

Perbandingan Metode Perbaikan pada Citra Jalan Berlubang

Tutuk Indriyani^{*1}, Anggun Ardana Sitoresmi², Ahmad Naufal Lubabsyah³,
Rahmi Rizkiana Putri⁴, Nanang Fakhrrur Rozi⁵

¹Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

²Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

³Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

⁴Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

⁵Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Email: * tutuk@itats.ac.id

Abstract. Improving the quality of pothole images is very important to do in the early stages of the process. The images to be processed often have poor quality, either too bright or too dark, due to imperfect data collection. So, if no correction or preprocessing is done beforehand, it will affect the next stage of the process. In this study, we will analyze five methods for improving image quality: brightness level, contrast, a combination of brightness and contrast, brightness enhancement, and nonlinear mapping. The five image quality improvement methods will be applied to ten pothole image datasets. The analysis of the five methods uses the Mean Squared Error (MSE) and Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) metrics. The test results obtained from this study are the average values of brightness MSE 2,500 dB, combined MSE 107 dB, contrast MSE 5,633 dB, nonlinear MSE 2,883.1 dB, and brightness enhancement MSE 537.1 dB. The average value of brightness PSNR is 32.6 dB, contrast PSNR is 24 dB, combined PSNR is 74.6 dB, nonlinear PSNR is 34.6 dB, and brightness enhancement PSNR is 52.1 dB. Analysis of the measurement results for the five methods shows that the combination method yields the best improvement in pothole image quality, with the smallest average MSE and the largest average PSNR.

Keywords: Brightness and contrast combination, Image preprocessing, MSE, Pothole image enhancement, PSNR

Abstrak. Perbaikan kualitas gambar pada jalan berlubang sangat diperlukan pada tahap awal proses. Sering kali, gambar yang akan diolah memiliki kualitas buruk, yaitu terlalu terang atau gelap yang disebabkan oleh pengambilan data yang tidak sempurna. Hal tersebut akan memengaruhi proses selanjutnya jika tidak dilakukan perbaikan atau pra-pemrosesan sebelumnya. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis lima metode perbaikan kualitas citra yang terdiri dari metode brightness, contrast, kombinasi brightness dan contrast, improve brightness, dan pemetaan nonlinier. Lima metode peningkatan kualitas gambar tersebut akan diterapkan di sepuluh data gambar jalan berlubang. Analisis pada lima metode tersebut menggunakan pengukuran nilai Mean Squared Error (MSE) dan Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR). Hasil pengujian yang diperoleh dari penelitian ini adalah nilai rata-rata MSE brightness 2.500 dB, MSE gabungan 107 dB, MSE contrast 5.633 dB, MSE nonlinier 2.883,1 dB, dan MSE improve brightness 537,1 dB. Nilai rata-rata PSNR brightness 32,6 dB, PSNR contrast 24 dB, PSNR gabungan 74,6 dB, PSNR nonlinier 34,6 dB, dan PSNR improve brightness 52,1 dB. Berdasarkan analisis dari hasil pengukuran tersebut, didapatkan bahwa metode kombinasi brightness dan contrast merupakan metode terbaik untuk perbaikan kualitas gambar jalan berlubang karena

menghasilkan nilai rata-rata MSE yang paling kecil serta nilai rata-rata PSNR paling besar.

Kata Kunci: Kombinasi kecerahan dan kontras, MSE, Peningkatan citra lubang jalan, Pra-pemrosesan citra, PSNR

1. Pendahuluan

Sejak tiga bulan pertama di tahun 2017 di Jawa, terjadi 2.857 kasus kecelakaan lalu lintas, 20% kecelakaan tersebut disebabkan oleh kondisi jalan berlubang. Oleh karena itu, DPU segera dan patut untuk memperbaiki jalan yang rusak termasuk jalan berlubang yang dapat mengakibatkan kecelakaan lalu lintas. Untuk melakukan perbaikan ini, DPU harus mengetahui secara tepat posisi, luas, dan kedalaman dari jalan berlubang tersebut (Indriyani et al., 2020b). Untuk mengetahui luas dan kedalaman pada gambar jalan berlubang, dilakukan pra-pemrosesan karena data dari citra jalan berlubang kecerahannya belum maksimal. Hal ini disebabkan pada peralatan atau cuaca pada saat pengambilan data sehingga sangat penting dilakukan pra-pemrosesan terlebih dahulu.

Pra-pemrosesan memiliki tujuan untuk menghaluskan, mencerahkan (mempertajam), serta dapat mengurangi gangguan (*noise*) dari sebuah citra sehingga pada saat dilakukan proses tahap berikutnya dapat menghasilkan akurasi yang tinggi (Klco et al., 2023). Dalam melakukan segmentasi, terlebih dahulu dilakukan proses perbaikan citra karena data dari citra jalan berlubang kecerahannya belum maksimal. Citra yang kecerahannya belum maksimal disebabkan pada peralatan atau cuaca pada saat pengambilan data. Sehingga sangat penting dilakukan proses perbaikan citra terlebih dahulu untuk menghaluskan, mencerahkan (mempertajam) serta dapat mengurangi gangguan (*noise*) dari sebuah citra. Tujuan dilakukan proses perbaikan citra di awal supaya proses selanjutnya atau proses segmentasi menghasilkan akurasi yang tinggi. Penelitian-penelitian sebelumnya tentang perbaikan citra meliputi metode *brightness* yang dapat meningkatkan kecerahan (Gonzales dan Woods, 2018), memperbaiki citra yang mengandung *noise* menggunakan metode *brightness* (Zhang et al., 2018; Jayasankari dan Domnic, 2018), melakukan perbaikan citra dengan metode *brightness* dan *contrast* dengan hasil akurasi yang didapatkan 86% (Xiao et al., 2018), peningkatan kontras pada citra dengan metode *brightness-distorted* (Morimoto et al., 2019), memperhalus citra dengan metode Lowpass filtering (Indriyani et al., 2020b), metode pemetaan linier pada citra paru (Sankaranarayanan et al., 2025).

Kualitas hasil perbaikan citra dapat diukur secara subjektif dan objektif. Pengukuran secara subjektif dilakukan oleh orang yang melihat citra tersebut dan kemudian memberikan penilaian dalam bentuk skala mulai dari sangat baik sampai sangat jelek. Sedangkan pengukuran secara objektif adalah pengukuran dengan bantuan perhitungan matematis yang menggunakan data asli dan hasil proses. Metode perbaikan yang digunakan dalam penelitian ini ada lima metode yang terdiri dari *brightness*, *contrast*, kombinasi *brightness* dan *contrast*, pemetaan nonlinier, dan *improve brightness*. Kelima metode tersebut dianalisis dengan menghitung nilai Mean Squared Error (MSE) dan Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR). Hasil analisis metode yang memiliki nilai MSE dan PSNR paling bagus akan digunakan sebagai metode perbaikan citra jalan berlubang.

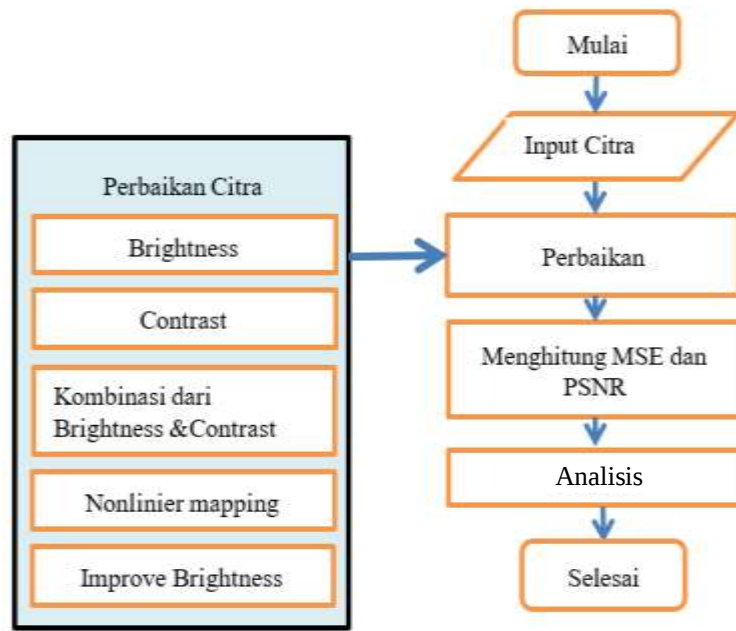
2. Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari tiga proses. Proses pertama, perbaikan citra jalan berlubang dengan lima metode, yaitu *brightness*, *contrast*, kombinasi *brightness* dan *contrast*, pemetaan nonlinier, dan *improve brightness*. Proses kedua, perhitungan nilai MSE dan PSNR. Proses ketiga, melakukan analisis hasil perhitungan MSE dan PSNR. Desain sistem pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian ini menggunakan sepuluh data gambar jalan berlubang dalam bentuk *grayscale* (skala keabuan) dan mempunyai ukuran 256×256 piksel.

2.1 Brightness

Brightness (kecerahan atau intensitas cahaya) pada suatu citra menggambarkan tingkat penerangan pada area tersebut. Secara umum, kecerahan citra ditentukan oleh nilai intensitas piksel yang relatif seragam di dalam suatu wilayah gambar. Fungsinya adalah pemerataan intensitas dalam suatu

area yang digunakan pada pra-pemrosesan atau perbaikan citra pada tahap awal (Indriyani et al., 2020b).Kecerahan citra dapat diperbaiki dengan cara menambahkan atau mengurangi sebuah konstanta pada nilai piksel di citra. Sering kali dijumpai citra yang tidak jelas akibat sinar yang kurang ketika objek dibidik melalui kamera digital. Kecerahan pada suatu titik (piksel) di dalam suatu citra



Gambar 1. Desain sistem

sebenarnya adalah intensitas rata-rata dari suatu area yang melingkupinya. Secara matematis, peningkatan kecerahan dilakukan dengan cara menambahkan suatu konstanta terhadap nilai seluruh piksel yang diekspresikan dalam Persamaan (1).

$$h(x, y) = f(x, y) + A \quad (1)$$

Jika $f(x, y)$ menyatakan nilai piksel pada citra berskala keabuan pada koordinat (x, y) , citra baru telah meningkat nilai kecerahan semua pikselnya sebesar A terhadap citra asli $f(x, y)$. Apabila A berupa bilangan negatif, kecerahan akan menurun atau menjadi lebih gelap (Indriyani et al., 2020a).

2.2 Contrast

Kontras menyatakan sebaran terang (*lightness*) dan gelap (*darkness*) dalam suatu citra. Citra dengan kontras rendah dicirikan oleh sebagian besar komposisi citranya yang terang atau sebagian besar gelap. Citra dengan kontras yang baik, komposisi gelap dan terangnya tersebar secara merata. Kontras dapat diukur berdasarkan perbedaan antara nilai intensitas tertinggi dan nilai intensitas terendah yang menyusun piksel-piksel dalam citra. Agar distribusi intensitas piksel berubah, perlu dilakukan peregangan kontras dengan menggunakan Persamaan (2).

$$h(x, y) = B * f(x, y) \quad (2)$$

dengan B adalah nilai konstanta, kontras akan naik jika $B > 1$ dan kontras akan turun jika $B < 1$.

2.3 Combination of Brightness and Contrast

Perbaikan kecerahan dan kontras dapat dilakukan sekaligus untuk memperbaiki citra. Dengan cara melakukan pengaturan agar nilai keabuan pada citra f berkisar antara f_1 dan f_2 , menggunakan Persamaan (3) (Indriyani et al., 2021).

$$h(x, y) = h_1 + \left(\frac{h_2 - h_1}{f_2 - f_1} \right) [f(x, y) - f_1] \quad (3)$$

dengan h_1 , h_2 , f_1 dan f_2 adalah nilai konstanta, nilai h_2 dan $f_2 >$ nilai h_1 and f_1 .

2.4 Pemetaan Nonlinier

Dalam pengolahan citra, diperlukan juga pemetaan intensitas piksel yang tidak menggunakan cara linier, melainkan menggunakan pendekatan nonlinier. Apabila citra berisi bagian-bagian cerah dan gelap yang cukup ekstrem, akan lebih baik menggunakan cara nonlinier. Citra yang memiliki nilai intensitas rendah akan menjadi citra yang memiliki nilai intensitas tinggi dengan menggunakan fungsi logaritma. Sifat pemetaan yang tidak seragam itulah yang disebut sebagai pemetaan nonlinier. Pemetaan nonlinier dapat dirumuskan pada persamaan (4).

$$h(x, y) = \log(1 + \text{double}(f(x, y))) \quad (4)$$

dengan $f(x, y)$ gambar asli dan $h(x, y)$ hasil kombinasi.

2.5 Improve brightness

Improve brightness dalam penelitian ini adalah apabila citra yang memiliki nilai intensitas rendah (gelap) akan ditambahkan dengan nilai konstanta tertentu, citra yang memiliki nilai intensitas tinggi akan dikurangi dengan nilai konstanta tertentu. Penambahan dan pengurangan pada intensitas citra dilakukan dengan cara uji coba. *Improve brightness* dapat dirumuskan pada Persamaan (5).

$$h(x, y) = \begin{cases} n = \text{threshold} \\ \text{if } f(x, y) < n \quad f(x, y) + A \\ \text{if } f(x, y) > n \quad f(x, y) - B \end{cases} \quad (5)$$

dengan n adalah nilai antara piksel minimum dan maksimum pada citra asli. Nilai A dan B adalah konstanta.

2.6 Mean Squared Error (MSE)

MSE merupakan nilai rata-rata kuadrat eror (perbedaan pada piksel citra) dari citra yang sudah dimodifikasi dengan citra metode perbaikan yang digunakan dalam penelitian ini. Semakin kecil nilai MSE, akan semakin tinggi kualitas citra. Sebaliknya, semakin besar nilai MSE, semakin rendah kualitas citra. Satuan pada MSE adalah desibel (dB). Perhitungan MSE dapat dirumuskan pada Persamaan (6) (Indriyani, Kurniawan, et al., 2023).

$$\text{MSE} = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (f(x, y) - h(x, y))^2 \quad (6)$$

dengan $f(x, y)$ citra perbaikan yang sebelumnya telah dilakukan, $h(x, y)$ metode perbaikan yang digunakan dalam penelitian, M adalah baris pada ukuran piksel citra, dan N adalah kolom pada citra.

2.7 Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)

PSNR adalah alat ukur matematis yang umum digunakan untuk mengukur kualitas hasil pengolahan citra. Satuan pada PSNR adalah desibel (dB) dalam bentuk logaritma. Kualitas citra hasil perbaikan (modifikasi) akan dinilai berdasarkan besar kecilnya nilai PSNR. Semakin besar nilai PSNR, semakin bagus kualitas citra yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin kecil nilai PSNR, semakin jelek kualitas citra yang dihasilkan. Perhitungan PSNR dapat dirumuskan seperti pada Persamaan (7) (Indriyani, Nurmuslimah, et al., 2023).

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \left(\frac{\text{Max}^2}{\text{MSE}} \right) \quad (7)$$

dengan Max adalah nilai maksimum piksel metode perbaikan sebelumnya.

3. Hasil dan Pembahasan

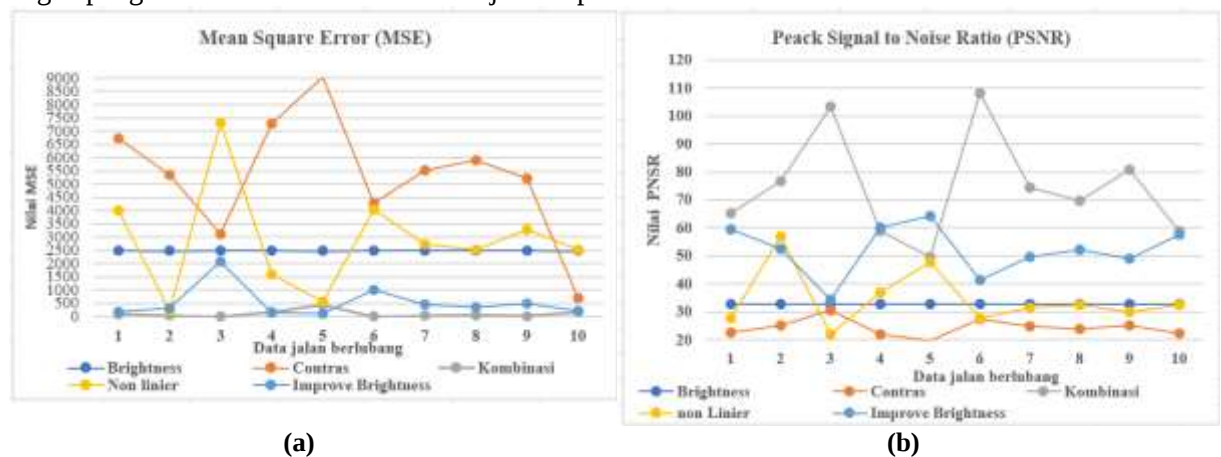
Uji coba pada penelitian ini menggunakan sepuluh data citra jalan berlubang. Data gambar *grayscale* tersebut mempunyai ukuran 256×256 pixel. Metode perbaikan citra yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *brightness*, *contrast*, kombinasi pada *brightness* dan *contrast*, pemetaan nonlinier, dan *improve brightness*.

Pengujian dilakukan menggunakan lima metode pada sepuluh data gambar jalan berlubang. Hasil perbandingan jumlah piksel pada citra yang telah diperbaiki disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian pada metode peningkatan kualitas gambar

Data Citra	Pengukuran	Brightness A = 50	Contrast B = 1,5	Bright & Cont Combination	Pemetaan Nonlinier	Improve Brightness
Data_1	MSE	2.500,0	6.714,3	96,6	4.015,5	170,3
	PSNR	32,6	22,7	65,1	27,8	59,5
Data_2	MSE	2.499,9	5.345,5	30,1	219,0	336,5
	PSNR	32,6	25	76,8	56,9	52,6
Data_3	MSE	2.500,0	3.105,8	2,1	7.325,8	2.076,9
	PSNR	32,6	30,4	103,5	21,8	34,4
Data_4	MSE	2.499,9	7.267,0	178,5	1.603,8	160,1
	PSNR	32,6	21,9	59,0	37,0	60,1
Data_5	MSE	2.500,0	9.033,0	459,8	554,7	104,7
	PSNR	32,6	19,7	49,5	47,6	64,3
Data_6	MSE	2.500,0	4.267,9	1,3	4.033,1	1019,8
	PSNR	32,6	27,2	108,2	27,8	41,5
Data_7	MSE	2.500,0	5.510,1	38,6	2.744,9	460,3
	PSNR	32,6	24,7	74,3	31,6	49,5
Data_8	MSE	2.500,0	5.890,7	60,7	2.531,4	348,7
	PSNR	32,6	24	68,8	32,5	52,3
Data_9	MSE	2.500,0	5.223,8	19,8	3.272,4	490,7
	PSNR	32,6	25,2	80,9	29,9	48,9
Data_10	MSE	2.500,0	705,4	182,3	2.529,9	203,1
	PSNR	32,6	22,2	58,8	32,5	57,7
Rata-rata MSE		2.500,0	5.633,1	107,0	2.883,1	537,1
Rata-rata PSNR		32,6	24,3	74,6	34,6	52,1

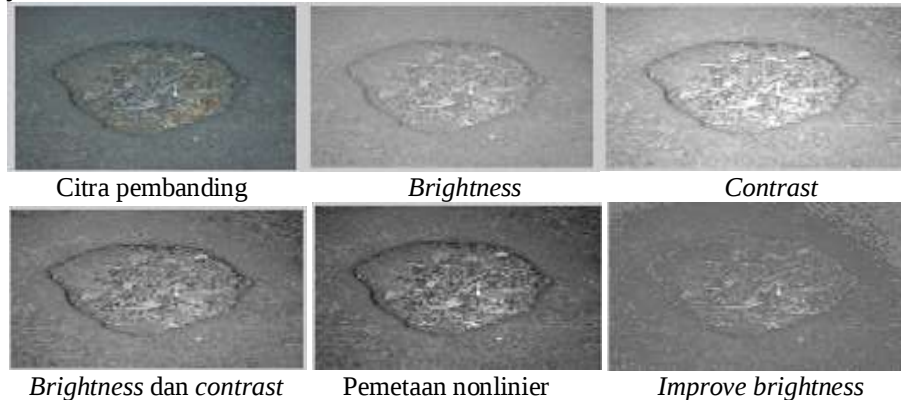
Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 1, nilai rata-rata MSE *brightness* 2.500 dB, MSE *contrast* 5.633 dB, MSE gabungan 107 dB, MSE nonlinier 2.883,1 dB, dan MSE improve brightness 537,1 db. Nilai rata-rata PSNR *brightness* 32,6 dB, PSNR *contrast* 24,3 dB, PSNR gabungan 74,6 dB, PSNR nonlinier 34,5 dB dan, PSNR *improve brightness* 52,1 dB. Grafik perbandingan kelima metode dengan pengukuran MSE dan PSNR ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. (a) Grafik hasil perhitungan MSE menggunakan lima metode; (b) Grafik hasil perhitungan PSNR menggunakan lima metode.

Berdasarkan hasil grafik dari Gambar 2, metode yang bagus untuk memperbaiki kualitas citra jalan berlubang adalah metode gabungan *brightness* dan *contrast* karena metode gabungan menghasilkan nilai rata-rata MSE paling kecil dan nilai rata-rata PSNR yang paling besar dibanding dengan metode yang lainnya. Perbandingan citra asli dengan perbaikan citra dengan lima metode ditunjukkan pada Gambar 3.

Dari hasil percobaan yang dilakukan, dapat ditunjukkan bahwa teknik perbaikan kualitas citra pada citra jalan berlubang lebih cocok menggunakan metode gabungan *brightness* dan *contrast* yang dibuktikan pada nilai MSE paling kecil dan nilai PSNR paling besar. Secara kasat mata juga dapat ditunjukkan pada Gambar 3, bahwa metode gabungan *brightness* dan *contrast* menghasilkan gambar yang paling jelas.



Gambar 3. Perbandingan kualitas citra metode perbaikan sebelumnya dengan metode yang digunakan

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh beberapa point yang perlu diperhatikan. Secara umum, metode *brightness*, *contrast*, kombinasi *brightness* dan *contrast*, pemetaan *nonlinier*, serta *improve brightness* dapat digunakan sebagai metode untuk perbaikan citra. Akan tetapi, dari hasil pengujian pada penelitian ini, metode gabungan *brightness* dan *contrast* merupakan metode yang paling bagus untuk digunakan dalam perbaikan citra jalan berlubang. Metode gabungan *brightness* dan *contrast* memiliki nilai rata-rata MSE 107 dB dan PSNR 74,6 dB.

Referensi

- Gonzalez, R.C. and Woods, R.E. (2018) *Digital Image Processing. 4th Edition*, Pearson Education, New York.
- Indriyani, T., Kurniawan, M., Yuliastuti, G., Prabiantissa, C., & Kembang, R. (2023). An Improve KNN Method for Classification of Sexually Transmitted Diseases. *2023 Sixth International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE)*, 3, 315–319.
- Indriyani, T., Nurmuslimah, S., Taufiqurrahman, A., Hapsari, R. K., Prabiantissa, C. N., & Rachmad, A. (2023). *Steganography on Color Images Using Least Significant Bit (LSB) Method* (pp. 39–48). https://doi.org/10.2991/978-94-6463-174-6_5
- Indriyani, T., Utoyo, I., & Rulaningtyas, R. (2020a). Comparison of image edge detection methods on potholes road images. *Journal of Physics: Conference Series*, 1613(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1613/1/012067>
- Indriyani, T., Utoyo, M. I., & Rulaningtyas, R. (2020b). Comparison of Image Smoothing Methods on Potholes Road Images. *Journal of Physics: Conference Series*, 1477(5). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1477/5/052056>
- Indriyani, T., Utoyo, M. I., & Rulaningtyas, R. (2021). A New Watershed Algorithm for Pothole Image Segmentation. *Studies in Informatics and Control*, 30(3), 131–139. <https://doi.org/10.24846/v30i3y202112>
- Jayasankari, S., & Domnic, S. (2018). A New Brightness Assessment Method to Predict the Balance of Color Occurrence. *Procedia Computer Science*, 133, 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.004>
- Klco, P., Koniar, D., Hargas, L., & Paskala, M. (2023). Automated Detection Of Potholes Using YOLOv5 Neural Network. *Transportation Research Procedia*, 74, 1150–1155. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.255>
- Morimoto, Y., Masaya, A., & Ueki, M. (2019). *High-speed 3D shape measurement by one pitch phase analysis method using brightness values in small square area of single-shot image*. 113(August 2018), 38–46.
- Sankaranarayanan, R., Priyanka, B. J., & Merry, K. P. (2025). Enhancing lung cancer detection and classification using two-stream conditional GANs for accurate computed tomography scan image analysis. *Alexandria Engineering Journal*, 129, 900–910. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2025.07.029>

- Xiao, B., Tang, H., Jiang, Y., Li, W., & Wang, G. (2018). Brightness and contrast controllable image enhancement based on histogram specification. *Neurocomputing*, 275, 2798–2809. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.11.057>
- Zhang, J., Wang, X., Yang, C., Zhang, J., & He, D. (2018). *Image dehazing based on dark channel prior and brightness enhancement for agricultural remote sensing images from consumer-grade cameras*. 151(October 2017), 196–206.

Halaman ini sengaja dikosongkan.