

Content Based Image Retrieval pada Citra Motif Batik dengan Ekstraksi Fitur *Region Adjacency Graph* dan Pengukuran Kemiripan *Graph Matching*

Muhamad Wijaya Adisaputra, Juli Rejito, Rudi Rosadi

Program studi Teknik Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Hegarmanah, Jatinangor

muhamad14015@mail.unpad.ac.id, juli.rejito@unpad.ac.id, r.rosadi@unpad.ac.id

Abstrak—Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan budaya melimpah. Salah satu ciri khas budaya Indonesia yaitu Batik. Batik memiliki banyak sekali varian motif yang berbeda, bahkan hampir setiap suku bangsa di Indonesia memiliki jenis-jenis motif dan warna batiknya sendiri. Dengan banyaknya jenis motif batik di Indonesia, tidak semua orang dapat mengenali sebuah motif batik bahkan warga negara Indonesia itupun sendiri. Melalui bantuan komputer, pencarian informasi mengenai sebuah motif batik ataupun untuk menemukan motif batik serupa dapat dilakukan lebih mudah. Bidang yang dapat berperan untuk memecahkan permasalahan ini yaitu Content Based Image Retrieval. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah segmentasi Felzenszwalb, ekstraksi region adjacency graph, dan graph matching melalui algoritma VF2 isomorphism dan graph edit distance. Jumlah citra motif inti batik yang digunakan sebagai data adalah sebanyak 180 data berupa citra berwarna berukuran 64 x 64. Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan bahwa melalui keseluruhan metode didapatkan nilai precision hingga 91.47 %, namun dengan nilai f1 score sebesar 10.51 %. Untuk nilai f1 score terbesar didapat hingga 53.92 %, namun nilai precision turun hingga 51.09 %.

Kata Kunci— *Visi Komputer, Content Based Image Retrieval, Segmentasi Citra, Region Adjacency Graph, Graph Matching.*

Abstract— *Indonesia is a country with a plenty of cultural wealth. One of Indonesian culture characteristic is Batik. Batik has many variants of different patterns, even almost every tribe in Indonesia has their own kind of batik patterns and colors. Because of the number of batik pattern, not everyone can recognize a batik pattern even they are an Indonesian. With the help of computers, searching information or finding some batik patterns can be easier. Content Based Image Retrieval is one of the fields that can handle this problem. In this research, the used methods are Felzenszwalb segmentation, region adjacency graph extraction, and graph matching using VF2 isomorphism algorithm and graph edit distance. The number of colored batik pattern images as the research data is 180 images in size 64 x 64. Based on the result, it is found the precision value up to 91.47 %, but at the expense of f1 score down to 10.51 %. The highest f1 score result is obtained up to 53.92 %, but the precision is down to 51.09 %.*

Keywords— *Computer Vision, Content Based Image Retrieval, Image Segmentation, Region Adjacency Graph, Graph Matching.*

I. PENDAHULUAN

Pengenalan pola atau *pattern recognition* merupakan kemampuan mengenali objek berdasarkan ciri-ciri dan pengetahuan yang diamati dari objek-objek tersebut. Implementasi pengenalan pola salah satunya yaitu terhadap

citra digital, yang biasa disebut visi komputer (*computer vision*). Visi komputer telah diimplementasikan di berbagai area kehidupan, seperti pada pengenalan wajah, huruf, sidik jari, dan berbagai objek lainnya. Saat ini, bidang tersebut memiliki berbagai macam permasalahan yang masih sukar dipecahkan, sehingga masih gencar dikembangkan oleh para peneliti.

Content-Based Image Retrieval (CBIR) merupakan salah satu penerapan dari visi komputer. Digunakan pada permasalahan pencarian citra digital dalam data berskala besar. Perbedaannya dengan metode tradisional yaitu CBIR menggunakan fitur-fitur piksel yang terdapat di dalam sebuah citra, sedangkan metode tradisional menggunakan indeksasi citra berdasarkan deskripsi atau teks untuk setiap citra di dalam *database*.

Teknik analisis citra berbasis piksel yang tradisional tidak menghasilkan ekstraksi yang efisien karena hanya merepresentasikan konten-konten dari setiap piksel. Pendekatan yang sangat menjanjikan adalah dengan mengekstraksi *graph* dari citra [1]. Selain itu, *graph* juga dapat digunakan untuk menyediakan deskripsi citra yang lebih efisien melalui kumpulan simpul dengan atribut ditentukan menurut komponen citra, serta *edges* dengan pendekatan nilai bobot yang sesuai dengan kebutuhan citra [2].

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak kebudayaan. Hampir dari setiap kebudayaan memiliki corak dan keunikan tersendiri, termasuk di bidang seni. Indonesia memiliki sebuah ciri khas seni motif yang biasa diterapkan pada pakaian yaitu batik. Hampir setiap suku di Indonesia memiliki ciri khas batiknya masing-masing. Bahkan batik telah ditetapkan oleh UNESCO sebagai Warisan Kemanusiaan untuk Budaya Lisan dan Nonbendawi (*Masterpieces of the Oral and Intangible Heritage of Humanity*).

Sebelumnya terdapat penelitian mengenai pengenalan motif batik dengan deteksi tepi *Canny* dan *K-Nearest Neighbor*. Pada penelitian tersebut didapatkan akurasi hingga 66,67 % dengan menggunakan nilai *lower threshold* = 0,010, *upper threshold* = 0,115, dan *k*=1 [3]

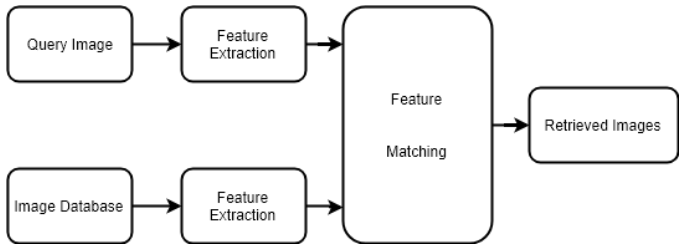
Oleh sebab itu pada penelitian ini, akan dicoba proses CBIR pada motif inti batik dengan menggunakan pengolahan berbasis *graph*. Adapun metode ataupun algoritma yang akan digunakan dalam proses ini adalah segmentasi *Felzenszwalb*, ekstraksi

RAG, dan *graph matching* menggunakan *VF2 Isomorphism* dan *Graph Edit Distance*.

II. LANDASAN TEORI

A. Content Based Image Retrieval (CBIR)

CBIR merupakan implementasi visi komputer pada permasalahan pengambilan citra. Yaitu permasalahan pada pencarian citra digital di dalam data yang besar. CBIR merupakan pembaruan dari metode tradisional yang menggunakan indeksasi dalam bentuk teks. Gambar 2.1 menunjukkan alur pada sistem CBIR.

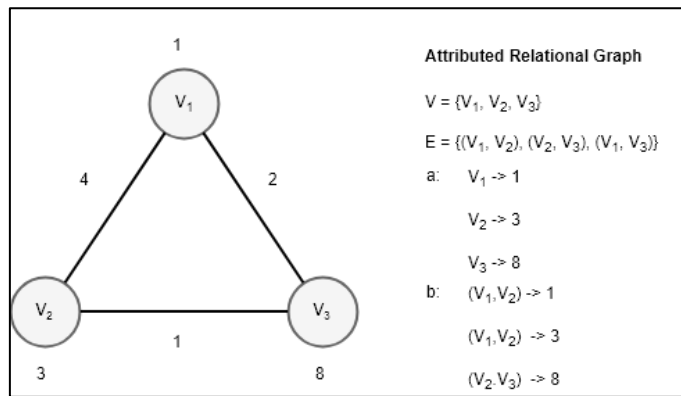


Gambar 2.1 Diagram Alur CBIR

Dalam CBIR, citra diambil berdasarkan perbandingan warna, bentuk, tekstur, atau informasi lain yang berkaitan dengan citra itu sendiri. CBIR dibuat karena diyakini bahwa melakukan masukan kata berupa kata kunci atau *metadata* secara manual oleh manusia memakan waktu dan belum tentu menuju kata kunci yang tepat untuk mendeskripsikan citra tersebut.

B. Teori Dasar Graph

Graph adalah sebuah himpunan yang memiliki sejumlah titik-titik, yang disebut simpul (*vertex* atau *node*), yang saling dihubungkan melalui garis-garis yang disebut sisi (*edge*) [2]. Secara umum *graph* G didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V,E) , ditulis dengan $G = (V,\varepsilon)$ yang dalam hal ini V adalah himpunan tidak kosong dari simpul-simpul (*nodes*) dan ε adalah himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan sepasang simpul [4].



Gambar 2.2 Attributed Relational Graph

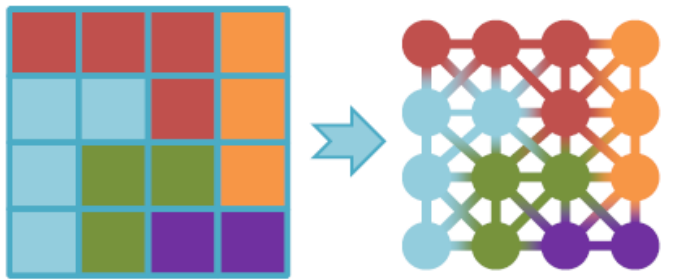
Sebuah *graph* G dikatakan *Attributed Relational Graph* (ARG) ketika simpul-simpul dan sisi-sisinya direpresentasikan dalam atribut-atribut tertentu. Atribut simpul untuk simpul n_i

dinotasikan sebagai sebuah vektor $a_i = [a_i^{(k)}]$, ($k = 1,2,3, \dots, K$), di mana K adalah jumlah dari atribut-atribut simpul dalam vektor a_i , dan atribut-atribut sisi (*weights*) untuk sisi e_i dinotasikan sebagai $b_j = [b_j^{(m)}]$, ($m = 1,2,3, \dots, M$), di mana M adalah jumlah atribut-atribut sisi dalam vektor b_j [2]. Contoh dari ARG ditunjukkan pada Gambar 2.2.

C. Segmentasi Berbasis Graph

Salah satu metode segmentasi citra berbasis *graph* yaitu metode yang diusulkan oleh Felzenszwalb. Metode segmentasi ini diusulkan pada *International Journal of Computer Vision* (2004) ke-59 dengan judul “*Efficient Graph-Based Image Segmentation*” yang ditulis oleh Pedro F. Felzenszwalb. Metode ini menggunakan *graph* dalam bentuk *Minimum Spanning Tree* (MST) dan pendekatan algoritma *Kruskal* sebagai representasi untuk proses segmentasi.

. Algoritma ini telah diujikan untuk citra *real* maupun *artificial* (buatan). *Running time* untuk algoritma ini berjalan secara linier dengan jumlah *edges* [5]. Metode ini dapat mengukur batas-batas regional dengan membandingkan dua buah kuantitas: berdasarkan perbedaan intensitas batas regional yang bersebrangan, dan berdasarkan intensitas antar piksel-piksel yang bertetanggaan di setiap regional. Gambar 2.3 merupakan contoh penggambaran *graph* untuk citra digital.



Gambar 2.3 Penggambaran Citra dengan Representasi Graph

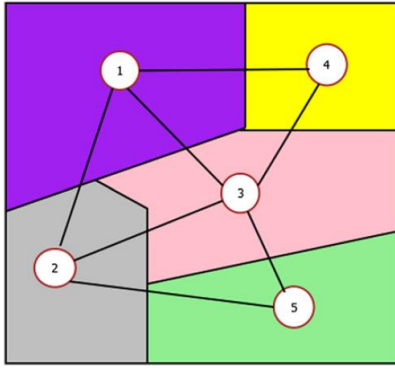
Algoritma pada metode ini berisi masukan berupa *graph* $G = (V,E)$, dengan n simpul dan m sisi. Keluaran yang akan dihasilkan adalah segmentasi V ke dalam komponen $S = (C_1, \dots, C_r)$ yang merupakan gabungan komponen-komponen regional yang telah dikelompokkan.

D. Region Adjacency Graph Mean Color

RAG merupakan sebuah ARG yang memiliki simpul-simpul yang dapat merepresentasikan kumpulan daerah (*regions*) dan sisi-sisi yang dapat merepresentasikan hubungan antar simpul yang berdekatan. RAG memberikan keefektifan dalam aplikasi untuk representasi informasi dari suatu citra. RAG telah banyak digunakan dalam bidang segmentasi citra berwarna [6]

RAG menghubungkan bagian-bagian citra yang telah terpartisi melalui proses sebelumnya. Manfaat utama dari RAG yaitu dapat menunjukkan “*spatial view*” dari citra. Salah satu cara untuk merepresentasikan RAG yang berisi kumpulan

simpul dari setiap partisi. Penggambaran RAG ditunjukkan oleh Gambar 2.5.



Gambar 2.4 Sampel Penggambaran RAG

E. Graph Matching

Graph Matching adalah proses perbandingan dua buah *graph* untuk mengukur sebuah hubungan kemiripan maupun ketidakmiripan antar simpul dan sisi dari kedua *graph* tersebut. Hal ini mengacu pada proses pemetaan F dari simpul-simpul suatu *graph* G ke simpul-simpul dari *graph* lain G' yang memenuhi batas-batas atau kriteria optimal.

1) Exact Graph Matching

Kategori ini bertujuan untuk menemukan hubungan yang identik antara dua objek *graph* tanpa mengubah simpul atau sisi dari sebuah *graph*. Yang artinya terdapat hubungan *bijective* antar simpul dari g_1 dan g_2 . Salah Satu algoritma yang digunakan pada kategori ini yaitu algoritma VF2.

Algoritma ini diperkenalkan oleh Cordella pada tahun 2001. Algoritma ini dapat digunakan untuk masalah *graph isomorphism* dan *graph-subgraph isomorphism* [7]. VF2 merupakan perkembangan dari algoritma Ullman yang sebelumnya hanya bisa digunakan untuk masalah *graph isomorphism*. Secara sederhana, algoritma ini bekerja dengan melakukan pemetaan dari simpul pada G_1 ke setiap simpul-simpul di G_2 .

2) Inexact Graph Matching

kategori ini bekerja untuk mengukur seberapa mirip atau seberapa berbeda sebuah *graph* dengan *graph* lainnya. Hal ini dilakukan ketika *exact graph matching* tidak dapat dilakukan, karena adanya perbedaan jumlah simpul dan sisi pada bagian *graph* yang lain. Salah satu penerapannya yaitu pada *Graph Edit Distance*.

Graph edit distance (GED) adalah sebuah teknik untuk mengukur kemiripan antar dua buah *graph*. Konsep awal teknik ini pertama dikenalkan oleh Alberto Sanfeliu dan King-Sun Fu pada tahun 1983 [8]. Penerapan utamanya yaitu pada *inexact graph matching* atau *error-tolerant pattern recognition*.

GED antar dua buah *graph* g_1 dan g_2 secara matematika dituliskan sebagai $GED(g_1, g_2)$, dan dapat didefinisikan sebagai berikut:

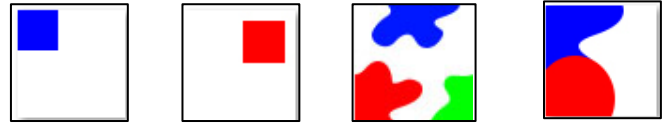
$$GED(g_1, g_2) = \min_{(e_1, \dots, e_k) \in P(g_1, g_2)} \sum_{i=1}^k c(e_i) \quad (1)$$

Dimana $P(g_1, g_2)$ dinotasikan sebagai sebuah set *edit paths* yang mentransformasikan g_1 ke bentuk isomorfis dari g_2 dan $c(e) \geq 0$ merupakan nilai biaya dari setiap operasi perubahan *graph*.

III. METODE

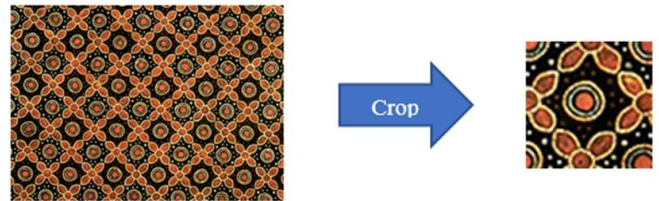
A. Persiapan Data

Data yang digunakan dalam penelitian adalah sintetis sebanyak 200 buah dengan ukuran 64 x 64 piksel yang terdiri dari 4 kelas berbeda, sehingga masing-masingnya memiliki 50 buah citra.. Gambar 3.1 menunjukkan sampel data citra *artificial*.



Gambar 3.1 Sampel Data Citra Artificial

Kemudian data motif batik dengan ukuran 64 x 64 piksel yang terdiri dari 3 varian: 1) Batik Grompol, 2) Batik Parang, dan 3) Batik Kawung. Setiap jenis motif batik terdiri masing-masing 60 citra untuk dimasukkan ke dalam data set. Citra dipersiapkan melalui *adobe photoshop* dengan teknik *cropping* dari citra batik utuh. Gambar 3.2 merupakan sampel hasil pengambilan motif inti batik.



Gambar 3.2 Contoh hasil pengambilan motif inti batik

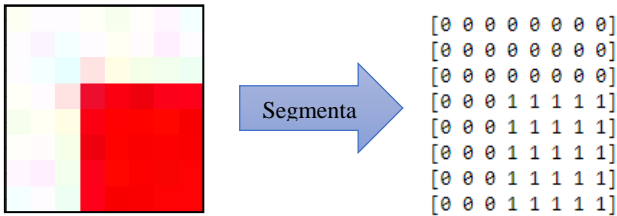
B. Segmentasi Citra

Pada tahap ini akan dilakukan proses segmentasi citra menjadi bagian-bagian yang lebih sederhana. Metode yang digunakan pada penelitian ini merupakan segmentasi melalui pendekatan berbasis *graph* dengan metode yang diusulkan oleh Felzenszwalb.

Proses segmentasi ini dibantu dengan *library* dari *scikit-image* melalui sebuah fungsi *segmentation.felzenszwalb*. Kemudian dilakukan penyetelan terhadap parameter dari fungsi tersebut, untuk mendapatkan hasil segmentasi sesuai dengan persepsi jumlah *region* yang seharusnya.

Input pada tahap ini adalah citra digital 64 x 64 x 3. Setelah diproses, *output* dihasilkan berupa label dengan tipe data *array* n-dimensi ukuran 64 x 64 yang menunjukkan label *region* untuk setiap piksel. Gambar 3.3 menunjukkan contoh sederhana segmentasi pada citra 8 x 8 x 3, sehingga didapatkan label

berupa array 8 x 8. Selanjutnya label akan disimpan dalam format *.csv di dalam media penyimpanan.



Gambar 3. 3 Representasi Hasil Segmentasi

C. Ekstraksi Fitur melalui Pembangunan RAG

Di tahap ini akan dilakukan ekstraksi fitur pada setiap citra yang telah tersegmentasi melalui pembangunan RAG. RAG dibangun dengan menghitung nilai *centroid* dari setiap label segmentasi, menghitung nilai rata-rata RGB pada setiap *centroid*, kemudian menghubungkan antar *centroid* menggunakan *euclidean distance*. *Output* dari tahap ini akan menghasilkan sebuah *graph* untuk masing-masing citra yang berperan sebagai hasil ekstraksi fitur dalam penelitian ini. Gambar 3.4 merupakan penggambaran proses ekstraksi RAG.



Gambar 3. 4 Penggambaran Proses Ekstraksi Graph

D. Graph Matching

Pada langkah ini akan diberikan citra sebagai masukan untuk memperoleh data yang memiliki kemiripan dengan citra tersebut berdasarkan algoritma *graph matching* yang ditetapkan. Adapun algoritma yang digunakan yaitu algoritma VF2 dan *Graph Edit Distance*. *Output* dari langkah ini berupa citra digital yang memiliki kemiripan dengan citra uji yang diberikan dalam setiap percobaan.

Citra yang akan diujikan diambil dari dataset, dan akan diproses terhadap setiap dataset. Citra tersebut akan diberikan perlakuan yang sama seperti pada dataset yaitu segmentasi, ekstraksi fitur RAG, kemudian dilakukan pencocokkan terhadap keseluruhan dataset.

IV. HASIL

A. Uji Parameter dan Hasil Segmentasi Citra

Penyetelan parameter segmentasi dilakukan terhadap citra *artificial* sebanyak 200 buah yang telah disiapkan. Pengujian ini tidak menggunakan *ground truth* sebagai pembandingnya. Karena citra *artificial* yang digunakan sudah sederhana, uji parameter akan dilakukan untuk mencari keunikan jumlah setiap kelompok citra dengan melakukan *tracing* di sekitar nilai terbaik pada referensi (*min_size* = 300). Semakin kecil nilai keunikan *cluster* pada setiap kelas citra, maka semakin baik segmentasi yang dilakukan. Berikut merupakan hasil observasi penentuan parameter untuk tahap segmentasi ditunjukkan oleh Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tabel Hasil Pengujian Parameter Segmentasi

<i>min_size</i>	Kelompok Citra				Total Cluster Unik
	I	II	III	IV	
200	2	0	27	3	32
210	2	0	25	3	30
220	2	0	23	3	28
230	2	0	23	2	27
240	2	0	22	2	26
250	2	0	22	2	26
260	2	0	23	0	25
270	0	0	21	0	21
280	0	0	21	0	21
290	0	0	20	0	20
300	0	0	22	0	22
310	0	0	22	0	22
320	0	2	24	0	26
330	0	2	24	0	26
340	0	2	25	0	27

Berdasar hasil observasi di atas, nilai keunikan *cluster* terendah didapat pada *min_size* = 290. Adapun untuk parameter setelahnya nilai total keunikan akan semakin tinggi. Sehingga nilai di atas yang akan digunakan untuk penelitian ini.

B. Hasil Evaluasi Graph Matching

Pada penelitian ini evaluasi dilakukan kedua jenis data terhadap data sesamanya, *artificial* terhadap *artificial*, dan motif batik terhadap motif batik. Setiap data dibandingkan dengan seluruh data sehingga pada citra *artificial* didapat masing-masing 200 buah nilai *precision*, *recall*, dan *f₁ score*, sedangkan pada citra motif batik didapat 180 buah nilai *precision*, *recall*, dan *f₁ score*. Kemudian untuk setiap jenis data, diambil sebuah nilai rata-rata untuk setiap algoritma/parameter yang diberikan. Tabel 4.2 merupakan hasil evaluasi dari proses *graph matching* yang telah diujikan dengan berbagai parameter di dalam system CBIR.

Tabel 4.2 Hasil Evaluasi Graph Matching

Data	<i>precision</i> (%)	<i>recall</i> (%)	<i>f₁ score</i> (%)
<i>Artificial</i> (VF2)	96.24	84.52	90.00
<i>Artificial</i> (GED ≤ 1)	97.08	78.94	87.07
<i>Artificial</i> (GED ≤ 2)	97.08	78.94	87.07
<i>Artificial</i> (GED ≤ 3)	46.72	81.12	59.29
<i>Artificial</i> (GED ≤ 4)	38.65	82.40	52.61
<i>Artificial</i> (GED ≤ 5)	31.49	87.56	45.65
Batik (VF2)	89.68	21.94	35.26
Batik (GED ≤ 1)	91.47	5.57	10.51
Batik (GED ≤ 5)	77.68	24.91	37.72
Batik (GED ≤ 7)	68.30	41.54	51.66
Batik (GED ≤ 8)	51.09	57.07	53.92
Batik (GED ≤ 9)	41.54	64.37	50.49

C. Analisis

Berdasarkan data yang diperoleh, hasil terbaik pada data *artificial* algoritma VF2. Yang mana algoritma ini merupakan bagian dari *exact matching*. Hal ini dapat terjadi karena pada citra *artificial* memiliki jumlah kluster yang sederhana, sehingga kluster yang diprediksi dari hasil segmentasi hampir sepenuhnya memiliki hasil benar.

Adapun untuk data kedua (batik), hasil terbaik diperoleh menggunakan $GED \leq 8$. GED merupakan kategori *inexact matching* atau *error-tolerant matching*. Dalam kasus ini, citra motif batik memiliki jumlah kluster yang cukup kompleks sehingga hasil dari proses segmentasi pun memberikan nilai yang berbeda-beda untuk setiap kelas data. Sehingga jumlah simpul dan sisi yang terbentuk pada RAG bervariasi.

Dari hal ini dapat ditemukan bahwa pembangunan RAG sangatlah bergantung pada proses segmentasi. Terutama pada jumlah simpul *graph* yang nilainya akan sama dengan jumlah kluster yang tercipta dari proses segmentasi. Kemudian pada *graph isomorphism*, jika kedua *graph* yang dibandingkan tidak memiliki jumlah simpul dan sisi yang sama. Hasilnya sudah pasti akan *false*. Maka dari itu GED berperan lebih baik pada citra dengan jumlah kluster yang sulit didefinisikan secara kasat mata (misalnya pada citra batik). Sehingga *error-tolerant matching* akan bekerja lebih baik pada jenis citra seperti demikian.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Dataset yang cocok digunakan dalam penelitian ini merupakan citra yang memiliki konten berupa kumpulan kluster-kluster seperti pada citra *artificial* dan motif inti batik. Jumlah kluster hasil segmentasi memengaruhi jumlah simpul dan sisi yang terbentuk pada RAG. Algoritma dan parameter *graph matching* yang optimal pada penelitian ini adalah algoritma VF2 untuk citra *artificial* dengan nilai f_1 score sebesar 90.00 %, dan *Graph Edit Distance* dengan parameter $GED \leq 8$ untuk citra motif inti batik dengan f_1 score sebesar 53.92 %.

Berangkat dari hasil ini maka sangat memungkinkan untuk melakukan penelitian semisal dengan menggunakan data yang

memiliki informasi kluster citra yang lebih kompleks dan perbedaan warna yang kontras. Selain itu juga lebih baik jika melakukan evaluasi lanjutan pada tahap segmentasi untuk menghasilkan citra tersegmentasi lebih baik, sehingga RAG yang dihasilkan akan relatif lebih bagus. Adapun untuk penelitian terkait bidang lain, metode *graph matching* dapat diganti menggunakan metode berbasis *machine learning* atau *deep learning* untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

REFERENSI

- [1] Akmal, I. S. Suwardi and R. Munir, "Ekstraksi Graf dalam Analisis Citra Berbasis Graf," Bandung, 2017.
- [2] H. Sharma, A. Alekseychuk, P. Leskovsky, O. Hellwich, R. Anand, N. Zerber and P. Hufnagl, "Determining similarity in histological images using graph-theoretic description and matching methods for content-based image retrieval in medical diagnostics," *Diagnostic Pathology*, 2012.
- [3] J. W. Yodha and A. W. Kurniawan, "Pengenalan Motif Batik Menggunakan Deteksi Tepi Canny dan K-Nearest Neighbor," *Jurnal Teknologi Informasi*, 2014.
- [4] Y. Angelia, "Algoritma Pencocokan Objek Geometri Citra Berbasis Graph untuk Pemilihan Kembali (Retrieval)," Surabaya, 2011.
- [5] P. & H. D. Felzenszwalb, "Efficient Graph-Based Image Segmentation," in *International Journal of Computer Vision*, 2004.
- [6] C. P. Tremeau A, "Regions adjacency graph applied to color image segmentation," in *IEEE Trans Image Process*, 2000.
- [7] L. P. Cordella, P. Foggia and M. Vento, "An Improved Algorithm for Matching Large Graphs," *Semantic Scholar*, 2001.
- [8] A. Sanfeliu and K.-S. Fu, "A distance measure between attributed relational graphs for pattern recognition," in *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 1983.