

Perbaikan Kualitas Citra Menggunakan Metode *Fuzzy Type-2*

Tio Dewantho Sunoto^{#1}, Riko Arlando Saragih^{#2}, Judea Janoto Jarden^{#3}, Kioe (Oeij) O.K. Ricky Wijaya^{#4}

[#]Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. Drg. Suria Sumantri no. 65. Bandung, Indonesia

¹tio.dewantho@eng.maranatha.edu

²riko.as@eng.maranatha.edu

³judea.j.jarden@eng.maranatha.edu

⁴rickwijaya96@gmail.com

Abstract— Image enhancement is applied to an image that has low contrast. Histogram Equalization (HE) is a general method used to improve the quality of an image. However, its drawback is for a low contrast image, which is solved by using the type-1 fuzzy method. Nonetheless, due to its crisp membership function, then type-1 fuzzy will result in uncertainty when implemented on an image with a non-homogenous contrast. In this research, type-2 fuzzy will be applied because its membership function can model and minimize the uncertainty to increase the image quality. Image enhancement is evaluated quantitatively and qualitatively. Mean Square Error (MSE) and Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) are used as quantitative measures for the three image enhancement techniques used, i.e., HE, type-1 fuzzy, and type-2 fuzzy. In general, based on the simulation results, type-2 fuzzy gives the best performance. Meanwhile, the qualitative measure is done through a survey of several respondents. The respondents agree that type-2 fuzzy shows the best performance for image enhancement qualitatively. Quantitatively, there is not the best among the three type-2 fuzzy methods for image enhancement because their MSE and PSNR were varied. Moreover, neither qualitatively, due to subjective issue among the respondents when looking at the resulting image, the respondents agree there is none the best one among them so that it needs the same perception about the quality of a good image.

Keywords— Image quality enhancement, contrast, uncertainty, histogram equalization method, fuzzy type-1 method, fuzzy type-2 method.

Abstrak— Perbaikan kualitas citra biasanya diterapkan untuk citra yang memiliki kontras yang rendah. Metode *Histogram Equalization (HE)* adalah metode yang umum digunakan untuk memperbaiki kualitas citra. Namun, metode ini mempunyai kekurangan untuk citra yang memiliki level kekontrasan yang rendah. Kekurangan ini dapat diatasi dengan menggunakan metode *fuzzy tipe-1*. Karena sifat keanggotaan metode *fuzzy tipe-1* bersifat *crisp* (tajam), maka akan berakibat ketidakpastian saat diterapkan untuk citra yang mempunyai distribusi kontras yang tidak homogen. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan diimplementasikan metode *fuzzy tipe-2*. Himpunan fungsi keanggotaan *fuzzy tipe-2* mampu memodelkan dan meminimalisasi ketidakpastian sehingga kualitas citra dapat ditingkatkan. Penilaian terhadap perbaikan kualitas citra dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Pengujian kuantitatif dilakukan dengan

menggunakan metrik *Mean Square Error (MSE)* dan *Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)* terhadap perbaikan kualitas citra yang menggunakan metode *HE*, metode *fuzzy tipe-1*, dan metode *fuzzy tipe-2*. Berdasarkan pengujian, secara umum metode *fuzzy tipe-2* menghasilkan perbaikan kualitas citra yang paling baik. Evaluasi pengujian kualitatif dilakukan melalui survei responden. Secara umum responden menilai perbaikan kualitas citra dengan metode *fuzzy tipe-2* akan menghasilkan visual citra yang lebih baik. Di antara ketiga kategori metode *fuzzy tipe-2*, secara kuantitatif hasilnya tidak menunjuk kepada satu kategori yang terbaik karena nilai *MSE* dan *PSNR* yang masih bervariasi. Demikian pula secara kualitatif, responden tidak memilih satu kategori terbaik akibat adanya faktor subyektivitas responden saat melihat sebuah citra. Untuk itu, dibutuhkan kesamaan persepsi tentang arti kualitas sebuah citra yang baik.

Kata Kunci— Perbaikan kualitas citra, kontras, ketidakpastian, metode *histogram equalization*, metode *fuzzy tipe-1*, metode *fuzzy tipe-2*.

I. PENDAHULUAN

Perbaikan kualitas citra digunakan untuk meningkatkan tampilan atau persepsi dari suatu citra sehingga sangat mendukung untuk proses analisis pada tahapan selanjutnya. Kondisi kontras citra yang buruk dapat disebabkan oleh beberapa faktor, misal perangkat keras untuk menangkap citra tidak memiliki pencahayaan yang memadai, tertutup kabut, awan dan sebagainya [1].

Teknik perbaikan kualitas citra di antaranya adalah perbaikan kontras, perbaikan tepi, *pseudocoloring*, *noise filtering*, penajaman citra, pembesaran citra, dan secara subyektif akibat persepsi manusia memandang citra yang terkadang *fuzzy* (samar) dan memunculkan faktor ketidakpastian. Faktor ketidakpastian secara konsep dicakup oleh sifat dalam *fuzzy logic* sehingga penerapan metode *fuzzy logic* untuk perbaikan kualitas citra mampu mengatasi munculnya faktor ketidakpastian [2].

Berdasarkan referensi [3], diketahui metode *fuzzy* menunjukkan perbaikan kualitas citra yang lebih baik dibandingkan dengan metode *Histogram Equalization*. Pendekatan *fuzzy* ini dikenal dengan nama *fuzzy tipe-1*. Walaupun demikian, dalam *fuzzy tipe-1* masih terdapat

kekurangan pada saat penentuan fungsi keanggotaan yang *fuzziness* (ketidakpastian). Sementara itu, pendekatan metode *fuzzy type-2* [4][5][6] mampu menangkap informasi yang lebih pasti untuk masalah ketidakpastian keanggotaan ini. Jika diterapkan untuk aplikasi perbaikan citra dan dibandingkan menggunakan metode *histogram equalization (HE)* atau *metode fuzzy type-1*, kualitas citra yang dihasilkan akan lebih baik.

Pada penelitian ini akan dilakukan perbaikan kualitas citra pada citra dengan kontras yang rendah dan dibandingkan dengan menggunakan metode *histogram equalization*, metode *fuzzy type-1* dan tiga kategori metode *fuzzy type-2*. Pengujian kuantitatif terhadap hasil perbaikan kualitas citra dilakukan melalui metrik *mean square error (MSE)* dan *peak signal-to-noise ratio (PSNR)*. Pengujian kualitatif dilakukan melalui survei responden yang menilai visual citra setelah melalui proses perbaikan. Hasil pengujian kuantitatif dan kualitatif diharapkan memberikan informasi keefektifan metode-metode yang digunakan dalam memperbaiki kualitas citra dengan kontras yang rendah.

II. METODOLOGI

Citra adalah kombinasi antara titik, garis, bidang, dan warna untuk menciptakan suatu imitasi dari suatu objek dan biasanya berupa objek fisik atau manusia. Citra bisa berwujud gambar (*picture*) dua dimensi, seperti lukisan dan foto, serta berwujud tiga dimensi seperti patung. Citra *low contrast* (kontras yang rendah) adalah suatu citra yang memiliki sebagian besar komposisi citranya adalah terang atau sebagian besar gelap sehingga citra tersebut sulit untuk dilihat dan ditangkap oleh mata manusia. Alur pelaksanaan penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan seperti tertera pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram blok tahapan perbaikan kualitas citra *fuzzy type-2*.

A. Perbaikan Kualitas Citra Low Contrast

Teknik perbaikan kualitas citra dapat dikategorikan menjadi tiga domain, yaitu: *spatial domain-based enhancement*, *frequency domain-based enhancement*, dan *fuzzy domain-based enhancement*. Pada kategori *spatial domain-based enhancement*, algoritme bekerja berdasarkan intensitas *pixel* dari suatu citra. Pada kategori *frequency domain-based enhancement*, citra diubah ke dalam domain frekuensi, seperti *Discrete Cosine Transform (DCT)*, *Discrete Wavelet Transform (DWT)*, atau transformasi *Fourier*. Pada *fuzzy domain-based enhancement*, citra diubah menjadi *fuzzy property plane* menggunakan *membership function*, seperti *Gaussian*, *triangular*, atau fungsi lainnya.

Perbaikan kualitas citra bisa direpresentasikan dengan mengubah (*transforming*) suatu citra ke citra lain untuk mendapatkan gambaran citra yang lebih jelas agar dapat digunakan pada mesin analisis atau dipandang lebih enak oleh mata manusia [7]. Contoh hasil perbaikan kualitas citra ditampilkan pada Gambar 2. Perbaikan kualitas citra sering digunakan untuk meningkatkan kontras pada citra yang secara substansial gelap atau terang.

Setiap kategori domain dalam teknik perbaikan citra dijelaskan sebagai berikut:

1) Domain spasial (*spatial domain method*).

Histogram Equalization (HE) adalah salah satu teknik perbaikan kualitas dalam domain spasial. Tujuan dari proses *HE* adalah untuk melakukan perbaikan kualitas citra dengan *remapping gray levels* dari suatu citra berdasarkan distribusi probabilitas dari masukan *gray levels* [8]. Contoh hasil perbaikan citra melalui metode *HE* dinyatakan pada Gambar 3.

2) Domain frekuensi (*frequency domain method, DFT*).

Domain frekuensi beroperasi pada transformasi *Fourier* dari suatu citra [7].



Gambar 2 Sebelah kiri citra asli dan sebelah kanan citra hasil perbaikan



Gambar 3 Sebelah kiri citra asli dan sebelah kanan citra hasil perbaikan.

- *Edges* dan *sharp transitions* (contoh: *noise*) dari suatu citra sangat berpengaruh pada frekuensi tinggi dari transformasi Fourier.
- Frekuensi rendah dari transformasi Fourier bertanggung jawab atas tampilan umum citra di atas daerah halus (*smooth area*).

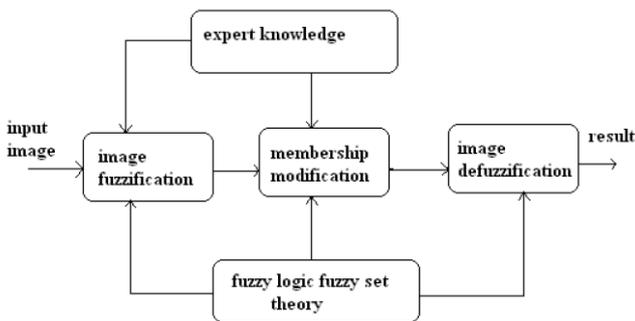
3) *Domain fuzzy (fuzzy domain)*

Perbaikan kualitas citra menggunakan *fuzzy* yang berdasarkan pada *gray level mapping* menjadi fungsi keanggotaan. Hal ini bertujuan untuk menghasilkan citra dengan kontras yang lebih tinggi dibandingkan dengan citra asli [7].

B. Perbaikan Kualitas Citra dengan *Fuzzy Type-2*

Pengolahan citra digital dengan metode *fuzzy* adalah gabungan dari pendekatan *fuzzy* yang dapat mengerti, merepresentasikan, dan mengolah citra. Terdapat tiga tahap untuk melakukan pengolahan citra digital *fuzzy*, yaitu fuzifikasi citra (*image fuzzification*), modifikasi fungsi keanggotaan (*modification of membership function*), dan defuzifikasi (*defuzzification*). Tahap fuzifikasi dan defuzifikasi tidak bisa dilakukan secara langsung karena tidak adanya perangkat keras *fuzzy*. Oleh karena itu, *coding* (fuzifikasi) data citra dan *decoding* (defuzifikasi) merupakan langkah yang akan digunakan untuk dapat mengolah citra dengan teknik *fuzzy*. Langkah utama dari pengolahan citra menggunakan *fuzzy* adalah modifikasi fungsi keanggotaan (*membership modification*) [7] dan tahapan proses perbaikan citra melalui metode *fuzzy*. Proses ini ditunjukkan oleh Gambar 4.

Himpunan *fuzzy type-2* merupakan kelanjutan dari himpunan *fuzzy type-1*. *Fuzzy type-2* dapat digunakan saat kesulitan menentukan akurasi fungsi keanggotaan akibat ketidakjelasan pada bentuk, lokasi, atau berada di parameter lain. Adanya penambahan tiga dimensi pada sistem logika *fuzzy type-2* akan memberikan lebih banyak derajat kebebasan untuk merepresentasikan suatu ketidakpastian. Himpunan *fuzzy type-1* memiliki fungsi keanggotaan yang tajam (*crisp*) sehingga tidak bisa memodelkan suatu ketidakpastian. Namun, pada himpunan keanggotaan *fuzzy type-2* didapat kondisi *blurring* yang dapat mencakup



Gambar 4 Proses pengolahan citra dengan *fuzzy logic*.

ketidakpastian fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy type-1*. Perbandingan fungsi keanggotaan dari *fuzzy type-1* dan *fuzzy type-2* dinyatakan dengan Gambar 5 [4].

Fungsi keanggotaan *fuzzy type-2* adalah:

$$A' = \{(x,u), \mu_{A'}(x,u) | \forall x \in X, \forall u \in J_x \subseteq [0,1]\} \quad (1)$$

J_x adalah keanggotaan primer dari x dan $\mu_{A'}(x,u)$ adalah fungsi keanggotaan *fuzzy type-2*, $0 \leq \mu_{A'}(x,u) \leq 1$.

Footprint of uncertainty (FOU) merupakan representasi ketidakjelasan dari keanggotaan primer himpunan *fuzzy type-2*. Bagian yang diburamkan (*blur*) pada Gambar 5 merupakan sebuah *FOU*.

$$FOU(A') = \bigcup_{x \in X} J_x \quad (2)$$

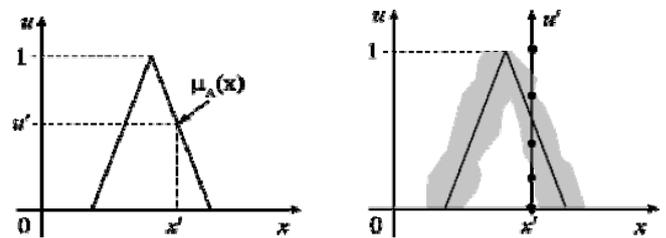
FOU memiliki fungsi keanggotaan μ^{upper} dan μ^{lower} .

$$\mu^{upper} = [\mu(X_{ij})]^\alpha \quad (3)$$

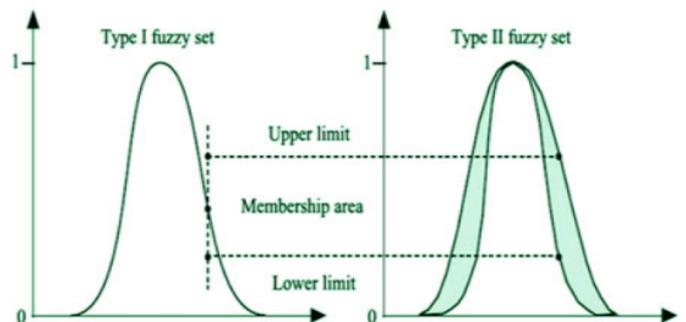
$$\mu^{lower} = [\mu(X_{ij})]^{1/\alpha} \quad (4)$$

X_{ij} adalah J_x sebagai fungsi keanggotaan primer, α adalah *linguistic Hedge* untuk memodifikasi nilai keanggotaan dan nilai $\alpha \leq 1$.

Geometri dari fungsi keanggotaan μ^{upper} dan μ^{lower} dapat dilihat dalam Gambar 6 [7].



Gambar 5 Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy*, sebelah kiri *fuzzy Type-1* dan sebelah kanan *fuzzy Type-2*.



Gambar 6 Sebelah kiri himpunan *fuzzy type-1* dan sebelah kanan himpunan *fuzzy type-2* beserta keanggotaan *upper* dan *lower*.

Efektifitas dari himpunan *fuzzy type-2* untuk perbaikan kualitas citra sangat dipengaruhi oleh bagaimana menetapkan suatu fungsi keanggotaan *fuzzy type-2*. Citra yang telah difuzifikasi akan dimodifikasi menggunakan aturan atau pengetahuan (*rules/knowledge*) yang membuat citra tersebut dapat menghasilkan kualitas kontras yang lebih baik. Himpunan *fuzzy* diperoleh dengan mengubah dari domain asal (0,255) menjadi domain *fuzzy* (0,1) melalui [4]:

$$\mu_{x_{ij}} = \frac{X_{ij} - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (5)$$

$\mu_{x_{ij}}$ sebagai fungsi keanggotaan. X_{ij} adalah citra asli. X_{\max} dan X_{\min} adalah nilai maksimum dan minimum dari citra asli. Defuzifikasi citra merupakan proses kebalikan dari fuzifikasi. Setelah didapat hasil dari citra yang dimodifikasi, citra tersebut akan dikembalikan dari domain himpunan *fuzzy* (0,1) menjadi domain nilai asli.

Proses perbaikan citra *fuzzy type-2* menggunakan perangkat lunak untuk simulasi dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Masukkan citra *low contrast* dan beberapa variabel awal.
2. Lakukan fungsi $[M \ N \ z] = \text{size}(\text{citra})$. M dan N sebagai ukuran citra dan z jumlah *channel* warna.
3. Masing-masing *channel* dilakukan fuzifikasi untuk mengubah domain asal (0, 255) menjadi domain *fuzzy* menggunakan persamaan (5).
4. Nilai dari masing-masing *channel* warna dimodifikasi untuk menghasilkan kontras yang lebih baik. Digunakan tiga metode fungsi matematika yang berbeda, yaitu:

- Metode *fuzzy type-2* [4]:

$$\mu_{T_2}(X_{ij}) = (\mu^{lower} \times \lambda) + (\mu^{upper} \times (1 - \lambda)) \quad (6)$$

$$\lambda = \frac{x_{ij\text{mean}}}{L} \quad ; L = 255 \text{ dan } x_{ij\text{mean}} = \text{rata-rata citra} \quad (7)$$

- Metode *fuzzy type-2* [5]:

$$\mu_{T_2}(X_{ij}) = \frac{\mu^{upper} + \mu^{lower} + (\gamma - 2) \times \mu^{upper} \times \mu^{lower}}{1 - (1 - \gamma) \times \mu^{upper} \times \mu^{lower}} \quad (8)$$

Nilai γ dicari melalui *trial* dan *error*. Dipilih $\gamma = 1,4$ karena dari hasil pengamatan $\gamma = 1$ tepi citranya tampak jelas dan $\gamma = 1,8$ tepi citranya tidak tampak jelas. Semakin kecil γ , maka citra semakin gelap dan semakin besar γ , citra akan semakin terang [5].

- Metode *fuzzy type-2* [6]:

$$\mu_{T_2}(X_{ij}) = \frac{\mu^{lower} \times \lambda + \mu^{upper} \times (1 - \lambda)}{1 - (1 - \lambda) \times \mu^{lower} \times \mu^{upper}} \quad (9)$$

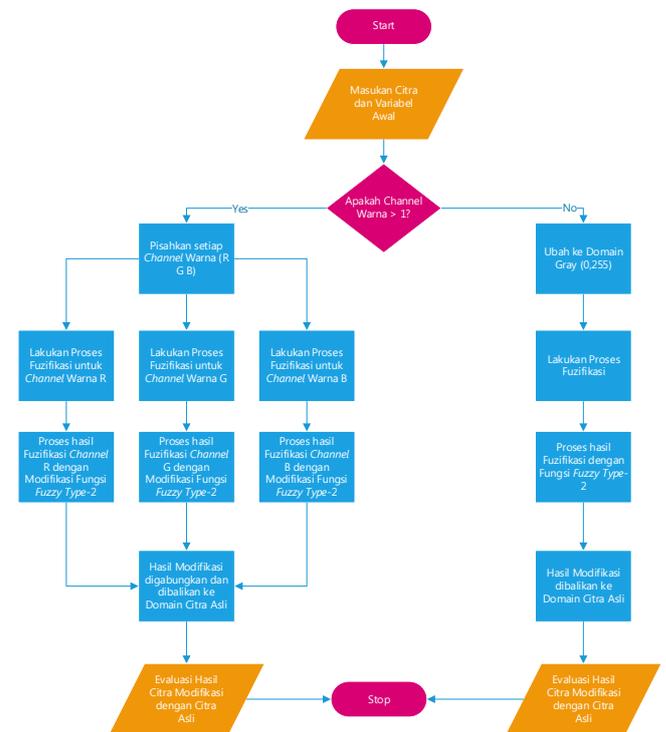
Nilai λ dicari melalui persamaan (7). Nilai μ^{upper} dan μ^{lower} dicari menggunakan persamaan (3) dan persamaan (4).

Jika hasil citra adalah citra RGB, maka hasil dari masing-masing modifikasi fungsi perlu digabungkan kembali menjadi satu. Hasil citra yang didapat akan didefuzifikasi untuk mengembalikan nilai dari domain *fuzzy* ke domain asli (*crisp*) dengan fungsi perkalian 255.

Realisasi langkah pembuatan program untuk perbaikan kualitas citra menggunakan *fuzzy type-2* dapat dilihat pada Gambar 7. Pada diagram alir dapat dilihat bahwa proses untuk setiap bidang warna dipisahkan untuk menunjukkan bahwa proses perbaikan citra dilakukan secara sendiri-sendiri untuk masukan yang berupa citra berwarna. Sesudah itu, hasilnya dibandingkan dengan citra asli (dalam hal ini adalah citra masukan).

C. Evaluasi Perbandingan Kualitas Hasil Perbaikan Citra

Hasil akhir perbaikan kualitas citra melalui metode *fuzzy type-2* akan dibandingkan dengan hasil perbaikan kualitas citra menggunakan metode *histogram equalization* dan metode *Fuzzy Type-1* [9]. Untuk mengukur kualitas suatu citra bisa diukur secara obyektif dengan menggunakan fungsi matematika atau secara subyektif melalui survey. Beberapa fungsi matematika untuk mengevaluasi atau mengukur kualitas citra di antaranya adalah *mean square error (MSE)* dan *peak signal-to-noise ratio (PSNR)*. *MSE* diukur berdasarkan perbandingan antara citra asli dan citra setelah perbaikan kualitas melalui [1].



Gambar 7 Flowchart perbaikan kualitas citra menggunakan *fuzzy type-2*

$$MSE = \frac{1}{M * N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (OI(i,j) - EI(i,j))^2 \quad (10)$$

Semakin kecil nilai *MSE*, *error* akan semakin kecil dan citra hasil perbaikan mendekati citra asli. *PSNR* digunakan sebagai ukuran kualitas antara citra asli dan citra setelah perbaikan dengan rumus sebagai berikut [1].

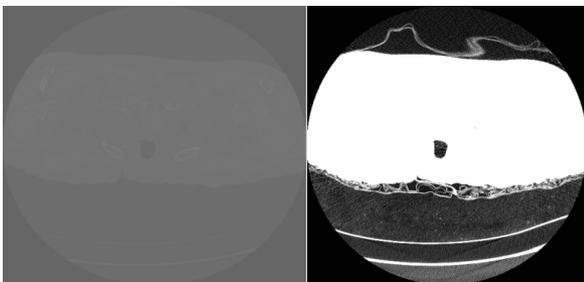
$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{L_{MAX}^2}{MSE} \quad (11)$$

Nilai L_{MAX} adalah nilai intensitas maksimal (255), semakin tinggi nilai *PSNR* akan menunjukkan semakin baik kualitas suatu citra.

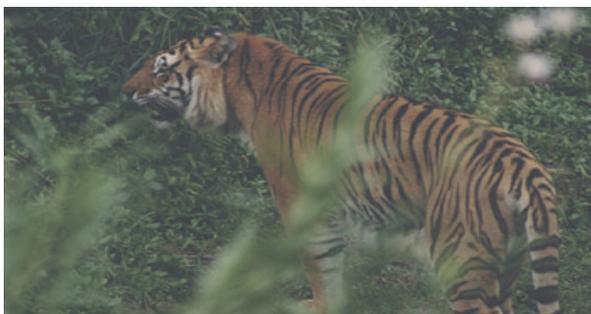
D. Output Berupa Nilai Kuantitatif Masing-masing Citra Secara Objektif

Citra masukan *low contrast* diambil secara acak dari sumber di internet. Data citra medis memiliki tipe data yang nilai pikselnya dapat bernilai kurang dari 0. Untuk itu, dilakukan proses *grayscale* untuk mendapatkan informasi nilai piksel di atas 0 dan memiliki tingkat intensitas warna abu-abu yang sama dengan citra *grayscale* (0, 255). Contoh tampilan citra sebelum dan setelah proses *grayscale* dapat dilihat dalam Gambar 8 [10].

Untuk citra *RGB* (*Red, Green, Blue*), karena setiap *channel Red, Green* dan *Blue* memiliki tingkat intensitas abu-abu yang berbeda, maka perlu dilakukan pemisahan setiap *channel* warna untuk proses perbaikan kualitas citra dan terakhir ke tiga *channel* kembali digabungkan untuk mendapatkan citra aslinya, dan contoh tampilan citra *RGB* dengan kontras rendah disajikan dalam Gambar 9 [9].



Gambar 8 Sebelah kiri, citra medis asli dan, sebelah kanan citra setelah mengalami diproses *grayscale*.

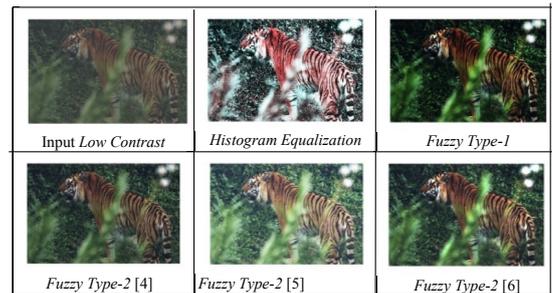


Gambar 9 Citra warna *Low Contrast*.

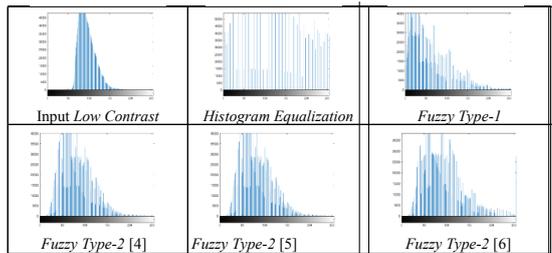
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Pada penelitian ini dilakukan perbaikan kualitas citra *low contrast* (kontras rendah) dengan metode *Histogram Equalization (HE)*, metode *Fuzzy Type-1*, dan tiga kategori metode *Fuzzy Type-2* [4-6] beserta histogramnya. Gambar 10 menampilkan masukan citra pertama berupa citra harimau. Gambar 10.a adalah visual citra harimau sebelum dan sesudah proses perbaikan kualitas citra dan Gambar 10.b untuk tampilan histogramnya. Gambar 11 adalah masukan citra kedua berupa citra pemandangan. Gambar 11.a menampilkan visual citra pemandangan sebelum dan sesudah proses perbaikan kualitas citra dan Gambar 11.b untuk tampilan histogramnya.

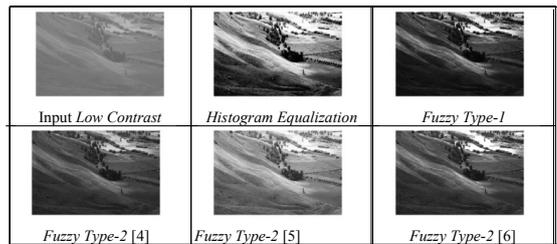


(a)

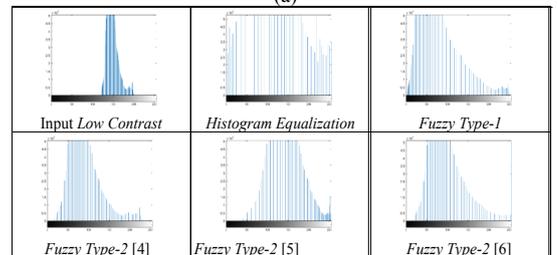


(b)

Gambar 10 (a) Visual citra harimau (b) Histogram citra harimau



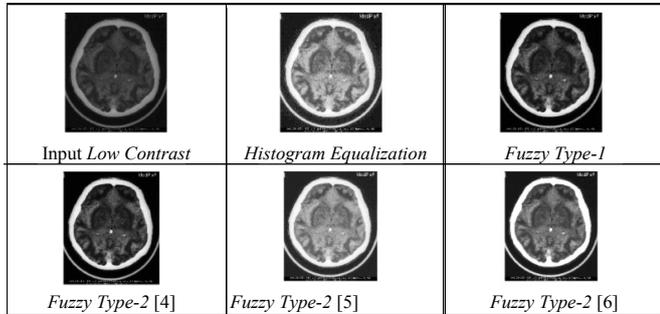
(a)



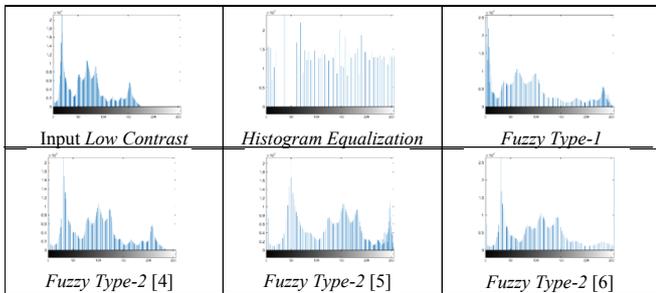
(b)

Gambar 11 (a) Visual citra pemandangan (b) Histogram citra pemandangan

Gambar 12 menyajikan masukan citra ketiga berupa citra medis. Gambar 12.a adalah visual citra medis sebelum dan sesudah proses perbaikan kualitas citra dan Gambar 12.b adalah tampilan histogram-histogramnya. Gambar 13 menampilkan input citra keempat berupa citra bangunan. Gambar 13.a menunjukkan visual citra bangunan sebelum dan sesudah proses perbaikan kualitas citra dan Gambar 13.b tampilan histogram-histogramnya. Pada Gambar 14 ditam-

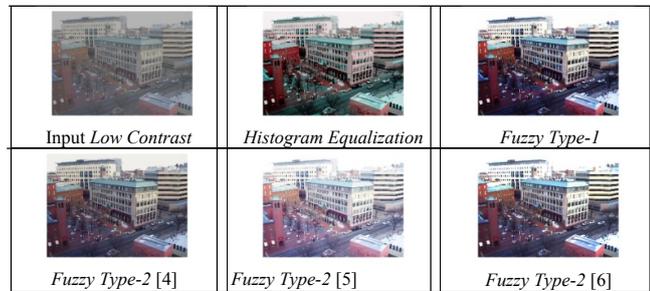


(a)

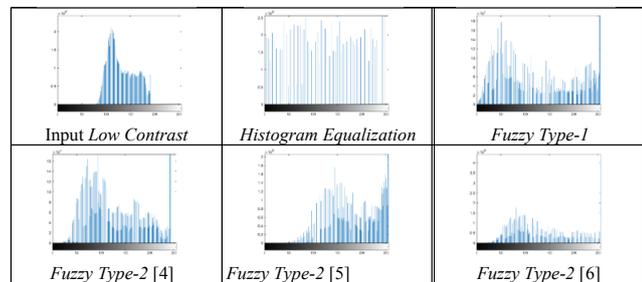


(b)

Gambar 12 (a) Visual citra medis (b) Histogram citra medis



(a)

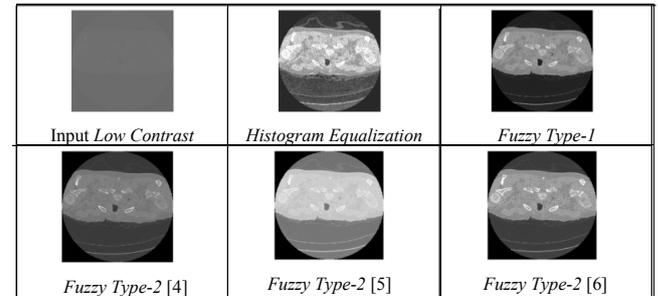


(b)

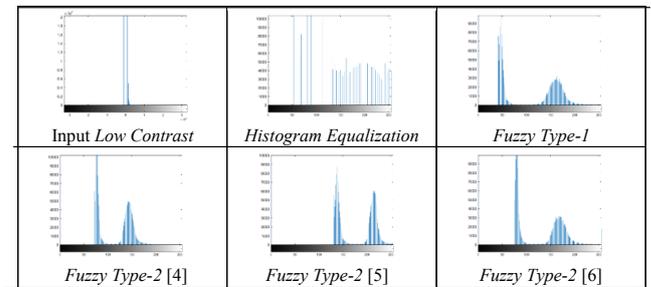
Gambar 13 (a) Visual citra bangunan (b) Histogram citra bangunan.

pickan masukan citra kelima berupa citra medis. Gambar 14.a adalah visual citra medis sebelum dan sesudah proses perbaikan kualitas citra dan Gambar 14.b adalah tampilan histogram-histogramnya.

Pengujian kuantitatif terhadap proses perbaikan kualitas citra menggunakan metrik *Mean Square Error (MSE)* dan metrik *Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)*. Hasil perhitungan nilai *MSE* untuk metode *Histogram Equalization (HE)*, metode *Fuzzy Type-1*, dan tiga kategori metode *Fuzzy Type-2* disajikan dalam Tabel I. Hasil perhitungan metrik *PSNR* dapat dilihat dalam Tabel II.



(a)



(b)

Gambar 14. (a) Visual citra medis, (b) Histogram citra medis.

TABEL I
EVALUASI METRIK MSE UNTUK GAMBAR 10-14

Citra	MSE				
	HE	Fuzzy Type-1	Fuzzy Type-2 [4]	Fuzzy Type-2 [5]	Fuzzy Type-2 [6]
Gambar 10	4419,8	2423,9	380,5	1995,7	648,6
Gambar 11	4259,0	7283,5	4013,5	897,1	3750,7
Gambar 12	5463,2	1074,8	1046,0	5481,9	2995,8
Gambar 13	2082,4	2735,6	886,3	3231,8	2173,3
Gambar 14	2784,9	4916,1	6094,6	3071,4	4016,6
Rata-rata	3801,9	3686,8	2484,2	2935,6	2717,0

TABEL II
EVALUASI METRIK PSNR UNTUK GAMBAR 10-14

Citra	PSNR				
	HE	Fuzzy Type-1	Fuzzy Type-2 [4]	Fuzzy Type-2 [5]	Fuzzy Type-2 [6]
Gambar 10	11,8768	14,2856	22,3271	15,1299	20,0111
Gambar 11	11,8377	9,5074	12,0956	18,6023	12,3897
Gambar 12	10,7563	17,8715	17,9353	10,7415	13,3656
Gambar 13	14,9451	13,7603	18,6549	13,0363	14,7595
Gambar 14	13,6827	11,2146	10,2814	13,2574	12,0922
Rata-rata	12,6197	13,3279	16,2589	14,1535	14,5236

Pengujian kuantitatif untuk ketiga kategori metode *Fuzzy Type-2* terhadap metode *HE* sebagai metode umum perbaikan kualitas citra menggunakan metrik *MSE* dan metrik *PSNR* serta hasil perhitungan nilai *MSE* ditampilkan pada Tabel III. Hasil perhitungan nilai *PSNR* ditampilkan pada Tabel IV.

B. Pembahasan

Pembahasan data histogram hasil penelitian ditunjukkan oleh Gambar 15. Pembahasan hanya untuk histogram pada Gambar 10 s.d. 12 dengan pertimbangan telah mewakili jenis citra warna, citra abu (hitam-putih), dan citra medis. Huruf (a), (b), ... (f) pada Gambar 15 adalah untuk menunjukkan kondisi yang sama sehingga: (a) mewakili histogram semua masukan pada Gambar 10 s.d. 12; (b) mewakili semua histogram metode *HE* pada Gambar 10 s.d. 12; (c) mewakili semua histogram metode *fuzzy type-1* pada Gambar 10-12, dan (d-f) mewakili semua histogram kategori metode *fuzzy type-2* [4-6].

Informasi yang diperoleh dari Gambar 15, pada huruf (a) histogramnya relatif berkumpul pada satu tempat. Hal ini menandakan citra dengan kontras yang rendah. Pada huruf (b) histogramnya merata dari kiri ke kanan (skala sisi gelap ke skala sisi terang). Hal ini menandakan citra dengan kontras yang baik, tetapi amplitudanya hampir rata sehingga gradasi warna citra hampir sama. Pada huruf (c) histogramnya relatif merata dari kiri ke kanan, tetapi amplitudanya tidak rata sehingga terjadi gradasi warna citra yang baik. Namun, munculnya amplituda bagian sebelah kiri (sisi gelap) yang membesar menyebabkan lonjakan amplituda sebagai indikator perubahan besar pada gradasi warna citra dalam waktu singkat. Pada huruf (d), (e), dan (f) histogramnya relatif merata dari kiri ke kanan, tetapi ampli-

tudanya tidak rata dan relatif tidak terjadi lonjakan pemunculan amplituda sehingga perubahan gradasi warna citra pemunculannya secara bertahap. Kesimpulannya perbaikan kualitas citra dengan metode *fuzzy type-2* lebih baik dibandingkan metode *HE* maupun metode *fuzzy type-1*.

Hasil pengujian kuantitatif menggunakan metrik *MSE* dan metrik *PSNR* dinyatakan dengan Tabel I dan Tabel II. Melalui data Tabel I diperoleh informasi bahwa rata-rata nilai *MSE* metode *fuzzy type-2* lebih kecil (2484,2 [4]; 2935,6 [5]; 2717,0 [6]) dibandingkan metode *HE* (3801,9) maupun metode *fuzzy type-1* (3686,8). Untuk sesama metode *fuzzy type-2* nilai *MSE* terkecil dicapai oleh [4] sebesar 2484,2. Melalui data Tabel II diperoleh informasi bahwa rata-rata nilai *PSNR* metode *fuzzy type-2* lebih besar (16,2589 [4]; 14,1535 [5]; 14,5236 [6]) dibandingkan metode *HE* (12,6197) maupun metode *Fuzzy Type-1* (13,3279). Nilai *PSNR* terbesar dari sesama metode *fuzzy type-2* dicapai oleh [4] sebesar 16,2589.

Hasil pengujian kuantitatif ketiga kategori metode *fuzzy type-2* terhadap metode *HE* dinyatakan pada Tabel III dan Tabel IV. Diperoleh informasi bahwa ketiga kategori metode *fuzzy type-2* menghasilkan nilai *MSE* mengecil serta nilai *PSNR* membesar untuk Gambar 10 s.d. 11, sedangkan untuk Gambar 12 s.d. 14 diperoleh nilai *MSE* dan *PSNR* yang bervariasi membesar dan mengecil. Oleh karena itu, metode *fuzzy type-2* masih kurang efektif untuk jenis tertentu dari citra dengan kontras rendah, walaupun hasil rata-rata nilai *MSE* mengecil dan nilai *PSNR* membesar, seperti ditunjukkan pada Tabel III dan Tabel IV.

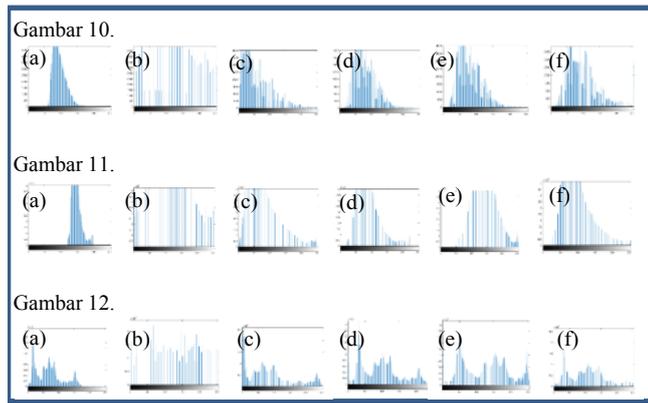
Pengujian kualitatif dilakukan melalui survei responden untuk menilai secara visual terhadap Gambar 10 s.d. 14. Tampilan citra sebelum dan setelah mengalami proses perbaikan kualitas citra ditampilkan pada Tabel V. Pada saat dila-

TABEL III
NILAI *MSE* KETIGA KATEGORI METODE *FUZZY TYPE-2* TERHADAP METODE *HE* UNTUK GAMBAR 10 - 14

Citra	<i>MSE</i>							
	<i>HE</i>	<i>Fuzzy Type-2</i> [4]	Keterangan	<i>Fuzzy Type-2</i> [5]	Keterangan	<i>Fuzzy Type-2</i> [6]	Keterangan	
Gambar 10	4419,8	380,5	mengecil	1995,7	mengecil	648,6	mengecil	
Gambar 11	4259,0	4013,5	mengecil	897,1	mengecil	3750,7	mengecil	
Gambar 12	5463,2	1046,0	mengecil	5481,9	membesar	2995,8	mengecil	
Gambar 13	2082,4	886,3	mengecil	3231,8	membesar	2173,3	membesar	
Gambar 14	2784,9	6094,6	membesar	3071,4	membesar	4016,6	membesar	
Rata-rata	3801,9	2484,2		2935,6		2717,0		

TABEL IV
NILAI *PSNR* KETIGA KATEGORI METODE *FUZZY TYPE-2* TERHADAP METODE *HE* UNTUK GAMBAR 10 - 14

Citra	<i>PSNR</i>							
	<i>HE</i>	<i>Fuzzy Type-2</i> [4]	Keterangan	<i>Fuzzy Type-2</i> [5]	Keterangan	<i>Fuzzy Type-2</i> [6]	Keterangan	
Gambar 10	11,8768	22,3271	membesar	15,1299	membesar	20,0111	membesar	
Gambar 11	11,8377	12,0956	membesar	18,6023	membesar	12,3897	membesar	
Gambar 12	10,7563	17,9353	membesar	10,7415	mengecil	13,3656	membesar	
Gambar 13	14,9451	18,6549	membesar	13,0363	mengecil	14,7595	mengecil	
Gambar 14	13,6827	10,2814	mengecil	13,2574	mengecil	12,0922	mengecil	
Rata-rata	12,6197	16,2589		14,1535		14,5236		



Gambar 15 (a). Histogram masukan; (b). Histogram metode *HE*; (c). Histogram metode *fuzzy type-1* dan (d), (e), (f). Histogram metode *fuzzy type-2* [4-6].

kukan survei kepada responden, label pada Tabel V dihilangkan untuk menjaga objektivitas responden saat menilai citra terbaik. Hasil pengujian kualitatif menunjukkan responden secara umum memilih perbaikan kualitas citra melalui metode *fuzzy type-2* adalah yang lebih baik.

Hasil pengujian kualitatif terhadap ketiga kategori metode *fuzzy type-2* adalah responden berkomentar hasil perbaikan kualitas citra dengan metode *fuzzy type-2* terlalu lembut (*soft*) sehingga perubahan gradasi warnanya tidak terlalu tampak. Oleh karena itu, perlu persepsi yang sama saat memilih dan mengartikan kualitas sebuah citra yang baik.

IV. SIMPULAN

Hasil pengamatan secara objektif dengan menggunakan metrik *MSE* dan metrik *PSNR*, secara umum menunjukkan bahwa perbaikan kualitas citra melalui metode *fuzzy type-2* lebih baik dibandingkan metode *Histogram Equalization* dan metode *fuzzy type-1*. Hal ini ditandai dengan rata-rata nilai *MSE* semakin kecil dan rata-rata nilai *PSNR* semakin besar.

Hasil pengamatan secara subjektif melalui survei responden, secara umum responden memilih visual citra yang diproses dengan metode *fuzzy type-2* lebih baik dibandingkan metode *Histogram Equalization* dan metode *fuzzy type-1*. Masih dibutuhkan kesamaan persepsi melihat kualitas sebuah citra yang baik.

Ketiga kategori metode *fuzzy type-2* telah diimplementasikan untuk perbaikan kualitas citra. Efektivitas metode ini pada beberapa citra dengan kontras yang rendah masih berpeluang untuk dilakukan penyempurnaan.

DAFTAR REFERENSI

[1] P. Mittal, R. K. Saini, dan N. K. Jain. "Image enhancement using fuzzy logic techniques", dalam *Proceedings of Soft Computing: Theories and Applications (SoCTA)*, 742, 2017, hlm. 537-546.

TABEL V
TAMPILAN VISUAL GAMBAR 10 - 14

	TAMPILAN VISUAL					
	Input Low Contrast	Histogram Equalization	Fuzzy Type-1	Fuzzy Type-2 [4]	Fuzzy Type-2 [5]	Fuzzy Type-2 [6]
Gambar 10						
Gambar 11						
Gambar 12						
Gambar 13						
Gambar 14						

[2] J. M. Mendel dan R. I. B. John. "Type-2 fuzzy sets made simple", *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 10, no. 2, hlm. 117-27, 2002.

[3] E. Onyedimma, I. Onyenwe, dan H. Inyiama. "Performance evaluation of histogram equalization and fuzzy image enhancement techniques on low contrast images", *International Journal of Computer Science and Software Engineering (IJCSSE)*, vol 8, no. 7, hlm. 144-150, July 2019.

[4] P. Ensafi dan H. R. Tizhoosh. "Type-2 fuzzy image enhancement", (*ICIAR*), *LNCS* 3656, hlm. 159-166, 2005.

[5] T. Chaira. "Rank-ordered filter for edge enhancement of cellular images using interval type ii fuzzy set", *Journal of Medical Imaging*, vol. 2(4), Oct-Dec 2015.

[6] D. J. Bora dan R. S. Thakur. "An efficient technique for medical image enhancement based on interval type-2 fuzzy set logic", dalam *Proceeding of Progress in Computing, Analytics and Networking (ICCAN)* 710, 2017, hlm. 667-678.

[7] N. K. Kansal dan A. Bala. "Fuzzy Techniques for Image Enhancement." Computer Science and Engineering Department, Thapar University, India, 2010.

[8] G. Maragatham dan S. Md. M. Roomi. "A review of image contrast enhancement methods and techniques", *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology (Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol)*, 9(5), hlm. 309-326, 2015.

[9] P. Mishra dan K. L. Sinha. "A highly efficient color image contrast enhancement using fuzzy based contrast intensification operator." Department of Computer Science and Engineering, India, 2015.

[10] B. Cahyasaputra, "Perbandingan Perbaikan Kualitas Citra dengan Metode *Image Adjustment*, *Histogram Equalization*, dan *Adaptive Histogram Equalization*", Tugas Akhir, Teknik Elektro, Universitas Kristen Maranatha, Bandung, 2020.

Tio Dewantho Sunoto. Memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Universitas Kristen Maranatha (UKM) Bandung dan gelar Magister Elektroteknik di Institut Teknologi Bandung (ITB). Bidang yang ditekuni teknik sistem kontrol. Saat ini sebagai pengajar di UKM.

Riko Arlando Saragih. Memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Institut Teknologi Bandung (ITB) dan gelar Magister Teknik Elektro di ITB dan gelar Doktor (Dr.) di Universitas Indonesia (UI). Bidang yang ditekuni *pattern recognition*, *machine learning* dan *digital signal processing*. Saat ini sebagai pengajar di Universitas Kristen Maranatha (UKM).

Judea Janoto Jarden. Memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Universitas Kristen Maranatha (UKM) Bandung dan gelar Magister Teknik Elektro di Institut Teknologi Bandung (ITB). Bidang yang ditekuni teknik komputer dan saat ini sebagai pengajar di UKM.

Kioe (Oeij) O.K Ricky Wijaya. Sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha (UKM) Bandung. Studinya telah selesai dan sekarang sedang meniti karir pada sebuah perusahaan di kota Bandung.