

KOMBINASI METODE ADAPTIVE HISTOGRAM EQUALIZATION DAN HISTOGRAM EQUALIZATION UNTUK PENINGKATAN KUALITAS DAN KUANTITAS CITRA

Zulhendri

Universitas Harapan Medan, Jl. H.M. Joni, No. 70 C, Medan, zulhendri@gmail.com

Rachmad Aulia

Universitas Harapan Medan, Jl. H.M. Joni, No. 70 C, Medan, jackmat@gmail.com

Yessi Fitri Annisah Lubis

Universitas Harapan Medan, Jl. H.M. Joni, No. 70 C, Medan, yessy.annisa@gmail.com

Abstract

Abstract - An image is rich in information, but often the image or images that are owned have decreased quality (degradation) of the image, namely a decrease in image quality because it contains defects (noise). In order for the image or image that is disturbed to be easily interpreted by either a human or a machine, the quality of the image needs to be improved. Image processing aims to improve image quality (image enhancement) so that it is easily represented by humans or machines (in this case computers). The test images used are true color images, grayscale images with .bmp and .tif image formats and images that are input directly from the webcam. This study presents a histogram technique method based on a combination of the Adaptive Histogram Equalization and Histogram Equalization methods to increase image contrast to be brighter and reduce noise in the image, so that the information in the image is more clearly visible. The results of image quality testing with the PSNR parameter show that the combination of the Adaptive Histogram Equalization and Histogram Equalization methods is more suitable for images captured directly from the webcam. Although it will not be completely the same, the histogram is more even. The percentage difference between the test image and the resulting image for the color image is 30.70% with the required processing time of 0.92 seconds, for grayscale image is 25.36% with a processing time of 0.94 seconds and the captured image webcam is 23, 63% with a processing time of 0.83 seconds.

Keywords:

Image Enhancement, Adaptive Histogram Equalization, Histogram Equalization, PSNR

Abstrak

Sebuah citra kaya akan informasi, namun seringkali citra atau gambar yang dimiliki mengalami penurunan mutu (degradasi) citra yaitu penurunan kualitas citra dikarenakan mengandung cacat (noise). Agar citra atau gambar yang mengalami gangguan dapat mudah diinterpretasikan baik itu oleh manusia ataupun mesin, maka citra tersebut perlu diperbaiki mutunya. Pengolahan citra bertujuan memperbaiki kualitas citra (image enhancement) agar mudah direpresentasikan oleh manusia atau mesin (dalam hal ini komputer). Citra uji yang digunakan adalah citra warna (true color), citra grayscale dengan format citra .bmp dan .tif serta citra yang di input langsung dari webcam. Penelitian ini menyajikan sebuah metode teknik histogram berbasis kombinasi metode Adaptive Histogram Equalization dan Histogram Equalization untuk meningkatkan kontras citra menjadi lebih terang serta mengurangi noise yang terdapat pada citra, sehingga informasi yang ada pada citra lebih jelas terlihat. Hasil pengujian kualitas citra dengan parameter PSNR didapatkan hasil kombinasi metode Adaptive Histogram Equalization dan Histogram Equalization lebih cocok digunakan untuk citra yang di capture langsung dari webcam. Meskipun tidak akan sama seluruhnya, akan tetapi histogram-nya lebih merata. Persentase perbedaan antar citra uji dengan citra hasil untuk citra warna sebesar 30,70 % dengan waktu proses yang dibutuhkan selama 0,92 detik, untuk citra grayscale sebesar 25,36% dengan waktu proses 0,94 detik serta untuk citra hasil capture webcam sebesar 23,63 % dengan waktu proses 0,83 detik.

Kata Kunci:

Kualitas Citra, Adaptive Histogram Equalization, Histogram Equalization, PSNR

1. PENDAHULUAN

Perbaikan kualitas citra (image enhancement) merupakan salah satu proses awal dalam pengolahan citra (image preprocessing) [1]. Kemajuan teknologi dibidang komputer saat ini mendorong berkembangnya penelitian dan penerapan teknik pengolahan citra. Perbaikan kualitas citra diperlukan karena seringkali citra yang dijadikan objek pembahasan mempunyai kualitas yang buruk, misalnya citra mengalami derau (noise), citra terlalu terang atau gelap, citra kurang tajam, dan kabur. Peningkatan kualitas citra merupakan salah satu cara untuk melakukan perbaikan kualitas citra. Dalam hal ini adalah mengubah kecerahan citra, yang semula gelap menjadi lebih terang. Tujuan dari perbaikan citra adalah untuk menghasilkan prosedur penting dari pengolahan citra, prosedur ini adalah untuk merubah citra asli untuk lebih ditingkatkan tampilan kontrasnya untuk aplikasi tertentu [2].

Citra (image) adalah kombinasi antara titik, garis, bidang dan warna untuk menciptakan suatu imitasi dari suatu obyek. Citra bisa berwujud dua dimensi seperti lukisan, foto dan berwujud tiga dimensi seperti patung. Citra mempunyai karakteristik yang tidak dimiliki oleh data teks, yaitu citra kaya dengan informasi [1], namun seringkali citra atau gambar yang dimiliki mengalami penurunan mutu (degradasi) citra yaitu penurunan kualitas citra dikarenakan mengandung cacat (noise) yang akan menyebabkan citra yang dimiliki bias menjadi terlalu kontras, kabur, kurang tajam dan sebagainya. Hal ini kan menyebabkan citra sulit untuk diinterpretasikan karena kualitasnya telah berkurang. Agar citra atau gambar yang mengalami gangguan dapat mudah diinterpretasikan baik itu oleh manusia ataupun mesin, maka citra tersebut perlu diperbaiki mutunya, yang dimaksud perbaikan mutu atau kualitas citra adalah proses mendapatkan citra yang lebih mudah diinterpretasikan oleh mata manusia. Perbaikan kualitas citra merupakan suatu proses untuk mendapatkan citra yang lebih mudah diinterpretasikan secara visual. Bisa juga dapat dikatakan sebagai suatu proses untuk memperoleh citra yang lebih sesuai untuk aplikasi tertentu dibandingkan dengan citra aslinya.

Penelitian terdahulu yang relevan dengan pokok permasalahan berkaitan dengan perbaikan kualitas citra dapat dijadikan sebagai data pendukung. Penelitian terdahulu menghasilkan sebuah program aplikasi untuk meningkatkan mutu citra malam dengan metode perataan histogram (Histogram Equalization) dan peregangan kontras (Contrast Stretching) serta metode untuk menghilangkan derau. Parameter yang diukur dalam perbaikan citra malam berdasarkan metode-metode yang digunakan menggunakan Peak Signal to-Noise Ratio (PSNR). Hasil dari penelitian ini adalah mutu citra malam (tidak infrared) dapat ditingkatkan dengan beberapa metode, yaitu Grayscale, Smoothing, Histogram Equalization dan Contrast Stretching sebagai praproses dan immultiply sebagai proses akhirnya [1].

Penelitian lain dilakukan oleh [3], dari hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kualitas citra dengan metode Histogram Equalization (HE) menghasilkan histogram lebih terlihat melebar dibandingkan dengan metode Adaptive Histogram Equalization (AHE) dan metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE). Pada perbandingan nilai MSE dan PSNR terlihat metode CLAHE memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan metode HE dan AHE yang dilihat dari nilai Mean Square Error (MSE) yang lebih kecil dan nilai Peak Signal to- Noise Ratio (PSNR) yang lebih besar dibandingkan metode lainnya.

Dalam penelitian ini dicoba dikembangkan sitem aplikasi untuk peningkatan kualitas citra menggunakan kombinasi metode AHE dan HE. Nilai kualitas citra menggunakan metode pengukuran PSNR untuk mengetahui perbandingan kualitas dan kuantitas citra sebelum dengan citra setelah dilakukan kombinasi metode AHE dan HE.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbaikan kualitas citra diperlukan karena seringkali citra yang dijadikan objek pembahasan mempunyai kualitas yang buruk, misalnya citra mengalami derau (noise), citra terlalu terang atau gelap, citra kurang tajam, dan kabur. Beberapa kemungkinan gangguan yang terjadi yaitu adanya kabut yang menghalangi objek yang sedang di capture, lensa kamera kotor, adanya bintik-bintik yang disebabkan oleh proses capturing yang tidak sempurna, lensa kamera tidak fokus atau gangguan yang disebabkan oleh kotoran-kotoran yang menempel pada citra. Citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan atau imitasi dari suatu objek. Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambaran pada monitor televisi, atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu media penyimpanan. Meskipun sebuah citra kaya akan informasi, namun sering kali citra yang dimiliki mengalami penurunan mutu, misalnya mengandung cacat atau noise [4].

Secara matematis citra merupakan suatu fungsi intensitas cahaya pada bidang 2-dimensi sehingga dapat disimbolkan dengan $f(x,y)$, dengan (x,y) merupakan titik koordinat pada bidang 2-dimensi dan $f(x,y)$ merupakan nilai intensitas cahaya pada titik tersebut. Simbol x , y dan $f(x,y)$ bernilai diskret [5]. Citra digital adalah citra 2-dimensi yang dihasilkan dari citra analog yang kontinyu menjadi gambar diskret melalui proses digitalisasi. Sedangkan citra analog merupakan citra yang dibagi menjadi M baris dan N kolom sehingga menjadi diskret. Persilangan antara baris dan kolom disebut dengan pixel. Berdasarkan pixel-nya, citra dibagi menjadi 2 yaitu citra RGB dan citra Grayscale [6].

Noise adalah suatu gangguan yang disebabkan oleh penyimpanan data digital yang diterima oleh alat penerima data gambar yang dapat mengganggu kualitas citra. Noise dapat disebabkan oleh gangguan fisik (optik) pada alat penangkap citra misalnya kotoran debu yang menempel pada lensa foto maupun akibat proses pengolahan yang tidak sesuai [7]. Noise pada citra tidak hanya terjadi karena ketidaksempurnaan dalam proses capturing, tetapi bisa juga disebabkan oleh kotoran-kotoran yang terjadi pada citra [5]. Noise merupakan kesalahan yang terjadi dalam proses pengambilan citra yang menyebabkan sebuah nilai intensitas pixel tidak mencerminkan nilai intensitas pixel yang sebenarnya [8].

Agar citra atau gambar yang mengalami gangguan dapat mudah diinterpretasikan baik itu oleh manusia ataupun mesin, maka citra tersebut perlu diperbaiki mutunya, yang dimaksud perbaikan mutu atau kualitas citra adalah proses mendapatkan citra yang lebih mudah diinterpretasikan oleh mata manusia. Penelitian ini akan menghasilkan suatu aplikasi yang digunakan untuk perbaikan kualitas citra, khususnya yang memiliki kontras rendah serta citra yang memiliki noise. Masukan citra awal adalah citra hasil olahan dari perangkat lunak pengolahan gambar, maupun citra hasil dari kamera. Sedangkan keluaran dari sistem yaitu berupa citra hasil perbaikan dengan menggabungkan metode Adaptive Histogram Equalization dan metode Histogram Equalization dan histogram masing-masing citra asli dan citra hasil.

Histogram citra adalah grafik yang menggambarkan penyebaran nilai-nilai intensitas pixel dari suatu citra atau bagian tertentu di dalam citra. Dari sebuah histogram dapat diketahui frekuensi kemunculan nisbi (relative) dari intensitas pada citra tersebut. Histogram juga dapat menunjukkan banyak hal tentang kecerahan (brightness) dan kontras (contrast) dari sebuah gambar. Karena itu, histogram adalah alat bantu yang memudahkan dalam pekerjaan pengolahan citra [3]. Pada grafik histogram pada sumbu x menunjukkan tingkat warna sedangkan pada sumbu y menunjukkan frekuensi kemunculan [9].

Histogram Equalization adalah suatu metode perbaikan citra dimana histogram pixel citra menjadi lebih menyebar. Meskipun tidak akan sama seluruhnya, akan tetapi histogram-nya lebih merata. Perataan histogram dilakukan dengan mengubah derajat keabuan sebuah pixel (r) dengan derajat keabuan yang baru (s) menggunakan sebuah fungsi transformasi [10]. Karena histogram menyatakan peluang pixel dengan derajat keabuan tertentu maka rumus menghitung perataan histogram menggunakan persamaan (1).

$$S_k = (L - 1) \sum_{i=0}^k P_r(r_i) \quad (1)$$

Artinya derajat keabuan (k) dinormalkan terhadap derajat keabuan terbesar ($L-1$). Nilai $r_j = 0$ menyatakan hitam, dan $r_j = 1$ menyatakan putih dalam skala keabuan yang didefinisikan.

Adaptive Histogram Equalization (AHE) merupakan teknik perbaikan kontras citra dengan meningkatkan kontras lokal citra. Lokal citra ini didapat dengan membentuk grid-grid simetris pada citra yang disebut dengan region size. Struktur regional citra dibagi menjadi tiga, yaitu bagian yang berada di sudut citra ditandai dengan corner region (CR), bagian tepi kecuali CR ditandai dengan border region (BR), dan bagian lainnya yang berada di tengah ditandai dengan inner region (IR). Alasan dibedakannya struktur region size karena antara CR, BR dan IR memiliki karakteristik ketetanggaan yang berbeda [3]. Adaptive Histogram Equalization pada prinsipnya sama dengan ekualisasi histogram (Histogram Equalization, HE). Nama lain dari AHE adalah Local Histogram Processing, yaitu mengerjakan proses ekualisasi histogram sebanyak beberapa kali masing-masing untuk setiap blok citra (sub image).

Parameter yang digunakan untuk perbandingan citra digital adalah Mean Squared Error (MSE) dan Peak Signal to Noise Ratio (PSNR). Nilai MSE digunakan sebagai nilai error. Mean Square Error (MSE) adalah nilai error kuadrat rata-rata antara citra asli dengan citra manipulasi. MSE digunakan untuk menghitung beda (kesalahan) antara citra masukan dan citra keluaran [8]. Secara matematis nilai MSE dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (S_{xy} - C_{xy})^2 \quad (2)$$

Keterangan:

x dan y : koordinat dari citra
 M dan N : dimensi dari citra
 S_{xy} : citra asli
 C_{xy} : citra hasil

PSNR adalah menyatakan perbandingan kualitas citra sebelum dikenai perlakuan tertentu dengan kualitas citra setelah dikenai perlakuan. Kualitas perlakuan seperti pemilteran dapat dilihat dengan menganalisis nilai PSNR. Terkait dengan pengaruh filter, nilai PSNR yang rendah menunjukkan filter yang diaplikasikan pada sebuah citra

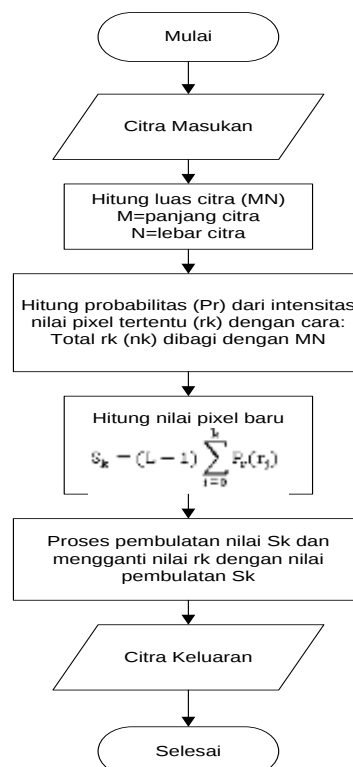
memiliki pengaruh positif pada proses reduksi noise [8]. PSNR biasanya diukur dalam satuan decibel (db) [6], diperoleh melalui persamaan (3).

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{C_{MAX}^2}{MSE} \right) \quad (3)$$

Dimana C_{MAX}^2 memiliki nilai maksimum dalam gambar yaitu nilai maksimum dari nilai pixel adalah 255 dan minimum adalah 1. Kualitas citra yang lebih baik adalah bila nilai MSE semakin kecil, yang berarti bahwa error yang terjadi atau selisih perbedaan setiap pixel pada setiap posisi (x,y) antara citra asli (clean image) dengan citra output dari filter semakin rendah, dengan demikian PSNR-nya akan semakin besar. PSNR memiliki standar nilai pada setiap cover image yang disisipkan pesan yaitu >30db sementara MSE sebaliknya semakin kecil semakin baik. Jika nilai tersebut telah dipenuhi maka gambar tersebut telah memenuhi syarat imperceptibility. Imperceptibility adalah keberadaan pesan rahasia yang tidak dapat dilihat atau dipersepsi oleh panca indra seperti mata. Contohnya jika pesan berupa teks dan disisipkan pada sebuah citra maka penyisipan pesan membuat citra sukar dibedakan atau dilihat oleh mata. Sedangkan kualitas citra yang dikatakan tidak cukup baik berada dibawah 30 db [11].

Perbaikan kualitas citra pada penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki interpretasi dan persepsi informasi yang terkandung dalam citra oleh penglihatan manusia atau untuk memberikan input yang lebih baik untuk teknik pemrosesan citra yang lain. Input dari sistem berupa citra RGB, citra grayscale serta citra yang di capture dari webcam. Citra dengan kualitas rendah seperti objek citra yang tidak kelihatan karena rendahnya pencahayaan serta warna pada citra yang kabur (noise). Kemudian untuk memperbaiki kualitas citra tersebut diterapkanlah teknik pengolahan citra dengan mengkombinasikan metode Adaptive Histogram Equalization dan metode Histogram Equalization.

Histogram Equalization adalah suatu proses perataan histogram, dimana distribusi nilai derajat keabuan pada suatu citra dibuat rata, yang dimaksud dengan perataan histogram di sini adalah mengubah derajat keabuan suatu pixel dengan derajat keabuan yang baru. Untuk dapat melakukan Histogram Equalization ini diperlukan suatu fungsi distribusi kumulatif yang merupakan kumulatif dari histogram. Histogram citra memberikan informasi tentang penyebaran intensitas pixel-pixel di dalam citra. Misalnya, citra yang terlalu terang atau terlalu gelap memiliki histogram yang sempit. Agar dapat memperoleh citra yang baik, maka penyebaran nilai intensitas harus diubah. Tujuan dari perataan histogram adalah untuk memperoleh penyebaran histogram yang merata, sedemikian sehingga setiap derajat keabuan memiliki jumlah pixel yang relatif sama.



Gambar 2. Flowchart Proses Metode Histogram Equalization

Berikut ini akan dijelaskan proses perbaikan kualitas citra dengan menggunakan metode Histogram Equalization. Misalkan terdapat nilai pixel citra masukan (Citra A) dengan ukuran 10x10 sebagai berikut.

$$\text{Citra A} = \begin{bmatrix} 7 & 1 & 6 & 0 & 6 & 4 & 6 & 3 & 3 & 7 \\ 3 & 0 & 0 & 5 & 3 & 0 & 4 & 5 & 2 & 4 \\ 4 & 1 & 1 & 0 & 3 & 0 & 3 & 5 & 0 & 0 \\ 3 & 4 & 4 & 7 & 6 & 2 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & 6 & 0 & 6 & 2 & 5 & 7 & 2 & 1 & 6 \\ 6 & 7 & 4 & 0 & 2 & 0 & 7 & 4 & 4 & 2 \\ 7 & 3 & 2 & 6 & 6 & 7 & 5 & 5 & 5 & 2 \\ 1 & 0 & 4 & 6 & 2 & 6 & 3 & 0 & 0 & 4 \\ 4 & 5 & 2 & 2 & 3 & 3 & 3 & 0 & 6 & 1 \\ 4 & 6 & 0 & 3 & 2 & 5 & 1 & 6 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Citra A merupakan citra masukan yang akan diolah dengan menggunakan metode Histogram Equalization. Luas citra A akan diukur dengan $M \times N$, dimana panjang adalah $M=10$ dan lebar adalah $N=10$, sehingga $M \times N = 10 \times 10 = 100$. Kemudian untuk mengetahui nilai probabilitas (Pr) dari intensitas nilai pixel (r_k) yaitu total setiap intensitas nilai (n_k) akan dibagi dengan luas citra ($M \times N$). Misalkan nilai intensitas 0 terdapat 19 pixel di dalam citra A, maka nilai r_k ke-0 atau r_0 memiliki nilai $n_k=19$, sehingga nilai probabilitas (Pr)= $n_k/M \times N$ yaitu $19/100=0,19$. Berikut ini dijelaskan langkah-langkah perhitungan untuk nilai probabilitas (Pr) yaitu:

$$\begin{aligned} Pr(r_0) &= n_0 / M \times N = 19 / 100 = 0,19 & Pr(r_4) &= n_4 / M \times N = 13 / 100 = 0,13 \\ Pr(r_1) &= n_1 / M \times N = 9 / 100 = 0,09 & Pr(r_5) &= n_5 / M \times N = 9 / 100 = 0,19 \\ Pr(r_2) &= n_2 / M \times N = 13 / 100 = 0,13 & Pr(r_6) &= n_6 / M \times N = 15 / 100 = 0,15 \\ Pr(r_3) &= n_3 / M \times N = 14 / 100 = 0,14 & Pr(r_7) &= n_7 / M \times N = 8 / 100 = 0,08 \end{aligned}$$

Kemudian setelah semua nilai probabilitas (Pr) dihitung, maka langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai pixel baru (Sk) dengan menggunakan persamaan (2.1), dapat disisipkan nilai $Pr(r_0) = 0,19$, nilai bit atau $L = 8$, maka nilai $Sk(r_0) = (8-1) * 0,19 = 1,33$.

Berikut ini dijelaskan langkah-langkah perhitungan untuk mencari nilai pixel baru (Sk) yaitu:

$$\begin{aligned} Sk(r_0) &= (L - 1) * Pr(r_0) = (8 - 1) * 0,19 = 1,33 \\ Sk(r_1) &= Sk(r_0) + ((L - 1) * Pr(r_1)) = 1,33 + (7 * 0,09) = 1,96 \\ Sk(r_2) &= Sk(r_1) + ((L - 1) * Pr(r_2)) = 1,96 + (7 * 0,13) = 2,87 \\ Sk(r_3) &= Sk(r_2) + ((L - 1) * Pr(r_3)) = 2,87 + (7 * 0,14) = 3,85 \\ Sk(r_4) &= Sk(r_3) + ((L - 1) * Pr(r_4)) = 3,85 + (7 * 0,13) = 4,76 \\ Sk(r_5) &= Sk(r_4) + ((L - 1) * Pr(r_5)) = 4,76 + (7 * 0,09) = 5,39 \\ Sk(r_6) &= Sk(r_5) + ((L - 1) * Pr(r_6)) = 5,39 + (7 * 0,15) = 6,44 \\ Sk(r_7) &= Sk(r_6) + ((L - 1) * Pr(r_7)) = 6,44 + (7 * 0,08) = 7 \end{aligned}$$

Kemudian setelah nilai Sk didapatkan, maka kemudian dilakukan pembulatan nilai Sk menjadi Sk' yang akan menjadi nilai pixel baru pada citra keluaran (citra hasil). Berikut proses pembulatan nilai Sk yaitu:

$$\begin{aligned} Sk(r_0) &= 1,33 \Rightarrow Sk(r_0)' = 1 & Sk(r_3) &= 3,85 \Rightarrow Sk(r_3)' = 4 & Sk(r_6) &= 6,44 \Rightarrow Sk(r_6)' = 6 \\ Sk(r_1) &= 1,96 \Rightarrow Sk(r_1)' = 2 & Sk(r_4) &= 4,76 \Rightarrow Sk(r_4)' = 5 & Sk(r_7) &= 7 \Rightarrow Sk(r_7)' = 7 \\ Sk(r_2) &= 2,87 \Rightarrow Sk(r_2)' = 3 & Sk(r_5) &= 5,39 \Rightarrow Sk(r_5)' = 5 \end{aligned}$$

Setelah semua nilai Sk dibulatkan menjadi Sk' , maka nilai Sk' akan mengganti nilai r_k , sehingga Citra A berubah menjadi keluaran dengan menggunakan metode Histogram Equalization.

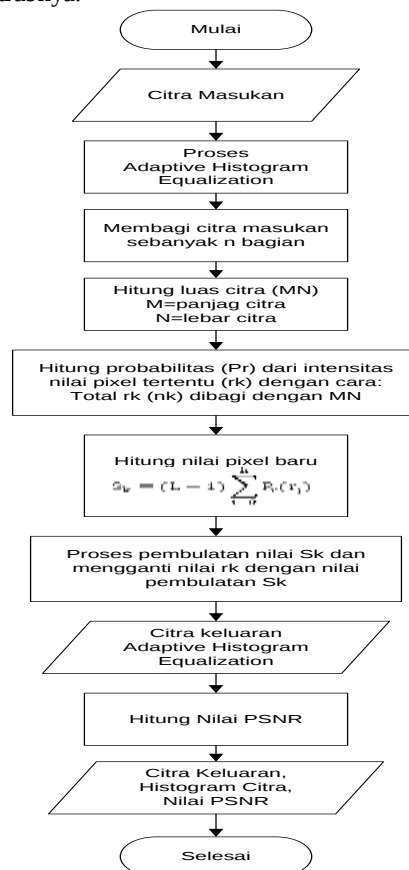
Tabel 1. Tabel Perhitungan Metode Histogram Equalization

L = 8				
rk	nk	Pr	Sk	Sk'
r0	19	0,19	1,33	1
r1	9	0,09	1,96	2
r2	13	0,13	2,87	3
r3	14	0,14	3,85	4
r4	13	0,13	4,76	5
r5	9	0,19	5,39	5
r6	15	0,15	6,44	6
r7	8	0,08	7	7
MxN = 10 * 10 = 100				

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode Histogram Equalization pada citra masukan (Citra A) maka diperoleh citra keluaran (citra hasil) dengan nilai pixel yaitu:

$$\text{Citra Hasil} = \begin{bmatrix} 7 & 2 & 6 & 1 & 6 & 5 & 6 & 4 & 4 & 7 \\ 4 & 1 & 1 & 5 & 4 & 1 & 5 & 5 & 3 & 5 \\ 5 & 2 & 2 & 1 & 4 & 1 & 4 & 5 & 1 & 1 \\ 4 & 5 & 5 & 7 & 6 & 3 & 1 & 1 & 2 & 3 \\ 4 & 6 & 1 & 6 & 1 & 5 & 7 & 3 & 2 & 6 \\ 6 & 7 & 5 & 1 & 3 & 1 & 7 & 5 & 5 & 3 \\ 7 & 4 & 3 & 6 & 6 & 7 & 5 & 5 & 5 & 3 \\ 2 & 1 & 5 & 6 & 3 & 6 & 4 & 1 & 1 & 5 \\ 5 & 5 & 3 & 3 & 4 & 4 & 4 & 1 & 6 & 2 \\ 5 & 6 & 1 & 4 & 3 & 5 & 2 & 6 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

Pixel citra hasil proses metode Histogram Equalization selanjutnya akan diproses lagi dengan menggunakan metode Adaptive Histogram Equalization. Adaptive Histogram Equalization pada dasarnya adalah melakukan banyak Histogram Equalization dalam satu citra. Sebuah citra akan dibagi menjadi beberapa blok atau sub citra, kemudian setiap blok akan menjalankan algoritma Histogram Equalization. Setiap blok tidak akan berpengaruh ketika blok lain ditingkatkan nilai kontrasnya.



Gambar 3. Flowchart Metode Adaptive Histogram Equalization

Citra hasil adalah citra masukan atau citra awal yang akan diolah. Proses pertama yang dilakukan dengan metode Adaptive Histogram Equalization adalah membagi citra masukan menjadi beberapa bagian (blok). Pada penelitian ini ukuran blok atau sub citra dibagi menjadi 4 blok, sehingga citra hasil menjadi sebagai berikut:

$$\text{Citra Hasil}_1 = \begin{bmatrix} 7 & 2 & 6 & 1 & 6 \\ 4 & 1 & 1 & 5 & 4 \\ 5 & 2 & 2 & 1 & 4 \\ 4 & 5 & 5 & 7 & 6 \\ 4 & 6 & 1 & 6 & 5 \end{bmatrix} \quad \text{Citra Hasil}_3 = \begin{bmatrix} 6 & 7 & 5 & 1 & 3 \\ 7 & 4 & 3 & 6 & 6 \\ 2 & 1 & 5 & 6 & 3 \\ 5 & 5 & 3 & 3 & 4 \\ 5 & 6 & 1 & 4 & 3 \end{bmatrix}$$

$$\text{Citra Hasil}_3 = \begin{bmatrix} 6 & 7 & 5 & 1 & 3 \\ 7 & 4 & 3 & 6 & 6 \\ 2 & 1 & 5 & 6 & 3 \\ 5 & 5 & 3 & 3 & 4 \\ 5 & 6 & 1 & 4 & 3 \end{bmatrix}$$

$$\text{Citra Hasil}_4 = \begin{bmatrix} 1 & 7 & 5 & 5 & 3 \\ 7 & 5 & 5 & 5 & 3 \\ 6 & 4 & 1 & 1 & 5 \\ 4 & 4 & 1 & 6 & 2 \\ 5 & 2 & 6 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

Berikut ini tabel perhitungan lengkap untuk proses metode Adaptive Histogram Equalization perhitungan seperti disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Metode Adaptive Histogram Equalization Pada Citra Hasil₁

L = 8				
rk	nk	Pr	Sk	Sk'
r0	0	0	0	0
r1	5	0,2	1,4	1
r2	3	0,12	2,24	2
r3	0	0	0	0
r4	5	0,2	1,4	1
r5	5	0,2	2,8	3
r6	5	0,2	4,2	4
r7	2	0,08	4,76	5
MxN = 5 * 5 = 25				

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode Adaptive Histogram Equalization pada citra masukan (Citra Hasil₁) maka diperoleh citra keluaran (citra hasil) dengan nilai pixel yaitu:

$$\text{Citra Hasil}_1 = \begin{bmatrix} 5 & 2 & 4 & 1 & 4 \\ 1 & 1 & 1 & 3 & 1 \\ 3 & 2 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 3 & 5 & 4 \\ 1 & 4 & 1 & 4 & 3 \end{bmatrix}$$

Sedangkan untuk blok selanjutnya (Citra Hasil₂ sampai dengan Citra Hasil₄) dilakukan proses yang sama seperti pada perhitungan Citra Hasil₂. Sehingga diperoleh citra keluaran akhir dengan metode Adaptive Histogram Equalization.



Gambar 4. Hasil Perbaikan Kualitas Citra Input Dari Webcam

Berdasarkan gambar 4, citra input dari webcam yang telah diberi efek noise berhasil diperbaiki dengan mengombinasikan metode Adaptive Histogram Equalization dan Histogram Equalization.



Gambar 5. Hasil Perbaikan Kualitas Citra Input Warna

Berdasarkan gambar 5 menampilkan hasil dari proses perbaikan kualitas citra berhasil di perbaiki dalam menghilangkan noise serta meningkatkan kontras citra, terlihat dari perbedaan nilai histogram sebelum dan sesudah dilakukan proses perbaikan kualitas citra. Persentase perbedaan antar citra uji dengan citra hasil sebesar 30,74 % dengan waktu proses yang dibutuhkan selama 0,73 detik.



Gambar 6. Hasil Perbaikan Kualitas Citra Input Grayscale

Berdasarkan gambar 6 diatas menampilkan hasil dari proses perbaikan kualitas citra dengan menggabungkan metode *Adaptive Histogram Equalization* dan metode *Histogram Equalization*. Citra input yang telah diberi efek noise berhasil di perbaiki dalam menghilangkan noise serta meningkatkan kontras citra, terlihat dari perbedaan nilai histogram sebelum dan sesudah dilakukan proses perbaikan kualitas citra. Persentase perbedaan antar citra uji dengan citra hasil sebesar 25,41 % dengan waktu proses yang dibutuhkan selama 0,74 detik

Pengujian kualitas citra dapat ditentukan dengan beberapa metode, salah satu metode yang paling banyak digunakan adalah dengan mengukur nilai PSNR (Peak Signal to-Noise Ratio). Adapun hasil pengujian kualitas citra hasil proses kombinasi metode *Adaptive Histogram Equalization* dan metode *Histogram Equalization* berdasarkan indikator nilai PSNR pada citra warna dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kualitas Citra

No.	Citra Warna	Citra Grayscale	Citra Capture Webcam
1.	33,123 db	32,646 db	32,73 db
2.	33,713 db	32,705 db	32,74 db
3.	32,392 db	32,754 db	32, 74 db

Berdasarkan tabel 3 Dari ketiga citra input yang digunakan pada citra warna diperoleh nilai PSNR tertinggi pada citra nomor 2 dengan nilai PSNR sebesar 32,713 db. Pada citra grayscale diperoleh nilai PSNR tertinggi pada citra no 3. dengan nilai PSNR sebesar 32,754 db. Sedangkan pada citra dari capture webcam diperoleh nilai PSNR tertinggi pada citra nomor 3 dengan nilai PSNR sebesar 32,74 db

3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian perbaikan kualitas citra dengan mengkombinasikan metode *Histogram Equalization* dan metode *Adaptive Histogram Equalization*, maka hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Penelitian ini menyajikan sebuah metode teknik histogram berbasis kombinasi metode *Adaptive Histogram Equalization* dan *Histogram Equalization* untuk meningkatkan kontras citra menjadi lebih terang serta mengurangi noise yang terdapat pada citra, sehingga informasi yang ada pada citra lebih jelas terlihat.
- b. Hasil perbaikan kualitas citra dipengaruhi oleh kondisi awal citra (citra input). Peningkatan kualitas citra dengan kombinasi metode *Adaptive Histogram Equalization* dan *Histogram Equalization* menghasilkan histogram lebih terlihat melebar. Meskipun tidak akan sama seluruhnya, akan tetapi histogram-nya lebih merata
- c. Berdasarkan hasil pengujian kualitas citra dengan parameter PSNR didapatkan hasil kombinasi metode *Adaptive Histogram Equalization* dan *Histogram Equalization* lebih cocok digunakan untuk citra yang di capture langsung dari webcam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sidik, dkk. (2019). Perbaikan Citra Malam (Tidak Infrared) Dengan Metode Histogram Equalization dan Contrast Stretching. Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Komputer, Vol. 4, No. 2.
- [2] Riadi, A. A, dkk.(2017). Analisis Komparasi Metode Perbaikan Kontras Berbasis Histogram Equalization Pada Citra Medis. Jurnal SIMETRIS, Vol. 8, No. 1.
- [3] Hidayat, J, dkk. (2019). Perbandingan Metode Perbaikan Kualitas Citra Berbasis Histogram Equalization Pada Citra Satelit. Journal of Electrical Technology, Vol. 4, No. 3.
- [4] Sunandar, H. (2017). Perbaikan kualitas Citra Menggunakan Metode Gaussian Filter. Means (Media Informasi Analisa dan Sistem), Vol. 2, No. 1.
- [5] Wibowo, S. H & Susanto, F. (2016). Penerapan Metode Gaussian Smoothing Untuk Mereduksi Noise Pada Citra Digital. Jurnal Media Infotama, Vol. 12, No. 2.
- [6] Wulandari, M. (2018). Filterisasi Noise Pada Citra Uang Logam Indonesia. Jurnal TESLA, Vol. 20, No. 1.
- [7] Wedianto, A, dkk. (2016). Analisa Perbandingan Metode Filter Gaussian, Mean dan Median Terhadap Reduksi Noise. Jurnal Media Infotama, Vol. 12, No. 1.
- [8] Gunadi, I. G. A, dkk. (2019). Analisis Perbandingan Metode Filter Mean, Median, Maximum, Minimum, dan Gaussian Terhadap Reduksi Noise Gaussian, Salt&Papper Speckle, Poisson, dan Localvar. Jurnal Ilmiah Sinus (JIS), Vol. 17, No. 1.
- [9] Kusuma, I, W, A, W & Kusumadewi, A. (2020). Penerapan Metode Contrast Stretching, Histogram Equalization Dan Adaptive Histogram Equalization Untuk Meningkatkan Kualitas Citra Medis MRI. Jurnal SIMETRIS, Vol. 11 No. 1.
- [10] David, dkk. (2019). Implementasi Metode Retinex dan Histogram Equalization Pada Kecerahan Citra Digital. JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering), Vol. 2, No. 2.
- [11] Hasan, N. F., dkk. (2020). Analisis Histogram Steganografi Least Significant Bit Pada Citra Grayscale. Jurnal Teknologi Informasi & Komunikasi Digital Zone, Vol. 11, No. 1