, seperti kedokteran, pemetaan, keamanan, dan juga pengenalan pola. Namun, dalam proses akuisisi, transmisi, dan penyimpanan citra digital, sering kali terjadi gangguan berupa noise (gangguan) yang dapat menurunkan kualitas citra serta mengganggu proses analisis selanjutnya. Oleh karena itu, proses pemrosesan citra untuk mengurangi noise menjadi tahap yang sangat penting dalam memastikan keakuratan informasi yang diperoleh dari citra tersebut. Berbagai jenis noise dapat memengaruhi citra digital, seperti noise Gaussian, salt-and-pepper dan speckle. Masing-masing jenis noise memiliki karakteristik tersendiri, sehingga metode yang digunakan dalam peredaman noise adalah Filter Median dan Filter Gaussian. Filter median merupakan sebuah jendela dengan jumlah piksel ganjil yang

dapat mengurangi beberapa jenis noise acak serta menghasilkan efek blur yang lebih kecil dibandingkan dengan filter smoothing linier. Di sisi lain, filter Gaussian melakukan pembobotan pada setiap piksel berdasarkan fungsi Gaussian, sehingga lebih efektif digunakan untuk mengatasi noise yang memiliki distribusi normal seperti Gaussian noise (Zanuar et al., 2022).

Meskipun Filter Gaussian dan Filter Median memiliki kelebihan masing-masing, namun pemilihan metode yang tepat tergantung pada jenis dan juga tingkat noise yang terdapat pada citra. Maka dari itu, penulis melakukan analisis perbandingan antara filter median dan filter Gaussian untuk mengetahui efektivitas masing-masing dalam mereduksi noise serta dampaknya terhadap kualitas citra yang dihasilkan. Riset ini bermaksud agar menganalisis dan membandingkan kinerja filter Median dan filter Gaussian dalam mengurangi noise, khususnya jenis salt & paper noise pada citra digital. Proses pengolahan dan evaluasi dilakukan menggunakan Bahasa Python, yang menyediakan Pustaka-pustaka pendukung seperti OpenCV dan Numpy untuk memanipulasi citra dan perhitungan metrik kualitas.

2. KAJIAN TEORITIS

Pengertian Analisa

Dalam jurnal Yadi (2018) analisis ialah proses memecah suatu topik menjadi bagian-bagian penyusunnya, menelaah masing-masing bagian tersebut, serta memahami hubungan antarbagian guna mendapatkan pemahaman yang akurat terhadap makna keseluruhan.

Wedianto et al., (2016) mencetuskan analisa sebagai serangkaian proses kerja yang berlangsung sebelum hasil riset didokumentasikan dalam bentuk laporan, yang mencakup pemecahan suatu topik menjadi beberapa bagian, menelaah masing-masing bagian, serta mengkaji hubungan antar bagian tersebut untuk memperoleh pemahaman yang tepat terhadap makna keseluruhan.

Dari definisi diatas, maka bisa dirangkum bahwa Analisa sebagai proses sistematis dalam menguraikan suatu pokok masalah kedalam elemen-elemen yang lebih sederhana, serta meninjau tiap elemen tersebut secara mendalam, serta mengkaji keterkaitan antar bagian dengan tujuan guna memperoleh pemahaman yang utuh dan menyeluruh terhadap keseluruhan permasalahan.

Filtering

Filtering merupakan metode yang digunakan untuk menyaring atau memodifikasi nilai piksel dalam sebuah citra, yang bertujuan untuk mengurangi *noise* atau memperhalus sebuah

detail. Pemfilteran diselenggarakan guna mempertajam citra dan meminimalisir noise pada citra (Fendriani et al., 2023). Dalam studi ini, penulis menerapkan Filter Gaussian dan Filter Median untuk membandingkan efektivitas pengurangan noise pada gambar digital.

Pengertian *Filter Gaussian*

Filter Gaussian paling efektif dalam meminimalisir noise yang memiliki distribusi normal, yang sering muncul pada citra hasil digitasi kamera. Hal ini terjadi karena fenomena alami yang disebabkan oleh pantulan cahaya dan sensitivitas sensor cahaya pada kamera itu sendiri. Gaussian filter merupakan teknik filtering linear yang menggunakan fungsi distribusi Gaussian sebagai bobot konvolusi. Cara kerja filter Gaussian dilakukan dengan cara *smoothing* (perataan) pada citra, sehingga cocok dalam mengurangi Gaussian *noise*. Namun, karena filter ini bersifat merata, efeknya akan menyebabkan blur pada tepi gambar (Wedianto et al., 2016).

Salah satu contoh filter Gaussian yang sering digunakan adalah Gaussian Blur, yaitu teknik pengaburan gambar dengan menempatkan transisi warna yang signifikan pada citra (HC & Sukemi, 2020). Gaussian Blur merupakan jenis filter yang bekerja dengan memanfaatkan fungsi matematika Gaussian untuk menghasilkan efek penghalusan otomatis, sehingga detail gambar berkurang dan tampilan menjadi lebih lembut atau berkabut. Nama Gaussian sendiri diambil dari Karl Friedrich Gauss, seorang matematikawan asal Jerman yang mengembangkan fungsi matematika tersebut (Wibowo & Susanto, 2017).

Pengertian *Filter Median*

Filter Median adalah teknik filtering non-linear yang berproses dengan menukar nilai pixel dengan nilai median dari pixel-pixel tetangganya (Yusro & Sianturi, 2018). Filter ini sangat efektif untuk menghilangkan *salt & pepper noise* tanpa merusak tepi objek dalam gambar. Filter median juga lebih tahan terhadap *outliner* dibanding filter rata-rata dikarenakan menggunakan nilai tengah. Menurut (Noviani, 2021), Dalam peningkatan kualitas citra, terdapat dua cara yang dilakukan yaitu *point processing* dan *mask processing*. *Point processing* bekerja dengan merealisasikan operasi terhadap tiap piksel, sementara pada *mask processing*, dilakukan dengan cara operasi terhadap suatu jendela ketetanggaan pada citra. Selanjutnya akan diterapkan (konvolusi) suatu *mask* pada jendela tersebut dengan menggunakan Median filtering sebagai penerapannya.

Noise Pada Citra Digital

Noise merupakan gangguan yang muncul akibat adanya kesalahan dalam penyimpanan data digital yang diterima oleh perangkat penerima gambar, sehingga menurunkan kualitas citra (Sitohang et al., 2020). Penyebab noise sangat beragam, salah satunya adalah gangguan fisik (optik) pada alat penangkap gambar, misalnya debu yang menempel pada lensa kamera, atau akibat proses pengolahan data yang tidak tepat. Terdapat tiga tipe noise, yaitu gaussian noise, speckle noise, dan salt and pepper noise. Gaussian noise adalah jenis noise yang mengikuti distribusi normal standar dengan rata-rata nol dan deviasi standar tertentu, yang ditandai dengan munculnya titik-titik berwarna sesuai dengan persentase noise yang ada. Speckle noise merupakan noise yang menyebabkan munculnya titik-titik hitam pada area yang terkena gangguan. Sementara itu, salt and pepper noise adalah noise yang biasanya terlihat sebagai bintik-bintik hitam dan putih pada gambar, menyerupai taburan garam dan merica. Jenis noise ini biasanya disebabkan oleh kesalahan bit saat proses pengiriman data atau pada piksel-piksel tertentu (Sugandi, 2023).

Pada penelitian ini, penulis menggunakan gambar yang diberi salt & pepper noise untuk membandingkan keefektifan filter Median dan filter Gaussian dalam mengurangi noise. Noise ini sering muncul akibat pengambilan gambar yang tidak sempurna, berupa pencahayaan yang tidak merata atau gangguan pada sensor kamera (Chairy et al., 2022).

PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*)

Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) adalah perbandingan antara sinyal maksimum dengan tingkat noise yang memengaruhi kualitas sinyal tersebut. PSNR biasanya dinyatakan dalam satuan desibel (dB) dan digunakan untuk menilai kualitas gambar setelah proses restorasi. Nilai PSNR yang lebih tinggi menunjukkan bahwa kualitas gambar tersebut semakin mendekati gambar aslinya. Untuk menghitung PSNR, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan nilai Mean Squared Error (MSE) sebagai dasar perhitungannya (Zanuar et al., 2022).

MSE (*Mean Squared Error*)

Mean Squared Error (MSE) yakni taktik evaluasi kuantitatif yang dipakai guna menaksir kualitas citra hasil pemrosesan. MSE dihitung sebagai rata-rata kuadrat dari selisih nilai intensitas piksel antara citra asli dengan citra hasil pemrosesan. Nilai MSE yang kecil mengilustrasikan bahwa citra hasil filter memiliki kesamaan yang tinggi dengan citra aslinya, sehingga semakin kecil nilai MSE maka semakin meningkat mutu citranya. Dalam konteks

pengurangan noise, MSE berfungsi sebagai indikator utama dalam menilai keefektifan suatu metode filtering terhadap berbagai jenis gangguan visual seperti Gaussian, Speckle, dan Salt & Pepper noise (Lima et al., 2024)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini memakai metode eksperimental, yakni merealisasikan pengujian secara langsung efektivitas Filter Median dan Filter Gaussian terhadap citra digital yang diberi gangguan *noise*. Adapun alat yang dipakai pada studi ini berupa komputer/laptop dengan menggunakan bahasa pemrograman python yang mendukung pustaka OpenCV dan NumPy.

Penelitian ini dilakukan berdasarkan pada pendekatan sistematis untuk menguji dan menganalisis efektivitas kedua filter dalam pengolahan citra. Oleh karena itu, berikut adalah alur penelitian yang meliputi proses awal hingga akhir pada studi yang direalisasikan:

1. Pengumpulan data

Pengumpulan data adalah titik penting yang perlu dilakukan penulis untuk menganalisis dan menguji algoritma dan teknik yang akan diaplikasikan. Dalam riset ini, mengumpulkan informasi direalisasikan dengan pengambilan citra digital sebagai objek uji coba. Selanjutnya, gambar ini akan dikonversi dari format BGR (*Blue, Green, Red*) ke RGB (*Red, Green, Blue*) agar dapat ditampilkan dengan benar menggunakan pustaka Matplotlib.

2. Penambahan Noise

Setelah citra dipilih dan berhasil dimuat, tahap selanjutnya adalah menambahkan gangguan berupa *salt & pepper noise* sebesar 5% secara acak pada citra, hal ini dilakukan untuk mensimulasikan kondisi gangguan yang umum terjadi pada citra digital.

3. Penerapan Filtering

Setelah citra diberi *noise*, akan dilakukan proses filtering menggunakan dua metode, yaitu Median Filter dan Gaussian Filter. Median Filter ialah metode non-linier yang efektif dalam mengatasi noise berintensitas tinggi seperti *salt & pepper noise*. Sedangkan Gaussian Filter bekerja berdasarkan fungsi distribusi Gaussian yang digunakan untuk memperhalus citra (Satya et al., 2022). Untuk itu, penerapan Median Filter akan dilakukan terlebih dahulu pada gambar yang telah memiliki noise untuk mengurangi titik-titik noise ekstrem dengan cara mengganti nilai piksel berdasarkan dari nilai median tetangganya. Selanjutnya, citra dengan *noise* yang sama juga akan diproses menggunakan Gaussian filter, yang bekerja dengan prinsip perataan nilai piksel berdasarkan distribusi Gaussian sehingga menghasilkan efek *smoothing* pada citra.

4. Evaluasi Hasil

Titik terakhir dari alur ini berupa evaluasi hasil filtering, yang dilakukan secara visual melalui pengamatan kualitas gambar dan juga secara kuantitatif dengan menghitung nilai *Mean Squared Error* (MSE) dan *Peak Signal-to-Noise Ratio* (PSNR) untuk menganalisis hasil pemfilteran jika dibandingkan dengan gambar asli.

5. Analisis Perbandingan

Selanjutnya, hasil dari kedua metode filtering ini dianalisis untuk mengetahui filter mana yang memberikan hasil terbaik dalam mengurangi noise tanpa merusak detail gambar.

Berikut adalah potongan code program Python yang digunakan dalam penelitian :

```
import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Baca gambar
img = cv2.imread('buah.jpeg')
img = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2RGB)

plt.imshow(img)
plt.title("Gambar Asli")
plt.axis("off")
plt.show()

def salt_pepper_noise(image, prob):
    output = np.copy(image)
    black = 0
    white = 255
    probs = np.random.rand(*image.shape[:2])

    output[probs < (prob / 2)] = black
    output[probs > 1 - (prob / 2)] = white
    return output

noisy_img = salt_pepper_noise(img, 0.05)

plt.imshow(noisy_img)
plt.title("Gambar dengan Salt & Pepper Noise")
plt.axis("off")
plt.show()

median_filtered = cv2.medianBlur(noisy_img, 3)

plt.imshow(median_filtered)
plt.title("Median Filter")
plt.axis("off")
plt.show()

gaussian_filtered = cv2.GaussianBlur(noisy_img, (3, 3), 0)

plt.imshow(gaussian_filtered)
plt.title("Gaussian Filter")
plt.axis("off")
plt.show()
```

```

def mse(img1, img2):
    img1 = img1.astype("float")
    img2 = img2.astype("float")
    return np.mean((img1 - img2) ** 2)

def psnr(img1, img2):
    mse_val = mse(img1, img2)
    if mse_val == 0:
        return float('inf')
    return 20 * np.log10(255.0 / np.sqrt(mse_val))

print("PSNR Median Filter:", psnr(img, median_filtered))
print("MSE Median Filter:", mse(img, gaussian_filtered))

print("PSNR Gaussian Filter:", psnr(img, median_filtered))
print("MSE Gaussian Filter:", mse(img, gaussian_filtered))

```

Kode diatas terdiri dari beberapa tahap, yaitu pembacaan dan konvensi gambar, penambahan noise salt & pepper, penerapan Median Filter dan Gaussian Filter, serta evaluasi hasil menggunakan PNSR. Nilai PNSR yang dihasilkan inilah yang nantinya digunakan untuk menilai kualitas citra hasil filtering dibandingkan citra asli.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen ini dilakukan dengan memberikan gangguan *noise* berupa *salt & pepper* pada citra digital, kemudian dilakukan proses filtering menggunakan Median Fiter dan Gaussian Filter menggunakan kode python yang telah ditampilkan sebelumnya. Hasil penerapan kode python tersebut akan ditampilkan dalam beberapa tahap berikut:

1.) Gambar Asli



Gambar 1. Gambar Asli

Gambar awal yang digunakan merupakan citra berwarna yang menunjukkan tatanan buah-buahan. Gambar ini digunakan sebagai acuan pembanding terhadap hasil filtering.

2.) Gambar dengan Noise (Salt & Pepper)



Gambar 2 Gambar dengan noise

Setelah penambahan noise jenis salt & pepper, akan terlihat adanya titik titik hitam dan putih yang tersebar secara acak seperti pada gambar 2 diatas. Noise ini merusak tampilan gambar dan mengganggu kenyamanan saat melihat gambar.

3.) Hasil Median Filter



Gambar 3 Hasil Median Filter

Pada gambar 3 diatas, dapat kita lihat bahwa sebagian besar titik-titik hitam dan putih berhasil dihilangkan tanpa menyebabkan blur yang signifikan pada objek gambar. Hal ini menunjukkan keefektifan median filter dalam menghilangkan noise impulsif seperti salt & pepper tanpa menghilangkan detail gambar. Hal ini dikarenakan Median Filter menggantikan nilai suatu piksel dengan nilai median dari piksel-piksel disekitarnya dalam satu jendela (kernel) tertentu (Pratama et al., 2024)

4.) Hasil Gaussian Filter



Gambar 4 Hasil Gaussian Filter

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Mulyana et al., (2022) efektifitas Gaussian Filter dalam memperbaiki citra yang mengalami noise sangat bergantung pada ukuran kernel yang digunakan. Kernel yang lebih besar akan menghasilkan nilai PSNR dan akurasi yang lebih tinggi, serta waktu yang lebih cepat dibandingkan kernel yang lebih kecil.

Pada citra hasil Gaussian filter pada gambar diatas, tampak bahwa noise memang berkurang, namun efek blur cukup terasa pada keseluruhan gambar. Ini menunjukkan bahwa Gaussian filter tidak seefektif Median Filter untuk menghilangkan salt & paper noise, karena filter Gaussian lebih cocok untuk noise merata seperti Gaussian noise.

5.) Evaluasi Kuantitatif

Untuk mengukur efektivitas masing-masing filter, digunakan dua metric kuantitatif, yaitu MSE dan PSNR. Berikut adalah hasil evaluasi dari program pyhon:

```
C:\Users\acer\Documents\Filtering_Rani>python filtering.py
PSNR Median Filter: 36.39866229999268
MSE Median Filter: 14.900955950247134
PSNR Gaussian Filter: 25.629464842720814
MSE Gaussian Filter: 177.88276709575797

C:\Users\acer\Documents\Filtering_Rani>_
```

Gambar 5 Hasil Nilai MSE dan PSNR gambar

Dari hasil pengujian melalui taktik Median Filter dan Gaussian Filter terhadap citra yang terkontaminasi noise salt & pepper menunjukkan perbedaan yang signifikan. Seperti yang tercatat pada Gambar 5 diatas, pada Median Filter, nilai PSNR yang dihasilkan adalah 36,39 dB, sedangkan MSE-nya sebesar 14,90. Poin PSNR yang tinggi dan MSE yang rendah ini mengindikasikan bahwa hasil citra dari Median Filter sangat mendekati citra asli, dengan tingkat distorsi yang sangat kecil.

Sebaliknya, Gaussian Filter menghasilkan PSNR senilai 25,62 dB dan MSE senilai 177,88. Nilai PSNR yang lebih rendah serta MSE yang lebih besar menunjukkan bahwa hasil citra dari Gaussian Filter mengalami lebih banyak distorsi dibandingkan dengan Median Filter. Hal ini disebabkan karena Gaussian Filter melakukan proses perataan (blurring) terhadap seluruh area gambar, sehingga beberapa detail penting dapat ikut tersamarkan.

Berpatokan acuan tersebut, bisa dirangkum bahwa dalam kasus noise salt & pepper, metode Median Filter memiliki performa yang lebih unggul dibandingkan Gaussian Filter dalam hal mempertahankan kualitas visual dan struktur citra asli.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode Filter Median lebih efektif dalam mengurangi *noise* tipe *salt & pepper* dibandingkan dengan Filter Gaussian. Filter Median mampu menghilangkan sebagian besar noise tanpa merusak detail penting dalam gambar, sementara Filter Gaussian cenderung menghasilkan citra yang lebih halus namun sedikit blur dan kurang optimal dalam menghilangkan titik-titik noise secara menyeluruh. Dari hasil evaluasi menggunakan metric PSNR dan pengamatan visual, Filter Median memberikan nilai PSNR yang lebih tinggi, yang menunjukkan bahwa kualitas citra lebih mendekati gambar asli. Oleh karena itu, untuk kasus citra digital yang mengalami gangguan noise secara acak seperti *salt & pepper*, Filter Median direkomendasikan sebagai metode yang lebih unggul.

DAFTAR REFERENSI

- Chairy, A., Arifin, N., & Insani, C. N. (2022). Analisis perbandingan metode Harmonic Mean Filter dan Contraharmonic Mean Filter untuk mengurangi noise pada citra digital. *Journal of Computer and Information System (J-CIS)*, 5(1), 37–46. <https://doi.org/10.31605/jcis.v5i1.1533>
- Fendriani, Y., Kharisma, R., & Peslinof, M. (2023). Analisis perbandingan variasi filter pada deteksi tepi menggunakan metode Canny terhadap citra CT-Scan kanker paru-paru. *Journal Online of Physics*, 8(2), 77–81. <https://doi.org/10.22437/jop.v8i2.24451>
- G. E., H. C., & Sukemi, S. (2020). Penghapusan noise pada citra kamera CCTV menggunakan metode Gaussian filter. *Annual Research Seminar (ARS)*, 5(1), 180–184.
- Lima, R. K., Doo, S. Y., Pollo, D. E. D. G., Elektro, P. T., Nusa, U., & Kupang, C. (2024). Analisis perbandingan reduksi noise menggunakan metode mean, median dan contra-harmonic mean filtering pada citra grayscale pola tenunan daerah Provinsi Nusa Tenggara Timur: A comparative analysis of noise reduction using mean, median and contra-harmonic. *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan*, 11(1), 9–15. <https://journals.telkomuniversity.ac.id/jett/article/view/6827/2435>

- Mulyana, D., Rismawan, T., & Suhery, C. (2022). Application of Gaussian filter and histogram equalization for repair X-ray image. *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 13(1), 34–43. <https://doi.org/10.31849/digitalzone.v13i1.9770>
- Noviani, N. (2021). Peningkatan kualitas citra karikatur menggunakan filter maksimum dan filter median. *Journal of Computing and Informatics Research*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.47065/comforch.v1i1.110>
- Pratama, F. W., Ziidan, M., Saleh, R. D., & Bagaskara, S. (2024). Image processing dengan bahasa pemrograman Python menggunakan metode median filtering untuk reduksi noise citra digital. *Journal of Computing and Informatics Research*, 2(1), 33–37.
- Satya, I. D. G. R., Widiartha, I. M., Atmaja Darmawan, I. D. M. B., Ari Mogi, I. K., Astuti, L. G., & Santiyasa, I. W. (2022). Implementasi metode Gaussian dan median filtering dalam penghilangan noise pada citra. *JELIKU (Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana)*, 10(2), 189. <https://doi.org/10.24843/jlk.2021.v10.i02.p01>
- Sitohang, B., Sindar, A., & Nusantara, S. P. (2020). Analisis dan perbandingan metode Sobel edge detection dan Prewit pada deteksi tepi citra daun Srilangka. *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi*, 3(3), 314–322.
- Sugandi, F. (2023). Implementasi metode Gaussian filtering dalam mengurangi noise pada pengolahan citra digital. *International Research on Big-Data and Computer Technology: I-Robot*, 7(2), 21–26. <https://doi.org/10.53514/ir.v7i2.237>
- Wedianto, A., Sari, H. L., & H, Y. S. (2016). 269-Article Text-766-1-10-20160609. *Jurnal Media Infotama*, 12(1), 21–30.
- Wibowo, S. H., & Susanto, F. (2017). Penerapan metode Gaussian smoothing untuk mereduksi noise pada citra digital. *Jurnal Media Infotama*, 12(2). <https://doi.org/10.37676/jmi.v12i2.416>
- Yadi, Y. (2018). Analisa usability pada website Traveloka. *Jurnal Ilmiah Betrik*, 9(03), 172–180. <https://doi.org/10.36050/betrik.v9i03.43>
- Yusro, K. A., & Sianturi, R. D. (2018). Penerapan metode median filtering dan histogram equalization untuk meningkatkan kualitas citra radiografi. *Jurnal Riset Komputer (JURIKOM)*, 5(3), 254–260.
- Zanuar, D., Prastya, E., Putra Pamungkas, D., & Niswatin, R. K. (2022). Implementasi metode Gaussian filter dan median filter untuk penghalusan gambar. *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, 178–187.