

Perbaikan Kualitas Citra Cahaya Redup Menggunakan Teknik Perbaikan *Histogram Equalization* dan *Adaptive Multi-scale Retinex*

Low Light Image Enhancement using Histogram Equalization and Adaptive Multi-scale Retinex Repair Techniques

FADHEL MUHAMMAD^{1*}, DHILA APRILIANTI¹, ANNISA AMANDA NELVI¹,
AULIA KHAIRUNISA¹, MUHAMAD RESTU INYASDI KAHVI¹,
ENDANG PURNAMA GIRI², FALDIENA MARCELITA¹

Abstrak

Citra *low light* seringkali memiliki kualitas yang rendah, dengan kurangnya cahaya yang menyebabkan citra yang gelap, kontras rendah, dan detail yang terabaikan. Dalam upaya untuk meningkatkan citra *low light*, berbagai metode telah dikembangkan, termasuk *histogram equalization* dan *adaptive multi-scale retinex* (AMSR). Dari kedua metode ini, belum ada kesepakatan mengenai mana yang lebih efektif dalam perbaikan citra *low light*. Dalam penelitian ini, kami membandingkan kinerja metode *histogram equalization* dan AMSR dalam perbaikan citra *low light*. Metode *histogram equalization* diterapkan untuk mengubah distribusi intensitas piksel dalam citra. *Histogram equalization* memiliki kelemahan dalam mempertahankan kontras lokal dan dapat menghasilkan citra yang terlalu tajam. Selanjutnya, metode AMSR diterapkan untuk memperbaiki kontras dan detail citra *low light*. Dalam penelitian ini, AMSR diterapkan dengan skala adaptif pada berbagai tingkat deteksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua metode memiliki kemampuan untuk meningkatkan citra *low light*. Metode *histogram equalization* memberikan peningkatan yang signifikan dalam kontras global dan kecerahan citra, sementara metode AMSR berhasil mempertahankan kontras lokal dan detail citra. Perbedaan juga terjadi pada hasil yang diperoleh, tergantung pada karakteristik citra dan preferensi pengguna. Berdasarkan analisis dan evaluasi yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kedua metode memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing dalam perbaikan citra *low light*.

Kata Kunci: *adaptive multi-scale retinex*, *histogram equalization*, perbaikan citra

Abstract

The low-light images often have low quality, with insufficient light causing dark images, low contrast, and neglected details. To enhance low-light images, various methods have been developed, including histogram equalization and adaptive multi-scale retinex (AMSR). Among these methods, there is no consensus on which method is more effective in improving low-light images. In this study, we compare the performance of histogram equalization and AMSR methods in enhancing low-light images. The histogram equalization method is applied to alter the pixel intensity distribution within the image. Histogram equalization has drawbacks in maintaining local contrast and can produce overly sharp images. Furthermore, the AMSR method is applied to improve the contrast and detail of low-light images. This study applies AMSR with adaptive scales at various detection levels. The results show that both methods can enhance low-light images. The histogram equalization method provides a significant improvement in global contrast and image brightness, while the AMSR method successfully maintains local contrast and image detail. Differences also occur in the obtained results, depending on the image characteristics and user preferences. Based on the analysis and evaluation conducted, it can be concluded that both methods have their respective strengths and weaknesses in improving low-light images.

Keywords: adaptive multi-scale retinex, histogram equalization, image enhancement

¹ Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak, Sekolah Vokasi, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16151

² Departemen Ilmu Komputer, FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

* Penulis untuk korespondensi: fatdhel_fadhel@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Citra *low light* adalah jenis citra yang dihasilkan dalam kondisi pencahayaan yang minim atau keterbatasan cahaya, seperti di malam hari atau dalam lingkungan dengan pencahayaan rendah (Hao *et al.* 2020). Keterbatasan cahaya ini sering menghasilkan citra yang kurang jelas, gelap, dan kurangnya kontras (Pardosi *et al.* 2019). Kualitas citra *low light* yang rendah ini dapat menyulitkan dalam analisis visual dan pengambilan keputusan yang berkaitan dengan citra tersebut (Ren *et al.* 2019).

Berbagai metode telah dikembangkan untuk memperbaiki citra *low light*. Dua metode yang sering digunakan adalah *histogram equalization* dan *adaptive multi-scale retinex* (AMSR). *Histogram equalization* adalah metode yang bertujuan untuk meratakan distribusi intensitas piksel dalam citra untuk mengatur tingkat kecerahan citra tersebut (Nabuasa YY 2019; Saifullah dan Drezewski 2023). Metode ini dapat meningkatkan kontras dan kecerahan citra secara keseluruhan dengan mengubah distribusi intensitas piksel (Angga *et al.* 2020). Kekurangan dari metode *histogram equalization* adalah metode ini tidak dapat mempertahankan kontras lokal yang penting dalam citra *low light* (Mustafa dan Abdul Kader 2018; Winarno *et al.* 2022). Selain itu, *histogram equalization* juga dapat menghasilkan citra yang terlalu tajam, mengorbankan detail yang halus dalam citra (Manalu 2021). Inilah alasan mengapa metode AMSR diperkenalkan sebagai alternatif untuk perbaikan citra *low light* (Dalimunthe dan Ginting 2020; Robinson dan Lau).

AMSR adalah metode yang berdasarkan prinsip pemisahan komponen reflektansi dan iluminasi dalam citra (Kuncoro Probo Saputra 2016). Pemisahan komponen-komponen ini membuat metode AMSR dapat meningkatkan kontras dan detail citra tanpa mengorbankan informasi yang penting (Kurnia *et al.* 2022). AMSR juga dapat diterapkan secara adaptif pada skala berbeda dalam citra, sehingga memberikan hasil yang lebih baik dalam mengatasi masalah citra *low light* (Qu *et al.* 2020).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kinerja metode *histogram equalization* dan AMSR dalam perbaikan citra *low light*. Dalam penelitian ini, dianalisis kelebihan dan kelemahan masing-masing metode, serta dilakukan evaluasi kualitas citra yang diperbaiki menggunakan kedua metode tersebut. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang perbandingan antara *histogram equalization* dan AMSR dalam perbaikan citra *low light*, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknik perbaikan citra yang lebih efektif di masa depan. Hasil dari penelitian ini juga dapat memberikan panduan praktis bagi pemilihan metode yang sesuai dalam aplikasi perbaikan citra *low light*.

METODE

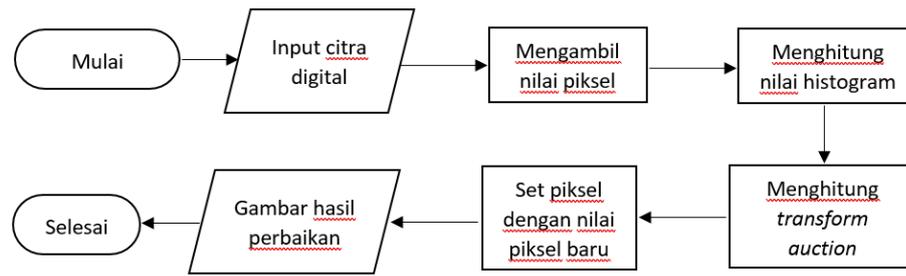
Metode Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara menyebarkan kuesioner yang berisi beberapa pertanyaan dan pernyataan kepada responden menggunakan pendekatan *simple random sampling*. Tipe penelitian yang dilakukan merupakan tipe data kuantitatif. Data yang digunakan adalah data primer yang berasal dari penyebaran kuesioner, serta data sekunder yang diperoleh dari set data yang diambil dari sebuah situs web. Sehingga, penelitian ini menggabungkan data primer dari hasil survei dengan data sekunder dari sumber eksternal untuk analisis yang lebih komprehensif.

Metode Perbaikan Citra

Menurut Nabuasa YY (2019), *histogram equalization* adalah metode yang bertujuan untuk meratakan distribusi intensitas piksel dalam citra guna mengatur tingkat kecerahan citra tersebut. Metode ini merupakan metode perbaikan histogram berdasarkan metode transformasi fungsi distribusi kumulatif (Li *et al.* 2022; Gowda *et al.* 2023). Perataan histogram ini didapatkan dengan cara mengubah derajat keabuan piksel (r) dengan derajat keabuan yang

baru (s) menggunakan sebuah fungsi transformasi T , yang dapat dinyatakan dalam bentuk $s = T(r)$. Metode *histogram equalization* dalam memperbaiki citra digital dilakukan berdasarkan flowchart sebagaimana terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1 Flowchart perbaikan citra digital dengan *histogram equalization* (Asmara, 2018)

Metode *retinex* pertama kali dikembangkan oleh Edwin Land pada tahun 1971. Metode *retinex* adalah metode yang mempertahankan kekonstanan warna yang mana warna objek yang terlihat memiliki warna hampir sama meskipun memiliki pencahayaan yang berbeda (Adi Putra *et al.* 2022). Warna suatu objek akan tetap terlihat memiliki warna yang serupa walaupun dilihat pada pencahayaan cerah saat pagi maupun kemerahan saat sore (Ma *et al.* 2017).

Metode *retinex* terbagi menjadi dua, yaitu *single scale retinex* (SSR) dan *multi scale retinex* (MSR). MSR merupakan pengembangan dari SSR karena terdapat keterbatasan pada SSR (Ma *et al.* 2017). SSR dapat menampilkan penampakan warna dan kompresi rentang dinamis, namun tidak dapat melakukan keduanya secara bersamaan. Oleh karena itu dikembangkan MSR yang kemudian dikembangkan lagi menjadi *Adaptive multi-scale retinex* (AMSR) (David *et al.* 2019).

AMSR menggunakan pendekatan *multiscale* untuk memperoleh estimasi pencahayaan citra yang tepat secara adaptif (Noga dan Amalia 2022). AMSR dilakukan dengan membagi citra menjadi beberapa tingkat resolusi atau skala yang berbeda. Berikut adalah langkah-langkah dalam memperbaiki citra digital dengan metode AMSR (Li *et al.* 2022):

1. Konversi citra menjadi skala keabuan.
2. Membuat piramida skala dengan piramida Gauss atau piramida Laplacian.
3. Estimasi pencahayaan dengan menggunakan filtrasi spasial.
4. Koreksi pencahayaan dengan memperhatikan kontras pada setiap skala.
5. Normalisasi citra dengan pencahayaan yang telah dikoreksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses perbaikan citra dilakukan menggunakan dua metode yaitu *histogram equalization* dan *adaptive multi-scale retinex*, hasilnya akan dievaluasi dengan membandingkan nilai *signal-to-noise ratio* (SNR) dari citra yang telah diperbaiki. Selain itu, kualitas citra yang dihasilkan juga akan dievaluasi melalui survei.

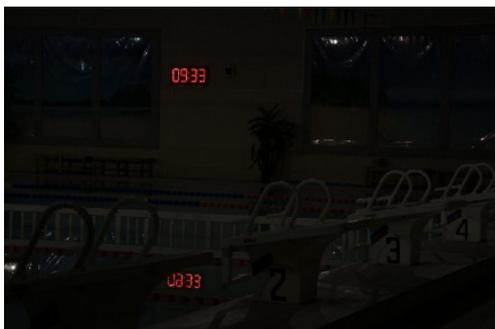
Dataset LOL (*low light*)

Dataset yang penulis gunakan untuk penelitian ini bernama LOL (*low light*) dataset, yang bersumber dari <https://daoshee.github.io/BMVC2018website/>. Gambar 2 merupakan sampel citra yang digunakan pada penelitian ini.

Citra Asli (*Low Light*)



Citra Asli (*High Light*)

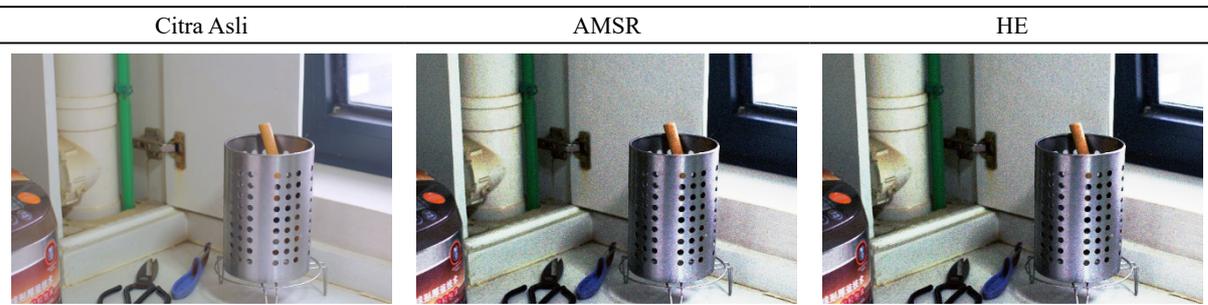


Gambar 2 Data set citra yang digunakan

Perbandingan Citra Asli dengan Hasil Perbaikan

Pada Gambar 3 ditampilkan tiga buah citra asli yang digunakan sebagai sampel penelitian beserta hasil perbaikannya untuk dihitung SNR-nya.

Citra Asli	AMSR	HE



Gambar 3 Perbandingan citra asli dengan hasil perbaikan citra

Analisis Metode AMSR dan HE Berdasarkan Nilai SNR

SNR adalah sebuah ukuran yang digunakan untuk mengukur perbandingan antara kekuatan sinyal yang diinginkan (*signal*) dengan tingkat kebisingan (*noise*) yang ada di dalamnya (Zhang *et al.* 2018). SNR dapat dihitung dengan membagi kekuatan sinyal oleh tingkat *noise* (David *et al.* 2019). Semakin tinggi nilai SNR pada citra hasil perbaikan, semakin sedikit tingkat *noise* yang terdapat dalam citra tersebut. Dengan demikian citra dianggap memiliki kualitas yang lebih baik (Yuan *et al.* 2019). Rumus dasar SNR adalah:

$$SNR = \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \quad (1)$$

dengan

P_{signal} = Kekuatan atau energi sinyal yang diinginkan.

P_{noise} = Kekuatan atau energi kebisingan.

Dari Tabel 1 didapatkan bahwa nilai SNR pada metode perbaikan HE memiliki rata-rata nilai sebesar 5.235112. Sedangkan AMSR memiliki rata-rata nilai SNR sebesar 5.553841. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa secara perhitungan SNR, metode AMSR lebih cocok digunakan untuk perbaikan citra karena memiliki tingkat *noise* yang rendah.

Tabel 1 Nilai SNR (*Signal to Noise Ratio*)

Nama Citra	SNR		
	Citra Asli	HE	AMSR
Citra 1	5.460983	11.039498	10.408313
Citra 2	5.276060	4.977295	5.451982
Citra 3	6.693662	5.235118	4.732742
Rata-rata	8.969598	5.235112	5.553841

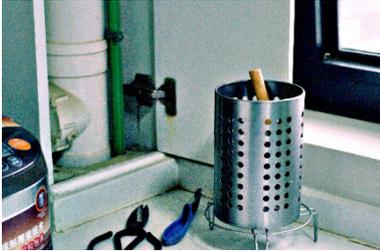
Analisis Metode AMSR dan HE Berdasarkan Survei

Tabel 2 memperlihatkan hasil survei perbandingan dari metode HE dan AMSR beserta dengan alasan yang dipilih oleh responden. Dalam survei yang membandingkan metode HE dan AMSR, digunakan pendekatan *simple random sampling*, di mana setiap individu dalam populasi memiliki peluang yang sama untuk dipilih sebagai responden. Metode ini memastikan bahwa hasil survei mewakili populasi secara keseluruhan dan memberikan dasar yang kuat untuk analisis perbandingan antara dua metode tersebut. Survei ini melibatkan 32 responden yang memilih hasil perbaikan citra yang lebih baik, diikuti dengan memberikan alasan di balik pilihan responden.

Metode AMSR memiliki rata-rata nilai SNR sebesar 5.553841, sedangkan HE memiliki rata-rata nilai SNR sebesar 5.235112. Hasil ini menunjukkan bahwa AMSR lebih unggul dalam mengurangi tingkat *noise* pada citra *low light*. Namun, hasil survei menunjukkan variasi dalam

preferensi responden. Sebanyak 66.7% responden memilih AMSR sebagai metode perbaikan citra yang lebih baik karena dianggap menghasilkan citra yang lebih detail, tajam, terang, dan kontras. Dalam dua penilaian lainnya, HE lebih dipilih. Sebanyak 61.4% responden memilih HE dengan alasan serupa, dan 68.4% responden memilih HE karena citra dianggap lebih terang dan objek dapat diidentifikasi dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun SNR adalah indikator teknis kualitas citra, penilaian responden dapat dipengaruhi oleh aspek visual dan persepsi individu yang berbeda.

Tabel 2 Hasil survei responden

HE	AMSR	Keterangan
		Pada perbandingan kedua citra ini, sebanyak 66.7% responden memilih AMSR sebagai metode yang lebih baik untuk memperbaiki citra <i>low light</i> ini, dengan alasan responden yaitu citra terlihat lebih detail, lebih detail, lebih tajam, lebih terang, dan lebih kontras.
		Pada perbandingan kedua citra ini sebanyak 61.4% responden memilih HE sebagai metode yang lebih baik untuk memperbaiki citra <i>low light</i> ini, dengan alasan responden yaitu citra terlihat lebih detail, lebih tajam, lebih terang, dan lebih kontras.
		Pada perbandingan kedua citra ini sebanyak 68.4% responden memilih HE sebagai metode yang lebih baik untuk memperbaiki citra <i>low light</i> ini, dengan alasan responden yaitu citra terlihat lebih detail, lebih tajam, lebih terang dan objek pada citra dapat diidentifikasi dengan baik.

SIMPULAN

Penelitian ini membandingkan dua teknik perbaikan kualitas citra dalam kondisi cahaya redup, yaitu HE dan AMSR. Setelah melakukan pengujian terhadap citra yang telah diperbaiki menggunakan kedua teknik ini, survei dan analisis dilakukan untuk menentukan metode yang lebih efektif. Dalam survei, responden diminta untuk memilih citra dengan kualitas yang lebih baik berdasarkan hasil dari kedua teknik perbaikan ini, dan memberikan alasan di balik pilihannya. Sementara itu, analisis juga dilakukan berdasarkan nilai SNR, yang mengukur kualitas sinyal relatif terhadap tingkat kebisingan atau noise pada citra. Dari penelitian yang dilakukan, hasil analisis menggunakan nilai SNR yaitu rata-rata nilai SNR dari algoritme AMSR adalah 5.553841, sedangkan rata-rata nilai SNR dari algoritme HE adalah 5.235112. Hasil tersebut menunjukkan bahwa algoritme AMSR lebih baik dalam perbaikan citra. Hasil survei menunjukkan bahwa sebanyak 65.5% responden memilih hasil citra dari teknik HE sebagai hasil perbaikan yang lebih akurat. Berdasarkan hasil survei, dapat disimpulkan bahwa HE lebih baik dibandingkan dengan AMSR karena citra yang dihasilkan terlihat lebih terang, detail, dan tajam.

Dari hasil tersebut, disimpulkan bahwa meskipun analisis SNR menunjukkan AMSR memiliki keunggulan dari segi kualitas sinyal dan pengurangan *noise*, preferensi pengguna yang diukur melalui survei menunjukkan kecenderungan yang lebih besar terhadap *HE*. Oleh karena itu, pemilihan teknik perbaikan citra harus mempertimbangkan berbagai aspek, termasuk hasil analisis teknis seperti SNR serta preferensi pengguna. Kedua teknik memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing, sehingga pemilihan yang tepat bergantung pada kebutuhan spesifik dan hasil yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi PN, Amalia R. 2022. Perancangan Aplikasi Perbaikan Citra Digital pada Hasil Screenshot dengan Menggunakan Metode Multiscale Retinex dan Median Filter. *Faktor Exacta*. 15(3):180–191. doi:10.30998/faktorexacta.v15i3.13706.
- Adiputra PI, Sirait P, Goh S, Chandra R. 2019. Perbaikan Citra Gelap dan Pembesaran Objek Citra Menggunakan Gradient Based Low-Light Image Enhancement dan Rational Ball Cubic B-Spline with Genetic Algorithm. *Jurnal SIFO Mikroskil*. 20(2):105–115.
- Angga W, Kusuma W, Kusumadewi A. 2020. Penerapan Metode Contrast Stretching, Histogram Equalization dan Adaptive Histogram Equalization untuk Meningkatkan Kualitas Citra Medis MRI. *Jurnal SIMETRIS*. 11(1):1–10.
- Asmara, R.A. 2018. Pengolahan Citra Digital. Malang: Polinema Press.
- Dalimunthe BS, Ginting G. 2020. Penggunaan Metode Multiscale Retinex Untuk Peningkatan Bayangan dan Sorotan dengan Reflectance dan Iluminasi Citra. *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*. 2(1).
- David, Lahagu S, Azmi F, Sherly. 2019. Implementasi Metode Retinex dan Histogram Equalization pada Kecerahan Citra Digital. *JITE*. 2(2):62. <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jite>.
- Gowda AAB, Nataraja N, Kumar SS, Kumar SKN, Palle SS. 2023. A Novel Gabor Filtering and Adaptive Histogram Equalization Method for Improving Images. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*. 11(7):194–199. doi:10.17762/ijritcc.v11i7.7845.
- Hao S, Han X, Guo Y, Xu X, Wang M. 2020. Low-Light Image Enhancement with Semi-Decoupled Decomposition. *IEEE Trans Multimedia*. 22(12):3025–3038. doi:10.1109/TMM.2020.2969790.
- Kuncoro Probo Saputra L. 2016. Perbandingan Varian Metode Multiscale Retinex untuk Peningkatan Akurasi Deteksi Wajah Adaboost HAAR-liku. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*. 2(1):89–98.
- Kurnia D, Azis RA, Sastrawan MT, Lumbantoruan S. 2022. Aplikasi Pengolahan Citra Dengan Metode MultiScale Retinex Untuk Perbaikan Citra 2 Dimensi. *Jurnal Rekayasa, Teknologi Proses dan Sains Kimia*. 1(2):19–28.
- Li C, Zhu J, Bi L, Zhang W, Liu Y. 2022. A low-light image enhancement method with brightness balance and detail preservation. *PLoS One*. 17(5). doi:10.1371/journal.pone.0262478.
- Ma J, Fan X, Ni J, Zhu X, Xiong C. 2017. Multi-scale retinex with color restoration image enhancement based on Gaussian filtering and guided filtering. Di dalam: *International Journal of Modern Physics B*. Volume ke-31. World Scientific Publishing Co. Pte Ltd.
- Manalu RE. 2021. Analisis Metode Histogram Equalization Dalam Proses Perbaikan Gambar Closed Circuit Television (CCTV). *TIN: Terapan Informatika Nusantara*. 2(1):1–5. <https://ejournal.seminar-id.com/index.php/tin>.
- Mustafa WA, Abdul Kader MMM. 2018. A Review of Histogram Equalization Techniques in Image Enhancement Application. Di dalam: *Journal of Physics: Conference Series*. Volume ke-1019. Institute of Physics Publishing.
- Nabuasa YY. 2019. Pengolahan Citra Digital Perbandingan Metode Histogram Equalization dan Spesification pada Citra Abu-abu. *J-ICON*. 7(1):87–95.

- Noga AP, Amalia R. 2022. Perancangan Aplikasi Perbaikan Citra Digital pada Hasil Screenshot dengan Menggunakan Metode Multiscale Retinex dan Median Filter. *Faktor Exacta*. 15(3):180–191. doi:10.30998/faktorexacta.v15i3.13706.
- Qu J, Li Y, Du Q, Xia H. 2020. Hyperspectral and Panchromatic Image Fusion via Adaptive Tensor and Multi-Scale Retinex Algorithm. *IEEE Access*. 8:30522–30532. doi:10.1109/ACCESS.2020.2972939.
- Ren W, Liu S, Ma L, Xu Q, Xu X, Cao X, Du J, Yang MH. 2019. Low-Light Image Enhancement via a Deep Hybrid Network. *IEEE Transactions on Image Processing*. 28(9):4364–4375. doi:10.1109/TIP.2019.2910412.
- Robinson PE, Lau WJ. Adaptive Multi-Scale Retinex algorithm for contrast enhancement of real world scenes.
- Saifullah S, Drezewski R. 2023. Modified Histogram Equalization for Improved CNN Medical Image Segmentation. Di dalam: *Procedia Computer Science*. Volume ke-225. Elsevier B.V. hlm 3021–3030.
- Winarno G, Irsal M, Karenina CA, Sari G, Hidayati RN. 2022. Metode Histogram Equalization untuk Peningkatan Kualitas Citra dengan Menggunakan Studi Phantom Lumbosacral. *Jurnal Kesehatan Vokasional*. 7(2):104. doi:10.22146/jkesvo.71469.
- Yuan T, Deng W, Tang J, Tang Y, Chen B. 2019. Signal-to-Noise Ratio: A Robust Distance Metric for Deep Metric Learning.
- Zhang Z, Dai G, Liang X, Yu S, Li L, Xie Y. 2018. Can Signal-to-Noise Ratio Perform as a Baseline Indicator for Medical Image Quality Assessment. *IEEE Access*. 6:11534–11543. doi:10.1109/ACCESS.2018.2796632.