

## **PENERAPAN METODE CONTRAST STRETCHING, HISTOGRAM EQUALIZATION DAN ADAPTIVE HISTOGRAM EQUALIZATION UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS CITRA MEDIS MRI**

**I Wayan Angga Wijaya Kusuma**

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Widya Dharma  
Email: anggaelectro@yahoo.com

**Afriliana Kusumadewi**

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Widya Dharma  
Email: lina@unwidha.ac.id

### **ABSTRAK**

Citra medis adalah suatu pola atau gambar dua dimensi bagian dalam tubuh manusia yang digunakan oleh ahli kesehatan untuk mendeteksi dan menganalisa penyakit pasien. Citra yang dihasilkan terkadang tidak sesuai dengan hasil yang diharapkan. Hal ini dapat terjadi karena beberapa kemungkinan, misalnya sensitif terhadap kontras, mengalami kekaburan, memiliki noise atau kejernihan tampak, memiliki bercak, dan bagian-bagian detailnya tidak tergambar jelas karena sering terdapat gangguan pada proses pengambilannya. Salah satu citra yang paling sering digunakan adalah citra Magnetic resonance Imaging (MRI). Citra MRI memiliki kemampuan dapat menampilkan detail anatomi obyek secara jelas dalam berbagai potongan (multiplanar) tanpa mengubah posisi pasien. Dokter ataupun peneliti menggunakan citra MRI untuk melakukan analisa ada tidaknya suatu tumor, kanker, atau kelainan pada pasien. Penelitian ini mengusulkan metode Contrast Stretching, Histogram Equalization dan Adaptive Histogram Equalization untuk meningkatkan kualitas citra medis. Citra medis yang digunakan pada penelitian ini adalah citra medis MRI Otak baik kondisi normal ataupun kondisi yang mengalami lesi (gangguan). Dari hasil kualitas citra dan analisa kuantitatif menunjukkan bahwa metode contrast stretching menghasilkan hasil kualitas citra MRI jauh lebih baik dibandingkan dengan metode histogram equalization, dan adaptive histogram equalization. Nilai MSE yang paling rendah adalah pada metode contrast stretching yaitu 0,00346. Sedangkan nilai MSE yang paling besar dihasilkan oleh metode histogram equalization yaitu 0,00735. Kualitas citra dengan metode contrast stretching menghasilkan nilai PSNR yang paling besar yaitu 22,0677, sedangkan metode yang menghasilkan PSNR kecil adalah histogram equalization yaitu 11,4107.

**Kata kunci:** medis; peningkatan; *contrast stretching*; *histogram equalization*; *adaptive histogram equalization*.

### **ABSTRACT**

*Medical image is a two-dimensional pattern or image inside the human body that is used by health experts to detect and analyze patient's disease. This image will later be analyzed to obtain useful information. But the resulting image sometimes does not match the expected results. This can occur because of a number of possibilities, such as contrast sensitivity, blurredness, visible noise or clarity, spotting, and the details are not clearly illustrated because there are often disturbances in the retrieval process. In the field of image radiology that is often used today is the image of Magnetic resonance imaging (MRI). The advantage of MRI images is the ability to clearly display anatomic details in various pieces (multiplanar) without changing the patient's position. This MRI image will be used by doctors or researchers to analyze whether there is a tumor, cancer, or abnormalities in patients. This study proposes Contrast Stretching method, Histogram Equalization and Adaptive Histogram Equalization to improve the quality of medical images. The limitation of the problem of this research is that MRI medical images which are used as research objects are MRI medical images of normal brain or those with lesions (disorders). The results of image quality and quantitative analysis show that the contrast stretching method produces MRI image quality results far better than the method of histogram equalization, and adaptive histogram equalization. The lowest MSE value is in the contrast stretching method that is 0.00346. While the largest MSE value generated by the method of histogram equalization is 0.00735. Image quality using contrast stretching method produces the highest PSNR value, 22.0677, while the method that produces small PSNR is histogram equalization, which is 11.4107.*

**Keywords:** *medical; enhancement; contrast stretching; histogram equalization; adaptive histogram equalization.*

## 1. PENDAHULUAN

Meningkatnya perkembangan ilmu pengetahuan menghasilkan perkembangan teknologi yang berkembang pesat di segala bidang. Perkembangan teknologi kamera dapat menghasilkan kualitas citra yang lebih bagus. Kualitas citra yang dihasilkan akan menentukan seberapa akurat citra itu jika dianalisa. Semua bidang memerlukan citra yang dapat digunakan sebagai penelitian sehingga memungkinkan peneliti memperoleh informasi yang diperlukan [1].

Namun citra yang dihasilkan terkadang tidak sesuai dengan hasil yang diharapkan. Hal ini dapat terjadi karena beberapa kemungkinan, misalnya sensitif terhadap kontras, mengalami keaburan, memiliki *noise* atau kejernihan tampak, memiliki bercak, dan bagian-bagian detilnya tidak tergambar jelas karena sering terdapat gangguan pada proses pengambilannya [2]. Sebelum citra dianalisa, citra terlebih dahulu diproses (*image processing*) agar dapat menghasilkan kualitas yang lebih bagus.

Citra medis merupakan salah satu citra yang paling sering digunakan sebagai obyek penelitian. Citra medis adalah suatu pola atau gambar dua dimensi bagian dalam tubuh manusia yang digunakan oleh ahli kesehatan untuk mendeteksi dan menganalisa penyakit pasien. Beberapa metode dapat digunakan untuk memperoleh citra medis diantaranya: *Magnetic resonance Imaging* (MRI), *X-Ray*, *Ultrasonography* (USG), *Endoscopy*, *Computed Tomography* (CT-Scan) dan *Nuclear Medicine*.

Citra *Magnetic resonance Imaging* (MRI) merupakan citra yang paling sering digunakan pada bidang radiologi [3]. Citra MRI dapat menampilkan detail anatomi obyek secara jelas dalam berbagai potongan (multiplanar) tanpa mengubah posisi pasien. Beberapa permasalahan yang sering terjadi pada citra medis yaitu hasil *scanning* yang mengalami penurunan kualitas yang disebabkan oleh faktor derau. Kualitas citra medis juga disebabkan oleh *noise* acak dengan distribusi rician, ketidakseragaman intensitas sehingga menyebabkan *artifact*, dan efek volume parsial. Dengan permasalahan ini sulit bagi dokter ataupun peneliti untuk melakukan analisa diagnosa kelainan pada pasien. Oleh karena itu maka diperlukan peningkatan kualitas citra medis MRI yang bertujuan menghasilkan citra dengan kualitas yang jauh lebih baik dari citra aslinya.

Penelitian ini membandingkan 3 metode peningkatan kualitas citra yaitu metode *Contrast Stretching*, *Histogram Equalization* dan *Adaptive Histogram Equalization*. Citra medis yang digunakan pada penelitian ini sebagai adalah citra medis MRI Otak baik kondisi normal maupun kondisi yang mengalami lesi (gangguan). Kualitas citra hasil peningkatan dievaluasi berdasarkan parameter MSE, PSNR, dan Sebaran Histogram dari citra. Semua proses penelitian ini menggunakan *Software MATLAB*.

## 2. KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

### 2.1 Kajian Pustaka

Penelitian mengenai peningkatan kualitas citra medis sudah banyak dilakukan diantaranya Rika Rosnelly dan Linda Wahyuni [4]. Peneliti mengemukakan tentang metode perbaikan citra yang digunakan adalah *histogram equalization* dan *contrast stretching*. Data citra parasit malaria berjumlah 60 data citra yang terdiri dari malaria *falciparum*, *vivax*, *malariae* beserta stadium yaitu cincin, trophozoit, skizon dan gametosit. Uji kuantitatif kinerja menggunakan *Mean Square Error* (MSE) dan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR). Hasilnya adalah *contrast stretching* memberikan kualitas citra yang lebih baik terhadap citra parasit malaria.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Budi Hartono dan Veronica Lusiana [5]. Peneliti mengemukakan tentang analisa kinerja dua buah teknik yaitu ekualisasi histogram adaptif (*Adaptive Histogram Equalization*, AHE) dan perenggangan kontras (*Contrast Stretching*, SC). Kedua teknik ini dapat meningkatkan kualitas atau memperjelas objek citra. Citra uji dalam format JPEG dengan ukuran bervariasi sebanyak 12 buah memiliki tampilan yang berbeda-beda.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Wurood A. Jbara dan Rafah A. Jaafar [6]. Peneliti mengemukakan tentang *Histogram Equalization* (HE) and *Adaptive Histogram Equalization* (AHE) diterapkan untuk memperbaiki kontras citra medis MRI. Hasil percobaan telah mencapai efisiensi yang baik untuk memperbaiki kontras citra medis MRI dengan kualitas sangat tinggi. Berbagai ukuran kualitas seperti MSE, PSNR dan SNR telah diperhitungkan untuk mengevaluasi kualitas citra medis MRI yang disempurnakan.

### 2.2 Dasar Teori

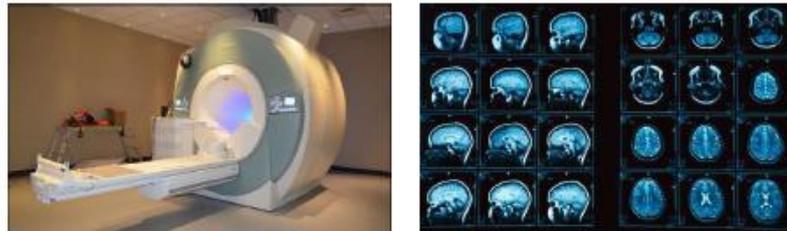
#### 2.2.1 Citra Digital

Sebuah citra adalah kumpulan piksel-piksel yang disusun dalam larik dua dimensi [7]. Indeks baris dan kolom (x,y) dari sebuah piksel dinyatakan dalam bilangan bulat. Piksel (0,0) terletak pada sudut kiri

atas pada citra, indeks x bergerak ke kanan dan indeks y bergerak ke bawah. Konversi ini dipakai merujuk pada cara penulisan larik yang digunakan dalam pemrograman komputer

### 2.2.2 Citra Medis Magnetic Resonance Imaging (MRI)

MRI adalah suatu alat diagnostik radiologi yang menghasilkan rekaman gambar potongan penampang organ manusia dengan menggunakan medan magnet [3]. Citra MRI dapat membuat potongan koronal, sagital, aksial tanpa banyak memanipulasi posisi tubuh pasien. Kualitas gambar MRI dapat memberikan gambaran detail tubuh manusia dengan perbedaan yang kontras, sehingga anatomi dan patologi jaringan tubuh dapat dievaluasi secara teliti. Gambar 1 menunjukkan alat MRI dan citra MRI.



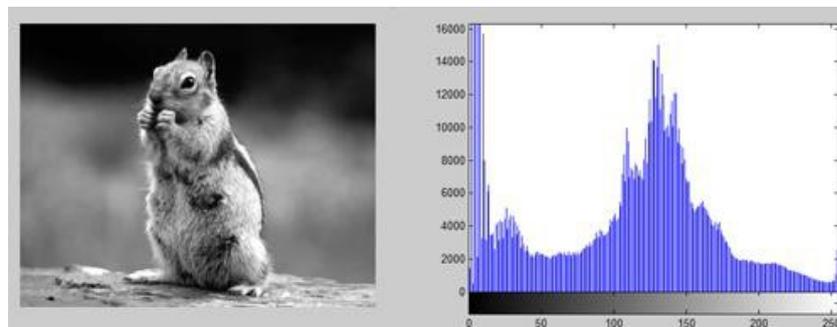
Gambar 1. Alat MRI dan Citra MRI

### 2.2.3 Peningkatan Kualitas Citra (Image Enhancement)

Peningkatan kualitas citra (*Image Enhancement*) adalah suatu proses untuk mengubah sebuah citra menjadi citra baru sesuai dengan kebutuhan melalui berbagai cara [7].

#### a. Contrast Stretching

Kontras (*Contrast*) adalah tingkat penyebaran pixel-pixel kedalam intensitas warna [7] [8]. Gambar 2 menunjukkan citra digital masih dalam kondisi normal (belum mengalami peningkatan kualitas).

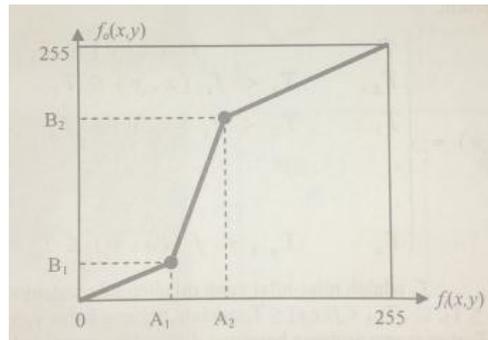


Gambar 2. Citra Kontras Normal, Mempunyai Kurva Histogram Tidak Lebar dan Tidak Sempit

*Contrast Stretching* adalah teknik untuk mendapatkan citra baru  $f_0(x,y)$  dengan kontras yang lebih baik dari pada kontras citra asalnya  $f_i(x,y)$  [9]. Ide dari proses *Contrast Stretching* adalah untuk meningkatkan range dinamis dari *level grayscale* pada gambar saat pemrosesan berlangsung. Disini diasumsikan bahwa citra memiliki *range gray level* dari 0 sampai 255.

$$\text{Komponen RGB untuk grayscale : } \text{gray} = (0.3*r) + (0.5*g) + (0.2*b) \quad (1)$$

Gambar 3 menunjukkan proses tranformasi pada metode *Contrast Stretching*.



Gambar 3. Transformasi Contrast Stretching

Jika  $A_1 = A_2$  dan  $B_1 = B_2$  maka transformasi akan berbentuk garis lurus menandakan tidak ada perubahan *gray level* pada citra yang dihasilkan. Secara umum diasumsikan  $A_1 \leq A_2$  dan  $B_1 \leq B_2$  sehingga fungsi akan menghasilkan nilai tunggal dan nilainya akan selalu naik. Untuk menghitung nilai hasil transformasi, dapat menggunakan fungsi berikut:

Untuk  $0 \leq f_i(x,y) < A_1$ , maka

$$f_0(x,y) = f_i(x,y) \frac{B_1}{A_1} \quad (2)$$

Untuk  $A_1 \leq f_i(x,y) < A_2$ , maka

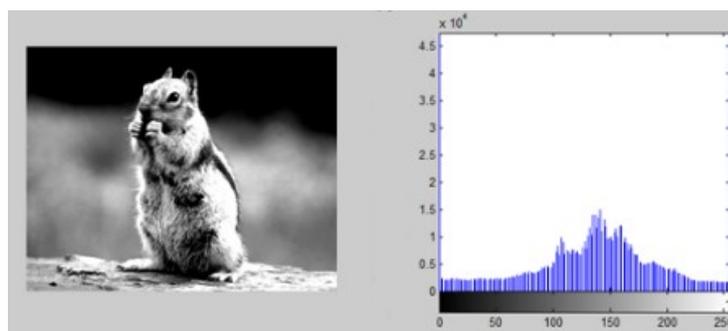
$$f_0(x,y) = B_1 + (f_i(x,y) - A_1) \frac{B_2 - B_1}{A_2 - A_1} \quad (3)$$

Untuk  $A_2 \leq f_i(x,y) \leq 255$ , maka

$$f_0(x,y) = B_2 + (f_i(x,y) - A_2) \frac{255 - B_2}{255 - A_2} \quad (4)$$

b. Histogram Equalization

**Histogram** adalah grafik yang menunjukkan frekuensi kemunculan setiap nilai gradasi warna [7] [8]. Pada grafik histogram pada sumbu x menunjukkan tingkat warna sedangkan pada sumbu y menunjukkan frekuensi kemunculan. Gambar 4 menunjukkan citra digital dan sebaran histogram citra asli.



Gambar 4. Citra Asli dan Sebaran Histogram

Teknik yang sering digunakan untuk memproses histogram citra adalah teknik **Histogram Equalization**. Pada teknik *Histogram Equalization* nilai-nilai intensitas didalam citra diubah sehingga penyebarannya seragam (*uniform*) [6] [11]. Perataan histogram diperoleh dengan cara mengubah derajat keabuan suatu pixel ( $r$ ) dengan derajat keabuan yang baru ( $s$ ) dengan fungsi transformasi  $T$ , yang dalam hal ini  $s = T(r)$ . Ini berarti  $r$  dapat diperoleh kembali dari  $s$  dengan transformasi invers  $r = T^{-1}(s)$  dimana,  $0 \leq s \leq 1$ . Tujuan utama dari perataan histogram adalah untuk memperoleh penyebaran histogram yang merata sehingga derajat keabuan memiliki jumlah

pixel yang relatif sama. Karena histogram menyatakan peluang pixel dengan derajat keabuan tertentu maka rumus menghitung perataan hitogram sebagai berikut :

$$P_r(r_k) = \frac{n_k}{n} \text{ dalam hal ini } r_k = \frac{k}{L-1}, 0 \leq k \leq L-1 \quad (5)$$

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

c. *Adaptive Histogram Equalization*

**Adaptive Histogram Equalization** (AHE) adalah teknik pengolahan citra yang digunakan untuk memperbaiki kontras pada citra [8]. Ini berbeda dari pemerataan histogram biasa dengan metode adaptif yang menghitung beberapa histogram, masing-masing sesuai dengan bagian citra yang berbeda, dan menggunakannya untuk mendistribusikan nilai ringan dari citra. Oleh karena itu, cocok untuk memperbaiki kontras lokal dan meningkatkan definisi tepi di setiap wilayah citra. *Adaptive Histogram Equalization* sering juga disebut **Local Histogram Processing**.

2.2.4 *Parameter pengukuran*

Peningkatan kualitas citra dapat diukur secara kuantitatif menggunakan

- a. **MSE (Mean Square Error)**, yaitu sigma dari jumlah error antara citra hasil peningkatan kualitas dan citra asli. MSE dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [7] [8] :

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N ((f_a(i,j) - f_b(i,j))^2) \quad (6)$$

M dan N adalah ukuran panjang dan lebar citra.

$f_a(i,j)$  = intensitas citra di titik (i,j) citra asli

$f_b(i,j)$  = intensitas citra di titik (i,j) setelah kualitas ditingkatkan

Semakin kecil nilai MSE, semakin bagus hasil peningkatan kualitas citra. Artinya, kualitas citra setelah mengalami peningkatan kualitas hampir sama dengan kualitas citra aslinya.

- b. **PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)**. PSNR dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [7] [8]:

$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{255}{MSE} \quad (7)$$

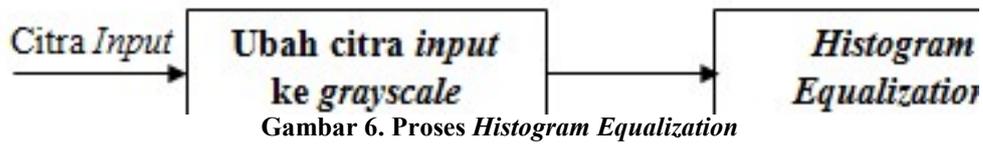
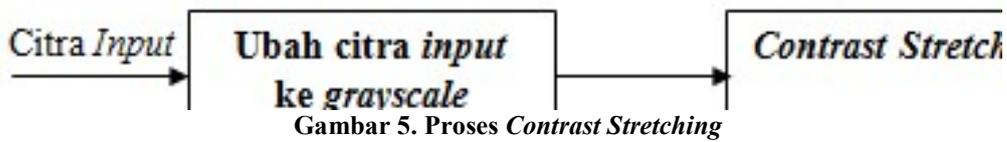
Semakin besar nilai PSNR maka citra hasil peningkatan kualitas semakin mendekati citra aslinya. Sebaliknya, semakin kecil nilai PSNR semakin jelek kualitas citra tersebut.

3. **METODOLOGI PENELITIAN**

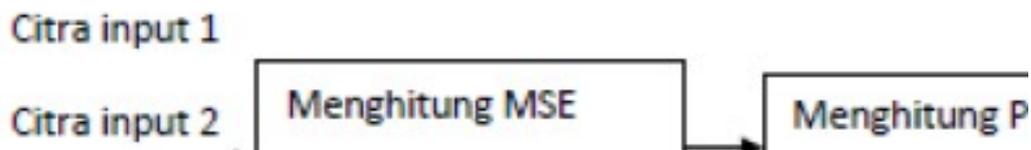
Citra yang digunakan adalah Citra MRI Otak (Brain MRI) sejumlah 10 citra baik citra warna (*color image*) maupun citra *grayscale* (*grayscale image*).

Perangkat yang digunakan ada 2 yaitu : perangkat keras (*hardware*) berupa Laptop dan perangkat lunak (*software*) berupa Matlab R2013A.

Penelitian ini berfokus pada peningkatan kualitas citra MRI sebelum dilakukan proses pengolahan citra (*image processing*) berikutnya. Citra MRI yang akan diuji coba adalah citra MRI Otak baik kondisi normal ataupun kondisi terdapat gangguan (lesi). Penelitian ini mengusulkan 3 metode yang digunakan untuk meningkatkan kualitas citra MRI yaitu metode *Contrast Stretching*, *Histogram Equalization*, dan *Adaptive Histogram Equalization*. Gambar 5,6,7 menampilkan perancangan penelitian untuk masing-masing metode yang diusulkan.



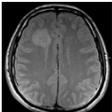
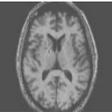
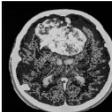
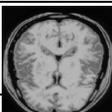
Output (citra hasil peningkatan) dari ketiga metode tersebut kemudian dikomparasikan menggunakan parameter *MSE (Mean Square Error)* dan *PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)*. Gambar 8 menampilkan cara menghitung MSE dan PSNR menggunakan *Software MATLAB*.

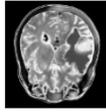
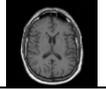
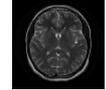
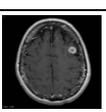
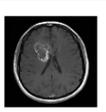
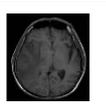


#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menunjukkan hasil data hasil penelitian menggunakan 3 metode. Tabel 2 menunjukkan nilai rata-rata MSE dan PSNR dari ketiga metode yang diusulkan.

Tabel 1. Data hasil penelitian

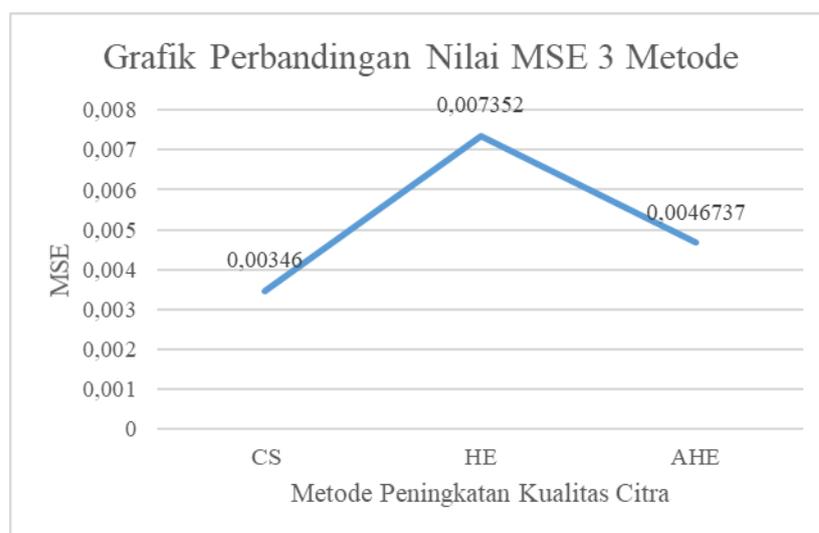
No	Citra Input	Citra Hasil Peningkatan					
		<i>Contrast Stretching</i>		<i>Histogram Equalization</i>		<i>Adaptive Histogram Equalization</i>	
		MSE	PSNR	MSE	PSNR	MSE	PSNR
1		0,00487	25,3995	0,00742	11,6724	0,00568	19,2761
2		0,00665	17,8974	0,00893	18,6193	0,00891	18,5975
3		0,00431	19,7448	0,00621	11,4961	0,00502	17,6290
4		0,00177	18,7034	0,00537	14,9327	0,00251	15,8848

No	Citra Input	Citra Hasil Peningkatan					
		<i>Contrast Stretching</i>		<i>Histogram Equalization</i>		<i>Adaptive Histogram Equalization</i>	
		MSE	PSNR	MSE	PSNR	MSE	PSNR
5		0,00154	22,6338	0,00868	13,8442	0,00262	18,7750
6		0,00167	25,8964	0,00793	9,1374	0,00316	17,4667
7		0,00178	22,0369	0,00522	6,9495	0,00213	14,5290
8		0,00361	22,5582	0,00779	9,2112	0,005314	16,9421
9		0,00402	22,0833	0,00869	8,7373	0,006023	15,0697
10		0,00275	23,7233	0,00728	9,5070	0,00537	16,7368

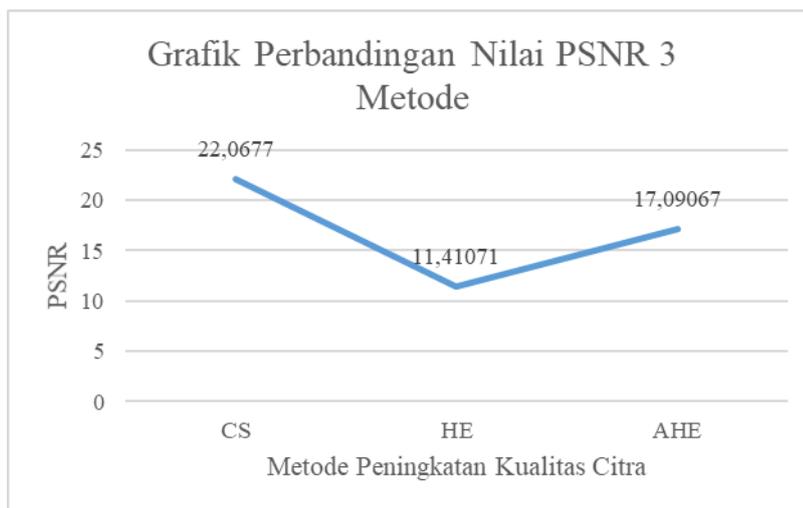
Tabel 2. Nilai rata-rata MSE dan PSNR

<i>Contrast Stretching</i>		<i>Histogram Equalization</i>		<i>Adaptive Histogram Equalization</i>	
MSE	PSNR	MSE	PSNR	MSE	PSNR
0,00346	22,0677	0,007352	11,41071	0,0046737	17,09067

#### 4.1 Pembahasan Hasil Penelitian



Gambar 6. Perbandingan Nilai MSE dari Ketiga Metode



**Gambar 7. Perbandingan Nilai PSNR dari Ketiga Metode**

Pada tabel 3 menunjukkan bahwa metode *contrast stretching*, *histogram equalization*, dan *adaptive histogram equalization* yang dirancang mampu melakukan proses peningkatan kualitas pada citra MRI (Otak). Secara visual ketiga metode yang diusulkan dapat melakukan proses peningkatan kualitas baik pada citra MRI yang kondisi normal maupun citra MRI yang mengalami lesi.

Pada tabel 4 menunjukkan rata-rata hasil perhitungan analisa uji performansi peningkatan kualitas citra MRI dengan beberapa metode. Dari hasil kualitas citra dan analisa kuantitatif menunjukkan bahwa metode *contrast stretching* menghasilkan hasil kualitas citra MRI jauh lebih baik dibandingkan dengan metode *histogram equalization*, dan *adaptive histogram equalization*. Ini dapat dilihat dari nilai :

- a. Nilai **MSE (Mean Square Error)**. Parameter dari MSE adalah semakin kecil nilai MSE (mendekati 0) menunjukkan bahwa kualitas citra MRI semakin bagus. Pada gambar 11 menunjukkan grafik perbandingan nilai MSE dari ketiga metode yang digunakan. Nilai MSE yang paling rendah adalah pada metode *contrast stretching* yaitu 0,00346 . Sedangkan nilai MSE yang paling besar dihasilkan oleh metode *histogram equalization*. Ini menunjukkan bahwa kualitas citra dengan menggunakan metode *contrast stretching (CS)* menghasilkan kualitas hasil yang lebih bagus dibandingkan metode *histogram (HE) equalization*, dan *adaptive histogram equalization (AHE)*.
- b. Nilai **PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)** Parameter dari PSNR adalah semakin besar nilai PSNR menunjukkan bahwa kualitas citra MRI semakin bagus atau semakin mendekati citra aslinya. Sebaliknya, semakin kecil nilai PSNR semakin jelek kualitas citra tersebut. Pada gambar 12 menunjukkan grafik perbandingan nilai PSNR. Kualitas citra dengan metode *contrast stretching* menghasilkan nilai PSNR yang paling besar yaitu 22,0677. Ini menandakan bahwa kualitas citra dari metode *contrast stretching (CS)* jauh lebih baik dibandingkan metode *histogram equalization (HE)*, dan *adaptive histogram equalization (AHE)*.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa program yang dirancang untuk peningkatan citra MRI menggunakan metode *contrast stretching*, *histogram equalization*, dan *adaptive histogram equalization* dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

Secara visual ketiga metode yang diusulkan dapat melakukan proses peningkatan kualitas baik pada citra MRI yang kondisi normal maupun citra MRI yang mengalami lesi. Citra asli maupun citra hasil peningkatan tidak terdapat perbedaan yang sangat signifikan.

Dari hasil kualitas citra dan analisa kuantitatif menunjukkan bahwa metode *contrast stretching* menghasilkan hasil kualitas citra MRI jauh lebih baik dibandingkan dengan metode *histogram equalization*, dan *adaptive histogram equalization*. Nilai MSE yang paling rendah adalah pada metode *contrast stretching* yaitu 0,00346. Sedangkan nilai MSE yang paling besar dihasilkan oleh metode *histogram equalization*. Kualitas citra dengan metode *contrast stretching* menghasilkan nilai PSNR yang paling besar yaitu 22,0677. Ini menandakan bahwa kualitas citra dari metode *contrast stretching* jauh lebih baik dibandingkan metode *histogram equalization*, dan *adaptive histogram equalization*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberi dukungan baik material maupun non material terhadap penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rohman, M., & Anisah, I. (2013). Retrieved from [http://eprints.upnjatim.ac.id/4759/1/071-078\\_Miftahur\\_Rohman\\_2\\_-\\_ITS.pdf](http://eprints.upnjatim.ac.id/4759/1/071-078_Miftahur_Rohman_2_-_ITS.pdf)
- [2] Afriliana Kusumadewi, Sugeng Santoso, "Evaluasi Ciri Citra Medis Menggunakan Metode Peningkatan Kualitas Citra Histogram Equalization Dan Karakteristik Statistik," *Informatika Vol. 11 No. 1*, pp. 1-13, 2015.
- [3] S. A. Riantini, <http://repodig.untan.ac.id/senayan/index.php?p=fstream-pdf&fid=94&bid=94>, 2011.
- [4] Rika Rosnelly, Linda Wahyuni, "Metode Perbaikan Citra pada Citra Parasit Malaria Menggunakan Histogram Equalization dan Contrast Stretching," in *Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu*, Tangerang, 2017.
- [5] Budi Hartono, Veronica Lusiana, "Analisa Teknik Adaptive Histogram Equalization Dan Contrast Stretching Untuk Perbaikan Kualitas Citra," *Jurnal Teknologi Informasi Dinamik Volume 19 No. 1*, pp. 1-10, 2014.
- [6] Wurood A. Jbara, Rafah A. Jaafar, "MRI Medical Images Enhancement based on Histogram Equalization and Adaptive Histogram Equalization," *International Journal of Computer Trends and Technology Volume 50 Number 2*, pp. 91-93, 2017.
- [7] T. Sutoyo, Edy Mulyanto, Vincent Suhartono, Oky Dwi Nurhayati, Wijanarto, *Teori Pengolahan Citra Digital*, Semarang : Andi Offset Yogyakarta, 2009.
- [8] Gonzalez, Woods, *Digital Image Processing 2nd Edition*, Prentice Hall, 2002.
- [9] Suhardi, Wahyu Setia Budi, Choirul Anam, "UPAYA PENINGKATAN KUALITAS CITRA MRI DENGAN PEMBERIAN MEDIA KONTRAS," *Berkala Fisika Vol. 16 No. 1*, pp. 9-14, 2013.
- [10] Al-Tamimi, M.S.H., Sulong G., "Tumor Brain Detection Through MR Images : A Review Of Literature," *J. Theor. Appl. Inf. Technol.* 62., 2014.
- [11] Hardeep kaur, Jyoti Rani, "MRI brain image enhancement using Histogram equalization Techniques," *IEEE*, pp. 770-773, 2016.
- [12] H. R. Fajrin, "Perbandingan Metode Untuk Perbaikan Kualitas Citra Mammogram," *Jurnal Simetris Vol.7 No.2*, pp. 657-664, 2016.
- [13] D. Nirmala, "Medical image contrast enhancement techniques," *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, pp. 1-8, 2015.
- [14] N Senthilkumaran, J Thimmiraja, "A Study on Histogram Equalization for MRI Brain Image Enhancement," *Association of Computer Electronics and Electrical Engineers*, pp. 317-325, 2014.
- [15] N. Wakhidah, "Perbaikan Kualitas Citra Menggunakan Metode Contrast Stretching (Improvement of image quality using a method Contrast Stretching)," *JURNAL TRANSFORMATIKA Volume 8 No.2*, pp. 78-83, 2011.
- [16] Senthilkumaran N, Thimmiraja J, "Histogram Equalization for Image Enhancement Using MRI brain images," *IEEE*, pp. 80-83, 2014.
- [17] G.Amar Tej, Prashanth.K.Shah, "Efficient quality analysis and enhancement of MRI image using Filters and Wavelets," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering Vol. 4 Issue 6*, pp. 230-236, 2015.
- [18] E. Ben George, M.Karnan, "MRI Brain Image Enhancement Using Filtering Techniques," *International Journal of Computer Science & Engineering Technology Vol. 3 No. 9*, pp. 399-403, 2012.
- [19] Mohamed Y. Adam, Mozamel M. Saeed, Al Samani A. Ahmed, "Medical Image Enhancement Application Using Histogram Equalization in Computational Libraries," *International Journal of Computer Science and Telecommunications Volume 6 Issue 1*, pp. 7-12, 2015.
- [20] Sumaya, Zena Vatsa, "MRI Image Enhancement," *International Journal of Science and Research (IJSR) Volume 4 Issue 5*, pp. 1757-1758, 2015.
- [21] UdayKumbhar, Vishal Patil, Shekhar Rudrakshi, "Enhancement Of Medical Images Using Image Processing In Matlab," *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol. 2*

*Issue 4*, pp. 2359-2364, 2013.

- [22] I Wayan Angga Wijaya Kusuma, Rossy Lydia Ellyana, "Penerapan Citra Terkompresi Pada Segementasi Citra Menggunakan Algoritme K-Means," *Jurnal Terapan Teknologi Informasi*, pp. 65-74, 2018.