

PERBANDINGAN RUANG WARNA PADA PENGOLAHAN INFORMASI WARNA UNTUK SEGMENTASI CITRA MENGUNAKAN NEUTROSOPHIC SET

Monica Widiasri

Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Surabaya

monica@ubaya.ac.id

Abstrak. Warna merupakan salah satu informasi yang dapat membedakan antar kelompok pada segmentasi citra. Informasi warna diekstraksi ke dalam ruang warna tertentu sebelum dilakukan proses segmentasi. Pemilihan ruang warna yang sesuai dengan karakteristik citra berwarna dapat meningkatkan hasil segmentasi citra. Ruang warna seragam (CIE $L^*a^*b^*$ dan $L^*u^*v^*$) merupakan ruang warna yang sesuai dengan persepsi manusia, cocok digunakan untuk segmentasi citra. Neutrosophic set (NS), merupakan generalisasi dari fuzzy set, di mana setiap anggota himpunan mempunyai nilai kebenaran, kesalahan dan ketidakpastian. NS dapat digunakan untuk menyelesaikan ketidakpastian pada segmentasi citra. Pada penelitian ini, dibandingkan penggunaan tiga ruang warna (RGB, $L^*a^*b^*$ dan $L^*u^*v^*$) pada segmentasi citra menggunakan NS. Ekstraksi warna pada suatu ruang warna akan ditransformasikan ke citra neutrosophic. Operasi α -mean dan β -enhancement dilakukan untuk mengurangi ketidakpastian pada citra neutrosophic berdasarkan nilai entropy citra. Proses segmentasi citra menggunakan γ -K-means clustering. Hasil uji coba perbandingan ruang warna menunjukkan bahwa pengolahan informasi warna pada ruang warna $L^*u^*v^*$ menghasilkan segmentasi citra lebih baik dibandingkan dengan ruang warna $L^*a^*b^*$ dan RGB. Hasil segmentasi ruang warna $L^*u^*v^*$ dengan γ -K-means clustering pada domain NS juga menghasilkan kinerja yang lebih baik dibanding Fuzzy C-means clustering pada domain NS maupun K-means clustering tanpa NS.

Kata kunci : Neutrosophic set, ruang warna RGB, ruang warna $L^*a^*b^*$, ruang warna $L^*u^*v^*$, γ -K-Means clustering

Neutrosophic set (NS), generalisasi dari fuzzy set, merupakan himpunan dengan keanggotaan himpunan berdasarkan teori neutrosophy. Teori neutrosophy, menurut Smarandache (2005), bahwa setiap entitas tidak hanya mempunyai nilai kebenaran tertentu, tetapi juga mempunyai nilai kesalahan dan sekaligus nilai ketidakpastian, dimana ketiganya bebas satu sama lain. Permasalahan yang berkaitan dengan masalah ketidakpastian dapat diselesaikan dengan NS. NS mulai banyak dikembangkan untuk berbagai aplikasi, seperti sistem basis data relasional, semantic web services, deteksi dataset keuangan, analisa perkembangan ekonomi, serta pengolahan citra (Guo, Y. & Cheng, HD.,2009a). Pada pengolahan citra, NS dikembangkan untuk thresholding citra (Cheng, HD. & Guo, Y., 2008), denoising citra (Guo, Y. & Cheng, HD.,2009b) dan segmentasi citra (Guo, Y. & Cheng, HD., 2009a).

Informasi warna dapat digunakan untuk pembeda region pada segmentasi citra

berwarna. Citra berwarna yang digunakan sebagai citra masukan merupakan citra pada ruang warna RGB. Ruang warna RGB tidak merepresentasikan perbedaan warna pada persepsi seragam. Ruang warna CIE $L^*a^*b^*$ dan CIE $L^*u^*v^*$ yang dikembangkan oleh CIE XYZ mempunyai keseragaman persepsi (Zhang, M. et al, 2010). Keseragaman persepsi menjamin ukuran yang tepat dari perbedaan warna antara dua buah warna, di mana hal ini penting untuk metode segmentasi (Dong, G. & Xie, M.,2005).

Pada penelitian ini, dilakukan perbandingan pengolahan informasi warna pada ruang warna RGB dengan ruang warna seragam (CIE $L^*a^*b^*$ dan CIE $L^*u^*v^*$) untuk proses segmentasi citra menggunakan NS. Informasi warna dari citra diekstraksi dan ditransformasikan ke ruang warna yang ingin dibandingkan. Setelah itu, hasil transformasi warna tersebut ditransformasikan menjadi citra neutrosophic. Ketidakpastian pada citra neutrosophic dikurangi dengan menggunakan

operasi α -mean dan β -enhancement berdasarkan nilai *entropy* citra (Guo, Y. & Cheng, HD., 2009a). Selanjutnya, segmentasi citra dilakukan menggunakan γ -K-means clustering (Guo, Y. & Cheng, HD., 2009a). Hasil segmentasi terbaik pada ruang warna yang dibandingkan digunakan untuk membandingkan kinerja metode segmentasi γ -K-means clustering dengan *Fuzzy C-means* (FCM) clustering pada domain NS dan *K-means clustering* tanpa NS.

Makalah ini disusun dengan struktur sebagai berikut: bagian 2 dan 3 membahas tentang ruang warna dan *neutrosophic set*. Bagian 4 membahas mengenai proses transformasi informasi warna, transformasi citra neutrosophic dan γ -K-means clustering. Uji coba diulas pada bagian 5, sedangkan kesimpulan dibahas pada bagian 6.

RUANG WARNA

Setiap piksel citra berwarna mengandung 3 komponen warna dasar yaitu *red*, *green* dan *blue* (RGB). Ruang warna RGB merupakan ruang warna yang umum digunakan pada sistem televisi dan kamera digital. Menurut Zhang et al (2010), RGB cocok untuk menampilkan warna, namun tidak baik untuk segmentasi dan analisa warna dari sebuah *scene*, dikarenakan korelasi yang tinggi antara komponen warna *R*, *G* dan *B*. Korelasi tinggi ini berarti jika intensitas warna berubah, maka ketiga komponen warna RGB akan berubah. Pengukuran warna pada ruang warna RGB tidak merepresentasikan perbedaan warna pada sebuah skala seragam. Ruang warna disebut memiliki skala keseragaman persepsi, jika jarak perbedaan warna pada ruang warna sesuai/sama dengan jarak perbedaan warna yang ditangkap mata manusia.

Tahun 1931, CIE (Commision International de l'Eclairage) mendeskripsikan model warna CIEXYZ menggunakan tiga parameter *X*, *Y*, dan *Z*, untuk menspesifikasikan sembarang warna. Nilai dari *X*, *Y* dan *Z* dapat dikomputasikan menggunakan transformasi linier dari RGB, sebagai berikut (EasyRGB) :

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (1)$$

Tahun 1976, CIE mendefinisikan ruang warna CIE $L^*u^*v^*$ dan CIE $L^*a^*b^*$ yang memiliki skala keseragaman persepsi sesuai persepsi mata manusia. Ruang warna CIE $L^*u^*v^*$ dan CIE $L^*a^*b^*$ diturunkan berdasarkan ruang warna CIEXYZ dan *white reference point*. Nilai $L^*u^*v^*$ dan $L^*a^*b^*$ dapat dikomputasikan dengan transformasi dari ruang warna CIEXYZ.

Komponen L^* (tingkat kecerahan) pada ruang warna CIE $L^*u^*v^*$ dan $L^*a^*b^*$ didefinisikan CIE sebagai tingkat kecerahan dari komponen *Y* pada ruang warna CIEXYZ. Penghitungan komponen *L* dengan nilai $Y_n = Y/Y_{ref}$ sebagai berikut (Plataniotis, KN. & Venetsanopoulos, AN., 2000) :

$$L^* = \begin{cases} \left(\frac{29}{3}\right)^3 \frac{Y}{Y_n}, & \frac{Y}{Y_n} \leq \left(\frac{6}{29}\right)^3 \\ 116 \cdot \left(\frac{Y}{Y_n}\right)^{\frac{1}{3}} - 16, & \frac{Y}{Y_n} > \left(\frac{6}{29}\right)^3 \end{cases} \quad (2)$$

Transformasi linier dari ruang warna CIEXYZ untuk mendapatkan nilai u^* dan v^* pada ruang warna CIE $L^*u^*v^*$, sebagai berikut (Plataniotis, KN. & Venetsanopoulos, AN., 2000) :

$$u^* = 13L^* \cdot (u' - u'_n) \quad (3)$$

$$v^* = 13L^* \cdot (v' - v'_n) \quad (4)$$

dengan *Y*, u' , v' adalah besaran stimuli warna dan Y_n , u'_n dan v'_n sebagai besaran stimuli *white reference point*.

Nilai u' dan v' didefinisikan sebagai berikut (Plataniotis, KN. & Venetsanopoulos, AN., 2000) :

$$u' = \frac{4X}{X+15Y+3Z} \quad (5)$$

$$v' = \frac{9Y}{X+15Y+3Z} \quad (6)$$

Persamaan nilai u'_n dan v'_n didefinisikan sebagai berikut (Plataniotis, KN. & Venetsanopoulos, AN., 2000) :

$$u'_n = \frac{4 X_{ref}}{X_{ref} + 15 Y_{ref} + 3 Z_{ref}} \quad (7)$$

$$v'_n = \frac{9 Y_{ref}}{X_{ref} + 15 Y_{ref} + 3 Z_{ref}} \quad (8)$$

dengan menggunakan *white reference point* $X_{ref}=95.047$, $Y_{ref}=100$ dan $Z_{ref}=108.883$ menurut Standard Observer 2° dan Illuminant D65 (EasyRGB) .

Transformasi linier dari ruang warna CIEXYZ untuk mendapatkan komponen a^* dan b^* pada ruang warna CIE $L^*a^*b^*$, sebagai berikut (Plataniotis, KN. & Venetsanopoulos, AN., 2000) :

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_{ref}} \right)^{\left(\frac{1}{3} \right)} - \left(\frac{Y}{Y_{ref}} \right)^{\left(\frac{1}{3} \right)} \right] \tag{9}$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_{ref}} \right)^{\left(\frac{1}{3} \right)} - \left(\frac{Z}{Z_{ref}} \right)^{\left(\frac{1}{3} \right)} \right] \tag{10}$$

NEUTROSOPHIC SET

Smarandache (2005) memperkenalkan *neutrosophy* sebagai cabang dari filsafat, yang merupakan pengetahuan tentang pemikiran netral. *Neutrosophy* mempertimbangkan proposisi, teori, kejadian, konsep ide, pernyataan atau entitas disebut $\langle A \rangle$, berelasi dengan lawannya $\langle \text{Anti-}A \rangle$ dan hal yang menetralkan keduanya $\langle \text{Neut-}A \rangle$. *Neutrosophy* memperkenalkan konsep baru yang disebut $\langle \text{Neut-}A \rangle$ yang merepresentasikan ketidakpastian. *Neutrosophic set (NS)*, merupakan himpunan dengan keanggotaan himpunan berdasarkan teori *neutrosophy*. Komponen NS adalah $T, I,$ dan F , yang merepresentasikan $\langle A \rangle, \langle \text{Neut-}A \rangle$ dan $\langle \text{Anti-}A \rangle$. Konsep baru ini dapat menyelesaikan permasalahan tertentu yang tidak dapat diselesaikan oleh logika *fuzzy*.

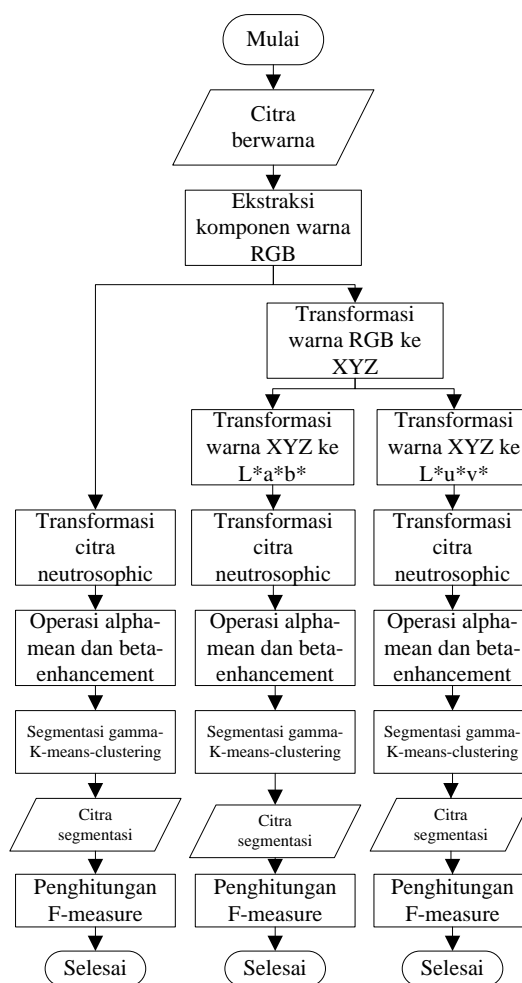
NS dapat diterapkan pada pemrosesan citra. Sebuah citra ditransformasikan ke dalam domain NS dengan merepresentasikan sebuah piksel pada citra sebagai $P\{T,I,F\}$ yang berarti piksel tersebut $t\%$ benar, $i\%$ tidak pasti(indeterminate), $f\%$ salah, dimana nilai t bervariasi dalam T, i bervariasi dalam I, f bervariasi dalam F .

SKEMA SISTEM

Proses transformasi informasi warna sampai segmentasi citra dirancang mengikuti skema sistem, seperti terlihat pada Gambar 1.

Transformasi Informasi Warna

Komponen warna RGB dari citra masukan diekstraksi dan diolah untuk transformasi informasi warna pada ruang warna $L^*a^*b^*$ dan $L^*u^*v^*$. Dari proses transformasi informasi warna tersebut didapatkan tiga komponen warna sesuai ruang warna yang digunakan. Komponen warna pada ruang



Gambar 1. Skema Sistem

warna $L^*u^*v^*$ dan ruang warna $L^*a^*b^*$ didapatkan dari transformasi informasi warna dari ruang warna RGB ke dalam ruang warna $CIE XYZ$, berdasarkan persamaan (1) sampai dengan (10).

Transformasi Citra Neutrosophic

Tiga komponen warna dari transformasi warna ditransformasikan ke dalam domain NS, untuk mendapatkan citra *neutrosophic*. Transformasi sebuah piksel $P(i,j)$ warna pada citra menjadi citra *neutrosophic*, $P_{NS}(i,j) = \{T(i,j), I(i,j), F(i,j)\}$, dengan persamaan berikut (Guo, Y. & Cheng, HD., 2009a):

$$\bar{g}(i,j) = \frac{1}{W \times W} \sum_{m=i-w/2}^{i+w/2} \sum_{n=j-w/2}^{j+w/2} g(m,n) \tag{11}$$

$$T(i,j) = \frac{\bar{g}(i,j) - \bar{g}_{min}}{\bar{g}_{max} - \bar{g}_{min}} \tag{12}$$

$$\delta(i,j) = abs(\bar{g}(i,j) - \bar{g}(i,j)) \tag{13}$$

$$I(i,j) = \frac{\delta(i,j) - \delta_{min}}{\delta_{max} - \delta_{min}} \tag{14}$$

$$F(i,j) = 1 - T(i,j) \tag{15}$$

dengan $\bar{g}(i,j)$ adalah nilai *mean* lokal dari citra, $\delta(i,j)$ adalah nilai absolut dari perbedaan antara intensitas $g(i,j)$ dan nilai *mean* lokal $\bar{g}(i,j)$ pada (i,j) .

Dua operasi yaitu operasi α -*mean* dan operasi β -*enhancement* digunakan untuk mengurangi nilai ketidakpastian ($I(i,j)$) pada citra NS, sehingga probabilitas suatu piksel termasuk dalam kelas tertentu (kelas T atau F) menjadi lebih tinggi. Operasi α -*mean*, $\bar{P}_{NS}(\alpha)$, didefinisikan untuk menghitung nilai *mean* antara tetangga pada NS. Hasil dari operasi α -*mean* adalah $\bar{P}_{NS}(\alpha) = P(\bar{T}(\alpha), \bar{I}(\alpha), \bar{F}(\alpha))$. Operasi α -*mean* $\bar{P}_{NS}(\alpha)$ dengan persamaan berikut (Guo, Y. & Cheng, HD., 2009a) :

$$\bar{T}_\alpha(i,j) = \frac{1}{w \times w} \sum_{m=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{n=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} T(m,n) \quad (16)$$

$$\bar{T}(\alpha) = \begin{cases} T & I < \alpha \\ \bar{T}_\alpha & I \geq \alpha \end{cases} \quad (17)$$

$$\bar{F}_\alpha(i,j) = \frac{1}{w \times w} \sum_{m=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{n=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} F(m,n) \quad (18)$$

$$\bar{F}(\alpha) = \begin{cases} F & I < \alpha \\ \bar{F}_\alpha & I \geq \alpha \end{cases} \quad (20)$$

$$\bar{\bar{T}}(i,j) = \frac{1}{w \times w} \sum_{m=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{n=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} \bar{T}(m,n) \quad (21)$$

$$\bar{\delta}_T(i,j) = \text{abs}(\bar{T}(i,j) - \bar{\bar{T}}(i,j)) \quad (22)$$

$$\bar{I}_\alpha(i,j) = \frac{\bar{\delta}_T(i,j) - \bar{\delta}_{T\min}}{\bar{\delta}_{T\max} - \bar{\delta}_{T\min}} \quad (23)$$

$$\bar{P}_{NS}(\alpha) = P(\bar{T}(\alpha), \bar{I}(\alpha), \bar{F}(\alpha)) \quad (24)$$

dengan $\bar{\delta}_T(i,j)$ adalah nilai absolut dari perbedaan *mean* intensitas (intensitas rata-rata) $\bar{T}(i,j)$ dan nilai rata-rata dari *mean* intensitas (intensitas rata-rata) setelah operasi α -*mean*.

Operasi β -*enhancement*, $P'_{NS}(\beta)$, dilakukan supaya keanggotaan himpunan T menjadi lebih dapat dibedakan dan mempunyai *contrast* yang tinggi, sehingga lebih cocok untuk segmentasi. Hasil dari operasi β -*enhancement* adalah $P'_{NS}(\beta) = P(T'(\beta), I'(\beta), F'(\beta))$.

Operasi β -*enhancement*, $P'_{NS}(\beta)$, didefinisikan sebagai berikut (Guo, Y. & Cheng, HD., 2009a) :

$$T'_\beta(i,j) = \begin{cases} 2T^2(i,j) & T(i,j) < 0.5 \\ 1 - 2(1 - T(i,j))^2 & T(i,j) \geq 0.5 \end{cases} \quad (25)$$

$$T'(\beta) = \begin{cases} T & I < \beta \\ T'_\beta & I \geq \beta \end{cases} \quad (26)$$

$$F'_\beta(i,j) = \begin{cases} 2F^2(i,j) & F(i,j) < 0.5 \\ 1 - 2(1 - F(i,j))^2 & F(i,j) \geq 0.5 \end{cases} \quad (27)$$

$$F'(\beta) = \begin{cases} F & I < \beta \\ F'_\beta & I \geq \beta \end{cases} \quad (28)$$

$$\bar{T}'(i,j) = \frac{1}{w \times w} \sum_{m=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{n=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} T'(m,n) \quad (29)$$

$$\bar{\delta}'_T(i,j) = \text{abs}(T'(i,j) - \bar{T}'(i,j)) \quad (30)$$

$$I'_\beta(i,j) = \frac{\bar{\delta}'_T(i,j) - \bar{\delta}'_{T\min}}{\bar{\delta}'_{T\max} - \bar{\delta}'_{T\min}} \quad (31)$$

$$P'_{NS}(\beta) = P(T'(\beta), I'(\beta), F'(\beta)) \quad (32)$$

dengan $\bar{\delta}'_T(i,j)$ adalah nilai absolut dari perbedaan antara intensitas $T'(i,j)$ dan nilai lokal rata-rata $\bar{T}'(i,j)$ pada (i,j) setelah operasi β -*enhancement*.

Parameter α dan β yang digunakan pada operasi α -*mean* dan operasi β -*enhancement* mempengaruhi hasil segmentasi. Nilai parameter α dan β dapat ditentukan berdasarkan karakteristik citra sesuai nilai *entropy*-nya. Nilai *entropy* digunakan untuk mengevaluasi distribusi dari elemen-elemen pada domain NS (Guo, Y. & Cheng, HD., 2009a). Jika nilai *entropy* besar, berarti intensitas mempunyai probabilitas sama dan terdistribusi seragam, demikian pula sebaliknya. Penentuan nilai parameter α dan β secara adaptif menggunakan persamaan berikut (Sengur, Y. & Guo, A., 2011) :

$$EnI = - \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w p(i,j) \log_2 p(i,j) \quad (33)$$

$$En_{max} = - \log_2 \frac{1}{hw} \quad (34)$$

$$\alpha = \alpha_{min} + \frac{(\alpha_{max} - \alpha_{min})(EnI - En_{min})}{(En_{max} - En_{min})} \quad (35)$$

$$\beta = 1 - \alpha \quad (36)$$

dengan h dan w adalah tinggi dan lebar citra. Nilai $En_{min}=0$, $\alpha_{min}=0.01$ dan $\alpha_{max}=0.1$ akan digunakan pada penelitian ini. Parameter β digunakan untuk mengurangi ketidakpastian.

γ -K-Means Clustering

Setelah operasi α -*mean* dan operasi β -*enhancement* pada domain NS selesai dilakukan, maka dilakukan *clustering* untuk proses segmentasi. Metode *K-means clustering* yang dimodifikasi untuk NS, disebut γ -*K-means clustering*, diterapkan pada himpunan bagian T . Dengan mempertimbangkan akibat dari ketidakpastian menggunakan *threshold* γ , dua himpunan yaitu T dan I dikomposisikan ke dalam himpunan baru untuk *clustering*, menghasilkan $X(i,j)$ sebagai berikut berikut (Guo, Y. & Cheng, HD., 2009a) :

$$X(i,j) = \begin{cases} T(i,j); & I(i,j) \leq \gamma \\ \bar{T}_\gamma(i,j); & I(i,j) > \gamma \end{cases} \quad (37)$$

Fungsi objektif dari γ -*means* didefinisikan sebagai berikut (Guo, Y. & Cheng, HD., 2009a) :

$$J_{TC} = \sum_{i=1}^K \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w \|X(i,j) - Z_i\|^2 \quad (38)$$

$$Z_i = \frac{1}{n_i} \sum_{X(i,j) \in C_i} X(i,j) \quad (39)$$

dengan Z_i adalah *centroid* dari setiap *cluster*.

Untuk mendapatkan jumlah *cluster* K secara otomatis, diterapkan indeks validitas yang diusulkan untuk domain *neutrosophic*, sebagai berikut (Guo, Y. & Cheng, HD., 2009a) :

$$N_{XB}(K) = \frac{J_{TC}}{n \min_{i,j} \|z_i - z_j\|^2} \tag{40}$$

dengan J_{TC} adalah ukuran kepadatan, n adalah jumlah data yang akan dikelompokkan dan *denominator* N_{XB} adalah ukuran pemisah. Secara umum, nilai K^* optimal ditemukan dengan menyelesaikan $\min_{2 \leq K \leq n-1} N_{XB}(K)$, supaya menghasilkan kinerja *clustering* yang baik untuk kumpulan data X .

UJI COBA DAN PEMBAHASAN

Uji coba dilakukan dengan menggunakan 15 citra berwarna dan citra *ground truthnya* yang diperoleh dari website <http://www.eecs.berkeley.edu/Research/Project/s/CS/vision/grouping/>. Citra berwarna digunakan sebagai citra masukan, sedangkan citra *ground truth* digunakan dalam proses pengukuran kinerja segmentasi citra. Citra *ground truth* berupa citra tepi dari *cluster* yang terbentuk. Contoh citra masukan dan citra *ground truthnya* dapat dilihat pada Gambar 2.

Pengukuran kinerja segmentasi citra dilakukan dengan teknik *F-measure*. *F-measure* diukur dengan mencocokkan *thinned edges* dari citra tepi hasil segmentasi sistem yang diusulkan dengan citra *ground truth*, untuk kemudian dihitung nilai *precision* (P) dan *recall* (R). *Precision* adalah jumlah piksel terambil yang terdeteksi sebagai tepi yang benar dibagi dengan jumlah piksel yang terambil yang terdeteksi sebagai tepi. *Recall* adalah jumlah piksel terambil yang terdeteksi sebagai tepi yang benar dibagi dengan jumlah piksel tepi sebenarnya. Persamaan *F-measure* yang digunakan sebagai berikut :

$$F = \frac{2 \times P \times R}{(P+R)} \tag{41}$$

Uji coba dilakukan dengan melakukan dua skenario. Skenario pertama untuk mengamati *F-measure* segmentasi citra *neutrosophic* terhadap perbandingan ruang warna yang digunakan. Skenario kedua untuk membandingkan kinerja metode *clustering* yang digunakan dengan metode *clustering* perbandingan. Untuk nilai *threshold* γ yang digunakan pada penelitian ini adalah 0.25.

Hasil dari uji coba skenario pertama dapat dilihat pada Tabel 1. Dari hasil uji coba pertama, didapatkan ekstraksi informasi warna pada ruang warna $L^*u^*v^*$ menghasilkan kinerja segmentasi citra *neutrosophic* yang paling baik. Hasil uji coba menunjukkan penggunaan ruang warna RGB untuk segmentasi citra menghasilkan kinerja yang kurang baik dibandingkan ruang warna $L^*u^*v^*$ dan $L^*a^*b^*$. Hal ini membuktikan, ruang warna $L^*u^*v^*$ dan $L^*a^*b^*$ yang memiliki keseragaman persepsi sesuai persepsi mata manusia dalam hal pengukuran perbedaan warna antara dua warna, penting untuk segmentasi citra pada domain NS. Sedangkan pada uji coba dengan 15 citra tersebut, kinerja segmentasi citra *neutrosophic* menggunakan ruang warna $L^*u^*v^*$ lebih baik dibandingkan $L^*a^*b^*$. Tiga contoh hasil uji coba dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Hasil Uji Coba Segmentasi Citra *Neutrosophic* dengan Ruang Warna RGB, $L^*a^*b^*$ dan $L^*u^*v^*$

| No | Nama Citra | F-measure RGB | F-measure $L^*a^*b^*$ | F-measure $L^*u^*v^*$ |
|----|-------------|---------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | layar | 0.545 | 0.665 | 0.745 |
| 2 | bunga | 0.432 | 0.664 | 0.723 |
| 3 | wanita | 0.687 | 0.676 | 0.714 |
| 4 | gereja | 0.555 | 0.674 | 0.691 |
| 5 | kuda | 0.585 | 0.701 | 0.683 |
| 6 | batu | 0.647 | 0.670 | 0.679 |
| 7 | domba | 0.515 | 0.677 | 0.664 |
| 8 | pelabuhan | 0.535 | 0.662 | 0.642 |
| 9 | beruang | 0.362 | 0.578 | 0.605 |
| 10 | beruang2 | 0.358 | 0.487 | 0.585 |
| 11 | bintanglaut | 0.428 | 0.527 | 0.566 |
| 12 | zebra | 0.503 | 0.589 | 0.563 |
| 13 | macanpohon | 0.447 | 0.466 | 0.535 |
| 14 | jerapah | 0.349 | 0.476 | 0.520 |
| 15 | orang | 0.429 | 0.448 | 0.504 |
| | rata-rata | 0.492 | 0.597 | 0.628 |

Tabel 2. Hasil Uji Coba Perbandingan Metode Segmentasi

| Metode Segmentasi | Rata-rata F-measure |
|---------------------------------|---------------------|
| γ -K-means clustering NS | 0.6280 |
| FCM clustering NS | 0.6099 |
| K-means clustering non NS | 0.4892 |

Untuk uji coba skenario kedua, informasi citra ditransformasikan ke dalam ruang warna $L^*u^*v^*$. Pada uji coba kedua ini, membandingkan kinerja segmentasi γ -*K-means clustering* pada domain NS dengan metode segmentasi pembandingan. Metode segmentasi pembandingan yang pertama adalah *Fuzzy C-Means clustering* pada domain NS (FCM NS). Sedangkan metode segmentasi yang kedua adalah *K-means clustering* yang tidak menggunakan NS.

Rata-rata *F-measure* hasil perbandingan metode dapat dilihat pada Tabel 2.

Sesuai Tabel 2, kinerja segmentasi citra pada citra *neutrosophic* menggunakan γ -*K-means clustering* lebih baik dibanding FCM. Kinerja segmentasi citra pada domain NS (γ -*K-means clustering* dan FCM *clustering*) terbukti lebih baik dibandingkan metode yang tidak menggunakan NS (*K-means clustering*). Tiga contoh hasil citra segmentasi uji coba perbandingan ruang warna beserta nilai *F-measure* (*F*) dapat dilihat pada Gambar 3. Sesuai Gambar 3, metode *clustering* menggunakan γ -*K-means clustering* NS dapat melakukan segmentasi citra dengan lebih baik, berdasarkan informasi warna citra. Sedangkan metode *clustering* yang tidak menggunakan NS menghasilkan citra segmentasi yang *oversegmentation*.


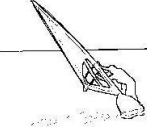

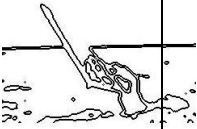
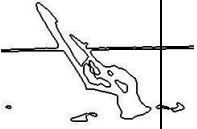

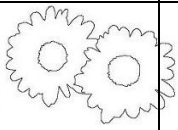
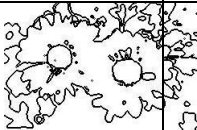
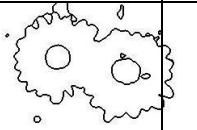
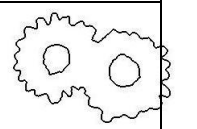




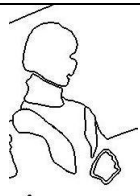
KESIMPULAN

Dari hasil uji coba yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut : Ruang warna yang memiliki keseragaman persepsi menghasilkan segmentasi citra *neutrosophic* yang baik. Pengolahan informasi warna dengan ruang warna $L^*u^*v^*$ menghasilkan segmentasi citra menggunakan NS yang lebih baik dibandingkan dengan ruang warna $L^*a^*b^*$ atau RGB. Selain itu pula, metode *clustering* yang menggunakan NS memberikan hasil kinerja yang lebih baik dibandingkan metode *clustering* yang tidak menggunakan NS.


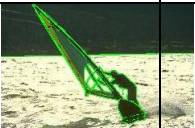
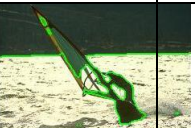
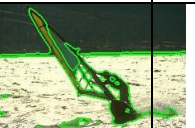
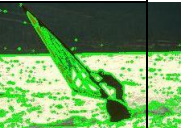




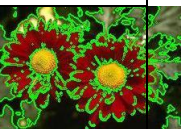


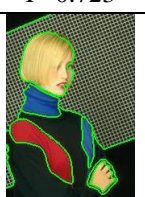


DAFTAR PUSTAKA

- Cheng, HD. & Guo, Y. (2008): *A new neutrosophic approach to image thresholding*, New Mathematics and Natural Computation 4 (3), pp. 291–308.
- Dong, G. & Xie, M. (2005): *Color Clustering and Learning For Image Segmentation Based On Neural Networks*, IEEE Transactions on Neural Networks, vol. 16, no. 4.
- EasyRGB, *Color Conversion Math and Formulas. The EasyRGB Color Search Engine*,
<http://www.easyrgb.com/index.php?X=MA TH>
- Guo, Y. & Cheng, HD., (2009a): *New Neutrosophic Approach to Image Segmentation*, Pattern Recognition, vol. 42, pp. 587-595.
- Guo, Y. & Cheng, HD. (2009b): *A new neutrosophic approach to image denoising*, New Mathematics and Natural Computation 5 (3), pp. 653–662.
- Plataniotis, KN. & Venetsanopoulos, AN. (2000): *Color Image Processing and Applications*, Springer-Verlag.
- Sengur, Y. & Guo, A. (2011): *Color Texture Image Segmentation Based on Neutrosophic Set and Wavelet Transformation*, Computer Vision and Image Understanding, vol. 115, pp. 1132-1144
- Smarandache, FA., (2005) : *Unifying Field in Logics Neutrosophic Logic, Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability*, American Research Press, 4th edition.
- Zhang, M., Zhang, L. & Cheng, HD (2010) : *A Neutrosophic Approach to Image Segmentation Based on Watershed Method*, Signal Processing, vol. 90, pp. 1510-1517.
- Zhang, M., (2010): *Novel Approaches to Image Segmentation Based on Neutrosophic Logic*, All Graduate Theses and Dissertations, Paper 795,
<http://digitalcommons.usu.edu/etd/795>.

Gambar 2. Contoh Hasil Citra Uji Coba Perbandingan Ruang Warna

| o | Citra asli | Citra ground truth | Citra segmentasi RGB γ -K-Means NS | Citra segmentasi $L^*a^*b^*$ γ -K-Means NS | Citra segmentasi $L^*u^*v^*$ γ -K-Means NS |
|---|---|---|--|--|--|
| |  layar |  |  F=0.545 |  F=0.665 |  F=0.745 |
| |  bunga |  |  F=0.432 |  F=0.664 |  F=0.723 |
| |  wanita |  |  F=0.687 |  F=0.676 |  F=0.714 |

Gambar 3. Hasil Citra Uji Coba Perbandingan Metode Segmentasi

| o | Citra asli | Citra segmentasi ground truth | Citra segmentasi $L^*u^*v^*$ γ -K-Means NS | Citra segmentasi $L^*u^*v^*$ FCM NS | Citra segmentasi $L^*u^*v^*$ K-means non NS |
|---|---|---|---|--|--|
| |  layar |  |  F=0.745 |  F=0.714 |  F=0.465 |
| |  bunga |  |  F=0.723 |  F=0.727 |  F=0.388 |
| |  wanita |  |  F=0.714 |  F=0.632 |  F=0.495 |

[Halaman ini sengaja dikosongkan]