PERBANDINGAN METODE GABUNGAN *HISTOGRAM EQUALIZATION* DENGAN *CONTRAST STRETCHING* UNTUK PERBAIKAN KUALITAS CITRA RADIOLOGI

^[1]Muhammad Aprilian, ^[2]Sampe Hotland Sitorus, ^[3]Uray Ristian

^[1] ^[2] ^[3] Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura

Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

Telp./Fax.: (0561) 577963

e-mail: ^[1]muhammad_aprilian@student.untan.ac.id, ^[2]sitorus.hotland@gmail.com,

^[3]eristian@siskom.untan.ac.id

ABSTRAK

Pembacaan hasil gambar radiologi memiliki beberapa hambatan dari hasil gelap, hasil cerah, dan noise. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem peningkatan kualitas untuk hasil radiologis gambar paru-paru. Sistem peningkatan kualitas gambar radiologis akan dibangun dengan menerapkan dan membandingkan dua metode Histogram Equalization (HE) dan Contrast Stretching (CS). Metode Histogram Equalization digunakan untuk meratakan distribusi abu-abu gambar. Metode Contrast Stretching digunakan untuk memperluas distribusi gambar abu-abu. Dalam penelitian ini kedua metode tersebut digabungkan untuk melihat optimalisasi kedua metode tersebut. Dari 20 hasil perbaikan gambar yang dianalisis oleh para ahli, persentase masing-masing metode diperoleh. Untuk metode HE menghasilkan persentase 15%, untuk metode CS menghasilkan persentase 0%, untuk metode gabungan CS-HE menghasilkan persentase 75% dan untuk metode gabungan HE-CS menghasilkan persentase 10%. Jadi dapat disimpulkan bahwa metode yang lebih baik untuk meningkatkan kualitas gambar radiologis adalah metode gabungan CS-HE.

Kata Kunci : Citra Radiologi, Diagnosa, *Histogram Equalization*, *Contrast Stretching*.

1. PENDAHULUAN

Radiologi adalah suatu ilmu tentang penggunaan sumber sinar *pengion* dan bukan *pengion*, gelombang suara dan magnet untuk *imaging* diagnostik dan terapi [1]. Dalam membaca hasil citra radiologi terdapat beberapa kendala dari hasil yang terlalu gelap, hasil yang terlalu putih, bahkan beberapa informasi dari citra kurang jelas atau terdapat *noise*. Untuk mengdiagnosa penyakit paru-paru dilakukanlah proses radiografi untuk mendapatkan hasil citra radiologi. Hasil citra radiologi tersebut akan dibaca oleh pakar untuk mendiagnosa penyakit paru-paru. Dalam membaca hasil citra radiologi ini sering menjadi permasalahan bagi para dokter untuk menentukan diagnosa dari hasil citra radiologi. Bagi para operator radiologi juga sering mengalami hasil citra radiologi yang ditangkap kurang baik, sehingga mereka harus melakukan pengaturan untuk mendapatkan hasil citra yang baik.

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dibangun sistem perbaikan kualitas untuk hasil radiologi citra paru-paru. Sistem perbaikan

kualitas citra radiologi akan dibangun dengan menerapkan dan membandingkan dua metode *Histogram Equalization* dan *Contrast Stretching*. Dengan membandingkan dua metode tersebut diharapkan dapat meningkatkan kualitas citra radiologi penyakit paru-paru sehingga mempermudah dokter dan operator radiologi dalam menentukan metode yang paling baik untuk sistem perbaikan kualitas citra radiologi.

Sehubungan dengan penelitian perbaikan kualitas citra digital, beberapa peneliti telah melakukan penelitian berjudul “Pengaruh *Histogram Equalization* untuk Perbaikan Kualitas Citra Digital” [2]. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan metode *Histogram Equalization* dapat digunakan untuk meningkatkan kontras citra dan dapat meningkatkan kualitas citra, sehingga informasi yang ada pada citra lebih jelas terlihat. Penelitian selanjutnya dengan judul “Metode *Histogram Equalization* untuk Perbaikan Kualitas Citra Digital” [3]. Hasil yang diberikan oleh metode *Histogram Equalization* dalam penelitian ini

dapat meningkatkan kualitas citra, sehingga informasi yang ada pada citra lebih jelas terlihat.

Penelitian selanjutnya dengan judul “Analisis *Contrast Stretching* Menggunakan Algoritma Eculedian untuk Meningkatkan Kontras pada Citra Berwarna” [4]. Hasilnya *contrast stretching* tidak hanya dapat digunakan pada citra grayscale namun citra berwarna dapat juga diterapkan dalam metode tersebut. Penelitian selanjutnya dengan judul “Implementasi *Contrast Stretching* untuk Perbaikan Kualitas Citra Digital” [5]. Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa *Contrast Stretching* menyebabkan penyebaran nilai RGB menjadi merata. Penyebaran nilai RGB yang merata menyebabkan citra memiliki kontras yang lebih baik dari citra asli sebelum perbaikan.

Berdasarkan penelitian terkait dan permasalahan yang didapat, maka dilakukan penelitian dengan judul “Perbandingan Metode Gabungan *Histogram Equalization* dengan *Contrast Stratching* untuk Perbaikan Kualitas Citra Radiologi”. Dengan penelitian ini diharapkan membantu para pengguna dalam membaca hasil citra radiologi dengan kualitas yang lebih baik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Citra Digital

Pengolahan citra digital dimulai sekitar awal tahun 1920-an dari dunia pemberitaan media cetak, dimana sebuah citra dikirim melalui kabel bawah laut dari London menuju ke New York [6]. Proses transmisi ini menghemat waktu pengiriman dari seminggu menjadi kurang dari tiga jam. Sebelum dikirim, citra terlebih dulu dikodekan dan setelah diterima citra direkonstruksi ulang. Contoh ini sebenarnya masih kurang tepat digunakan sebagai awal mula pengolahan citra digital karena dalam prosesnya belum menggunakan teknologi komputer.

Suatu citra dapat didefinisikan sebagai fungsi $f(x,y)$ berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y adalah koordinat spasial, dan amplitudo f di titik koordinat (x,y) dinamakan intensitas atau tingkat keabuan dari citra pada titik tersebut. Apabila nilai x,y , dan nilai amplitudo f secara keseluruhan berhingga (*finite*) dan bernilai diskrit maka dapat dikatakan bahwa citra tersebut adalah citra digital. Sebuah citra digital dapat dituliskan dalam bentuk matriks $M \times N$ seperti pada Persamaan 1:

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

2.2 Citra Grayscale

Citra *grayscale* merupakan citra digital yang memiliki nilai intensitas 0 = hitam sampai 255 = putih [7]. Rentang ini berarti bahwa setiap piksel dapat direpresentasikan oleh delapan *bit* atau satu *byte*. Citra *grayscale* dapat digunakan untuk merepresentasikan citra medis (sinar-X), tulisan. Citra *grayscale* dengan 256 level abu-abu dapat digunakan untuk mengenali kebanyakan objek. Untuk mencari piksel *Grayscale* dapat digunakan Persamaan 2.

$$Grayscale = \frac{R+G+B}{3} \quad (2)$$

Dimana,

Grayscale = piksel *Grayscale*

R = piksel merah

G = piksel hijau

B = piksel biru

2.3 Paru-Paru

Paru-paru adalah organ pada sistem respirasi (pernapasan) yang terletak dalam rongga *thorax* [8]. Fungsi paru-paru sebagai tempat pertukaran oksigen dari udara dengan karbon dioksida dari darah. Paru kanan terbagi dari dua *fisura* menjadi tiga *lobus*, yaitu: superior, media, dan inferior. Paru kiri dibagi oleh sebuah *fisura* menjadi dua *lobus*, yaitu: superior dan inferior. Tampilan struktur paru-paru seperti pada Gambar 1.

Gambar 1. Struktur Paru-Paru

2.4 Radiologi

Radiologi adalah suatu ilmu tentang penggunaan sumber sinar pengion dan bukan pengion, gelombang suara dan magnet untuk imaging diagnostik dan terapi [9]. Bidang-bidang yang ada di dalam radiologi adalah sebagai berikut:

1. Radiodiagnostik, merupakan bagian dari cabang ilmu radiologi yang memanfaatkan sinar pengion untuk membantu diagnosa dalam bentuk foto yang bisa didokumentasikan.
2. Radioterapi, merupakan salah satu regimen terapi untuk penyakit terutama keganasan dengan menggunakan sinar pengion/radioaktif.
3. Kedokteran nuklir, adalah bidang kedokteran yang memanfaatkan materi radioaktif (radioisotop) untuk menegakkan diagnosis dan mengobati penderita serta mempelajari penyakit manusia. Dapat juga untuk pemeriksaan dinamika organ misalnya pemeriksaan fungsi jantung dan ginjal.
4. Ultrasonografi, merupakan pengguna gelombang suara frekuensi sangat tinggi/ultrasonik (3,5-5 MHz) untuk membantu diagnosis. Ultrasound adalah gelombang suara dengan frekuensi lebih dari 20.000 Hz. Yang digunakan dalam bidang kedokteran antara 1-10 MHz.
5. MRI (*magnetic resonance imaging*), merupakan teknik diagnosa yang memanfaatkan medan magnet dan gelombang frekuensi radio (RF). Pemeriksaan tidak menimbulkan radiasi ionisasi, dan dapat diperoleh hasil berupa penampang dari berbagai arah.

2.5 Histogram Equalization (HE)

Histogram citra merupakan *tool* yang digunakan untuk mengetahui sebaran tingkat keabuan suatu citra [10]. Informasi sebaran tingkat keabuan tersebut sangat bermanfaat untuk memisahkan objek dengan latar belakang dari suatu citra. Pada bahasa histogram telah dijelaskan, bahwa dengan menggunakan histogram dapat diketahui informasi frekuensi pemakaian tingkat keabuan dalam suatu citra. Equalisasi histogram merupakan metode untuk memperbaiki kualitas citra dengan cara mengubah sebaran tingkat keabuan citra. Hal ini dimaksudkan agar sebaran tingkat keabuan lebih merata dibandingkan dengan citra aslinya.

Tahapan untuk melakukan *Histogram Equalization* adalah sebagai berikut:

1. Mengelompokkan dan menghitung jumlah piksel berdasarkan nilai keabuannya.
2. Memindai histogram dari nilai keabuan 0 sampai 255 untuk menemukan batas nilai

keabuan terendah dan batas nilai keabuan tertinggi dari kelompok piksel (citra).

3. Menghitung peluang kemunculan setiap intensitas piksel (P_r) seperti pada Persamaan 3 dan menghitung distribusi kumulatifnya (S_k) (proses normalisasi) seperti pada Persamaan 4:

$$P_r(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad (3)$$

Dimana,

$P_r(r_k)$ = peluang kemunculan piksel

n_k = jumlah piksel yang muncul pada intensitas tertentu

n = jumlah keseluruhan piksel pada suatu citra

$$S_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} = \sum_{j=0}^k P_r(r_j) \quad (4)$$

Dimana,

$$0 \leq r_k \leq 1, k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$$

4. Membulatkan hasil perkalian distribusi kumulatif (S_k) dengan jumlah variansi nilai keabuan terbesar yang muncul ($L-1$).
5. Mengskalakan piksel-piksel hasil dengan cara mengkalikan hasil pembulatan dengan skala keabuan yang digunakan 255 untuk citra 8 bit, seperti pada Persamaan 5. Hasil dari pengskalakan dibulatkan dengan menggunakan Persamaan 6:

$$S = |S_k| \times 255 \quad (5)$$

$$\text{round } S = |S_k| \times 255 \quad (6)$$

2.6 Contrast Stretching (CS)

Kontras dalam suatu citra menyatakan distribusi warna terang dan gelap. Suatu citra berskala keabuan dikatakan memiliki kontras rendah apabila distribusi warna cenderung pada jangkauan arah keabuan yang sempit [11]. Sebaliknya, citra mempunyai kontras tinggi apabila jangkauan arah keabuan lebih terdistribusi secara melebar. Kontras dapat diukur berdasarkan perbedaan antara nilai intensitas tertinggi dan nilai intensitas terendah yang menyusun piksel-piksel dalam citra.

Cara kerja dari proses peregangan kontras (*Contrast Stretching*) pada citra 8 bit adalah sebagai berikut:

1. Mengelompokkan dan menghitung jumlah piksel berdasarkan nilai keabuannya.
2. Memindai (scan) histogram dari nilai keabuan terkecil ke nilai keabuan terbesar (0 sampai 255) untuk menemukan batas

nilai keabuan terendah dan batas nilai keabuan tertinggi dari kelompok piksel (citra).

- Memetakan (menskalakan) piksel-piksel yang berada di antara batas terendah dan batas tertinggi untuk memenuhi rentang nilai-nilai keabuan yang lengkap (0 sampai 255), dengan menggunakan Persamaan 7 (Pee, 2016):

$$Y = (X - x_{min}) \left(\frac{l_{max} - l_{min}}{x_{max} - x_{min}} \right) + l_{min} \quad (7)$$

Dimana,

Y = nilai keabuan yang baru

X = nilai keabuan yang lama

x_{min} = nilai keabuan terendah

x_{max} = nilai keabuan tertinggi

l_{min} = nilai keabuan terendah yang diinginkan

l_{max} = nilai keabuan tertinggi yang diinginkan

3. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk membuat sistem perbaikan kualitas citra radiologi, metode penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Flowchart Penelitian

4. PERANCANGAN

4.1 Rancangan Sistem

Pada perancangan sistem ini, komponen sistem dirancang dengan tujuan untuk membandingkan metode *Histogram Equalization* dan *Contrast Stretching*. Metode yang terbaik akan dijadikan metode untuk sistem perbaikan kualitas citra. Secara garis besar, sistem yang akan dibangun menggunakan bahasa pemrograman php. Sistem ini bekerja dengan melakukan proses perbaikan citra radiologi dengan masing-masing metode yang digunakan. Dalam hal ini objek penelitian yang digunakan adalah citra radiologi. Gambaran rancangan sistem secara umum ditampilkan pada Gambar 3.

Gambar 3. Rancangan Sistem Secara Umum

Adapun penjelasan lebih lanjut dari sistem ini adalah sebagai berikut:

- Gambar hasil radiologi diambil langsung dari Unit Pelaksana Teknis (UPT) Kesehatan Paru-Paru Pontianak. Hasil radiologi yang digunakan adalah hasil radiologi *thorax* para pasien yang ada di UPT terkait.
- Setelah data didapat maka sebelum diproses data dikonversi terlebih dahulu menjadi format JPEG.
- Setelah dikonversi citra tersebut dimasukan ke dalam sistem aplikasi *website* untuk diproses.
- Pada tahapan ini citra yang sudah dimasukan ke dalam sistem akan diproses dan dilakukan proses *resize* citra terlebih dahulu sebesar 500x500 piksel. Proses *resize* bertujuan mengefisienkan waktu dalam proses sistem. Selanjutnya sistem akan melakukan perbaikan citra yang sudah di *resize* menggunakan metode *Histogram Equalization* dan *Contrast Stretching*. Hasil perbaikan citra akan disimpan ke database agar bisa diakses kembali nantinya.

4.2 Flowchart Metode *Histogram Equalization*

Pada Gambar 4 dapat dilihat *flowchart* metode *Histogram Equalization* aplikasi perbaikan kualitas citra radiologi. *Flowchart* metode *Histogram Equalization* adalah urutan yang digunakan dalam proses perbaikan kualitas citra menggunakan metode *Histogram Equalization*.

Gambar 4. *Flowchart Histogram Equalization*

Penjelasan rincian dari masing-masing tahapan akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Proses dimulai.
2. Masukan citra yang akan diproses.
3. Mengelompokkan dan menghitung jumlah piksel berdasarkan nilai keabuannya (membuat histogram).
4. Memindai (*scan*) histogram dari nilai keabuan 0 sampai 255 untuk menemukan batas nilai keabuan terendah dan batas nilai keabuan tertinggi dari kelompok piksel (citra).
5. Menghitung peluang kemunculan setiap intensitas piksel (P_r) menggunakan Persamaan 3 dan menghitung proses normalisasi atau distribusi kumulatifnya (S_k) menggunakan Persamaan 4.

6. Membulatkan hasil perkalian distribusi kumulatif (S_k) dengan jumlah variansi nilai keabuan terbesar yang muncul ($L-1$).
7. Memetakan piksel-piksel hasil dengan cara mengkalikan hasil pembulatan dengan skala keabuan yang digunakan 255 untuk citra 8 bit menggunakan Persamaan 5. Hasil dari penskalaan dibulatkan dengan Persamaan 6.
8. Proses selesai.

4.3 Flowchart Metode *Contrast Stretching*

Pada Gambar 5 dapat dilihat *flowchart* metode *Contrast Stretching* aplikasi perbaikan kualitas citra radiologi. *Flowchart* metode *Contrast Stretching* adalah urutan yang digunakan dalam proses perbaikan kualitas citra menggunakan metode *Contrast Stretching*.

Gambar 5. *Flowchart Contrast Stretching*

Penjelasan rincian dari masing-masing tahapan akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Proses dimulai.
2. Masukan citra yang akan diproses.
3. Mengelompokkan dan menghitung jumlah piksel berdasarkan nilai keabuannya.
4. Memindai histogram dari nilai keabuan terkecil ke nilai keabuan terbesar (0 sampai 255) untuk menemukan batas nilai keabuan terendah dan batas nilai keabuan tertinggi dari kelompok piksel citra.
5. Menskalakan piksel-piksel yang berada di antara batas terendah dan batas tertinggi untuk memenuhi rentang nilai-nilai keabuan yang lengkap (0 sampai 255) menggunakan Persamaan 7.

6. Proses selesai.

4.4 Flowchart Pengujian

Gambar 6 berisi *flowchart* pengujian perbaikan citra yang diolah oleh kedua metode *Histogram Equalization* dan *Contrast Stretching*. Pada pengujian ini menghasilkan keluaran berupa citra radiologi yang sudah diperbaiki.

Gambar 6. *Flowchart* Pengujian

Penjelasan rincian dari masing-masing tahapan akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Proses dimulai dengan melakukan *input* citra yang akan diproses ke aplikasi.
2. Masukkan citra yang akan diproses.
3. Tahapan dilanjutkan dengan *resize* citra yang akan menghasilkan citra berukuran 500 x 500 piksel. Tujuan dari *resize* citra agar meringankan kerja aplikasi sehingga waktu eksekusi program dapat dilakukan lebih cepat.
4. Selanjutnya citra dikonversi dari RGB ke *Grayscale*.
5. Citra hasil konversi selanjutnya dilakukan tiga proses dengan dua metode yaitu *Histogram Equalization*, *Contrast Stretching*, dan gabungan kedua metode. Proses ini akan menghasilkan citra radiologi yang sudah diperbaiki.
6. Hasil dari perbaikan citra akan ada 4 keluaran yaitu hasil menggunakan *Histogram Equalization*, *Contrast Stretching*, dan gabungan kedua metode tersebut.

7. Selanjutnya hasil dari perbaikan tersebut akan disimpan di *database* untuk nantinya dapat diakses kembali oleh *user*.
8. Proses selesai.

5. IMPLEMENTASI, PENGUJIAN, DAN PEMBAHASAN

5.1 Implementasi Perangkat Lunak

Dari perancangan sistem yang telah dilakukan, diperlukan adanya implementasi dan pengujian untuk mengetahui tercapai tidaknya tujuan dari penelitian. Implementasi dilakukan untuk mengetahui apakah tampilan dari aplikasi sudah sesuai sedangkan pengujian dilakukan untuk mengetahui sistem telah berjalan dengan baik dan sesuai dengan fungsi yang diinginkan.

Pada halaman *login* admin terdapat kolom *username* dan *password* yang harus diisi untuk masuk ke halaman admin. Tampilan halaman *login* admin ditunjukkan pada Gambar 7. Selanjutnya masuk ke halaman *profile* admin, disini admin dapat menggunakan fitur *reset* untuk mengubah foto *profile* dan *password*. Tampilan halaman *profile* admin ditunjukkan pada Gambar 8.

Gambar 7. Halaman Login Admin

Gambar 8. Tampilan Halaman *Profile* Admin

Pada *menubar* terdapat dua menu yaitu menu manajemen pengguna dan manajemen citra. Fitur manajemen citra terdapat dua fitur *sidebar* yaitu proses *Histogram Stretching* dan *Log*. Tampilan *sidebar* pada menu manajemen citra dapat dilihat pada Gambar 9.

Gambar 9. Tampilan *Slidebar* Manajemen Citra

Fitur *slidebar* pertama adalah fitur proses *Histogram Stretching*. Pada halaman fitur ini terdapat fitur yang berfungsi untuk memasukan citra radiologi yang akan diperbaiki. Tampilan halaman proses *Histogram Stretching* dapat dilihat pada Gambar 10.

Gambar 10. Halaman Proses *Histogram Stretching*

Selanjutnya citra akan ditampilkan seperti pada Gambar 11 sebelum diproses oleh sistem. Menampilkan citra masukan berguna untuk memastikan citra yang akan proses apakah sudah benar.

Gambar 11. Tampilan Proses Masukan Citra

Pada halaman ini terdapat tombol *submit* yang berfungsi untuk memproses citra yang sudah diinputkan sebelumnya. Pada proses ini citra akan diperbaiki kualitasnya dan menghasilkan keluaran dari metode *Histogram Equalization*, *Contrast Stretching*, dan gabungan metode. Hasil dari perbaikan citra akan ditampilkan seperti pada Gambar 12.

Gambar 12. Tampilan Hasil Proses Perbaikan Citra

Pada Gambar 13 merupakan halaman hasil citra dimana halaman ini menampilkan tabel hasil citra yang sudah diperbaiki. Pada halaman ini terdapat tabel citra radiologi yang menunjukkan nama dari file citra. Tombol detail ini berfungsi untuk menampilkan hasil citra yang sudah diproses sebelumnya, seperti pada Gambar 14.

Gambar 13. Tampilan Halaman Log

Gambar 14. Tampilan Fungsi Tombol Detail

5.2 Pengujian

Pengujian dalam penelitian ini mencakup dua bagian, yang pertama yaitu bagaimana penerapan secara sistem untuk metode *Histogram Equalization*, *Contrast Stretching*, dan gabungan metode *Histogram Equalization-Contrast Stretching* untuk perbaikan kualitas citra radiologi. Kedua yaitu bagaimana penerapan secara manual untuk metode *Histogram Equalization*, *Contrast Stretching*, dan gabungan metode *Histogram Equalization-*

Contrast Stretching untuk perbaikan kualitas citra radiologi.

5.2.1 Penerapan Dengan Metode *Histogram Equalization*

Penerapan metode *Histogram Equalization* yang dibahas dalam penelitian ini terdiri dari dua bagian, yaitu proses metode *Histogram Equalization* secara sistem dan proses metode *Histogram Equalization* secara manual sebagai berikut:

1. Proses Metode *Histogram Equalization* Secara Sistem

Aplikasi perbaikan kualitas citra radiologi pada penelitian ini menggunakan metode *Histogram Equalization*. Data yang digunakan berupa citra radiologi mentah dengan format .dcm, dan dilakukan konversi citra dari format .dcm menjadi format .jpg. Citra asli yang sudah dikonversi dapat dilihat pada Gambar 15.

Gambar 15. Citra Asli

Setelah citra dikonversi, citra akan *resize* sebelum masuk ke proses perbaikan kualitas citra. Pada proses perbaikan kualitas citra dengan metode *Histogram Equalization*, piksel pada citra tersebut akan dikelompokkan dan dihitung jumlah piksel berdasarkan nilai keabuan. Selanjutnya dilakukan memindai piksel dari nilai keabuan 0 sampai 255 untuk menemukan batas nilai keabuan terendah dan tertinggi. Dari piksel batas nilai keabuan terendah dan tertinggi akan dihitung peluang kemunculan setiap intensitas dan normalisasi. Hasilkan akan dibulatkan, dan dilakukan pemetaan piksel-piksel dengan skala yang digunakan 0 sampai 255 untuk citra 8 bit. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 16.

Gambar 16. Citra Hasil Pengolahan Metode *Histogram Equalization*

Dari hasil dapat dilihat untuk area *trakea* lebih terlihat dan rongga paru-paru lebih jelas. Sehingga citra hasil dikatakan lebih baik dari citra asli, karena citra hasil dapat digunakan untuk mendiagnosa.

2. Proses Metode *Histogram Equalization* Secara Manual

Proses metode *Histogram Equalization* secara manual berisi perhitungan setiap tahap pemrosesan perbaikan citra radiologi dengan *Histogram Equalization*. Tahapan ini meliputi perhitungan mengubah citra RGB menjadi citra *Grayscale*. Citra asli yang digunakan pada proses manual dapat dilihat pada Gambar 17.

Gambar 17. Citra Asli RGB

Gambar 17 menunjukkan citra asli yang mewakili RGB yang akan dimasukkan pada aplikasi Matlab. Aplikasi Matlab digunakan untuk mengambil matriks RGB dari citra asli. Hasil citra yang dipotong memiliki nilai RGB yang berbeda-beda. Nilai RGB dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Piksel RGB Citra Asli

x \ y	R					G					B				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	160	160	160	158	156	160	160	160	158	156	160	160	160	158	156
2	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159	159
3	158	159	159	161	163	158	159	159	160	163	158	159	159	161	163
4	157	157	159	161	163	157	157	159	161	163	157	157	159	161	163
5	155	156	157	159	160	155	156	157	159	160	155	156	157	159	160

Tabel 1 merupakan nilai piksel RGB dari citra asli, yang diambil pada titik kolom sumbu x1 sampai titik kolom sumbu x5 dan pada baris sumbu y1 sampai baris sumbu y5. Selanjutnya menentukan nilai *Grayscale* menggunakan Persamaan 2 sebagai berikut:

$$Grayscale = \frac{R + G + B}{3}$$

Maka,

$$Grayscale = \frac{160 + 160 + 160}{3}$$

$$Grayscale = \frac{480}{3}$$

$$Grayscale = 160$$

Menggunakan perhitungan yang sama, dilakukan perhitungan pada semua nilai piksel RGB citra asli. Hasil untuk nilai *Grayscale* yang telah dihitung dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Grayscale Citra Asli

Grayscale					
x \ y	1	2	3	4	5
1	160	160	160	158	156
2	159	159	159	159	159
3	158	159	159	161	163
4	157	157	159	161	163
5	155	156	157	159	160

Setelah nilai *Grayscale* dari citra asli didapat, nilai maktriks tersebut diproses dengan metode *Histogram Equalization*. Nilai matriks diurutkan dari nilai terendah hingga nilai tertinggi dan dicari frekuensi kemunculan setiap pikselnya. Selanjutnya menghitung peluang kemunculan setiap piksel dan menghitung distribusi kumulatifnya. Untuk mencari nilai probabilitas dari intensitas piksel menggunakan Persamaan 3 sebagai berikut.

$$P_r(r_k) = \frac{n_k}{n}$$

Maka,

$$P_r(155) = \frac{1}{25}$$

$$P_r(155) = 0.04$$

Setelah didapat hasil probabilitas dari tiap pikselnya, semua nilai probabilitas dihitung untuk mendapatkan nilai distribusi kumulatif dengan Persamaan 4 sebagai berikut:

$$S_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} = \sum_{j=0}^k P_r(r_j)$$

Maka,

$$S_k = 0.04$$

$$S_k = 0.04 + 0.08 = 0.12$$

$$S_k = 0.12 + 0.12 = 0.24$$

$$S_k = 0.24 + 0.08 = 0.32$$

$$S_k = 0.32 + 0.36 = 0.68$$

$$S_k = 0.68 + 0.16 = 0.84$$

$$S_k = 0.84 + 0.08 = 0.92$$

$$S_k = 0.92 + 0.08 = 1$$

Setelah didapat nilai distribusi kumulatifnya, selanjutnya mengskalakan piksel-piksel dengan mengkalikan nilai distribusi kumulatif dengan skala keabuan terbesar 0 sampai 255. Mengskalakan piksel-piksel dengan Persamaan 5 sebagai berikut:

$$S = |S_k| \times 255$$

Maka,

$$S = 0.04 \times 255 = 10.2$$

$$S = 0.12 \times 255 = 30.6$$

$$S = 0.24 \times 255 = 61.2$$

Persamaan 5 digunakan untuk mengskalakan semua nilai distribusi kumulatif. Hasil dari pengskalakan piksel kemudian dibulatkan dengan Persamaan 6. Untuk tabel perhitungan semua proses dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan *Histogram Equalization*

rk	nk	Pr(rk)=nk/n	Sk	S= Sk x255	roundS= Sk x255
155	1	0.04	0.04	10.2	10
156	2	0.08	0.12	30.6	31
157	3	0.12	0.24	61.2	61
158	2	0.08	0.32	81.6	82
159	9	0.36	0.68	173.4	173
160	4	0.16	0.84	214.2	214
161	2	0.08	0.92	234.6	235
163	2	0.08	1	255	255

Setelah semua proses telah dilakukan dan didapatlah piksel citra baru hasil dari penerapan metode *Histogram Equalization*. Nilai piksel citra baru yang sudah diperbaiki dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Nilai Citra Baru

x \ y	1	2	3	4	5
1	214	214	214	82	31
2	173	173	173	173	173
3	82	173	173	235	255
4	61	61	173	235	255
5	10	31	61	173	214

5.2.2 Penerapan dengan Metode *Contrast Stretching*

Penerapan metode *Contrast Stretching* yang dibahas dalam penelitian ini terdiri dari dua bagian, yaitu proses metode *Contrast Stretching* secara sistem dan proses metode *Contrast Stretching* secara manual sebagai berikut:

1. Proses Metode *Contrast Stretching* Secara Sistem

Untuk metode kedua aplikasi perbaikan kualitas citra radiologi ini menggunakan metode *Contrast Stretching*. Data yang digunakan berupa citra radiologi mentah dengan format .dcm, dan dilakukan konversi citra dari format .dcm menjadi format jpg.

Setelah citra dikonversi, citra akan *resize* sebelum masuk ke proses perbaikan kualitas citra. Pada proses perbaikan kualitas citra dengan metode *Contrast Stretching*, piksel pada citra tersebut akan dikelompokkan dan dihitung jumlah piksel berdasarkan nilai keabuan.

Selanjutnya dilakukan memindai piksel dari nilai keabuan 0 sampai 255 untuk menemukan batas nilai keabuan terendah dan tertinggi. Nilai keabuan tertinggi dan terendah akan dipetakan untuk memenuhi rentang nilai-nilai keabuan yang lengkap dari 0 sampai 255. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 18.

(a) Citra Asli

(b) Citra Hasil

Gambar 18. (a) Citra Asli dan (b) Citra Hasil Dengan Metode *Histogram Equalization*

Dari citra (a) dan (b) dapat dilihat dengan menggunakan metode *Contrast Stretching* menghasilkan citra yang mirip dengan citra asli. Sehingga area *trakea* dan rongga paru-paru tidak terlihat jelas. Dengan demikian hasil citra tidak dapat digunakan dalam membaca diagnosa.

2. Proses Metode *Contrast Stretching* Secara Manual

Proses metode *Contrast Stretching* secara manual berisi perhitungan setiap tahap pemrosesan perbaikan citra radiologi dengan *Contrast Stretching*. Tahapan ini meliputi perhitungan mengubah citra RGB menjadi citra *Grayscale*. Citra asli yang digunakan pada proses manual dapat dilihat pada Gambar 5.9. Citra asli yang mewakili RGB yang dimasukkan pada aplikasi Matlab. Aplikasi Matlab digunakan untuk mengambil matriks RGB dari citra asli. Hasil citra yang dipotong memiliki nilai RGB yang berbeda-beda. Nilai RGB dapat dilihat pada Tabel 1. Matriks piksel RGB dari citra asli, yang diambil pada titik kolom sumbu x1 sampai titik kolom sumbu x5 dan pada baris sumbu y1 sampai baris sumbu y5. Selanjutnya menentukan nilai *Grayscale* menggunakan Persamaan 2 sebagai berikut:

$$Grayscale = \frac{R + G + B}{3}$$

Maka,

$$Grayscale = \frac{160 + 160 + 160}{3}$$

$$Grayscale = \frac{480}{3}$$

$$Grayscale = 160$$

Menggunakan perhitungan yang sama, dilakukan perhitungan pada semua nilai piksel RGB citra asli. Hasil untuk nilai *Grayscale* yang telah dihitung dapat dilihat pada Tabel 2. Setelah nilai *Grayscale* dari citra asli didapat, nilai matriks tersebut diproses dengan metode *Contrast Stretching*. Matriks *Grayscale* diurutkan dari yang terendah sampai yang tertinggi. Nilai keabuan tertinggi dan terendah akan dipetakan untuk memenuhi rentang nilai-nilai keabuan yang lengkap dari 0 sampai 255. Untuk pemetaan digunakan Persamaan 7 sebagai berikut:

$$Y = (X - x_{min}) \left(\frac{l_{max} - l_{min}}{x_{max} - x_{min}} \right) + l_{min}$$

Maka,

$$Y = (155 - 155) \left(\frac{255 - 0}{163 - 155} \right) + 0$$

$$Y = (0) \left(\frac{255}{8} \right) + 0$$

$$Y = 0$$

Dengan menggunakan Persamaan 7, dilakukan perhitungan pada semua nilai matriks. Didapat nilai matriks seperti pada Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Nilai Citra Baru

$\begin{matrix} y \\ x \end{matrix}$	1	2	3	4	5
1	159	159	159	96	32
2	127	127	127	127	127
3	96	127	127	191	255
4	64	64	127	191	255
5	0	32	64	127	159

5.3 Pembahasan

Dalam memperbaiki kualitas citra radiologi berdasarkan batasan masalah yang telah ditentukan terdapat 20 data citra radiologi yang akan diuji dengan ukuran piksel yang sama 500x500 piksel. Dari data citra yang sudah terkumpul sebanyak 20 data dilakukan proses perbaikan citra dengan metode *Histogram Equalization*, *Contrast Stretching* dan metode gabungan. Citra yang dihasilkan dari proses perbaikan akan dianalisa oleh pakar untuk melihat metode mana yang lebih baik. Data dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data dan Hasil Pengujian Citra Radiologi

No.	Citra	H E	C S	CS - HE	HE - CS	Keterang-an
1	STF 025					Trakea dan rongga paru lebih jelas
2	STF 027					Rongga paru lebih jelas
3	STF 052					Trakea dan rongga paru lebih jelas
4	STF 055					Rongga paru lebih jelas
5	STF 057					Rongga paru lebih jelas
6	STF 058					Trakea dan rongga paru lebih jelas
7	STF 060					Trakea dan rongga paru lebih jelas
8	STF 061					Trakea dan rongga paru lebih jelas
9	STF 062					Trakea dan rongga paru lebih jelas
10	STF 063					Trakea dan rongga paru lebih jelas
11	STF 066					Rongga paru lebih jelas
12	STF 071					Trakea dan rongga paru lebih jelas
13	STF 103					Trakea dan rongga paru lebih jelas
14	STF 110					Trakea dan rongga paru lebih jelas
15	STF 112					Trakea dan rongga paru lebih jelas
16	STF 114					Trakea dan rongga paru lebih jelas
17	STF 124					Rongga paru lebih jelas
18	STF 145					Trakea dan rongga paru lebih jelas

19	STF 148					Trakea dan rongga paru lebih jelas
20	STF 149					Trakea dan rongga paru lebih jelas

Keterangan:

HE = Histogram Equalization

CS = Contrast Stretching

CS-HE = Contrast Stretching-Histogram Equalization

HE-CS = Histogram Equalization-Contrast Stretching

Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa metode yang paling baik terdapat pada metode gabungan CS-HE jika dibandingkan dengan metode lainnya. Dalam analisa ini yang menjadi parameter pakar adalah tampilan *trakea* dan rongga paru-paru. Hasil perbaikan dengan metode gabungan CS-HE memiliki citra dengan *trakea* dan rongga paru-paru yang lebih jelas terlihat. Untuk metode HE dan metode gabungan HE-CS yang lebih terlihat hanya rongga paru-paru saja. Citra tersebut menampilkan *trakea* yang terlalu putih sehingga sulit untuk membaca area tersebut. Sedangkan dengan menggunakan metode CS, hasil citra yang didapat kurang baik karena hasilnya mendekati citra asli sehingga kesulitan dalam mendiagnosa. Untuk menentukan presentase dari setiap metodenya digunakan Persamaan 8:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{jumlah keberhasilan}}{\text{jumlah data uji}} \times 100\%$$

Maka,

$$\text{Persentase HE} = \frac{3}{20} \times 100\% = 15\%$$

$$\text{Persentase CS} = \frac{0}{20} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Persentase CS|HE} = \frac{15}{20} \times 100\% = 75\%$$

$$\text{Persentase HE|CS} = \frac{2}{20} \times 100\% = 10\%$$

Dari hasil perhitungan persentase didapat hasil sebagai berikut. Untuk metode HE dari hasil analisa menghasilkan persentase sebesar 15% didapat dari 3 hasil perbaikan citra yang lebih baik dari metode lainnya. Untuk metode CS dari hasil analisa menghasilkan persentase sebesar 0% didapat karena untuk metode CS yang cukup baik dan bisa digunakan untuk mendiagnosa. Untuk metode CS-HE dari hasil analisa menghasilkan persentase sebesar 75%

didapat dari 15 hasil perbaikan citra yang lebih baik dari metode lainnya. Untuk metode HE-CS dari hasil analisa menghasilkan persentase sebesar 10% didapat dari 2 hasil perbaikan citra yang lebih baik dari metode lainnya.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada aplikasi perbaikan kualitas citra radiologi adalah sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan penelitian ini, didapat beberapa hasil perbaikan kualitas citra radiologi. Hasil perbaikan yang diproses menggunakan metode *Histogram Equalization* menunjukkan area rongga paru-paru yang terlihat jelas, sehingga citra dapat digunakan dalam analisa kesehatan area rongga paru-paru. Hasil perbaikan yang diproses menggunakan metode *Contrast Stretching* menunjukkan area rongga paru-paru dan *trakea* yang tidak terlihat jelas, sehingga citra tidak dapat digunakan dalam analisa kesehatan. Hasil perbaikan yang diproses menggunakan metode gabungan *Contrast Stretching-Histogram Equalization* menunjukkan area rongga paru-paru dan *trakea* yang terlihat jelas, sehingga citra dapat digunakan dalam analisa kesehatan area rongga paru-paru. Hasil perbaikan yang diproses menggunakan metode gabungan *Histogram Equalization-Contrast Stretching* menunjukkan area rongga paru-paru yang terlihat jelas, sehingga citra dapat digunakan dalam analisa kesehatan area rongga paru-paru.
2. Dari hasil analisa pakar dapat persentase masing-masing metode perbaikan kualitas citra. Untuk metode HE menghasilkan persentase sebesar 15%, untuk metode CS menghasilkan persentase sebesar 0%, untuk metode gabungan CS-HE menghasilkan persentase sebesar 75% dan untuk metode gabungan HE-CS menghasilkan persentase sebesar 10%. Dapat disimpulkan bahwa metode yang lebih baik untuk perbaikan kualitas citra radiologi adalah metode gabungan CS-HE.

6.2 Saran

Adapun saran untuk perbaikan dan pengembangan dari tugas akhir ini adalah:

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode yang sama pada studi kasus citra radiologi berdasarkan jenis kelamin, lingkardada, ataupun tinggi badan.
2. Penelitian selanjutnya dapat dibuat sebuah aplikasi untuk mendeteksi penyakit paru-paru dengan menggunakan citra radiologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Malueka, R. (2007). *Radiologi Diagnostik*. Yogyakarta: Pustaka Cendekia.
- Mau, S. D. (2016). Pengaruh Histogram qualization untuk Perbaikan Kualitas Citra Kupang: Universitas Katolik Mandira Kupang.
- Ahmad, N. (2012). Metode Histogram Equalization Untuk Perbaikan Citra Digital Yogyakarta: Universitas Atmajaya Yogyakarta.
- Nurliadi. (2016). Analisis Contrast Stretching Menggunakan Algoritma Euclidean Untuk Meningkatkan Kontras Pada Citra Berwarna. Medan: Universitas Sumatra Utara
- Shaleh, M. (2015). Implementasi Contrast Stretching Untuk Perbaikan Kualitas Citra Digital Palembang: STMIK GI MDP
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Digital Image Processing Third Edition*. New Jersey: Prentice Hall.
- Purnomo, M. H. (2010). *Konsep Pengolahan Citra Digital Dan Ekstraksi Fitur*. Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- Mohamad, d. I. (2014). *Anatomi Klinis Dasar*. Jakarta: PRIMA.
- Malueka, R. (2007). *Radiologi Diagnostik*. Yogyakarta: Pustaka Cendekia.
- Purnomo, M. H. (2010). *Konsep Pengolahan Citra Digital Dan Ekstraksi Fitur*. Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- Kadir, A., & Susanto, A. (2013). *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta: Yogyakarta: Andi.