

**SISTEM TEMU KEMBALI CITRA
BERBASIS HISTOGRAM WARNA FUZZY
UNTUK PENCARIAN CITRA BERWARNA**

Frediansah, Priyo Sidik Sasongko, Sukmawati Nur Endah
Program Studi Teknik Informatika Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedharto, Kampus UNDIP Tembalang Semarang
Email : ffrediefix@yahoo.com

ABSTRAK

Temu kembali citra berdasarkan kueri berupa teks telah umum digunakan pada pencarian dokumen citra. Pencarian dengan kueri berupa teks sulit dilakukan pada dokumen citra yang memiliki deskripsi yang tidak sesuai dengan konten citra. Pencarian juga sulit dilakukan dalam hal yang menyangkut konten visual citra seperti kemiripan dalam komposisi warna. Sistem temu kembali berbasis histogram warna fuzzy dapat menjadi solusi untuk pencarian citra dengan menggunakan kueri berupa citra sebagai pengganti kueri teks. Sistem ini menggunakan masukan kueri berupa citra sebagai acuan pencarian dan akan menemukan citra lain yang mirip dalam hal komposisi warna. Fitur yang digunakan dalam sistem temu kembali ini yaitu atribut warna dari citra yang dibentuk menjadi histogram warna fuzzy. Histogram warna fuzzy didapat dari mengelompokkan warna-warna pada citra ke dalam 14 buah bin warna menggunakan sistem inferensi fuzzy tipe mamdani. Penentuan kemiripan citra dilakukan dengan membandingkan histogram warna fuzzy pada citra kueri dan citra target pencarian menggunakan metode histogram intersection. Sistem yang diujikan menggunakan 17 citra kueri dengan batas ambang kemiripan 80% pada 86 citra target pencarian menghasilkan tingkat kepercayaan responden sebesar 90.3%.

Kata kunci: Temu kembali citra, sistem fuzzy, histogram warna

1. PENDAHULUAN

Citra digital banyak digunakan dalam bidang fotografi, bidang astronomi, dan bidang percetakan. Bidang-bidang tersebut biasanya menyimpan citra dalam jumlah yang besar. Penyimpanan citra dalam jumlah yang besar memberikan dampak pada sulitnya pengelolaan citra, khususnya dalam hal pencarian (*retrieval*). Sistem pencarian yang ada pada umumnya menggunakan kueri berupa teks nama *file* citra, seperti pada Sistem Operasi Windows. Pencarian dengan kueri teks bisa dilakukan jika pengguna ingat sekilas nama *file* atau keterangan pada citra, namun tidak dapat dilakukan jika pengguna hanya mengingat gambar dari citra. Pencarian citra berdasarkan gambar tersebut hanya dapat dilakukan secara manual oleh manusia. Hal ini akan menyita waktu jika jumlah citra mencapai ribuan.

Salah satu metode pencarian citra adalah pencarian berdasarkan konten (isi) atau yang lebih dikenal dengan temu kembali citra berbasis konten. Pada metode ini pencarian citra dilakukan dengan mencocokkan atribut-atribut pada citra. Atribut-atribut citra mencirikan gambar pada citra, sehingga pencarian citra dapat dilakukan dengan membandingkan atribut-atribut tersebut. Dengan adanya metode ini, pencarian citra berdasarkan gambar dapat dilakukan, yaitu dengan cara memasukkan citra lain yang mirip (citra kueri) sebagai citra pembanding. Atribut citra kueri akan diambil untuk dibandingkan

dengan atribut-atribut citra yang akan dicari. Proses membandingkan atribut citra demikian yang digunakan dalam sistem temu kembali citra [8].

Penelitian mengenai sistem temu kembali citra, terutama yang berbasis konten menjadi populer beberapa tahun ini. Alfina, Konstantinidis, Kucuktunc, Xiaoling dan Suhasini mengangkat tema sistem temu kembali citra ini dalam penelitian mereka. Metode-metode yang digunakan pada penelitian temu kembali citra memanfaatkan atribut-atribut citra. Atribut citra sendiri dibedakan atas atribut tingkat tinggi dan atribut tingkat rendah. Atribut tingkat tinggi dibedakan lagi menjadi dua yaitu primitif semantik dan sensasi yang ditimbulkan, sedangkan atribut tingkat rendah berupa warna, bentuk, tekstur dan hubungan tata letak [5].

Salah satu atribut citra tingkat rendah yang digunakan dalam sistem temu kembali citra berbasis konten adalah warna. Metode yang dapat digunakan untuk merepresentasikan atribut warna adalah histogram citra [8]. Histogram adalah metode statistik, yang menggambarkan persebaran warna dalam sebuah citra [13]. Atribut warna dapat dihitung, dibandingkan dan disimpan dalam bentuk histogram warna.

Histogram warna dapat diperoleh dengan membagi warna ke dalam beberapa *bin* (golongan), kemudian dihitung *pixel* yang masuk dalam tiap *bin* [7]. Semakin banyak *bin* akan menghasilkan pembeda yang kuat pada citra, tapi

berakibat pada turunnya kecepatan perhitungan, terutama untuk pemrosesan basis data citra yang besar [8]. Beberapa jenis histogram warna: histogram warna konvensional (*conventional color histogram*), histogram warna fuzzy, dan *invariant color histogram*, Suhasini membandingkan ketiganya dan mendapati histogram warna fuzzy memberikan hasil yang paling baik [13].

Histogram warna fuzzy memanfaatkan logika fuzzy serta sistem inferensi fuzzy dalam implementasinya. Sistem inferensi fuzzy berperan dalam penentuan golongan *bin* warna tiap *pixel* citra, penggolongan *bin* warna dengan metode fuzzy ini dapat mengurangi jumlah *bin* yang ada, sehingga mengurangi beban perhitungan, namun tetap memberikan hasil yang efektif [13].

Berdasarkan pada uraian sistem temu kembali citra tersebut, maka dapat dikembangkan sistem temu kembali citra berbasis histogram warna fuzzy untuk pencarian citra berwarna. Sistem dapat menerima masukan kueri berupa citra berwarna yang ingin dicari dan akan menghasilkan keluaran berupa sejumlah citra yang mirip dalam hal komposisi warna dengan kueri. Sistem ini diharapkan dapat membantu pencarian citra, khususnya citra berwarna, berdasarkan pada kueri yang dimasukkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Temu Kembali Citra

Temu kembali citra berbasis konten (*Content Base Image Retrieval*) adalah suatu teknik untuk mencari citra dari basis data citra yang besar menggunakan konten visual (atribut/fitur) citra menurut kriteria yang diinginkan. Temu kembali citra berbasis konten mulai dikenal sejak tahun 1990-an, namun sejarah temu kembali citra dimulai pada sekitar tahun 1970-an [11].

Proses dalam sistem temu kembali citra berbasis konten terbagi dalam dua tahapan [13].

- 1) Ekstraksi fitur :
Fitur yang diperlukan dalam citra, diekstrak menggunakan metode tertentu.
- 2) Pencocokan
Fitur citra kueri dan fitur masing-masing citra pada basis data dicocokkan satu-persatu. Pencocokan dilakukan dengan membandingkan kedua buah fitur, jika selisih perbedaan sedikit maka citra dikatakan sama.

2.2. Sistem Inferensi Fuzzy

Inferensi fuzzy adalah proses memformulasikan pemetaan dari input yang diberikan ke sebuah output dengan menggunakan

logika fuzzy. Pemetaan tersebut merupakan dasar bagaimana sebuah keputusan dapat dibuat. Proses dari inferensi fuzzy melibatkan fungsi keanggotaan, operasi logika dan aturan if-then. Sistem inferensi fuzzy telah berhasil diaplikasikan di berbagai bidang, seperti kontrol otomatis, klasifikasi data, analisis keputusan, sistem pakar dan computer vision [9].

Salah satu metode sistem inferensi fuzzy yang sering digunakan dalam aplikasi adalah tipe Mamdani. Metode mamdani dikenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 dan sering dikenal sebagai metode Max-Min. Tahapan dalam metode mamdani ada lima yaitu fuzzifikasi variabel input, operasi operator fuzzy, operasi fungsi implikasi, agregasi semua variabel input, dan defuzzifikasi.

2.3. Model Warna

Model warna berhubungan erat dengan warna, sebelumnya telah sedikit dibahas mengenai warna pada bagian **Error! Reference source not found.** Secara fisik warna adalah reaksi otak terhadap stimulasi visual tertentu. Pada retina mata, warna dibentuk berdasarkan tiga unsur cahaya yaitu merah (*red*), hijau (*green*) dan biru (*blue*), biasa disebut *tri-chromatic*, melalui gabungan ketiga cahaya tersebut, otak menerjemahkan berbagai macam warna. Beberapa hal yang berkaitan erat dengan warna diantaranya [6]:

- 1) *Brightness* (kecerahan): sensasi terhadap banyak sedikitnya cahaya yang ada.
- 2) *Hue*: sensasi terhadap keseragaman warna suatu daerah atau proporsi perbandingan warna berdasarkan warna merah (*red*), hijau (*green*) dan biru (*blue*).
- 3) *Colorfulness*: sensasi manusia terhadap banyak sedikitnya nilai *hue*.
- 4) *Lightness*: sensasi terhadap *brightness* relative terhadap warna putih
- 5) *Chroma*: banyak sedikitnya nilai *colorfulness* pada citra relatif terhadap *brightness* dari warna putih
- 6) *Saturation*: banyak sedikitnya nilai *colorfulness* pada citra relatif terhadap *brightness* dari warna citra itu

Sistem penggunaan tiga unsur cahaya dalam merepresentasikan warna secara fisik diadopsi juga untuk merepresentasikan warna pada berbagai macam model warna di dunia komputer. Model warna sendiri yaitu model formal untuk mendefinisikan dan menampilkan warna-warna pada monitor komputer dan televisi. Ada banyak model warna yang dikembangkan para ahli. Beberapa model warna yang sering digunakan dalam dunia grafik komputer [4], dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Contoh Model Warna

Model Warna	Deskripsi
RGB	Merah, Hijau dan Biru (Warna Pokok). Sebuah model warna pokok aditif yang digunakan pada sistem <i>display</i> .
CMY(K)	<i>Cyan</i> , <i>Magenta</i> , <i>Kuning</i> (dan <i>Hitam</i>). Sebuah model warna substraktif yang digunakan pada mesin printer.
YCbCr	Luminasi (<i>Y</i>) dan Dua Komponen kromasiti (<i>Cb</i> dan <i>Cr</i>). Digunakan dalam siaran gelombang televisi.
HSI	<i>Hue</i> , Saturasi dan intensitas. Berdasarkan persepsi manusia terhadap warna
CIEL*a*b	<i>L</i> untuk <i>luminance</i> (kecerahan) dan <i>a</i> , <i>b</i> untuk dua komponen warna yang berbeda. Model warna yang didasarkan pada representasi konseptual manusia.

2.4. Histogram Warna Fuzzy

Pada histogram warna klasik, warna-warna dibagi ke dalam banyak golongan *bin*, dan *bin* warna yang saling berdekatan hanya memiliki sedikit perbedaan. *Bin* warna berdekatan yang memiliki sedikit perbedaan tersebut menimbulkan masalah persepsi kesamaan warna, selain itu sedikit perubahan pada citra seperti adanya *noise* dapat menghasilkan histogram warna yang berbeda-beda. Masalah tersebut dapat dikurangi dengan mengelompokkan *bin* warna yang hampir serupa dengan menggunakan sistem inferensi fuzzy [7], sehingga dapat meminimalkan jumlah *bin* warna. Histogram hasil pengelompokkan warna menggunakan sistem inferensi fuzzy tersebut dinamakan histogram warna fuzzy.

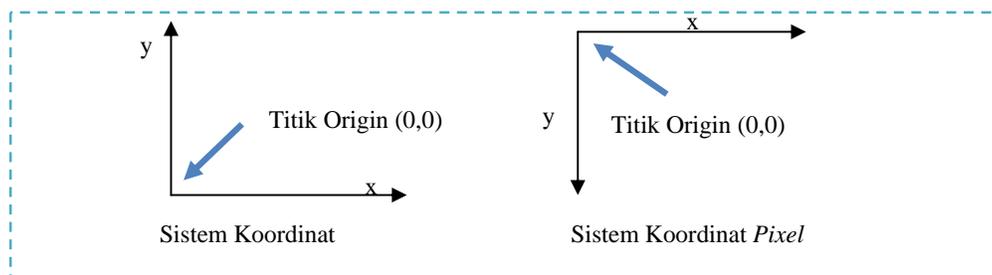
2.5. Citra Digital

Komponen utama dari citra digital adalah koordinat *pixel* dan informasi warna dalam setiap *pixel*-nya. Dua nilai ini mendefinisikan resolusi ruang dan resolusi warna dari citra. Jumlah komponen warna dari tiap *pixel* mencerminkan dimensi dari model warna yang digunakan, sedangkan jumlah golongan warna dalam tiap komponen dinamakan *gamut*. Citra monokrom

hanya memiliki satu komponen. Citra *bilevel* adalah citra yang memiliki hanya dua *gamut*, sedangkan citra yang memiliki lebih dari dua *gamut* disebut *grayscale* [14].

Jika model warna memiliki dimensi *k* berarti citra yang terbentuk memiliki *k* lapis yang masing-masing lapis merupakan citra *grayscale*. Dalam pemrosesan citra biasanya pemrosesan dilakukan terpisah pada tiap lapis [14]. Citra berwarna biasanya memiliki dimensi lebih dari atau sama dengan tiga.

Citra disimpan di dalam komputer dalam bentuk larik atau matriks memori. Informasi warna disimpan dalam sebuah satuan kecil bernama *pixel*. Sebuah *pixel* adalah sampel dari pemandangan yang mengandung intensitas citra yang dinyatakan dalam bilangan bulat [4]. Sebuah citra terdiri dari kumpulan *pixel-pixel* yang disusun dalam larik dua dimensi. Index baris dan kolom (*x,y*) dinyatakan dalam sebuah bilangan bulat. *Pixel* (0,0) terletak pada sudut kiri atas citra, indeks *x* bergerak ke kanan dan indeks *y* bergerak ke bawah. Konvensi ini dipakai karena merujuk pada cara penulisan larik yang digunakan pada pemrograman komputer.

Gambar 1. Perbedaan Sistem Koordinat Matematika dan Koordinat *Pixel* Citra

Arah vertikal pada matriks citra berlawanan pada kenyataan dan juga pada sistem grafik matematika yang sudah lebih dahulu

dikenal. Gambar 1 memperlihatkan perbedaan kedua sistem ini. Pada matriks citra koordinat (0,0) dimulai dari pojok kiri atas, sedangkan pada

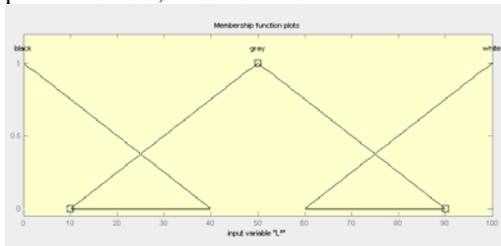
koordinat matematika, (0,0) dimulai dari kiri bawah. [6]

3. PEMBAHASAN

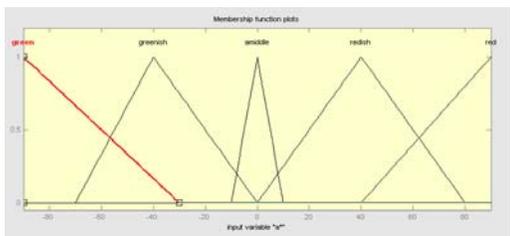
3.1. Analisis dan Desain Sistem

Sistem temu kembali citra berbasis histogram warna fuzzy menggunakan memiliki fungsi utama untuk pencarian citra berwarna. Pencarian citra dilakukan dengan menggunakan prinsip temu kembali citra, yaitu membandingkan fitur/konten visual pada citra kueri dengan citra target. Fitur yang digunakan dalam penelitian ini adalah histogram warna fuzzy. Histogram warna fuzzy diperoleh dengan menggolongkan warna pada bin warna fuzzy yang telah ditentukan menggunakan sistem inferensi fuzzy. Golongan warna fuzzy dalam penelitian ini terdiri dari 14 bin warna, yaitu, yaitu black, blue, navy, red, yellow, magenta, brown, grey, green, teal, orange, pink, white, cyan.

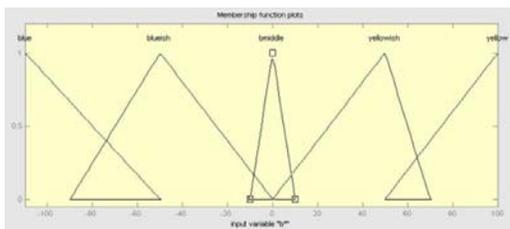
Sistem inferensi fuzzy yang digunakan untuk menggolongkan warna menggunakan tipe mamdani. Input yang digunakan ada tiga: nilai L, nilai a* dan nilai b* pada model warna CIEL*a*b, yang didapat dari konversi nilai warna RGB pada pixel-pixel file citra. Keanggotaan fuzzy untuk masing-masing input dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 2. Variabel input L*

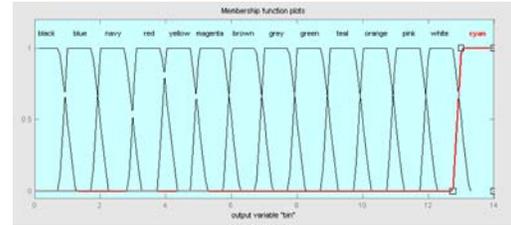


Gambar 3. Variabel Input a*



Gambar 4. Variabel Input b*

Aturan yang digunakan dalam sistem inferensi fuzzy yang digunakan ada 42 aturan pada Lampiran A dan menghasilkan berupa 14 bin warna fuzzy, dengan fungsi keanggotaan pada Gambar 4.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Bin Warna Output

Hasil inferensi fuzzy tipe mamdani adalah berupa himpunan fuzzy, dari himpunan fuzzy tersebut dapat dicari nilai crisp-nya menggunakan defuzzifikasi, metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Mean of Maximum (MOM).

Bin warna hasil dari inferensi fuzzy akan digunakan sebagai bin/golongan dalam pembentukan histogram warna fuzzy, yang merupakan fitur dalam sistem temu kembali pada penelitian ini. Histogram warna fuzzy akan dibentuk dari citra kueri dan citra target pencarian, dan kedua histogram tersebut dibandingkan untuk mengetahui kemiripan dari kedua citra. Perbandingan histogram dilakukan dengan menggunakan metode histogram intersection, dengan pada Persamaan 1. Perbandingan histogram intersection ini menghasilkan nilai S dengan jangkauan 0 sampai 1, semakin tinggi kemiripan, nilai S mendekati 1 [8].

$$S(I, J) = \frac{\sum_{i=1}^N \min(f_i(I), f_i(J))}{\min(\sum_{i=1}^N f_i(I), \sum_{i=1}^N f_i(J))} \dots \dots \dots (1)$$

3.2. Implementasi

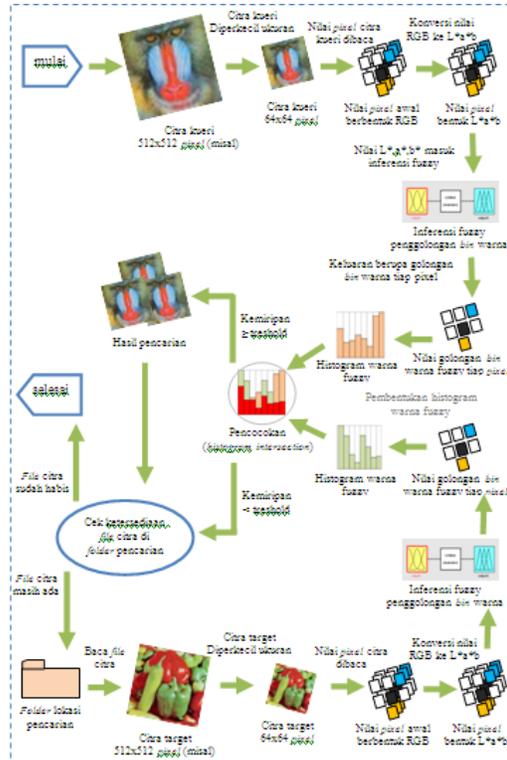
Sistem temu kembali citra berbasis histogram warna fuzzy diimplementasikan dalam bentuk aplikasi dekstop menggunakan bahasa pemrograman Java. Sistem dikembangkan dengan fungsi utama sebagai pencarian citra berwarna, selain itu juga dilengkapi dengan fungsi tambahan yaitu, fungsi untuk ekstraksi histogram warna suatu citra dan fungsi penggolongan warna warna fuzzy yang digunakan dalam pembentukan histogram warna fuzzy.

Proses pencarian citra dilakukan dengan memasukkan citra kueri, folder lokasi pencarian batas ambang yang digunakan, kemudian sistem akan melakukan pencarian berdasarkan citra kueri yang dimasukkan pada folder lokasi pencarian dan akan menampilkan

citra-citra pada *folder* pencarian dengan ambang yang dimasukkan, proses kerja pencarian citra ditunjukkan pada Gambar 5.

Proses ekstraksi histogram warna fuzzy dilakukan dengan memasukkan citra yang akan diekstraksi, dan akan ditampilkan histogram warna RGB dan histogram warna fuzzy yang digunakan dalam sistem.

Fungsi penggolongan warna digunakan untuk mengetahui golongan *bin* warna fuzzy dari suatu nilai RGB atau L^*a^*b yang dimasukkan.



Gambar 5. Proses Kerja Pencarian Citra

3.3. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan melakukan pencarian citra pada suatu *folder* yang berisi kumpulan citra yang beberapa citranya sengaja ditaruh citra yang mirip dengan citra kueri yang digunakan. Hasil pencarian dari masing-masing citra kueri akan dibandingkan dengan persepsi manusia, yaitu menggunakan beberapa responden yang akan menilai hasil pencarian tersebut, sehingga didapatkan persentase kepercayaan dari responden.

Ambang batas minimal kemiripan yang digunakan pada pengujian pencarian sebesar 80%. Penentuan ambang ini dilakukan melalui percobaan terhadap beberapa batas ambang

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan terhadap 86 citra target pencarian dengan menggunakan 17 citra kueri

kemiripan sama dengan atau lebih besar dari batas yang masing-masing mewakili warna yang ada pada *bin* warna dalam histogram warna fuzzy, yaitu **black, blue, navy, yellow, magenta, brown, grey, green, teal, orange, pink, white, cyan** dan tiga citra merupakan citra foto dengan paduan beberapa warna berbeda. Contoh hasil pencarian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Contoh Hasil Pencarian Citra

Citra Kueri	Citra Ditemukan
 <p>Black</p>	<p>Ditemukan 4 Citra:</p>  <p>Kemiripan : 93.26%</p>  <p>Kemiripan : 90.17%</p>  <p>Kemiripan : 89.81%</p>  <p>Kemiripan : 85.55%</p>
 <p>Red</p>	<p>Ditemukan 5:</p>  <p>Kemiripan : 94.47%</p>  <p>Kemiripan : 93.85%</p>  <p>Kemiripan : 92.55%</p>  <p>Kemiripan : 90.49%</p>  <p>Kemiripan : 85.48%</p>
 <p>Foto 1</p>	<p>Ditemukan 5:</p>  <p>Kemiripan : 94.21%</p>  <p>Kemiripan : 92.84%</p>  <p>Kemiripan : 92.51%</p>  <p>Kemiripan : 90.17%</p>  <p>Kemiripan : 87.51%</p>

Citra Kueri	Citra Ditemukan
Foto 3 	Ditemukan 5 :  Kemiripan : 95.97%  Kemiripan : 89.97%  Kemiripan : 86.05%
	 Kemiripan : 90.59%  Kemiripan : 86.56%

Pada hasil pengujian, semua hasil pencarian mendapat kepercayaan responden di atas 50%, dan dengan rata-rata tingkat kepercayaan 90.3%

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini:

- 1) Rancang bangun sistem temu kembali citra berbasis histogram warna fuzzy dengan implementasi untuk pencarian citra berwarna berhasil dibangun. Sistem ini dapat digunakan untuk *re-retrieve* (mencari) citra berwarna yang memiliki komposisi warna sesuai dengan citra kueri yang dimasukkan.
- 2) Histogram warna fuzzy berhasil dikembangkan sebagai salah satu fitur temu kembali citra, penggunaan histogram warna fuzzy ini dapat menyederhanakan perbandingan fitur histogram.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] _____, "Fuzzy Inference Systems", <http://www.mathworks.com/help/toolbox/fuzzy/fp351dup8.html>, Website Matlab, Diakses: 13 Juli 2011 – 06:38 WIB.
- [2] _____, "Color Conversion Math And Formulas", <http://www.easycolor.com/index.php?X=MATH>, diakses: 15 Juli 2011 – 20.17 WIB.
- [3] _____, "500+ Colours", <http://cloford.com/resources/colours/500col.htm>, diakses: 1 Desember 2011 – 9:00 WIB
- [4] Ahmad, Usman, 2005, "Pengolahan Citra Digital & Teknik Pemrogramannya", Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [5] Alfina, I, dan Widyanto, 2007, M. R., "Sistem Temu kembali Citra untuk Sensasi Berbasis Teori Fuzzy", Proceedings of national Conference on Computer Science & Information Technology 2007, January 29-30, 2007, Faculty of Computer Science University Indonesia.
- [6] Ford, A, and Roberts, A, 1998, "Color Space Conversions", alamat online: <http://www.poynton.com/PDFs/coloureq.pdf>
- [7] Konstantinidis, K, Gasteratos, A, dan Andreadis, I, 2004, "Image retrieval based on fuzzy color histogram processing", Laboratory of Electronics, Section of Electronics and Information Systems Technology, Department of Electrical and Computer Engineering, Democritus University of Thrace, GR-671 00 Xanthi, Greece.
- [8] Kucuktunc, O, dan Zamalieva, D, 2009, "Fuzzy Color Histogram-based CBIR System", Bilkent University, Department of Computer Engineering, Ankara Turkey.
- [9] Kusumadewi, S, dan Purnomo, H, 2004, "Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan", Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [10] Li, Zhong, 2006, "Fuzzy Chaotic Systems Modelling, Control, And Application", German, Springer, ISSN electronic edition: 1860-0808.
- [11] Long, F, Zhang, H dan Feng, D. D, 2003, "Fundamentals Of Content-Based Image Retrieval", www.cse.iitd.ernet.in/~pkalra/siv864/Projects/ch01_Long_v40-proof.pdf, akses tanggal 6 Maret 2011.
- [12] Rahman, Arif, 2009, "Sistem Temu-Balik Citra Menggunakan Jarak Histogram Dalam Model Warna YIQ" Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2009 (SNATI 2009), Yogyakarta, 20 Juni.
- [13] Suhasini, P. S, Krishna, K. S. R, Krishna, I. V. M, 2009, "CBIR Using Color Histogram Processing", ECE, DMSSVH College of Engineering, Machilipatnam, A.P., India - 521001.
- [14] Velho, L, Frery A. C, Gomes J, 2009, "Image Processing for Computer Graphics and Vision Second Edition", Springer-Verlag London.
- [15] Veltkamp, R. C, Tanase, M, 2002, "Content-Based Image Retrieval Systems: A Survey", Department of Computing Science, Utrecht University, October 28.
- [16] Xiaoling, W, dan Hongyan, M, 2009, "Enhancing Color histogram for Image Retrieval", Department of Math & Information School of Shanghai LiXin University of Commerce, Shanghai, China.

- [17] Zadeh, L. A, Fu, K. S, Tanaka, K, Shimura, M, 1974, "Fuzzy Sets and Their Applications to Cognitive and Decision Processes", Proceedings of the U.S.-Japan Seminar on Fuzzy Sets and Their Applications, held at The University of California, Berkeley, California July 1-4.

LAMPIRAN A

Aturan Sistem Inferensi Fuzzy Penggolongan Bin Warna Histogram

1. If (L* is black) and (a* is amiddle) and (b* is bmiddle) then (bin is black)
2. If (L* is black) and (a* is reddish) and (b* is yellowish) then (bin is black)
3. If (L* is black) and (a* is red) and (b* is blueish) then (bin is black)
4. If (L* is gray) and (a* is not green) and (b* is blueish) then (bin is blue)
5. If (L* is black) and (a* is reddish) and (b* is blueish) then (bin is navy)
6. If (L* is black) and (a* is reddish) and (b* is blue) then (bin is navy)
7. If (L* is black) and (a* is red) and (b* is blue) then (bin is navy)
8. If (L* is gray) and (a* is red) and (b* is bmiddle) then (bin is red)
9. If (L* is gray) and (a* is red) and (b* is yellowish) then (bin is red)
10. If (L* is gray) and (a* is red) and (b* is yellow) then (bin is red)
11. If (L* is white) and (a* is amiddle) and (b* is yellow) then (bin is yellow)
12. If (L* is white) and (a* is greenish) and (b* is yellow) then (bin is yellow)
13. If (L* is white) and (a* is amiddle) and (b* is yellowish) then (bin is yellow)
14. If (L* is white) and (a* is greenish) and (b* is yellowish) then (bin is yellow)
15. If (L* is gray) and (a* is reddish) and (b* is blueish) then (bin is magenta)
16. If (L* is gray) and (a* is red) and (b* is blueish) then (bin is magenta)
17. If (L* is white) and (a* is reddish) and (b* is blueish) then (bin is magenta)
18. If (L* is white) and (a* is red) and (b* is blue) then (bin is magenta)
19. If (L* is white) and (a* is red) and (b* is blueish) then (bin is magenta)
20. If (L* is white) and (a* is red) and (b* is bmiddle) then (bin is magenta)
21. If (L* is gray) and (a* is reddish) and (b* is bmiddle) then (bin is brown)
22. If (L* is gray) and (a* is amiddle) and (b* is yellowish) then (bin is brown)
23. If (L* is gray) and (a* is reddish) and (b* is yellowish) then (bin is brown)
24. If (L* is gray) and (a* is amiddle) and (b* is bmiddle) then (bin is grey)
25. If (L* is gray) and (a* is greenish) and (b* is yellow) then (bin is green)
26. If (L* is white) and (a* is green) and (b* is yellowish) then (bin is green)
27. If (L* is white) and (a* is green) and (b* is yellow) then (bin is green)
28. If (L* is gray) and (a* is greenish) and (b* is yellowish) then (bin is green)
29. If (L* is gray) and (a* is greenish) and (b* is bmiddle) then (bin is teal)
30. If (L* is gray) and (a* is reddish) and (b* is yellow) then (bin is orange)
31. If (L* is white) and (a* is red) and (b* is yellow) then (bin is orange)
32. If (L* is white) and (a* is reddish) and (b* is yellow) then (bin is orange)
33. If (L* is white) and (a* is reddish) and (b* is bmiddle) then (bin is pink)
34. If (L* is white) and (a* is reddish) and (b* is yellowish) then (bin is pink)
35. If (L* is white) and (a* is red) and (b* is yellowish) then (bin is pink)
36. If (L* is white) and (a* is amiddle) and (b* is bmiddle) then (bin is white)
37. If (L* is white) and (a* is greenish) and (b* is bmiddle) then (bin is cyan)
38. If (L* is white) and (a* is green) and (b* is blueish) then (bin is cyan)
39. If (L* is white) and (a* is greenish) and (b* is blueish) then (bin is cyan)
40. If (L* is white) and (a* is amiddle) and (b* is bmiddle) then (bin is cyan)
41. If (L* is white) and (a* is amiddle) and (b* is blueish) then (bin is cyan)
42. If (L* is white) and (a* is not red) and (b* is blue) then (bin is cyan)