



TESIS - KI142502

KOMBINASI FITUR *MULTI-SCALE GRAY LEVEL CO-OCCURRENCE MATRICES* DAN WARNA UNTUK SISTEM TEMU KEMBALI CITRA GERABAH DI MUSEUM MAJAPAHIT TROWULAN

Yunita Prastyaningsih
NRP. 5114201072

DOSEN PEMBIMBING
Dr.Eng. Chastine Fatichah, S.Kom, M.Kom.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN KOMPUTASI CERDAS DAN VISUAL
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

[Halaman ini sengaja dikosongkan]



TESIS - KI142502

THE COMBINATION OF *MULTI-SCALE GRAY LEVEL CO-OCCURRENCE MATRICES* AND *COLOR FEATURES* FOR IMAGE RETRIEVAL SYSTEM POTTERY AT MAJAPAHIT MUSEUM TROWULAN

Yunita Prastyaningsih
NRP. 5114201072

SUPERVISOR
Dr.Eng. Chastine Fatichah, S.Kom, M.Kom.

MASTER PROGRAM
THE EXPERTISE FIELD OF INTELLIGENT COMPUTING AND VISION
DEPARTMENT OF INFORMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Komputer (M.Kom.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

oleh:
YUNITA PRASTYANINGSIH
Nrp. 5114201072

Dengan judul :
KOMBINASI FITUR MULTI-SCALE GRAY LEVEL CO-OCCURRENCE MATRICES
DAN WARNA UNTUK SISTEM TEMU KEMBALI CITRA GERABAH DI MUSEUM
MAJAPAHIT TROWULAN

Tanggal Ujian : 13-12-2016
Periode Wisuda : 2016 Gasal

Disetujui oleh:


Dr. Eng. Chastine Faticah, S.Kom, M.Kom
NIP. 197512202001122002

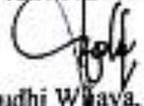
(Pembimbing 1)


Dr. Darlis Heru Murti, S.Kom, M.Kom
NIP. 19722172003121001

(Penguji 1)


Bilqis Amaliah, S.Kom, M.Kom
NIP. 197509172001122002

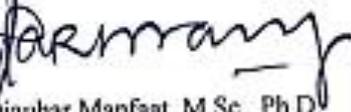
(Penguji 2)


Arya Yudhi Wijaya, S.Kom, M.Kom
NIP. 198409042010121002

(Penguji 3)



Direktur Program Pasca Sarjana,


Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196012021987011001

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**Kombinasi Fitur *Multi-Scale Gray Level Co-occurrence Matrices*
dan Warna untuk Sistem Temu Kembali Citra Gerabah di
Museum Majapahit Trowulan**

Nama Mahasiswa : Yunita Prastyaningsih
NRP : 5114201072
Pembimbing : Dr. Eng. Chastine fatichah S.Kom, M.Kom.

ABSTRAK

Beberapa benda peninggalan bersejarah pada kerajaan Majapahit banyak ditemukan di Trowulan Mojokerto. Salah satu benda yang ditemukan adalah gerabah. Bentuk, ukuran dan jenis bahan pembuatan gerabah yang ditemukan sangat bervariasi ada yang masih utuh atau sudah rusak. Pihak arkeolog yang menemukan benda gerabah ini sangatlah sulit dalam mengklasifikasi dan mengidentifikasi karena dikerjakan secara manual dan bertahap. Maka perlunya adanya Sistem Informasi Temu Kembali Citra untuk mencari kemiripan dari citra gerabah.

Penelitian ini mengusulkan sistem Temu Kembali citra gerabah dengan menggunakan kombinasi Fitur *Multi-Scale Gray Level Co-occurrence Matrices* (MS-GLCM) dan Warna. MS-GLCM memiliki kelebihan pada multi kernel untuk menghilangkan *noise* pada citra, dikarenakan gerabah sendiri memiliki banyak *noise* berdasarkan tekstur bahannya, diharapkan nilai ekstraksi citra gerabah dengan menggunakan ekstraksi fitur MS-GLCM dapat optimal. Fitur warna yang dipilih adalah model HSV, fitur yang dihasilkan merupakan kombinasi dari fitur MS-GLCM dan fitur warna HSV. Dataset diperoleh dari pengambilan foto di museum Majapahit Trowulan Mojokerto dengan total 162 citra Gerabah, sejumlah 135 citra digunakan untuk citra latih (*training*) dan 27 citra digunakan untuk citra *query*. Sebanyak 135 citra latih dilakukan proses ekstraksi fitur menggunakan MS-GLCM dan warna, selanjutnya data fitur diskripsi disimpan di database. 27 Citra *query* dilakukan proses yang sama dengan citra latih, tahap akhir yakni menghitung jarak terdekat antara nilai fitur citra *query* dengan citra database menggunakan metode *Minkowski*, output sistem temu kembali citra ini adalah citra dengan 5 urutan tertinggi dengan jarak yang terkecil. Untuk menghitung performa sistem temu kembali citra menggunakan metode *precision*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi fitur MS-GLCM dan warna HSV dapat meningkatkan performa sistem temu kembali citra gerabah. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *precision* sebesar 85.19%.

Kata kunci: Citra Gerabah, *Gaussian Smoothing*, GLCM, HSV, *Minkowski*, *Precision*, *Muti-Scale*, Temu Kembali citra

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**The combination of Multi-Scale Gray Level Co-occurrence
Matrices and Color Features for Image Retrieval System Pottery
At Majapahit Museum Trowulan**

Name : Yunita Prastyaningsih
Student Identity Number : 5114201072
Supervisor : Dr. Eng. Chastine Fatichah, S.Kom, M.Kom

ABSTRACT

Some historical relics in The Kingdom of Majapahit are found in Trowulan Mojokerto. One of the objects found is pottery. Shape, size, and kind of material making pottery found are varies widely, there are still intact or has been damaged. The archaeologist who found pottery is difficult to classify and identify because it is done manually and gradually. Therefore, a system of image retrieval is needed to look for similarities in pottery image.

This study proposes pottery image retrieval system using a combination of multi-scale gray level co-occurrence matrices (MS-GLCM) and color features. MS-GLCM has advantage in multi kernel to remove noise in the image. Because the pottery has many noise based on the texture of pottery materials, we expect that value of image feature extraction using MS-GLCM feature extraction can be optimal. Color features selected is HSV, so that features produced is a combination of MS-GLCM and HSV color feature. The dataset is obtained from taking pictures in the Majapahit museum Trowulan with a total of 162 pottery images, which are 135 images for training data and 27 images for testing data (query). Feature extraction process using MS-GLCM and color features is conducted to 135 images of training data. Then, the feature description data are stored in the database. We also conduct this process to the image of testing data. Finally, we numerate the shortest distance of the feature extraction value between testing data and training data using minkowski method to obtain five of similar of images base on the image query. Then, we use precision to numerate the accuracy of image retrieval.

The result of this study shows that the combination MS-GLCM and color features can increase the performance of image retrieval of pottery. It is presented by the precision as 85.19%.

Keywords: Pottery Image, Gaussian Smoothing, GLCM, HSV, Minkowski, Precision, Muti-Scale, Image Retrieval

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahilahirabil'alamin, segala puji bagi Allah SubhanahuWata'alla, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul "**Kombinasi Fitur *Multi-Scale Gray Level Co-occurrence Matrices* dan Warna untuk Sistem Temu Kembali Citra Gerabah di Museum Majapahit Trowulan**" dengan baik.

Dalam pelaksanaan dan pembuatan Tesis ini tentunya sangat banyak bantuan-bantuan yang penulis terima dari berbagai pihak, tanpa mengurangi rasa hormat penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Paiman dan Ibu Sofiyatun, adik Diana Putri Lestari atas segala dukungan, motivasi dan memberikan doa yang tiada habisnya yang dipanjatkan untuk penulis.
2. Suami tercinta Muhammad Farid Syuhada yang telah memberikan dukungan moral, spiritual, material, semangat, perhatian, dan memberikan doa untuk penulis. Anak tercinta Kenzie Ghaisan Farta As syuhada yang menjadi penyemangat bagi penulis.
3. Dr. Eng. Chastine. Fatichah, S.Kom, M.Kom, selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran untuk bimbingan dan berdiskusi bersama penulis hingga terselesaikannya tesis ini. Semoga Allah SWT merahmati ibu beserta keluarga
4. Dr. Darlis Heru Murti, S.Kom, M.Kom, Bilqis Amaliah, S.Kom, M.Kom, dan Arya Yudhi Wijaya, S.Kom, M.Kom selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran dan masukan demi kesempurnaan tesis ini
5. Waskito Wibisono, S.Kom, M.Eng, Ph.D., selaku ketua Program Studi Pascasarjana Teknik Informatika yang telah banyak memberikan bantuan berkaitan prasyarat akademik dan kelulusan.
6. Dosen S2 Teknik Informatika yang telah memberikan wawasan ilmu kepada penulis selama menempuh studi hingga lulus
7. Teman-teman seperjuangan bidang minat KCV terima kasih atas kebersamaannya selama ini, mas Saiful Bahri Musa dan mas Beni yang telah menjadi teman diskusi selama implementasi penelitian.
8. Seluruh teman S2 Teknik Informatika ITS angkatan 2014. Terima kasih atas rasa kekeluargaan yang telah kalian berikan kepada penulis. Semoga kita semua sukses di dunia dan akhirat.
9. Juga tidak lupa kepada semua pihak yang belum sempat disebutkan satu per satu yang telah membantu terselesaikannya Tesis ini.

"Tiada Gading yang Tak Retak", begitu pula dengan Tesis ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca.

Surabaya, Desember 2016

Penulis

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan dan Manfaat	4
1.5 Kontribusi Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II DASAR TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Temu Kembali Citra (<i>Image Retrieval</i>)	7
2.2 Dasar Ekstraksi Fitur	8
2.3 <i>Gaussian Smoothing</i>	9
2.4 Warna HSV	10
2.5 GLCM	11
2.6 Perhitungan Jarak <i>Minkowski</i>	14
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Pengambilan Sampel Citra Gerabah	15
3.2 Tahapan Praproses	18
3.3 <i>Multi-Scale GLCM (MS-GLCM)</i>	19
3.3.1 Tahapan <i>Gaussian Smoothing</i>	20
3.3.2 Tahapan GLCM	21
3.4 Tahapan Warna HSV	22
3.5 Tahapan Kombinasi	24
3.6 Tahapan Pengukuran Jarak <i>Minkowski</i>	25
3.7 Skenario Uji Coba	25
3.8 Analisa Hasil	26
BAB IV HASIL UJI COBA DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Lingkungan Uji Coba	29
4.2 Data Uji Coba	29
4.3 Tahapan Praproses	30
4.4 Hasil Uji Coba	31
4.4.1 Uji Coba Ekstraksi Fitur GLCM	31
4.4.2 Uji Coba Ekstraksi Fitur Warna HSV	33
4.4.3 Uji Coba Ekstraksi Fitur GLCM dan HSV	35

4.4.4	Uji Coba Ekstraksi Fitur MS-GLCM	38
4.4.5	Uji coba kombinasi Fitur MS-GLCM dan Warna HSV	41
4.5	Pembahasan dan Analisa ujicoba	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	KESIMPULAN	51
5.2	SARAN	51
DAFTAR PUSTAKA.....		53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem CBIR	7
Gambar 2.2 Objek yang dibedakan berdasarkan bentuk.....	8
Gambar 2.3 Objek citra memiliki Fitur Warna	8
Gambar 2.4 Objek dengan tekstur yang berbeda	9
Gambar 2.5 Contoh arah untuk GLCM dengan sudut 0° , 45° , 90° , dan 135°	11
Gambar 3.1 Desain Sistem Temu kembali Citra Gerabah	15
Gambar 3.2 Contoh Citra gerabah	16
Gambar 3.3 Alur Ekstraksi Fitur MS-GLCM	20
Gambar 3.4 Alur Tahapan GLCM	21
Gambar 3.5 Alur Warna HSV	22
Gambar 3.6 Konversi citra RGB ke HSV	23
Gambar 4.1 Citra dataset gerabah	30
Gambar 4.2 Contoh salah satu jenis citra tempayan	30
Gambar 4.3 Gambar praproses	31
Gambar 4.4 Hasil Sistem Temu Kembali Citra menggunakan fitur GLCM yang semua relevan.....	32
Gambar 4.5 Citra Hasil konversi RGB ke HSV.....	34
Gambar 4.6 Hasil Temu Kembali Citra menggunakan Fitur Warna HSV yang semua relevan.....	34
Gambar 4.7 Hasil Sistem Temu Kembali Citra gerabah menggunakan fitur GLCM	36
Gambar 4.8 Hasil Sistem Temu Kembali Citra gerabah menggunakan fitur HSV	37
Gambar 4.9 Hasil Sistem Temu Kembali Citra gerabah menggunakan kombinasi fitur GLCM dan HSV.	37
Gambar 4.10 Hasil Citra <i>Gaussian Smoothing</i>	39
Gambar 4.11 Hasil Temu Kembali Citra menggunakan fitur MS-GLCM yang semua relevan.....	40

Gambar 4.12 Hasil Temu Kembali citra Tempayan menggunakan fitur MS-GLCM.	43
Gambar 4.13 Hasil Temu Kembali citra Tempayan menggunakan fitur HSV.	44
Gambar 4.14 Hasil Temu Kembali citra Tempayan menggunakan kombinasi fitur MS-GLCM dan HSV.....	44
Gambar 4.15 Hasil Sistem Temu Kembali Citra menggunakan fitur GLCM tidak semua relevan.	45
Gambar 4.16 Contoh citra gerabah dengan kemiripan warna	46
Gambar 4.17 Hasil Temu Kembali Citra gerabah dengan skala yang berbeda.....	47
Gambar 4.18 Hasil Temu Kembali Citra dengan citra bertekstur halus.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rentang nilai HSV.	10
Tabel 3.1 Penamaan Dataset Citra Gerabah.	17
Tabel 3.2 <i>Precision</i> dan <i>Recall</i>	27
Tabel 4.1 Rata-rata hasil uji coba input parameter d pada GLCM	33
Tabel 4.2 Rata-rata hasil uji coba variasi jarak(d) pada GLCM dan HSV	36
Tabel 4.3 Rata-rata hasil uji coba variasi jarak(d) dan 1 kernel pada MS-GLCM.	39
Tabel 4.4 Rata-rata hasil uji coba variasi jarak(d) dan 2 kernel pada MS-GLCM.	39
Tabel 4.5 Rata-rata hasil uji coba variasi jarak(d) dan 3 kernel pada MS-GLCM.	40
Tabel 4.6 Rata-rata hasil uji coba variasi jarak(d) dan 1 kernel pada MS-GLCM dan HSV.....	42
Tabel 4.7 Rata-rata hasil uji coba variasi jarak(d) dan 2 kernel pada MS-GLCM dan HSV.....	42
Tabel 4.8 Rata-rata hasil uji coba variasi jarak(d) dan 3 kernel pada MS-GLCM dan HSV.....	42
Tabel 4.9 Nilai rata-rata <i>precision</i> tertinggi pada setiap metode ekstraksi fitur ...	49

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Definisi Cagar Budaya dalam UU Nomer 11 tahun 2010 tentang Cagar Budaya, disebutkan sebagai warisan budaya bersifat kebendaan berupa Benda Cagar Budaya, Bangunan Cagar Budaya, Struktur Cagar Budaya, Situs Cagar Budaya, dan Kawasan Cagar Budaya di darat dan/atau di air yang perlu dilestarikan keberadaannya karena memiliki nilai penting bagi sejarah, ilmu pengetahuan, pendidikan, agama, dan/atau kebudayaan melalui proses penetapan (Bpcp, 2016).

Museum merupakan bagian yang tak terpisahkan dari fungsi Direktorat Pelestarian Cagar Budaya dan Permuseuman untuk melakukan perlindungan, pengembangan dan pemanfaatan Cagar Budaya. Koleksi Museum dalam UU Nomer 11 tahun 2010 adalah bukti material hasil budaya dan/atau material alam dan lingkungannya yang mempunyai nilai penting bagi sejarah, ilmu pengetahuan, pendidikan, agama, kebudayaan, teknologi, dan/atau pariwisata. Oleh sebab itu seyogyanya peran museum berada didepan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya keberadaan Cagar Budaya. Salah satu museum yang berada di Jawa Timur adalah museum Majapahit yang berada kota Trowulan Mojokerto, museum Majapahit mempunyai koleksi yang dipamerkan yang diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok yakni koleksi tanah liat, keramik, logam, batu. Secara garis besar salah satu upaya yang dilakukan untuk pelestarian cagar budaya di Mojokerto adalah dengan perekaman data cagar budaya berupa kegiatan pemotretan, penataan, penggambaran dan penomeran dengan tujuan memberi informasi atau bukti tentang keberadaannya (Ivan, 2016).

Masalah yang dihadapi dalam upaya pelestarian adalah pada proses identifikasi objek temuan. Penemuan objek-objek peninggalan sejarah kebanyakan tidak dalam bentuk utuh atau sempurna karena ditemukan didalam tanah dalam kurun waktu yang lama, salah satu objek yang sering ditemukan adalah gerabah seperti tempayan, kendi, kuili. Ukuran penemuan objek tersebut cukup bervariasi mulai dari yang terkecil sampai yang terbesar. Pihak arkeologi melakukan

identifikasi penemuan bersejarah ini dengan cara melakukan pemotretan atau dilakukan pemetaan dengan cara digambar secara manual. Setelah dilakukan pemotretan atau digambar, maka dilakukan pencocokan dengan hasil penemuan yang ada untuk mengetahui jenis dan fungsi benda peninggalan sejarah yang digunakan pada masa lalu. Dengan cara tersebut sangat sulit dan cukup lama. Maka perlunya dibuatkan suatu sistem informasi yang memudahkan pihak arkeologi dalam bekerja atau melakukan penelitian untuk mengidentifikasi hasil temuannya.

Sistem temu kembali citra adalah salah satu sistem yang bisa digunakan untuk membantu menangani masalah tersebut. Hasil temu kembali citra yang baik ditentukan dari ekstraksi fitur yang baik pula. Fitur adalah suatu sifat yang melekat di dalam suatu objek yang dapat digunakan untuk penentu ciri objek. Ada beberapa fitur yang sering digunakan untuk ekstraksi antara lain fitur bentuk (*Shape Feature*), fitur warna (*Color Feature*), dan fitur tekstur (*Texture Feature*). Dalam hal ini objek gerabah juga memiliki fitur sebagai ciri gerabah tersebut, karena gerabah memiliki jenis yang berdasarkan bahan pembuatan, dan teksturnya.

Ada beberapa jurnal arkeologi yang melakukan penelitian yang menggunakan metode pengolahan citra diantaranya penelitian oleh (koutsoudis, pavlidis, & chamzasm, 2010) menyajikan deskriptor bentuk yang mengeksploitasi fitur sumbu simetri, untuk menyelesaikan masalah bentuk kemiripan citra tembikar yang dilihat dari bentuk 3D dengan menggunakan algoritma *Axial Symmetry Based* (ASB) dan metode ekstraksi bentuk 2D Fourier dan 2D Zernik. Metode yang diusulkan dapat menyesuaikan bentuk 3D dibawah pertimbangan beberapa fitur morfologi diantaranya *appendages* dan *mouth position* (lingkaran tembikar). Sedangkan dengan menggunakan deskriptor ASB pada mesin pencari maka hanya objek dengan simetri aksial yang dapat diidentifikasi. Penelitian dari (Cedillo-Hernandez, Garcia-Ugalde, Cedillo-Hernandez, Nakano-Miyatake, & Perez-Meana, 2015) mengusulkan teknik Sistem Temu Kembali Citra peninggalan sejarah Mexico yang cepat dan efektif dengan menggunakan ekstraksi fitur menggunakan metode SURF (*Speded Up Robust Feature*), kelebihan dari metode yang diusulkan adalah dapat secara cepat dan efektif dalam operasi pencocokan objek dan memberikan tingkat akurasi yang baik sedangkan dari metode yang diusulkan, hasil

operasi pencocokan masih terdapat ketergantungan terhadap ukuran citra. Penelitian oleh (Rasheed & Nordin, 2015) mengklasifikasikan objek arkeologi berupa citra keramik menggunakan ekstraksi fitur GLCM dan HSV, teknik klasifikasi menggunakan KNN. Metode yang diusulkan menghasilkan klasifikasi dalam tingkat akurasi yang tinggi yakni 86.51%, sedangkan untuk tingkat akurasi masih dipengaruhi oleh pembagian beberapa blok citra pada saat ekstraksi fitur.

Penelitian tentang ekstraksi fitur warna juga dilakukan pada penelitian (John, Tharani, & K, 2014), penelitian ini membuat Sistem Temu Kembali Citra Corel menggunakan ekstraksi fitur warna dan tekstur GLCM, kombinasi fitur tersebut adalah memiliki nilai rata-rata *precision* lebih baik daripada hanya menggunakan satu fitur. Untuk tingkat akurasi masih dipengaruhi oleh pembagian beberapa blok citra pada saat ekstraksi fitur dan juga dipengaruhi oleh adanya *noise*. Penelitian tentang perbandingan RGB, L*a*b dan HSV telah dilakukan dalam hal efektifitas pada tekstur analisis, hasil eksperimen menunjukkan bahwa HSV bisa menjadi ruang warna yang superior dibanding RGB dan dalam keadaan *noise* HSV lebih baik daripada L*a*b (Paschos, 2001).

Penelitian oleh (Siqueira, Schwartz, & Pedrini, 2013) menjelaskan tentang perbaikan GLCM. GLCM sendiri mempunyai kemampuan terbatas dalam menangkap informasi tekstur di berbagai skala. Metode yang diusulkan adalah dengan menggunakan *Gaussian Smoothing* dan *Pyramid Decomposition* yang disebut *Multi-Scale Gray Level Co-occurrence Matrices* (MS-GLCM). MS-GLCM mempunyai kelebihan pada multi kernel untuk menghilangkan *noise*. Data yang diujikan adalah lima dataset dengan berbagai ukuran yaitu *UMD data set* dengan ukuran 1280x960 piksel, *UIUC data set* 640x480 piksel, *Outex data set* 32x32 piksel, *VisTex data set* 128x128 piksel dan *Brodatz data set* 512x512 piksel. Hasil penelitian menunjukkan dalam beberapa skala *gaussian smoothing* menunjukkan klasifikasi tertinggi dalam rentang semua data set dan terdapat perbedaan yang signifikan pada data set *Outex* yakni 84.61% dengan *pyramid Decomposition* dan 89.50% dengan *Gaussian Smoothing*. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa MS-GLCM menghasilkan performa yang lebih baik daripada GLCM.

Penelitian ini mengusulkan kombinasi fitur *Multi-Scale Gray Level Co-occurrence Matrices* dan fitur warna untuk sistem temu kembali citra gerabah. Fitur *Multi-Scale Gray Level Co-occurrence Matrices* yang digunakan adalah metode *Gaussian Smoothing* dan fitur warna yang digunakan adalah HSV. Pemilihan metode ini diharapkan dapat membantu hasil ekstraksi fitur yang baik dari warna dan tekstur yang akan digunakan dalam temu kembali citra gerabah. Untuk menghitung similaritas citra *query* dengan citra *database* menggunakan jarak terdekat dengan menggunakan metode *Minkowski*. Output dari sistem temu kembali citra adalah urutan citra dengan jarak terkecil sampai terbesar.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang diatas didapatkan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan ekstraksi fitur *Multi-Scale Gray Level Co-occurrence Matrices* dan fitur warna HSV dari citra gerabah?
2. Bagaimana menghitung jarak menggunakan metode *Minkowski*?
3. Bagaimana mengevaluasi performa sistem temu kembali citra gerabah dengan menggunakan *Precision*.

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini memiliki beberapa batasan, di antaranya sebagai berikut:

1. Data set yang digunakan berasal dari Museum Majapahit Trowulan Mojokerto
2. Data set terdiri dari citra gerabah yang terdiri dari Tempayan, Kendi, dan Kual.
3. Masing-masing data set merupakan citra bertipe JPG

1.4 Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk melakukan sistem temu kembali citra gerabah dengan menggunakan kombinasi fitur *Multi-Scale Gray Level Co-occurrence Matrices* dan warna

Manfaat penelitian ini adalah dapat mengoptimalkan nilai ekstraksi fitur citra gerabah dan juga hasilnya dapat dimanfaatkan oleh pihak arkeolog dalam penelitian selanjutnya.

1.5 Kontribusi Penelitian

Kontribusi penelitian ini adalah penggunaan metode ekstraksi fitur MS-GLCM (*Multi-Scale Gray Level Co-occurrence Matrices*) dan fitur warna HSV untuk sistem temu kembali citra gerabah.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Bab 1. Pendahuluan

Memaparkan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, kontribusi penelitian, tujuan dan manfaat penelitian.

Bab 2. Kajian pustaka dan Dasar Teori

Menjelaskan tentang metode yang digunakan dan teori- teori pendukung dalam penelitian.

Bab 3. Metodologi Penelitian

Memaparkan dan menjelaskan tentang desain sistem serta metode yang diterapkan pada sistem temu kembali citra gerabah

Bab 4. Uji Coba dan Analisis Hasil

Memaparkan uji coba dan menjelaskan analisis hasil kinerja sistem temu kembali citra gerabah

Bab 5. Kesimpulan

Menguraikan kesimpulan yang diambil berdasarkan hasil dari penelitian yang telah diperoleh

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

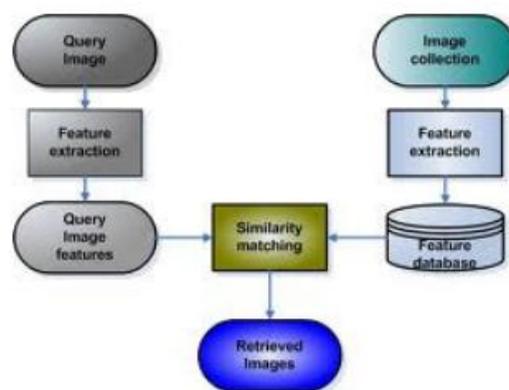
BAB II

DASAR TEORI DAN KAJIAN PUSTAKA

Pada bab kedua akan dibahas beberapa kajian pustaka untuk memberikan gambaran yang jelas berkaitan dengan penelitian ini. Kajian pustaka terbagi dalam enam garis besar pembahasan, yaitu dasar Temu Kembali Citra, Ekstraksi Fitur, *Gaussian Smoothing*, warna HSV, GLCM, dan *Minkowski*.

2.1 Temu Kembali Citra (*Image Retrieval*)

Temu kembali citra (*Image Retrieval*) merupakan proses untuk mendapatkan sejumlah citra berdasarkan masukan satu citra (Kadir & Susanto, 2013). Prinsip temu kembali citra adalah sejumlah fitur objek telah disimpan di database, selanjutnya citra *testing* yang disebut citra *query* akan dihitung setelah melalui proses citra (ekstraksi fitur). Fitur yang diperoleh dibandingkan dengan fitur semua objek yang terdapat di dalam database, melalui penghitungan jarak fitur. Hasil jarak tersebut diurutkan atau rangking. Nilai yang paling terkecil atau urutan pertama itu adalah citra mirip dengan citra *query* dan paling besar menunjukkan citra tidak mirip atau tidak sama. Istilah lain dari temu kembali citra adalah *Content Based Image Retrieval* (CBIR) atau disebut juga temu kembali citra berdasarkan isinya. Alur CBIR dapat dilihat pada gambar 2.1



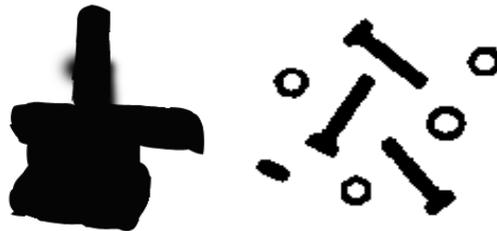
Gambar 2.1 Sistem CBIR.

Sumber : (H.B Kekre 2011)

2.2 Dasar Ekstraksi Fitur

Fitur (*Feature*) adalah suatu sifat yang melekat di dalam suatu objek yang dapat digunakan sebagai salah satu penentu ciri objek. Hal ini bisa digunakan untuk kepentingan pencarian objek atau idetifikasi objek. Fitur didasarkan kenyataan bahwa beberapa objek mempunyai pola-pola tertentu, yang bagi manusia mudah untuk dibedakan. Pola-pola inilah yang kemudian dijabarkan menjadi suatu perhitungan matematis yang digunakan untuk identifikasi objek. Fitur yang dapat digunakan adalah berdasarkan bentuk (*Shape*), Warna (*Color*) dan tekstur (*Texture*). Dalam tiga pendekatan tersebut objek dapat dilihat pola-pola objek yang menjadi ciri objek tersebut, seperti halnya manusia yang melihat ciri objek berdasarkan bentuk, warna dan tekstur atau bahannya (Kadir & Susanto, 2013).

Fitur yang berdasarkan bentuk (*Shape*) seperti rasio kerampingan, rasio kebulatan ataupun pada *Convex Hull*, yang dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Objek yang dibedakan berdasarkan bentuk.

Dari gambar 2.2 objek tersebut dapat dibedakan dalam citri bentuk yang melekat pada objek tersebut.

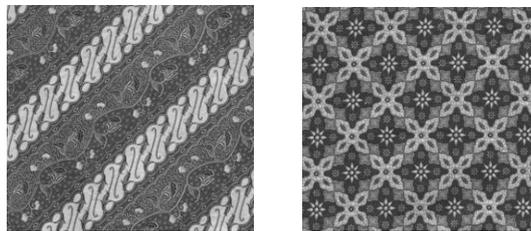
Fitur yang berbasis warna dapat diperoleh melalui perhitungan pada setiap komponen R (merah), G (Hijau), dan B (Biru). Setiap objek memiliki fitur warna yang melekat pada objek tersebut yang dapat di contohkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Objek citra memiliki Fitur Warna

(C.Gozalez & E.woods, 2004) mendefinisikan ruang warna sebagai suatu spesifikasi sistem koordinat dan suatu subruang dalam sistem dengan warna yang memiliki suatu titik di dalamnya. Tujuan dibentuknya ruang warna adalah untuk memfasilitasi spesifikasi warna dalam bentuk standar. Banyak standar ruang warna yaitu HSV, Lab, CMYK dan metode-metode yang menggunakan warna untuk kepentingan tertentu yaitu *Saliency map*, *GrayScale*, *Smoothing* dan lain-lain.

Adapun fitur yang berbentuk tekstur yang digunakan pemakaian pola-pola tertentu yang mudah untuk dibedakan, contohnya pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Objek dengan tekstur yang berbeda.

Pola untuk mendapatkan tekstur dengan menggunakan metode berbasis *Histogram*, *Gray level Co-occurrence Matrices (GLCM)*, *Local Binary Pattern*, dan lain-lain.

2.3 Gaussian Smoothing

Gaussian Smoothing sebagai filter *low pass* yang didasarkan pada fungsi *Gaussian*. Persamaan *Gaussian Smoothing* dapat dilihat pada persamaan 2.1

$$G(x,y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2.1)$$

Dalam hal ini σ adalah deviasi standar dan piksel pada pusat (x,y) mendapatkan bobot terbesar berupa 1. Makin jauh jarak sebuah titik dengan titik pusat tersebut makin kecil bobotnya atau dengan kata lain makin kecil pengaruhnya terhadap titik pusat. Untuk nilai σ yang berbeda bentuk plot masih sama, hanya kelandaianya yang berubah. Nilai σ yang kecil menyebabkan plot makin tinggi dan sempit.

Mask yang digunakan pada operasi *Gaussian Smoothing* berbentuk piramida. Bobot pada *Gaussian Smoothing* atau disebut sebagai *Gaussian blurring* mengikuti distribusi normal sebagaimana dinyatakan dalam persamaaan 2.1. Makin besar σ makin banyak titik tetangga yang diikutkan dalam perhitungan (Kadir & Susanto, 2013).

2.4 Warna HSV

HSV merupakan contoh ruang warna yang merepresentasikan warna seperti yang dilihat oleh mata manusia. Komponen utama dalam model warna *Hue*, *Saturation*, dan *Value* (HSV). H berasal dari kata “*hue*”, S berasal dari “*saturation*”, dan V berasal dari “*value*”. Model HSV yang pertama kali diperkenalkan oleh (Smith, 1978). Model warna HSV merupakan model perpaduan warna yang populer karena konsisten terhadap persepsi pandangan mata manusia. Selain itu juga warna HSV sering digunakan dalam bidang pengolahan citra dan visi komputer, salah satunya untuk *image retrieval* (Chernov, Alander, & Bochko, 2015). Dalam analisis tekstur penggunaan HSV lebih bermanfaat dibanding ruang RGB (Paschos, 2001).

Rentang nilai pada komponen *Hue*, *Saturation* dan *Value* memiliki perbedaan dengan komponen *Red*, *Green* dan *Blue*. Pada *Hue* rentang nilainya berada diantara $0^0 - 360^0$ dimana rentang nilai warna-warna murni dijabarkan pada tabel 2.1 (Chernov, Alander, & Bochko, 2015).

Tabel 2.1 Rentang nilai HSV

Angle	Color
0-60	Red
60-120	Yellow
120-180	Green
180-240	Cyan
240-300	Blue
300-360	Magenta

Untuk mendapatkan nilai H, S, V berdasarkan R, G, dan B, terdapat beberapa cara. Cara yang sederhana menurut (Acharya & K.Ray, 2005) adalah seperti berikut.

$$H = \tan\left(\frac{3(G-B)}{(R-G)+(R-B)}\right) \quad (2.2)$$

$$S = 1 - \frac{\min(R,G,B)}{V} \quad (2.3)$$

$$V = \frac{R+G+B}{3} \quad (2.4)$$

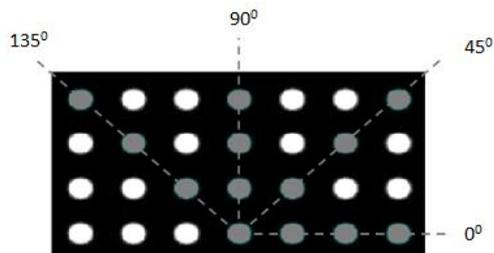
2.5 GLCM

Gray Level Co-occurrence Matrix(GLCM) pertama kali diusulkan oleh (Haralick, Shanmugam, & dinstein, 1973) dengan 28 fitur untuk menjelaskan pola spasial (D.Kulkarni, 1994). GLCM menggunakan perhitungan tekstur pada orde kedua. Pengukuran tekstur pada orde pertama menggunakan perhitungan statistika didasarkan pada nilai piksel citra asli semata, seperti varians, dan tidak memperhatikan hubungan ketetanggaan piksel. Pada orde kedua, hubungan antar pasangan dua piksel citra asli diperhitungkan (Hall-Beyer, 2007).

Misalkan $f(x, y)$ adalah citra dengan ukuran N_x dan N_y yang memiliki piksel dengan kemungkinan hingga L level dan \vec{r} adalah vektor arah offset spasial. $GLCM_{\vec{r}}(i, j)$ didefinisikan sebagai jumlah piksel dengan $j \in 1, \dots, L$ yang terjadi pada offset \vec{r} terhadap piksel dengan nilai $i \in 1, \dots, L$, yang dapat dinyatakan dalam rumus (S.Newsam & C.Kamath, 2005) :

$$GLCM_{\vec{r}}(i, j) = \overline{\{(x_1, y_1), (x_2, y_2) \in (N_x, N_y) \times (N_x, N_y) | f(x_1, y_1) = i, f(x_2, y_2) = j, (x_2 - x_1, y_2 - y_1) = \vec{r}\}} \quad (2.5)$$

Dalam hal ini, offset \vec{r} dapat berupa sudut dan/atau jarak. Sebagai contoh gambar 2.5 memperlihatkan empat arah untuk GLCM.



Gambar 2.5 Contoh arah untuk GLCM dengan sudut 0° , 45° , 90° , dan 135° .

Sumber : (Kadir & Susanto, 2013)

Untuk kepentingan ilustrasi, ketetanggaan piksel dapat dipilih ke arah timur (kanan). Salah satu cara untuk merepresentasikan hubungan ini yaitu berupa $(1,0)$, yang menyatakan hubungan dua piksel yang berjajar horizontal dengan piksel bernilai 1 diikuti dengan piksel bernilai 0. Berdasarkan komposisi tersebut, jumlah

kelompok piksel yang memenuhi hubungan tersebut dihitung. Untuk mendapatkan fitur GLCM, ada beberapa besaran yang diusulkan Haralick. Misalnya, (Siqueira, Schwartz, & Pedrini, 2013) hanya menggunakan 12 besaran untuk GLCM, berupa *angular second moment*(ASM), *contrast*, *inverse different moment* (IDM), *entropy*, *Correlation*, *sum of squares*, *sum average*, *sum variance*, *sum entropy*, *difference variance*, *difference entropy* dan *Maximal Correlation Coefficient* (MCC).

ASM yang merupakan ukuran homogenitas citra dihitung dengan cara seperti berikut:

$$ASM = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L (GLCM(i, j))^2 \quad (2.6)$$

Dalam hal ini, N_g , menyatakan jumlah level yang digunakan untuk komputasi, θ adalah sudut dan d jarak GLCM.

Contrast yang merupakan ukuran keberadaan variasi aras keabuan piksel citra dihitung dengan cara seperti berikut:

$$Contrast = \sum_{n=0}^{N_g-1} |i - j|^2 * \left\{ \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} P_{d,\theta}(i, j)^2 \right\} \quad (2.7)$$

Fitur IDM digunakan untuk mengukur homogenitas. IDM dihitung dengan cara seperti berikut:

$$IDM = \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} \left(\frac{1}{1 + (i - j)} \right) * (P_{d,\theta}(i, j)) \quad (2.8)$$

Entropy menyatakan ukuran ketidakteraturan aras keabuan di dalam citra. Nilainya tinggi jika elemen-elemen GLCM mempunyai nilai yang relatif sama. Nilai rendah jika elemen-elemen GLCM dekat dengan nilai 0 atau 1. Rumus untuk menghitung entropi:

$$Entropy = - \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} P_{d,\theta}(i, j) * \log(P_{d,\theta}(i, j)) \quad (2.9)$$

Correlation yang merupakan ukuran ketergantungan linear antar nilai aras keabuan dalam citra dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Correlation = \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} P_{d,\theta}(i, j) * \frac{(i - \mu_x)(j - \mu_y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2.10)$$

dengan

$$\mu_x = \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} i * P_{d,\theta}(i, j) \quad (2.11)$$

$$\mu_y = \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} j * P_{d,\theta}(i, j) \quad (2.12)$$

$$\sigma_x = \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} (i - \mu)^2 * P_{d,\theta}(i, j) \quad (2.13)$$

$$\sigma_y = \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} (j - \mu)^2 * P_{d,\theta}(i, j) \quad (2.14)$$

i dan j adalah baris dan kolom pada matriks GLCM, μ pada baris i adalah perkalian matriks pada baris i dengan matrik GLCM, sama dengan μ pada j adalah perkalian pada kolom j dengan matrik GLCM.

Sum Average, fitur ini merupakan descriptor untuk mencirikan tekstur objek berdasarkan jumlah rata-rata yang dapat dituliskan pada persamaan 2.15

$$SumAverage = \sum_{i=0}^{2(N_g-1)} i * P_{x+y}(i) \quad (2.15)$$

$$P_{x+y}(k) = \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} P_{d,\theta}(i, j), K = i + j = \{0,1,2,\dots,2(N_g - 1)\} \quad (2.16)$$

Sum Variance, fitur ini merupakan hasil dari penjumlahan variance yang dihasilkan berdasarkan hasil perhitungan dari fitur *Sum Average*. *Sum variance* dapat dituliskan dalam persamaan 2.17

$$SumVariance = \sum_{i=0}^{2(N_g-1)} (i - sumAverage)^2 * P_{x+y}(i) \quad (2.17)$$

Sum Entropy, fitur ini merupakan pengembangan *Entropy* fitur sebagaimana dituliskan dengan persamaan 2.18

$$SumEntropy = \sum_{i=0}^{2(N_g-1)} P_{x+y}(i) * \log P_{x+y}(i) \quad (2.18)$$

Sum of Squares (Variance), fitur ini digunakan untuk mengukur sebaran nilai piksel di sekitar rata-rata kombinasi dari piksel referensi dan tetangganya. Untuk menghitung nilai varian, maka nilai rata-rata perlu dihitung terlebih dahulu, baru kemudian dihitung nilai variannya. Nilai varian dituliskan dalam persamaan 2.19

$$Variance = \sum_{i=0}^{N_g-1} \sum_{j=0}^{N_g-1} (i - \mu)^2 * P_{d,\theta}(i,j) \quad (2.19)$$

Difference variance, fitur ini mengukur disperse (berkaitan dengan mean) dari distribusi perbedaan tingkat keabu-abuan dari citra, penulisan *difference variance* pada persamaan 2.20

$$Difference\ Variance = \sum_{i=0}^{2(N_g-1)} (i - sumAverage)^2 * P_{x-y}(i) \quad (2.20)$$

Difference Entropy, fitur ini mengukur perbedaan distribusi citra pada tingkat keabu-abuan, penulisan dengan persamaan 2.21

$$Difference\ Entropy = \sum_{i=0}^{2(N_g-1)} P_{x-y}(i) * \log P_{x-y}(i) \quad (2.21)$$

Maximal Correlation Coefficient (MCC), fitur menggunakan *eigen value* terbesar kedua $Q^{1/2}$, dimana $Q(i,j)$ dengan persamaan 2.22

$$Q(i,j) = \sum_k \frac{g(i,k)g(j,k)}{g_x(i)g_y(k)} \quad (2.22)$$

2.6 Perhitungan Jarak *Minkowski*

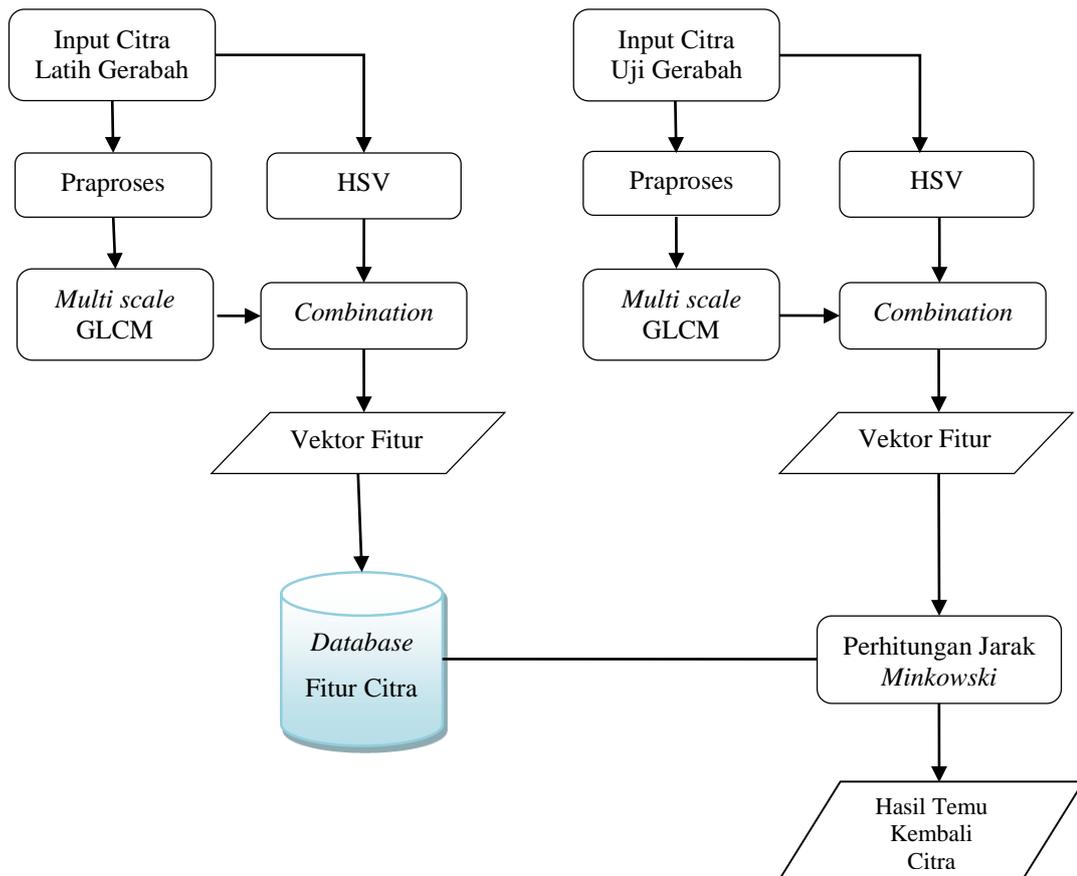
Jarak *Minkowski* didefinisikan sebagai berikut:

$$j(v_1, v_2) = \sqrt[p]{\sum_{k=1}^N |(v_1(k) - v_2(k))|^p} \quad (2.22)$$

Dalam hal ini, v_1 dan v_2 adalah dua vektor yang jaraknya akan dihitung dan N menyatakan panjang vektor. Apabila p bernilai 1, jarak berupa *city-block*. Apabila p bernilai 2, jarak berupa *Euclidean*.

BAB III METODE PENELITIAN

Desain sistem secara umum mengenai kontribusi penelitian *Multi-Scale* GLCM dan Fitur Warna pada objek gerabah dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Desain Sistem Temu kembali Citra Gerabah

3.1 Pengambilan Sampel Citra Gerabah

Penelitian ini menggunakan citra yang diambil secara langsung di Museum Majapahit Trowulan. Pengambilan citra dilakukan dengan bantuan seorang fotografer dan pihak bidang arkeolog dari Museum tersebut. Benda gerabah yang digunakan sebagai dataset adalah kendi, kuali dan tempayan. Letak benda tersebut ada yang berada diruang lantai satu yaitu ruang koleksi/ruang pameran, rata-rata benda diruang koleksi bentuknya masih utuh dan ada juga yang berada

dilantai dua/gudang untuk benda yang berbentuk fragmen (benda yang tidak utuh). Benda gerabah tersebut juga bervariasi ukurannya, ada yang sangat besar dan kecil. Dalam pengambilan gambar terdapat beberapa kesulitan, yakni apabila dilakukan pengambilan gambar dengan bentuk benda secara utuh, tidak semua benda tersebut bisa terlihat jelas teksturnya, khususnya pada benda gerabah dengan ukuran kecil. Untuk benda dengan ukuran yang sangat besar, pengambilan secara utuh juga menjadi tidak memungkinkan. Dari masalah tersebut pengambilan citra dilakukan dalam jarak dekat, dengan tujuan agar tekstur dari citra lebih terlihat secara jelas.

Hasil pengambilan gambar ada yang terlihat terang dan gelap, hal itu dikarenakan posisi pengambilan gambar berada pada tempat yang berbeda yakni dilantai satu dan lantai dua museum sesuai dengan letak benda yang akan diambil gambarnya. Pengambilan gambar tidak dapat dilakukan dalam satu tempat karena sulit untuk memindahkan benda yang sangat besar ukurannya, selain itu dikhawatirkan benda akan mengalami kerusakan. Contoh utuh citra gerabah berupa citra kendi, tempayan dan kuali seperti yang disajikan Gambar 3.2. Total citra yang digunakan adalah sebanyak 162. Kendi, kuali dan tempayan yang digunakan dalam penelitian mempunyai nomer registrasi, tiap jenis benda dapat dibedakan menggunakan nomer registrasinya. Dalam penelitian ini nomer registrasi diganti dengan penamaan inisial dengan tujuan agar mudah untuk membedakan jenisnya, seperti yang disajikan pada Tabel 3.1.



Gambar 3.2 Citra gerabah
(a) citra kendi (b) citra kuali (c) citra tempayan

Tabel 3.1 Penamaan Dataset Citra Gerabah

Penamaan Dataset	Nomer Register Gerabah di Museum
Kendia 1 s/d 6	2844/TR/PLS/24/PIM
Kendib 1 s/d 6	1995/TR/JMB/24/PIM
Kendic 1 s/d 6	1950/TR/TRW/81/PIM
Kendid 1 s/d 6	1968/TR/ONB/24/PIM
Kendie 1 s/d 6	2845/TR/ONB/24/PIM
Kendif 1 s/d 6	1941/TR/JMB/80/PIM
Kendig 1 s/d 6	2843/TR/KDT/80/PIM
Kendih 1 s/d 6	2841/TR/JTR/80/PIM
Kendii 1 s/d 6	2839/TR/KDT/78/PIM
Kualia 1 s/d 6	2282/TR/JMP/96/PIM
Kualib 1 s/d 6	2281/TR/ - / - /PIM
Kualic1 s/d 6	2280/TR/ - / - /PIM
Kualid 1 s/d 6	2277/TR/ - /82/PIM
Kualie 1 s/d 6	2276/TR/JMB/96/PIM
Kualif 1 s/d 6	2285/TR/ - / - /PIM
Kualig 1 s/d 6	2275/TR/ONB/24/PIM
Kualih 1 s/d 6	2278/TR/JMB/93/PIM
Kualii 1 s/d 6	2283/TR/TRW/93/PIM

Tempayana 1 s/d 6	2619/TR/BDR/24/PIM
Tempayanb 1 s/d 6	2516/TR/ - / - /PIM
Tempayanc 1 s/d 6	2627/TR/ONB/24/PIM
Tempayand 1 s/d 6	2624/TR/TRW/80/PIM
Tempayane 1 s/d 6	2626/TR/RNG/24/PIM
Tempayanf 1 s/d 6	2627/TR/TRW/80/PIM
Tempayang 1 s/d 6	2624/TR/TRW/80/PIM
Tempayanh 1 s/d 6	2625/TR/ONB/24/PIM
Tempayani 1 s/d 6	1180/BTA/MJK/ - /PIM

3.2 Tahapan Praproses

Dalam praproses ini dilakukan terlebih dahulu adalah proses *GrayScale* yang digunakan untuk keseragaman intensitas citra yang dapat memudahkan dalam proses segmentasi. Proses segmentasi pada citra dengan cara melakukan pemisahan objek dengan latar belakangnya, metode yang digunakan adalah metode *otsu*. Metode *otsu* dimulai dengan normalisasi histogram citra sebagai fungsi *probability discrete density* sebagai :

$$p_r(r_q) = \frac{n_q}{n}, q = 0,1,2, \dots, L - 1 \quad (3.1)$$

Dimana :

n = total jumlah piksel dalam citra.

n_q = jumlah *pixel* r_q .

L = total jumlah level intensitas citra.

Kemudian menentukan nilai T pada persamaan (3.2)

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{jika } f(y, x) \geq T \\ 0, & \text{jika } f(y, x) < T \end{cases} \quad (3.2)$$

dengan memaksimalkan *between class variance* yang didefinisikan sebagai berikut

(Prasetyo, 2011) :

$$\sigma_B^2 = \omega_0 (\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1 (\mu_1 - \mu_T)^2 \quad (3.3)$$

Dimana :

$$\omega_0 = \sum_{q=0}^{k-1} p_q(r_q) \quad (3.4)$$

$$\omega_1 = \sum_{q=k}^{L-1} p_q(r_q) \quad (3.5)$$

$$\mu_0 = \sum_{q=0}^{k-1} qp_q(r_q) / \omega_0 \quad (3.6)$$

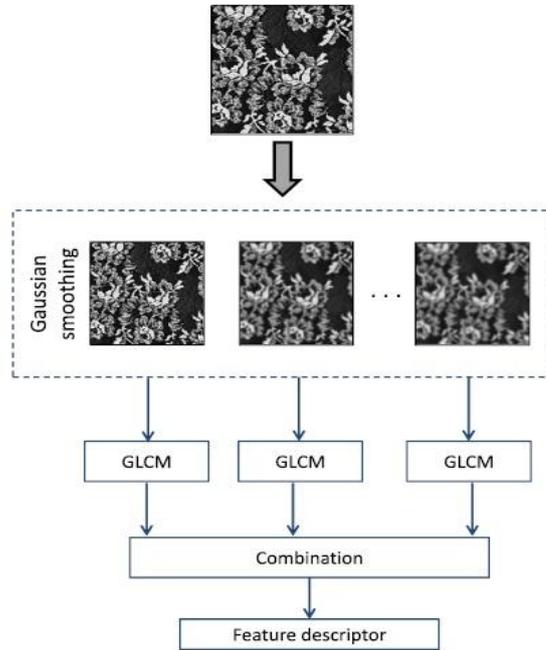
$$\mu_1 = \sum_{q=k}^{L-1} qp_q(r_q) / \omega_1 \quad (3.7)$$

$$\mu_T = \sum_{q=0}^{L-1} qp_q(r_q) \quad (3.8)$$

3.3 Multi-Scale GLCM (MS-GLCM)

Pada metode Ekstraksi Fitur MS-GLCM terdapat dua tahapan yang digunakan terdiri dari *Gaussian Smoothing* dan GLCM, Tahapan-Tahapan *Multi-Scale* GLCM dijelaskan pada subbab dibawah ini.

3.3.1 Tahapan *Gaussian Smoothing*



Gambar 3.3 Alur Ekstraksi Fitur MS-GLCM.

Sumber : (Siqueira, Schwartz, & Pedrini, 2013)

Alur ekstraksi fitur *Multi-Scale* GLCM disajikan pada gambar 3.3. Langkah awalnya yakni dengan melakukan proses *Gaussian Smoothing*. Pada proses *Gaussian Smoothing*, citra gerabah diinputkan dan selanjutnya menentukan *Mask Gaussian* yang digunakan dengan persamaan 3.9

$$f(u, v) = \frac{1}{\sum N_{xy}} \begin{bmatrix} N_{11} & N_{12} & N_{1y} \\ N_{21} & N_{22} & N_{2y} \\ N_{31} & N_{23} & N_{3y} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ N_{x1} & N_{x2} & N_{xy} \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

Nilai-nilai bobot mask dengan deviasi standart 1 dengan menggunakan persamaan 2.1, setelah nilai *Mask* didapat maka dilakukan proses konvolusi dengan persamaan 3.10

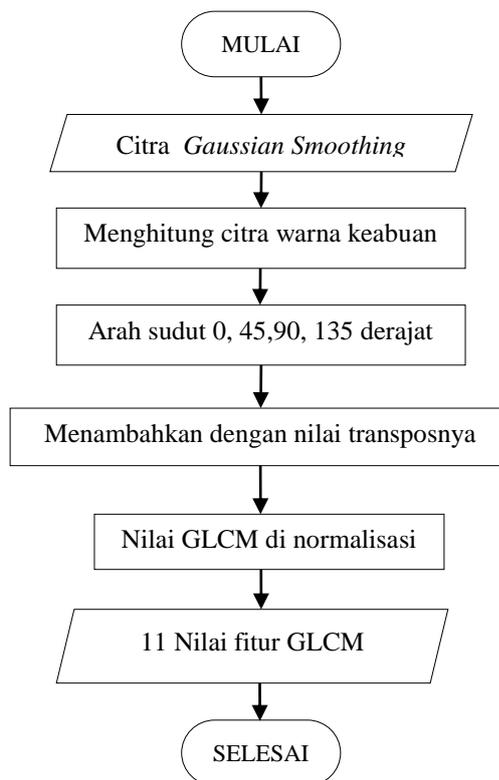
$$h(x, y) = \sum_{x=-M}^M \sum_{y=-N}^N f(u, v)g(x + u, y + v) \quad (3.10)$$

x adalah lebar citra dan y adalah tinggi citra, u adalah kolom dari matrik *mask*, dan v adalah lebar dari kolom *mask*.

Terlihat bahwa konvolusi pada pengolahan citra ini pada dasarnya merupakan penjumlahan terhadap perkalian dari nilai-nilai keabuan atau warna sejumlah titik bertetangga dengan bobot filter pada posisi yang bersesuaian. Oleh karena itu konvolusi disebut dengan operasi penjumlahan dari perkalian (*Sum-of-products*).

3.3.2 Tahapan GLCM

Setelah citra *Gaussian Smoothing* didapat tahapan selanjutnya adalah melakukan ekstraksi Tekstur menggunakan GLCM. Didalam GLCM ini menggunakan 11 besaran yaitu *angular second moment(ASM)*, *contrast*, *inverse different moment (IDM)*, *entropy*, korelasi, *sum of squares*, *sum average*, *sum variance*, *sum entropy*, *difference variance* dan *difference entropy* dengan menggunakan persamaan 2.6 sampai dengan persamaan 2.21. 11 besaran ini yang akan menjadi acuan untuk *feature description*. Gambar alur dari GLCM dapat dilihat pada gambar 3.4

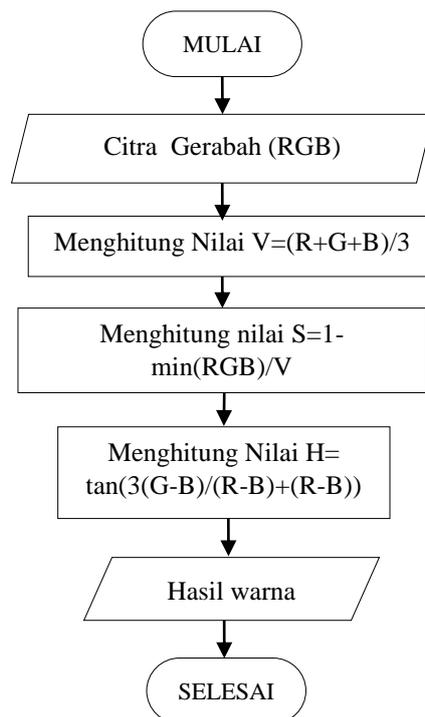


Gambar 3.4 Alur Tahapan GLCM

Pada tahapan GLCM ini citra yang sudah di *Gaussian Smoothing* dihitung komposisi piksel berdasarkan arah sudut citra, 0, 45, 90, 135 derajat, hasil nilai dijadikan matriks transposnya dan dijadikan normalisasi. Untuk mendapatkan fitur GLCM dihitung berdasarkan 11 besaran.

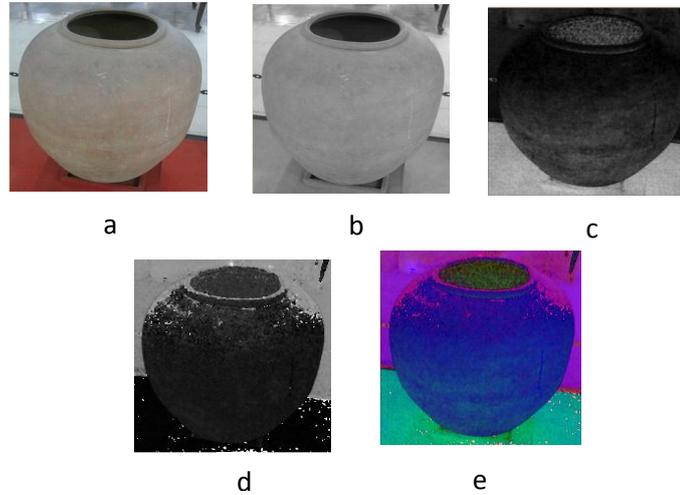
3.4 Tahapan Warna HSV

Warna HSV diperoleh dari hasil konversi warna RGB (*Red, Green, Blue*) dengan menggunakan persamaan 2.2, 2.3, dan 2.4. Untuk memperoleh warna HSV terlebih dahulu dihitung nilai V (*Value*) dengan melakukan penghitungan nilai rata-rata RGB, setelah mendapatkan nilai V dapat menghitung nilai S (*Saturation*) dengan melakukan perhitungan satu dikurangi dengan pembagian nilai minimal RGB dengan nilai V. untuk nilai H didapat dari nilai pembagian $\tan(3(G-B))$ dengan $(R-G)+(R-B)$. proses konversi nilai RGB ke HSV dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Alur Warna HSV

Hasil dari konversi warna RGB ke HSV dapat dilihat pada gambar 3.6 dimana terdapat citra gerabah RGB yang di konversikan ke warna HSV.



Gambar 3.6 Konversi citra RGB ke HSV

(a) Input Citra Gerabah, (b) Warna nilai V (*Value*), (c) Warna nilai S (*Saturation*), (d) Nilai Warna H (*Hue*), (e) Warna Hasil HSV

Untuk mengetahui nilai fitur warna HSV dapat diperoleh melalui perhitungan statistik seperti rerata, deviasi standart, *skewness*, dan kurtosis (Martines & R.Martinez, 2002).

Rerata memberikan ukuran mengenai distribusi dan dihitung dengan menggunakan persamaan 3.11.:

$$\mu = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N P_{ij} \quad (3.11)$$

Varians menyatakan luas sebaran distribusi. Akar kuadrat varians dinamakan sebagai deviasi standar. Dengan persamaan 3.12:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (P_{ij} - \mu)^2} \quad (3.12)$$

Skewness atau kecondongan menyatakan ukuran mengenai ketidaksimetrisan. Dengan persamaan 3.13.

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (P_{ij} - \mu)^3}{MN\sigma^3} \quad (3.13)$$

Kurtosis merupakan ukuran yang menunjukkan sebaran data bersifat meruncing atau menumpul. Dengan persamaan 3.14:

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (P_{ij} - \mu)^4}{MN\sigma^4} - 3 \quad (3.14)$$

M adalah tinggi citra, N menyatakan lebar citra, P_{ij} adalah nilai warna pada baris i dan j .

3.5 Tahapan Kombinasi

Dalam ilustrasi gambar 3.3 untuk *combination* fitur yang diambil dari setiap skala dengan melakukan pendekatan *Multi-Scale* (Siqueira, Schwartz, & Pedrini, 2013). Untuk menggabungkan ekstraksi fitur menggunakan salah satu dari lima kombinasi yang berbeda yaitu

1. Kombinasi pertama, disebut *Concatenation*, adalah penggabungan sederhana pada skala, dimana ekstraksi fitur dari setiap skala yang disambungkan kedalam sebuah vektor fitur tunggal yang berisi semua informasi.
2. Kombinasi kedua disebut *Local*, adalah normalisasi diterapkan untuk setiap ekstraksi fitur dari skala tertentu. Maka semua fitur yang ternormalisasi digabungkan dengan cara *Concatenation*.
3. Kombinasi ketiga, ($L+G$), dicapai dengan menerapkan normalisasi untuk ekstraksi fitur yang diambil dari setiap skala, setelah itu dinormalisasi secara global menjadi satu vektor fitur tunggal.
4. Kombinasi keempat, *Corresponding*, adalah ekstraksi fitur pertama dari skala pertama dinormalkan untuk fitur pertama pada setiap skala lain, kemudian fitur kedua dinormalkan sesuai dengan fitur kedua pada setiap skala, dan sebagaimana seterusnya. Kombinasi ini cukup ketika nilai interval fitur sudah sangat tidak sesuai, bahkan dalam skala tunggal.
5. Kombinasi lima, *weighted*, digunakan untuk mempertahankan ukuran descriptor sama dengan jumlah ekstraksi fitur dari skala tunggal, seperti yang digunakan dalam kombinasi keempat, *weighted* digunakan

menggabungkan nilai pada elemen yang berhubungan pada setiap skala. Setiap skala akan ditugaskan dengan penurunan bobot nilai $1/2^k$, dimana k adalah jumlah skala yang digunakan.

3.6 Tahapan Pengukuran Jarak *Minkowski*

Untuk uji coba menggunakan metode *image retrieval* yang menggunakan pengukuran jarak *Minkowski* dengan persamaan 2.23. Pengukuran jarak antara dataset latih sejumlah 135 citra gerabah yang memiliki nilai ekstraksi fitur dan citra uji sejumlah 27 citra gerabah dengan proses ekstraksi fitur yang sama dengan citra latih. Untuk hasil nilai jarak *Minkowski* dilakukan pengurutan dari nilai yang terkecil sampai nilai terbesar. Nilai terkecil merupakan kemiripan dari citra uji.

3.7 Skenario Uji Coba

Uji coba pada metode yang diusulkan dilakukan untuk mengetahui performa dari sistem yang telah dibangun. Performa ini dapat diketahui berdasarkan data hasil uji coba menggunakan skenario tertentu. Berikut ini adalah rancangan uji coba performa sistem.

1. Uji coba ekstraksi fitur menggunakan GLCM

Uji coba dilakukan untuk menguji performa dari GLCM sebagai ekstraksi fitur untuk mendapatkan hasil temu kembali citra gerabah. Uji coba ini juga dilakukan dengan menggunakan inputan parameter jarak (d) *co-occurrence matrix* yang berbeda-beda yakni dengan $d=1$, $d=2$, dan $d=3$ dengan tujuan untuk mengetahui jarak yang baik yang dapat digunakan untuk memperoleh hasil temu kembali citra.

2. Uji coba ekstraksi fitur menggunakan HSV

Uji coba dilakukan untuk menguji performa dari HSV sebagai ekstraksi fitur untuk mendapatkan hasil temu kembali citra gerabah.

3. Uji coba ekstraksi fitur menggunakan GLCM dan HSV

Uji coba dilakukan untuk menguji performa dari GLCM dan HSV sebagai ekstraksi fitur untuk mendapatkan hasil temu kembali citra gerabah. Uji coba ini juga dilakukan dengan menggunakan inputan parameter jarak (d) *co-*

occurrence matrix yang berbeda-beda yakni dengan $d=1$, $d=2$, dan $d=3$ dengan tujuan untuk mengetahui jarak yang baik yang dapat digunakan untuk memperoleh hasil temu kembali citra.

4. Uji coba ekstraksi fitur menggunakan MS-GLCM

Uji coba dilakukan untuk menguji performa dari MS-GLCM sebagai ekstraksi fitur untuk mendapatkan hasil temu kembali citra gerabah. Uji coba ini juga dilakukan dengan menggunakan inputan jarak (d) yang berbeda-beda dan beberapa kernel yakni kernel 3×3 , 5×5 dan 7×7 dengan tujuan untuk mengetahui jarak dan kernel yang baik yang dapat digunakan untuk mendapatkan hasil temu kembali citra gerabah.

5. Uji coba ekstraksi fitur menggunakan MS-GLCM dan HSV

Uji coba dilakukan untuk menguji performa dari MS-GLCM dan HSV sebagai ekstraksi fitur untuk mendapatkan hasil temu kembali citra gerabah. Uji coba ini juga dilakukan dengan menggunakan inputan jarak (d) yang berbeda-beda dan beberapa kernel yakni kernel 3×3 , 5×5 dan 7×7 dengan tujuan untuk mengetahui jarak dan kernel yang baik yang dapat digunakan untuk mendapatkan hasil temu kembali citra gerabah.

3.8 Analisa Hasil

Hasil dari *Image Retrieval* dihitung akurasi untuk mengetahui tingkat keberhasilan penelitian ini. Untuk menghitung akurasi *Image Retrieval* dengan menggunakan parameter *Recall* dan *Precision*. *Recall* menyatakan rasio jumlah citra relevan yang ditemukan kembali terhadap seluruh citra relevan. *Precision* menyatakan rasio jumlah citra relevan yang ditemukan kembali dengan total jumlah citra yang dianggap relevan (Yates & Neto, 1999). Parameter *Recall* dan *Precision* ditunjukkan pada persamaan 3.15 dan 3.16.

$$Precision = tp / (tp + fp) \tag{3.15}$$

$$Recall = tp / (tp + fn) \tag{3.16}$$

Tabel 3.2. *Precision* dan *Recall*

Sumber: (manning, Raghavan, & Schutze, 2009)

	<i>Relevant</i>	<i>Nonrelevant</i>
<i>Retrieved</i>	<i>true positives (tp)</i>	<i>false positives (fp)</i>
<i>Not retrieved</i>	<i>false negatives (fn)</i>	<i>true negatives (tn)</i>

Berdasarkan Tabel 3.2, ketika kondisi citra dikembalikan (*retrieved*), maka terdapat dua kemungkinan jenis kesesuaian yang muncul yaitu apakah citra tersebut relevan (*relevant*) atau tidak relevan (*nonrelevant*) dengan *query* pengguna. Terdapat 2 (dua) macam keterangan yang diberikan untuk kondisi ini yaitu, *true positives (tp)* dan *false positives (fp)*. *True positives (tp)* artinya citra yang dikembalikan relevan (sesuai) dengan *query*. Sedangkan *false positives (fp)* artinya citra yang dikembalikan tidak relevan dengan *query*.

Begitu juga ketika kondisi citra tidak dikembalikan (*not retrieved*) terdapat dua kemungkinan jenis kesesuaian yang muncul yaitu apakah citra yang tidak dikembalikan tersebut relevan atau tidak relevan dengan *query* pengguna. Ada 2 (dua) macam keterangan untuk kondisi ini yaitu, *false negatives (fn)* dan *true negatives (tn)*. *False negatives (fn)* artinya citra yang tidak dikembalikan relevan dengan *query*. Sedangkan *true negatives (tn)* artinya citra yang tidak dikembalikan tidak relevan dengan *query*.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB IV

HASIL UJI COBA DAN PEMBAHASAN

Bab IV berisi penjelasan tentang pengujian dan pembahasan terkait penelitian yang diusulkan. Tahapan pengujian bertujuan untuk menguji metode kombinasi Fitur *Multi-Scale* GLCM dan Warna setelah diimplementasikan. Implementasi dilakukan sesuai dengan yang dijelaskan pada Subbab 3.3. Skenario pengujian tersebut sesuai dengan skenario yang telah direncanakan tentang perancangan uji coba. Tahapan terakhir dari bab ini adalah pembahasan tentang hasil dan evaluasi Kombinasi Fitur *Multi-Scale* GLCM dan HSV sebagai metode ekstraksi ciri tekstur pada sistem temu kembali citra Gerabah.

4.1 Lingkungan Uji Coba

Lingkungan perangkat lunak yang digunakan dalam uji coba penelitian ini sebagai berikut:

- a. Sistem Operasi Windows 7 Ultimate
- b. Aplikasi MATLAB R2015a.

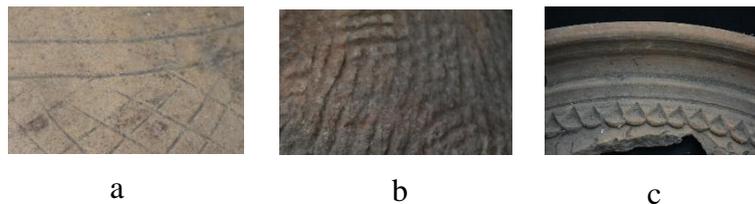
Lingkungan perangkat keras yang digunakan adalah komputer personal yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a. Prosesor Intel® Core™ i3 – 3217U
- b. RAM 2GB.

4.2 Data Uji Coba

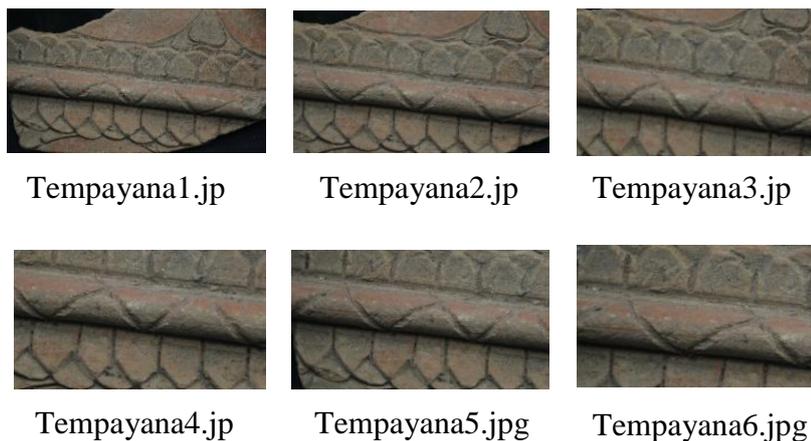
Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diambil di Museum Majapahit Trowulan. Dataset berupa citra gerabah yang bertipe JPG dan diambil menggunakan camera canon 600D. Pengambilan citra gerabah dilakukan dengan memberikan latar belakang hitam untuk memudahkan dalam proses segmentasi. Pengambilan citra dilakukan dalam jarak dekat dengan tujuan agar tekstur dari citra lebih terlihat secara jelas. Contoh citra gerabah yang digunakan berupa citra kendi, tempayan dan kuali seperti yang disajikan Gambar 4.1. Masing-masing dari citra kendi, kuali dan tempayan memiliki 9 jenis objek yang berbeda dan tiap jenis objek

dilakukan pengambilan gambar yang berbeda sebanyak 6 kali seperti pada Gambar 4.2, sehingga total data citra yang digunakan adalah 162 citra, dimana 54 citra dari objek kendi, 54 citra dari objek kuili dan 54 citra dari objek tempayan. Dari total data 162 citra diambil sebanyak 27 citra yang akan digunakan untuk inputan *query* dan sebanyak 135 citra yang digunakan sebagai citra *database*.



Gambar 4.1 Citra dataset gerabah

(a) citra kendi (b) citra kuili (c) citra tempayan



Gambar 4.2 Contoh salah satu jenis citra tempayan

4.3 Tahapan Praproses

Tahapan pertama yang dilakukan adalah mengubah semua ukuran data citra gerabah tersebut menjadi ukuran 200x260 piksel. Selanjutnya seperti yang terlihat di Gambar 4.3 (a) Citra asli tersebut diubah menjadi citra *grayscale* seperti pada Gambar 4.3 (b) untuk memudahkan dalam proses segmentasi. Setelah citra berubah menjadi *grayscale* maka dilakukan proses segmentasi citra menggunakan metode *otsu* dengan tujuan untuk membuang latar belakang citra dan mendapatkan objek citra yang akan diekstraksi, hasil segmentasi tersebut bisa dilihat pada Gambar 4.3 (c), dimana warna putih dinilai sebagai objek dan hitam sebagai latar

belakang. Setelah objek didapat proses selanjutnya adalah mengambil nilai citra *grayscale* berdasarkan nilai dari objek *grayscale* tersebut yang digunakan untuk proses ekstraksi fitur.



Gambar 4.3 Gambar praproses

(a) Citra Asli (b) citra *Grayscale* (c) citra hasil segmentasi

4.4 Hasil Uji Coba

Pada Bagian ini akan dijelaskan tentang pengujian yang telah dilakukan beserta hasilnya. Ada lima pengujian yang telah dilakukan yakni :

1. Pengujian metode ekstraksi fitur tekstur menggunakan GLCM
2. Pengujian metode ekstraksi fitur warna menggunakan HSV
3. Pengujian metode ekstraksi fitur GLCM dan HSV
4. Pengujian metode ekstraksi fitur tekstur menggunakan *Multi Scale* GLCM (MS-GLCM)
5. Pengujian metode kombinasi ekstraksi fitur MS-GLCM dan HSV.

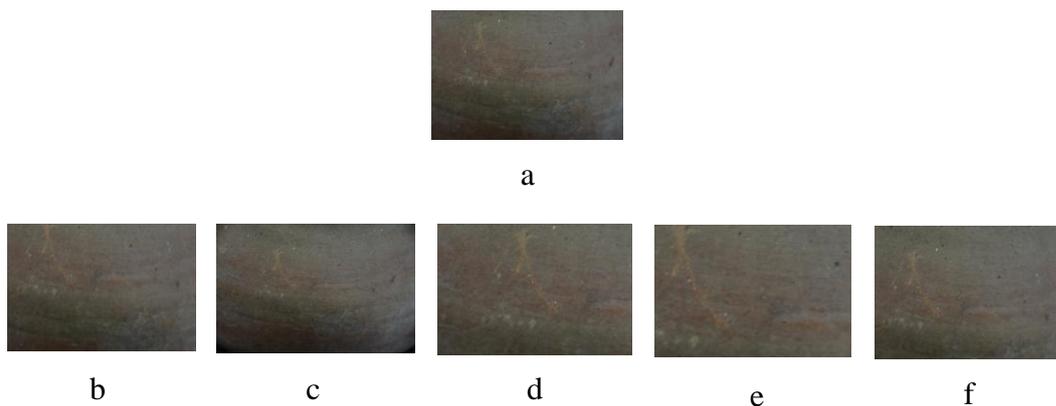
Analisa kinerja dari Sistem Temu Kembali Citra gerabah dilakukan dengan menghitung *precision* dan untuk menghitung jarak antara dua vektor dengan menggunakan perhitungan jarak *Minkowski*.

4.4.1 Uji Coba Ekstraksi Fitur GLCM

Untuk memperoleh nilai fitur tekstur pada citra gerabah yakni dengan menggunakan metode GLCM, langkah pertama untuk setiap citra latih yang berupa RGB dikonversi kedalam citra *grayscale* terlebih dahulu, selanjutnya citra *grayscale* tersebut diambil nilai GLCM nya menggunakan 4 sudut yakni 0° , 45° , 90° dan 135° . Pada setiap derajat pengambilan fitur menggunakan 11 besaran yakni *Angular Second Moment (ASM)*, *contrast*, *Inverse Different Moment (IDM)*, *entropy*, *Correlation*, *sum of squares*, *sum average*, *sum variance*, *sum entropy*,

difference variance, *difference entropy* dengan menggunakan persamaan pada subbab 2.5. Nilai GLCM tersebut menghasilkan 44 vektor fitur. Untuk citra inputan *query* juga dilakukan proses yang sama dalam ekstraksi fitur, setelah nilai fitur dari citra *database* dan citra *query* didapat maka langkah selanjutnya adalah menghitung jarak dari kedua citra dengan menggunakan jarak *Minkowski*. Untuk mengetahui kinerja dari sistem temu kembali citra gerabah menggunakan ekstraksi fitur GLCM dilakukan dengan menghitung nilai dari *precision*. Hasil dari ujicoba performa fitur warna ini ditampilkan dengan mengambil 5 citra dengan nilai terkecil yang mendekati pada nilai fitur dari citra *query*.

Hasil dari ujicoba performa fitur tekstur GLCM ini ditampilkan dengan mengambil 5 citra dengan nilai terkecil yang mendekati pada nilai fitur dari citra *query*. Salah satu contoh citra gerabah yang ditemukan kembali dengan hasil semua relevan ditunjukkan pada citra kualig seperti Gambar 4.4



Gambar 4.4 Hasil Sistem Temu Kembali Citra menggunakan fitur GLCM yang semua relevan.

(a) inputan citra *query* kualig2 (b) kualig1 (c) kualig3 (d) kualig5 (e) kualig4 (f) kualig6.

Pada uji coba ini juga dilakukan ekstraksi fitur GLCM menggunakan parameter jarak yang berbeda-beda untuk mengetahui jarak yang baik untuk digunakan dalam mendapatkan nilai GLCM. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengambil nilai GLCM pada 4 sudut yakni 0° , 45° , 90° dan 135° dengan menggunakan parameter inputan jarak *co-occurrence matrix* (d), dimana jarak ini digunakan untuk mempertimbangkan lokasi-lokasi piksel yang saling berdekatan

pada GLCM. Parameter d yang digunakan adalah $d = 1$, $d=2$ dan $d=3$.

Hasil ujicoba penggunaan fitur GLCM untuk Sistem Temu Kembali Citra gerabah disajikan pada tabel 4.1, hasil performa tertinggi dalam uji coba yakni dengan menggunakan $d = 3$ dengan nilai *precision* yang cukup baik yakni sebesar 68.89%. Dari hasil ujicoba tiga nilai d yang digunakan menunjukkan bahwa dengan menggunakan nilai $d = 3$, maka performa ekstraksi fitur GLCM mengalami kenaikan sebesar 2.96% dibanding menggunakan $d = 1$ dan $d = 2$. Hasil dari ujicoba yang dilakukan membuktikan bahwa pemilihan jarak (d) yang digunakan dalam menentukan lokasi-lokasi piksel *co-occurrence matrix* untuk membentuk nilai GLCM mampu mempengaruhi hasil dari performa Sistem Temu Kembali citra gerabah.

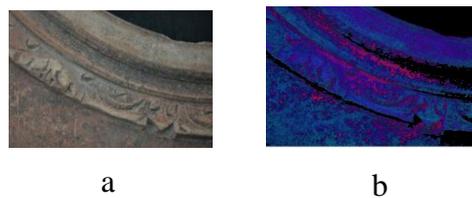
Tabel 4.1 Rata-rata hasil uji coba input parameter d pada GLCM

Jarak <i>co-occurrence matrix</i>(d)	<i>Precision</i> (%)
1	65.93
2	65.93
3	68.89

4.4.2 Uji Coba Ekstraksi Fitur Warna HSV

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performa dari HSV sebagai ekstraksi fitur warna pada sistem temu kembali citra gerabah. Langkah pertama adalah citra latih yang berupa citra RGB (*Red, Green, Blue*) dikonversi ke dalam citra HSV menggunakan persamaan 2.2, 2.3, dan 2.4. Hasil Konversi citra RGB ke HSV bisa dilihat pada Gambar 4.5. Untuk mendapatkan nilai fitur warna pada citra HSV, dapat diperoleh melalui perhitungan statistika warna dengan melakukan perhitungan nilai *variance*, standart deviasi, *skewness* dan kurtosis pada *Hue*, *Saturation* dan *Value* dari setiap citra, nilai tersebut didapat dengan menggunakan persamaan 3.4, 3.5, 3.6, dan 3.7. Ekstraksi fitur HSV ini akan menghasilkan 12 vektor fitur untuk setiap citra. Setelah semua citra latih dihitung untuk nilai HSV nya maka nilai tersebut disimpan kedalam *database*. Untuk citra inputan *query* juga dilakukan proses yang sama dalam ekstraksi fitur, setelah nilai fitur dari citra

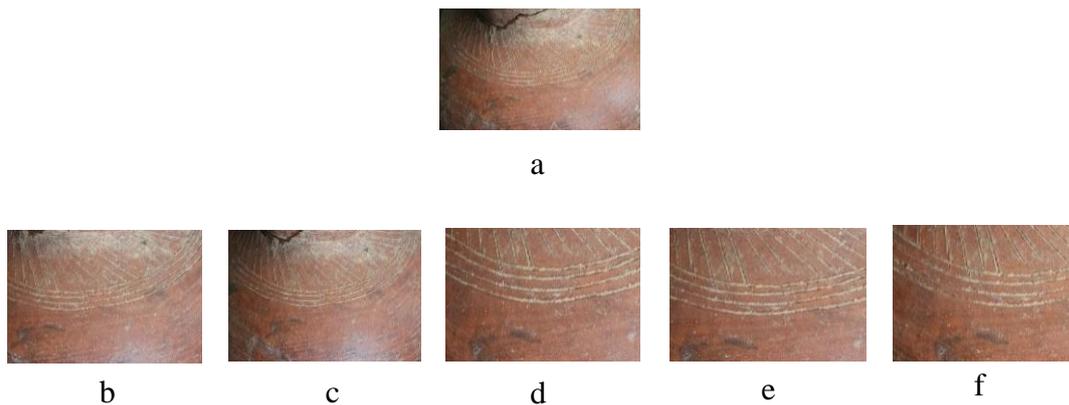
database dan citra *query* didapat maka langkah selanjutnya adalah menghitung jarak dari kedua citra dengan menggunakan jarak *Minkowski*. untuk mengetahui kinerja dari sistem temu kembali citra gerabah menggunakan ekstraksi fitur HSV dilakukan dengan menghitung nilai dari *precision*. Hasil dari ujicoba performa fitur warna ini ditampilkan dengan mengambil 5 citra dengan nilai terkecil yang mendekati pada nilai fitur dari citra *query*.



Gambar 4.5 Citra Hasil konversi RGB ke HSV

(a) citra RGB (b) citra HSV

Hasil dari ujicoba performa fitur warna ini ditampilkan dengan mengambil 5 citra dengan nilai terkecil yang mendekati pada nilai fitur dari citra *query*. Hasil performa dari fitur HSV adalah dengan jumlah rata-rata dari total 27 citra *query* yang digunakan adalah cukup baik dengan nilai *precision* sebesar 80%. Salah satu contoh citra gerabah yang ditemukan kembali dengan hasil semua relevan ditunjukkan pada citra kendi seperti Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil Temu Kembali Citra menggunakan Fitur Warna HSV yang semua relevan.

inputan citra *query* kendig2 (b) kendig3 (c) kendig5 (d) kendig4 (e) kendig1 (f) kendig6.

4.4.3 Uji Coba Ekstraksi Fitur GLCM dan HSV

Pada skenario ini dilakukan kombinasi fitur GLCM dengan fitur warna HSV. Setiap citra latih dilakukan proses ekstraksi fitur GLCM dan Warna. Pada tahap ekstraksi fitur didapatkan vektor fitur sebanyak 44 vektor fitur dari GLCM dan 12 fitur dari HSV, selanjutnya nilai vektor dari fitur GLCM dikombinasikan dengan nilai vektor dari fitur HSV sehingga didapatkan total 56 vektor fitur pada tiap citra yang tersimpan didalam *database*. Untuk mendapatkan nilai vektor fitur dari citra inputan *query*, proses yang dilakukan adalah sama dengan proses pengambilan nilai fitur dan kombinasi fitur GLCM dan warna pada citra yang didalam *database*. Apabila nilai vektor fitur dari citra *database* dan citra *query* didapat, maka langkah selanjutnya adalah dengan menghitung jarak untuk kedua vektor tersebut, yakni dengan menggunakan perhitungan jarak *Minkowski*. Untuk mengetahui kinerja dari Sistem Temu Kembali Citra gerabah menggunakan ekstraksi fitur GLCM dan warna HSV, dilakukan dengan menghitung nilai *precision*. Hasil dari ujicoba performa fitur warna ini ditampilkan dengan mengambil 5 citra dengan nilai terkecil yang mendekati pada nilai fitur dari citra *query*.

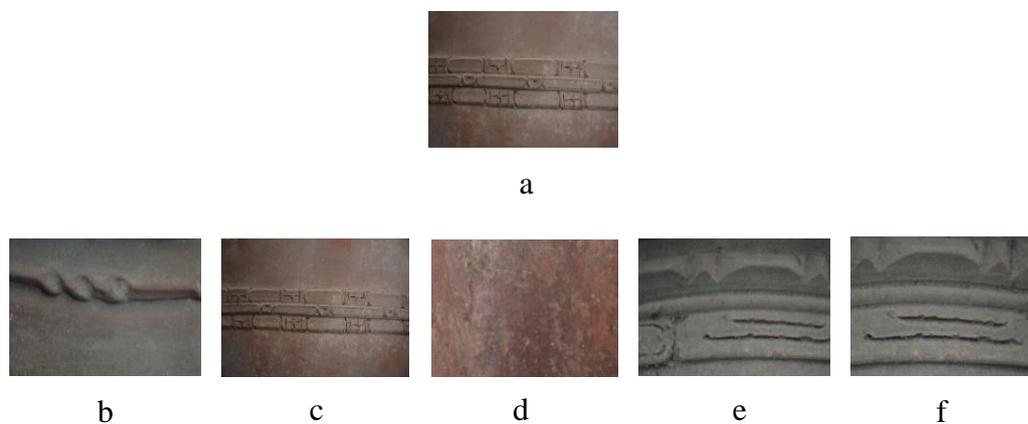
Pada uji coba ini juga dilakukan ekstraksi fitur GLCM dan HSV menggunakan parameter jarak yang berbeda-beda untuk mengetahui jarak yang baik untuk digunakan dalam mendapatkan nilai GLCM. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengambil nilai GLCM pada 4 sudut yakni 0° , 45° , 90° dan 135° dengan menggunakan parameter inputan jarak *co-occurrence matrix* (d), dimana jarak ini digunakan untuk mempertimbangkan lokasi-lokasi piksel yang saling berdekatan pada GLCM. Parameter d yang digunakan adalah $d = 1$, $d = 2$ dan $d = 3$. Pada setiap derajat pengambilan fitur menggunakan 11 besaran yakni *Angular Second Moment (ASM)*, *contrast*, *Inverse Different Moment (IDM)*, *entropy*, *Correlation*, *sum of squares*, *sum average*, *sum variance*, *sum entropy*, *difference variance*, *difference entropy*.

Pada tabel 4.2 disajikan hasil uji coba ekstraksi fitur GLCM dan HSV menggunakan parameter jarak (d) yang berbeda. Hasil performa tertinggi dalam uji coba yakni dengan menggunakan $d = 3$.

Tabel 4.2 Rata-rata hasil uji coba variasi jarak (d) pada GLCM dan HSV

Jarak <i>co-occurrence matrix</i> (d)	<i>Precision</i> (%)
1	75.56
2	78.52
3	79.26

Untuk mengetahui apakah hasil kombinasi fitur GLCM dan HSV lebih baik daripada hanya menggunakan fitur GLCM atau HSV saja, maka dilakukan ujicoba pada citra *query* dan dilakukan perbandingan hasil temu kembali citra. Contoh seperti pada Gambar 4.7 terlihat hasil Sistem Temu Kembali Citra tempayan yang hanya menggunakan ekstraksi fitur GLCM, selanjutnya citra tempayan tersebut juga di uji dengan hanya menggunakan ekstraksi fitur HSV seperti pada Gambar 4.8. Pada Gambar 4.9 terlihat hasil dari ekstraksi fitur setelah menggunakan kombinasi dari GLCM dan HSV.

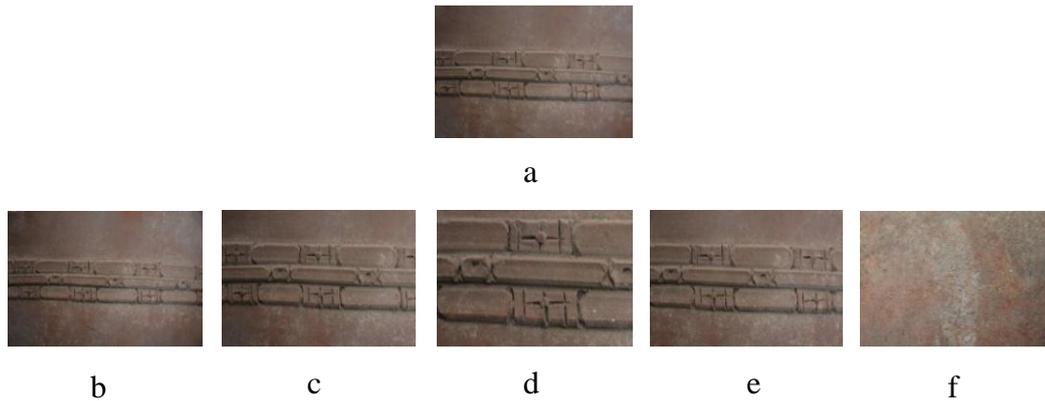


Gambar 4.7 Hasil Sistem Temu Kembali Citra gerabah menggunakan fitur GLCM.

(a) inputan citra *query* tempayne2 (b) tempayanc3 (c) tempayne1 (d) kendii4 (e) tempayanb2 (f) tempayanb3.

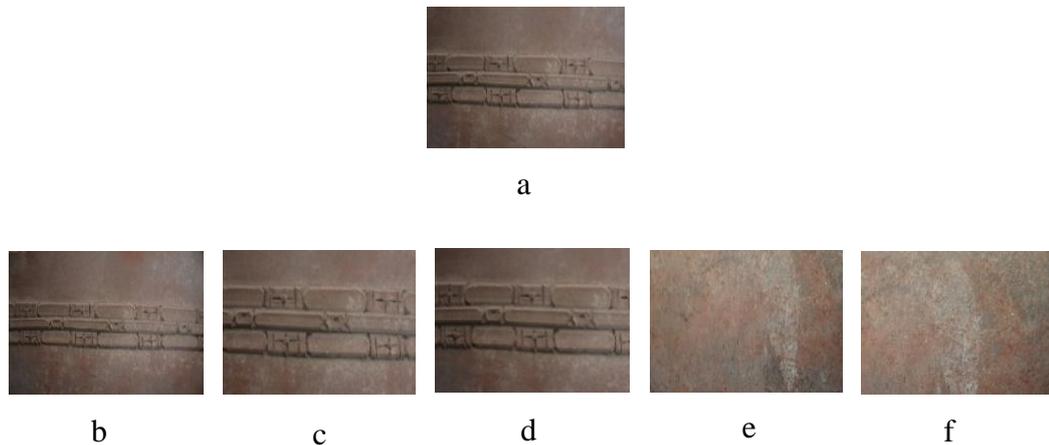
Pada gambar 4.7 ekstraksi fitur hanya menggunakan GLCM dengan inputan citra *query* tempayan dan hasilnya adalah pada citra urutan pertama ditempati oleh citra tempayan, tetapi bukan termasuk citra relevan sesuai dengan citra inputan

query, jumlah dari citra temu kembali yang relevan adalah 1 citra yang relevan dari 5 citra yang ditampilkan. Pada Gambar 4.9 ekstraksi fitur hanya menggunakan warna HSV, dimana hasil dari temu kembali citra untuk urutan pertama ditempati oleh citra *database* tempayan yang relevan, jumlah dari citra temu kembali yang relevan adalah 4 citra dari lima citra yang ditampilkan.



Gambar 4.8 Hasil Sistem Temu Kembali Citra gerabah menggunakan fitur HSV.

(a) inputan citra *query* tempayane2 (b) tempayane1 (c) tempayane6 (d) tempayane4 (e) tempayane3 (f) kualih6



Gambar 4.9 Hasil Sistem Temu Kembali Citra gerabah menggunakan kombinasi fitur GLCM dan HSV.

(a) inputan citra *query* tempayane2 (b) tempayane1 (c) tempayane3 (d) tempayane6 (e) kualih6 (f) kualih5.

Hasil kombinasi fitur GLCM dan HSV bisa dilihat pada Gambar 4.9, perbedaan terlihat pada hasil citra relevan yang ditemukan kembali. Dengan menggunakan kombinasi fitur GLCM dan HSV citra relevan yang ditemukan bertambah dengan jumlah 3 citra relevan dari total lima citra yang ditampilkan, sedangkan dengan hanya menggunakan fitur GLCM saja total citra yang relevan yang ditemukan hanya 1 citra relevan. Performa dari kombinasi fitur GLCM dan HSV adalah cukup baik dengan nilai *precision* sebesar 79.26% dari jumlah rata-rata dari total 27 citra *query* yang digunakan.

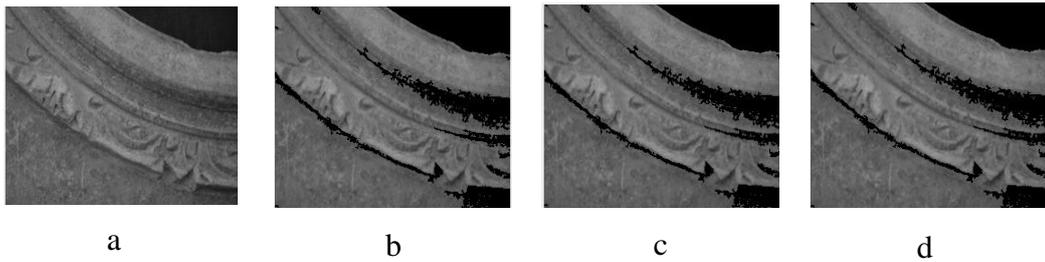
4.4.4 Uji Coba Ekstraksi Fitur MS-GLCM

Untuk memperoleh nilai fitur tekstur pada citra gerabah yakni dengan menggunakan metode MS-GLCM, langkah pertama untuk setiap citra latih yang berupa RGB dikonversi kedalam citra *grayscale* terlebih dahulu, selanjutnya citra *grayscale* tersebut dilakukan proses *gaussian smoothing* menggunakan beberapa kernel 3x3, 5x5 dan 7x7. Contoh dari citra hasil *gaussian smoothing* bisa dilihat pada Gambar 4.10. Untuk citra *gaussian* setiap kernel diambil nilai GLCM nya menggunakan 4 sudut yakni 0°, 45°, 90° dan 135°. Pada setiap derajat pengambilan fitur menggunakan 11 besaran yakni *Angular Second Moment(ASM)*, *contrast*, *Inverse Different Moment (IDM)*, *entropy*, *Correlation*, *sum of squares*, *sum average*, *sum variance*, *sum entropy*, *difference variance*, *difference entropy* dengan menggunakan persamaan pada subbab 2.5. Setiap nilai GLCM menghasilkan 44 vektor fitur, setelah nilai setiap GLCM didapat maka dilakukan proses kombinasi *local* untuk menghasilkan nilai vektor tunggal dengan cara seperti pada subbab 3.5.

Apabila menggunakan 3 kernel maka total dari nilai GLCM tiap kernel yang dikombinasi menghasilkan nilai 132 vektor fitur. Untuk citra inputan *query* juga dilakukan proses yang sama dalam ekstraksi fitur, setelah nilai fitur dari citra *database* dan citra *query* didapat maka langkah selanjutnya adalah menghitung jarak dari kedua citra dengan menggunakan jarak *Minkowski*. Untuk mengetahui kinerja dari sistem temu kembali citra gerabah menggunakan ekstraksi fitur MS-GLCM dilakukan dengan menghitung nilai *precision*. Hasil dari ujicoba performa

fitur warna ini ditampilkan dengan mengambil 5 citra dengan nilai terkecil yang mendekati pada nilai fitur dari citra *query*.

Pada uji coba ini juga dilakukan ekstraksi fitur MS-GLCM menggunakan variasi jarak dan kernel untuk mengetahui jarak dan kernel yang baik untuk digunakan dalam mendapatkan hasil temu kembali citra gerabah.



Gambar 4.10 Hasil Citra *Gaussian Smoothing*

(a) citra *grayscale* (b) citra kernel 3x3 (c) citra kernel 5x5 (d) citra kernel 7x7

Tabel 4.3 Rata-rata hasil uji coba variasi jarak(d) dan 1 kernel pada MS-GLCM

Jarak <i>co-occurrence</i> matrix (d)	<i>Precision (%)</i>		
	Kernel 3x3	Kernel 5x5	Kernel 7x7
1	66.67	65.19	62.22
2	67.41	64.44	61.48
3	68.15	64.44	61.48

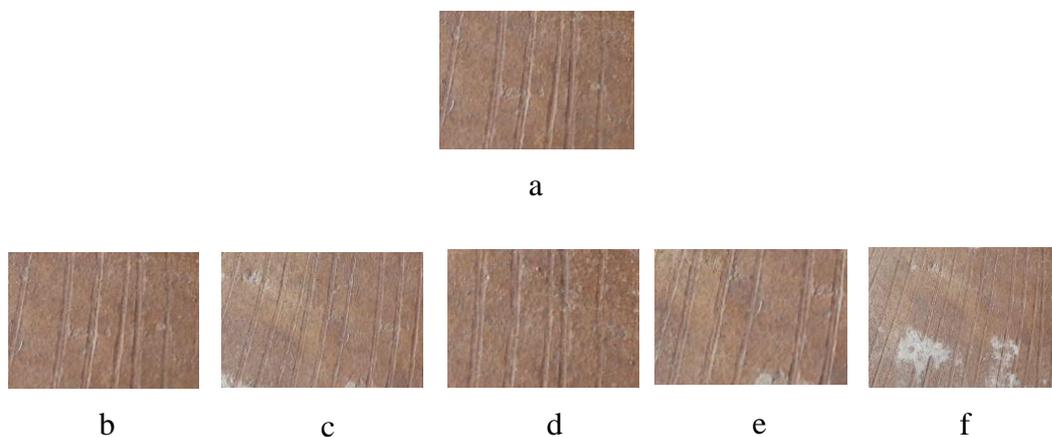
Tabel 4.4 Rata-rata hasil uji coba variasi jarak(d) dan 2 kernel pada MS-GLCM

Jarak <i>co-occurrence</i> matrix (d)	<i>Precision (%)</i>		
	Kernel 3x3 dan 5x5	Kernel 3x3 dan 7x7	Kernel 5x5 dan 7x7
1	68.15	67.41	65.19
2	68.15	68.15	65.19
3	68.15	68.15	66.67

Tabel 4.5 Rata-rata hasil uji coba variasi jarak(d) dan 3 kernel pada MS-GLCM

Jarak <i>co-occurrence</i> matrix (d)	<i>Precision</i> (%)
	Kernel 3x3,5x5 dan 7x7
1	67.47
2	68.15
3	68.89

Hasil ujicoba penggunaan fitur MS-GLCM untuk Sistem Temu Kembali Citra gerabah disajikan pada tabel 4.3, 4.4, dan 4.5. Hasil performa tertinggi dalam uji coba yakni diperlihatkan pada tabel 4.5 dimana nilai *precision* cukup baik yakni sebesar 68.89% dengan menggunakan jarak $d = 3$ dan kernel 3x3,5x5 dan 7x7. Berdasarkan hal tersebut pemilihan penggunaan jarak (d) dan kernel sangat penting karna dapat mempengaruhi nilai dari performa sistem temu kembali citra gerabah. Salah satu contoh citra gerabah yang ditemukan kembali dengan hasil semua relevan ditunjukkan pada citra kendi seperti Gambar 4.11



Gambar 4.11 Hasil Temu Kembali Citra menggunakan fitur MS-GLCM yang semua relevan.

(a) inputan citra query kendic6 (b) kendic2 (c) kendic1 (d) kendic5 (e) kendic4
(f) kendic3

4.4.5 Uji coba kombinasi Fitur MS-GLCM dan Warna HSV

Pada skenario ini akan dilakukan kombinasi fitur MS-GLCM dengan fitur warna HSV. Setiap citra latih dilakukan proses ekstraksi fitur MS-GLCM dan Warna. Pada tahap ekstraksi fitur didapatkan vektor fitur sebanyak 12 fitur dari HSV dan 132 vektor fitur dari MS-GLCM apabila menggunakan 3 kernel, selanjutnya nilai vektor dari fitur HSV dikombinasikan dengan nilai vektor dari MS-GLCM sehingga didapatkan total 144 vektor fitur pada tiap citra yang tersimpan didalam *database*. Untuk mendapatkan nilai vektor fitur dari citra inputan *query*, proses yang dilakukan adalah sama dengan proses pengambilan nilai fitur dan kombinasi fitur MS-GLCM dan warna pada citra yang didalam *database*. Apabila nilai vektor fitur dari citra *database* dan citra *query* didapat, maka langkah selanjutnya adalah dengan menghitung jarak untuk kedua vektor tersebut, yakni dengan menggunakan perhitungan jarak *Minkowski*. untuk mengetahui *kinerja* dari sistem temu kembali citra gerabah menggunakan ekstraksi fitur MS-GLCM dan warna HSV, dilakukan dengan menghitung nilai dari *precision*. Hasil dari ujicoba performa fitur warna ini ditampilkan dengan mengambil 5 citra dengan nilai terkecil yang mendekati pada nilai fitur dari citra *query*.

Pada uji coba ini juga dilakukan ekstraksi fitur MS-GLCM dan HSV menggunakan variasi jarak dan kernel untuk mengetahui jarak dan kernel yang baik untuk digunakan dalam mendapatkan hasil temu kembali citra gerabah. Hasil ujicoba penggunaan fitur MS-GLCM dan HSV untuk Sistem Temu Kembali Citra gerabah disajikan pada tabel 4.6, 4.7, dan 4.8. Hasil performa tertinggi dalam uji coba yakni diperlihatkan pada tabel 4.7 dimana nilai *precision* cukup baik yakni sebesar 85.19% dengan menggunakan jarak $d = 1$ pada kernel 3×3 dan 7×7 dan $d = 3$ pada kernel 3×3 dan 7×7 . Berdasarkan hal tersebut pemilihan penggunaan jarak (d) dan kernel sangat penting karna dapat mempengaruhi nilai dari performa sistem temu kembali citra gerabah. Dibandingkan dengan hanya menggunakan ekstraksi fitur MS-GLCM saja, kombinasi fitur ini mengalami kenaikan 16.30% dari nilai terbaik pada MS-GLCM.

Tabel 4.6 Rata-rata hasil uji coba variasi jarak(d) dan 1 kernel pada MS-GLCM dan HSV

Jarak co-occurrence matrix (d)	Precision (%)		
	Kernel 3x3	Kernel 5x5	Kernel 7x7
1	82.22	83.70	82.96
2	82.96	83.70	82.96
3	82.22	84.44	82.96

Tabel 4.7 Rata-rata hasil uji coba variasi jarak(d) dan 2 kernel pada MS-GLCM dan HSV

Jarak co-occurrence matrix (d)	Precision (%)		
	Kernel 3x3 dan 5x5	Kernel 3x3 dan 7x7	Kernel 5x5 dan 7x7
1	84.44	85.19	82.96
2	84.44	84.44	83.70
3	84.44	85.19	84.44

Tabel 4.8 Rata-rata hasil uji coba variasi jarak(d) dan 3 kernel pada MS-GLCM dan HSV

Jarak co-occurrence matrix (d)	Precision (%)
	Kernel 3x3, 5x5 dan 7x7
1	82.22
2	82.96
3	82.96

Untuk membuktikan hasil kombinasi fitur MS-GLCM dan HSV lebih baik daripada hanya menggunakan fitur MS-GLCM atau HSV saja, maka dilakukan ujicoba pada citra *query* dan dilakukan perbandingan hasil temu kembali citra. Contoh seperti pada Gambar 4.12 terlihat hasil temu kembali citra tempayan yang hanya menggunakan MS-GLCM, selanjutnya citra tempayan tersebut juga di uji

dengan hanya menggunakan HSV seperti pada Gambar 4.13. Pada Gambar 4.14 terlihat hasil dari ekstraksi fitur setelah menggunakan kombinasi dari MS-GLCM dan HSV.



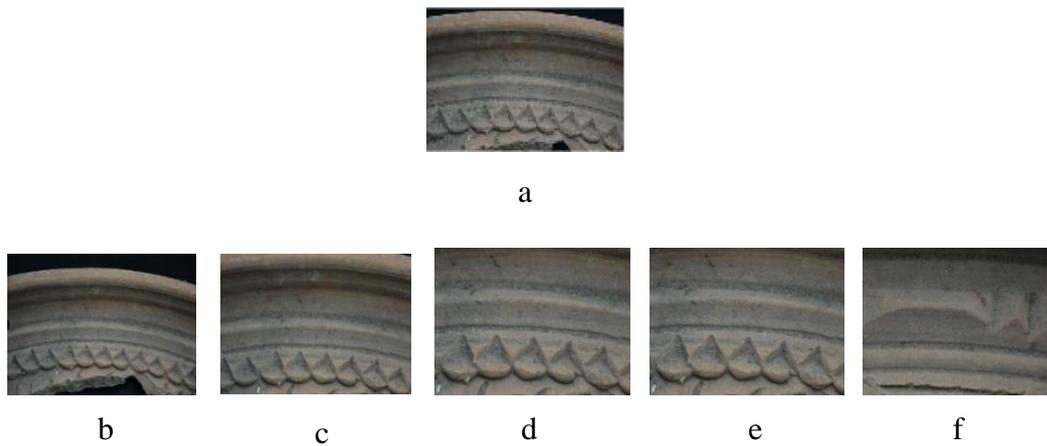
Gambar 4.12 Hasil Temu Kembali citra Tempayan menggunakan fitur MS-GLCM.

(a) inputan citra *query* tempayand2 (b) tempayane4 (c) tempayand3 (d) tempayand1 (e) tempayand4 (f) tempayanb6.

Pada gambar 4.12 ekstraksi fitur hanya menggunakan MS-GLCM, hasilnya adalah pada citra urutan pertama ditempati oleh citra tempayan juga tapi bukan termasuk citra relevan sesuai dengan citra inputan *query*, jumlah citra relevan yang berhasil didapat adalah 3 citra relevan dari total 5 citra yang ditampilkan. Pada Gambar 4.14 ekstraksi fitur hanya menggunakan warna HSV, dimana hasil dari temu kembali citra untuk urutan pertama ditempati oleh citra tempayan yang relevan, jumlah dari citra temu kembali yang relevan adalah 2 citra dari lima citra yang ditampilkan. Hasil kombinasi fitur MS-GLCM dan HSV bisa dilihat pada Gambar 4.14, perbedaan terlihat pada hasil citra relevan yang ditemukan kembali. Dengan menggunakan kombinasi fitur MS-GLCM dan HSV citra relevan yang ditemukan bertambah dengan jumlah 4 dari total 5 citra yang ditampilkan, ini membuktikan terdapat peningkatan daripada hanya menggunakan satu fitur seperti pada gambar 4.12 dan 4.13.



Gambar 4.13 Hasil Temu Kembali citra Tempayan menggunakan fitur HSV.
 (a) inputan citra *query* tempayand2 (b) tempayand1 (c) tempayand3 (d) tempayang6 (e) tempayang3 (f) tempayand4.

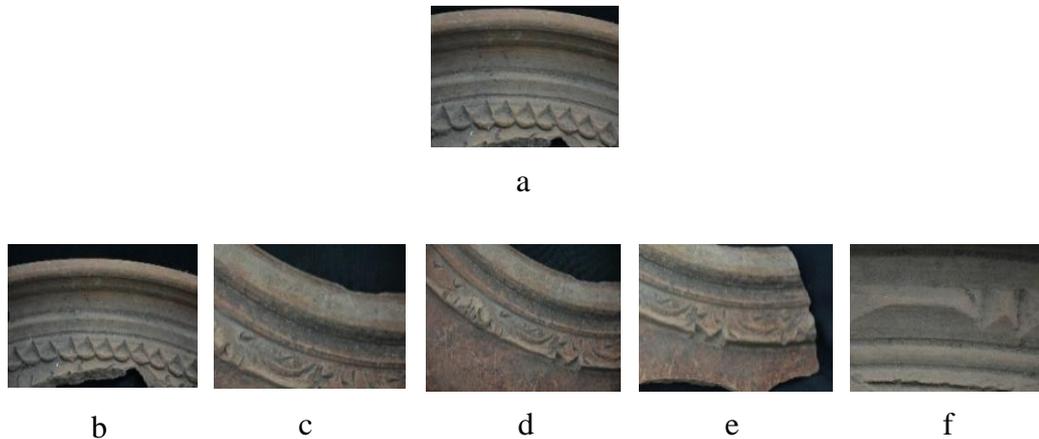


Gambar 4.14 Hasil Temu Kembali citra Tempayan menggunakan kombinasi fitur MS-GLCM dan HSV.
 (a) inputan citra *query* tempayand2 (b) tempayand3 (c) tempayand1 (d) tempayand4 (e) tempayand5 (f) tempayanb5.

4.5 Pembahasan dan Analisa ujicoba

Penggunaan fitur GLCM juga terdapat beberapa kesalahan dalam pengenalan fitur tekstur pada citra gerabah, pada Gambar 4.16 diperlihatkan hasil dari salah satu citra dimana untuk hasil temu kembali citranya yang tidak semua relevan. Pada Gambar 4.15 hasil citra relevan yang ditemukan kembali berjumlah

1 citra, hal ini disebabkan karena fitur GLCM mempunyai kelemahan dalam menangkap informasi tekstur pada suatu citra dalam skala yang berbeda.

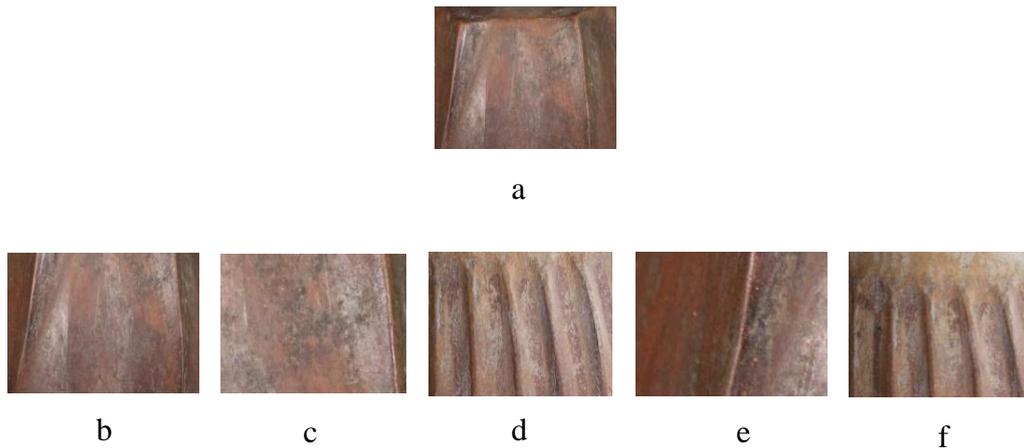


Gambar 4.15 Hasil Sistem Temu Kembali Citra menggunakan fitur GLCM tidak semua relevan.

(a) inputan citra *query* tempayand2 (b) tempayand1 (c) tempayang6 (d) tempayang1 (e) tempayang3 (f) tempayanb5.

Ekstraksi fitur dengan menggunakan HSV pada sistem temu kembali citra gerabah juga tidak terlepas dari kesalahan dalam mengambil ciri dari citra gerabah, hal ini dikarenakan beberapa kondisi, yang pertama warna dari citra kendi, kuali dan tempayan memiliki kesamaan warna yang cukup tinggi. Bisa dilihat dengan kasat mata bahwa terdapat kemiripan warna yang sangat tinggi setiap objeknya yang dominan dalam warna abu-abu, merah bata dan coklat, seperti pada Gambar 4.16 ditampilkan hasil inputan citra *query* dengan total citra yang relevan dengan jumlah tiga, yakni Temu Kembali Citra dengan urutan satu, dua dan empat. Sedangkan citra yang ditemukan kembali pada urutan tiga dan lima adalah citra yang tidak relevan. Dua citra yang tidak relevan ini terpanggil karena pada nilai fitur HSV yang diambil mempunyai nilai warna kemiripan yang cukup tinggi dengan citra inputan *query*. Kondisi yang kedua untuk setiap fragmen dari gerabah yang baru ditemukan warna dari objek asli terkadang banyak tertutup oleh bagian dari tanah yang masih

melekat yang diakibatkan karena tertimbun dalam jangka waktu yang lama. Hal ini juga termasuk penyebab kesalahan apabila hanya memakai ekstraksi fitur warna dalam pengambilan ciri objek gerabah, fragmen dari gerabah yang sejenis akan susah dikenali apabila fragmen tersebut berubah warna dari citra data yang sudah didapatkan sebelumnya.



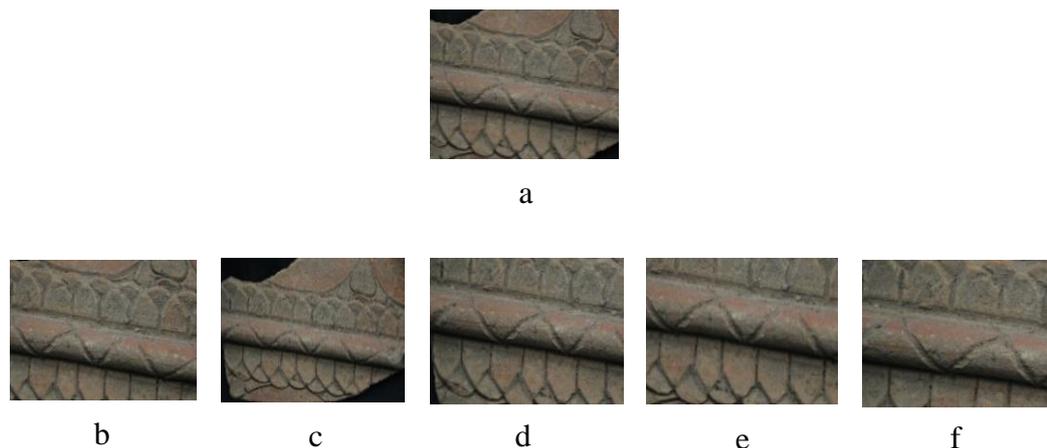
Gambar 4.16 Contoh citra gerabah dengan kemiripan warna.

(a) inputan citra *query* kendii2 (b) kendii1 (c) kendii3 (d) kendie4 (e) kendii6
(f) kendii3

Sistem temu kembali citra gerabah dengan penggunaan kombinasi fitur GLCM dan HSV dengan variasi jarak yang digunakan diperlihatkan pada tabel 4.2, hasil performa tertinggi dalam uji coba yakni dengan menggunakan jarak $d = 3$ dengan nilai *precision* yang cukup baik yakni sebesar 79.26%. Dari hasil ujicoba tiga nilai d yang digunakan menunjukkan bahwa dengan menggunakan nilai $d = 3$, maka performa ekstraksi kombinasi fitur GLCM dan HSV mengalami kenaikan sebesar 3.70% dibanding menggunakan $d = 1$ dan mengalami kenaikan sebesar 0.74 dibandingkan menggunakan $d = 2$. Tetapi rata-rata performa penggunaan kombinasi fitur GLCM dan HSV yang didapat masih rendah dibandingkan hanya dengan menggunakan fitur HSV, rata-rata performa untuk HSV sendiri adalah 80 %. Hal ini membuktikan bahwa fitur

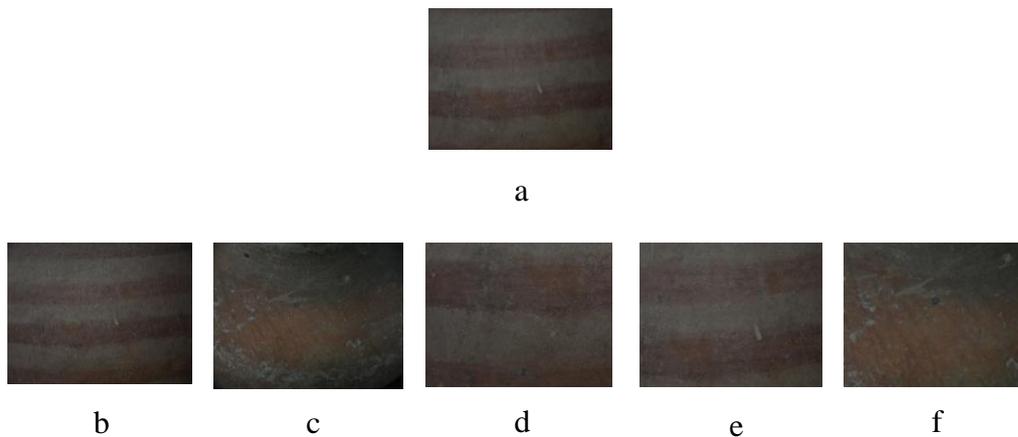
HSV lebih dominan daripada fitur GLCM serta kombinasi fitur GLCM dan HSV pada Sistem Temu Kembali Citra gerabah.

Kelebihan dari MS-GLCM sendiri yakni dapat menangkap informasi ciri tekstur dalam berbagai skala dengan cukup baik, seperti hasil uji coba yang telah dilakukan pada Gambar 4.17. hasil temu kembali citra pada urutan satu sampai dengan lima tampilan hasilnya relevan sesuai dengan inputan citra *query*. MS-GLCM cukup baik dalam pengambilan nilai ciri tekstur pada citra gerabah, tetapi terdapat kelemahan apabila dalam proses ekstraksi dihadapkan dengan menggunakan citra yang mempunyai tekstur halus. Dalam dataset gerabah yang digunakan seperti kendi, kualii dan tempayan, masing-masing dari jenis tersebut mempunyai bagian tekstur yang lebih halus dan kurang terlihat, hal ini yang menyebabkan kesalahan dalam pengambilan fitur menggunakan MS-GLCM. Seperti pada Gambar 4.18, hasil temu kembali citra gerabah pada inputan citra *query* yang bertekstur halus mendapatkan hasil tiga citra relevan termasuk jenis tempayan dan dua citra yang ditemukan dan tidak relevan berjenis kualii. Dapat disimpulkan bahwa apabila terdapat citra yang mempunyai ciri tekstur lebih halus/kurang terlihat maka menyebabkan MS-GLCM kurang maksimal dalam performanya.



Gambar 4.17 Hasil Temu Kembali Citra gerabah dengan skala yang berbeda.

(a) inputan citra *query* tempayana2 (b) tempayana3 (c) tempayana1 (d) tempayana6 (e) tempayana5 (f) tempayana4



Gambar 4.18 Hasil Temu Kembali Citra dengan citra bertekstur halus.

(a) inputan citra *query* tempayani2 (b) tempayani1 (c) kualii1 (d) tempayani6
 (e) tempayani3 (f) kualii3

Hasil dari hasil temu kembali citra menggunakan kombinasi fitur MS-GLCM dan HSV yang diusulkan dalam penelitian ini menghasilkan nilai lebih baik daripada menggunakan fitur MS-GLCM saja atau hanya menggunakan fitur HSV. Dalam ekstraksi fitur yang hanya menggunakan HSV terdapat kelemahan, yaitu apabila citra tersebut mempunyai kesamaan nilai warna dengan citra yang lain maka hasil ekstraksi fitur warna akan kurang maksimal saat digunakan. Citra gerabah yang berjenis kendi, kualii dan tempayan untuk bahan pembuatannya rata-rata mayoritas dari tembikar atau tanah liat, hal ini membuat warna dari jenis kendi, kualii dan tempayan mengalami kesamaan, untuk itulah diperlukan informasi ciri tambahan untuk membuat performa dari sistem temu kembali citra menjadi maksimal. Begitupun juga dengan hanya penggunaan fitur MS-GLCM dimana ekstraksi fitur MS-GLCM mempunyai kelemahan apabila dihadapkan dengan citra dengan tekstur yang lebih halus atau kurang terlihat, kendala ini dapat diatasi dengan menambahkan fitur tambahan yang kuat yakni dengan menggunakan fitur warna. Fitur warna dapat membantu meningkatkan hasil ekstraksi fitur MS-GLCM dikarenakan walaupun dihadapkan dengan citra yang mempunyai tekstur kurang terlihat atau kurang kuat tetapi citra tersebut bisa diambil nilai fitur warnanya yang dapat

membedakan dengan citra yang lain. Contoh dari hasil penggunaan satu fitur dan kombinasi fitur sudah disajikan pada Gambar 4.13, 4.14, dan 4.15.

Tabel 4.9 menampilkan nilai performa tertinggi pada setiap fitur ekstraksi yang digunakan. Nilai performa pada metode ekstraksi fitur GLCM menghasilkan *precision* tertinggi pada penggunaan jarak (d) = 3 yakni 68.89%, sedangkan untuk ekstraksi fitur menggunakan HSV menghasilkan *precision* tertinggi dengan nilai 80%. Kombinasi fitur GLCM dan HSV menghasilkan nilai *precision* tertinggi yakni pada penggunaan jarak (d) = 3 dengan nilai 79.26%. Nilai *precision* tertinggi pada metode ekstraksi fitur MS-GLCM dihasilkan pada penggunaan jarak (d) = 3 dengan kernel 3x3,5x5 dan 7x7 yakni dengan nilai 68.89%. sedangkan hasil performa yang paling baik dihasilkan dari kombinasi fitur MS-GLCM dan HSV dengan nilai *precision* 85.19 % pada penggunaan jarak (d) = 1 dengan penggunaan dua kernel 3x3 dan 7x7 dan penggunaan jarak (d) = 3 dengan penggunaan dua kernel 3x3 dan 7x7.

Tabel 4.9 Nilai rata-rata *precision* tertinggi pada setiap metode ekstraksi fitur

Metode Ekstraksi fitur	Nilai rata-rata <i>Precision</i> tertinggi (%)
GLCM dengan jarak (d) = 3	68.89
HSV	80.00
GLCM dan HSV dengan jarak (d) = 3	79.26
MS-GLCM dengan jarak (d) =3 dan kernel (3x3,5x5 dan 7x7)	68.89
MS-GLCM dan HSV dengan jarak (d) = 1 dan kernel (3x3 dan 7x7), dengan jarak (d) = 3 dan kernel (3x3 dan 7x7)	85.19

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan ujicoba dan analisa hasil, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain:

1. Berdasarkan hasil uji coba sistem temu kembali citra gerabah berhasil dengan baik dengan nilai rata-rata *precision* 68.89% menggunakan fitur GLCM, 80% menggunakan fitur HSV, 79.26% menggunakan fitur GLCM dan HSV, 68.89 % menggunakan fitur MS-GLCM, dan 85.19% menggunakan kombinasi fitur MS-GLCM dan HSV.
2. Penggunaan variasi jarak (*d*) dan kernel mampu mempengaruhi hasil dari performa metode ekstraksi fitur.
3. Keberhasilan dari Sistem Temu kembali Citra gerabah ini sangat bergantung pada keberhasilan metode ekstraksi fitur dalam merepresentasikan sebuah citra.

5.2 SARAN

Adapun saran pada penelitian ini adalah :

1. Metode yang digunakan berhasil dengan baik untuk citra yang berbeda skala, namun tidak dirancang untuk *invariant* terhadap rotasi. Sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan metode yang *invariant* terhadap rotasi.
2. Dataset citra gerabah yang digunakan merupakan citra berjenis kendi, kualiti dan tempayan. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan ada penambahan dataset citra gerabah yang digunakan seperti citra piring, jambangan dan gerabah lainnya.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, T., & K.Ray, A. (2005). *Image Processing Principles and Application*. New Jersey: Wiley-Interscience.
- Bpcp. (2016, maret 06). *Upaya Pelestarian Cagar Budaya*. Retrieved from <http://kebudayaan.kemdikbud.go.id/bpcbtrowulan/profil/upaya-pelestarian-cagar-budaya/>
- C.Gozalez, R., & E.woods, R. (2004). *Digital Image Processing using MATLAB*. Pearson LPE.
- Cedillo-Hernandez, M., Garcia-Ugalde, F. J., Cedillo-Hernandez, A., Nakano-Miyatake, M., & Perez-Meana, H. (2015). Mexican Archaeological Image Retrieval Based on Object Matching and a Local Descriptor. *International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI-2015)*. Coimbatore, INDIA: 978-1-4799-6805-3/15/\$31.00©2015 IEEE.
- Chernov, V., Alander, J., & Bochko, V. (2015). Integer-based accurate conversion between RGB and HSV color. *Computers and Electrical Engineering*.
- D.Kulkarni, A. (1994). *Artificial Neural Networks for Image Understanding*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Hall-Beyer, M. (2007). *The GLCM Tutorial Home Page*. Retrieved from <http://www.fp.ucalgary.ca/mhallbey/tutorial.htm>
- Haralick, R. M., Shanmugam, K., & dinstein, I. (1973). Textural Features For Image Classification. *IEEE Transactions On System, MAN and Cybernetics*.
- Ivan. (2016). *Definisi Cagar Budaya dan Permuseuman*. Retrieved from <http://kebudayaan.kemdikbud.go.id/ditpcbm/2015/05/11/definisi-cagar-budaya-dan-permuseuman/>
- John, D., Tharani, S., & K, S. (2014). Content Based Image Retrieval using HSV-Color Histogram and GLCM. *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies*.
- Kadir, A., & Susanto, A. (2013). *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.

- koutsoudis, a., pavlidis, g., & chamzasm, c. (2010). Detecting Shape Similarities in 3D Poottery Repositories. *IEEE Fourth International Conference on Semantic Computing*.
- manning, C. D., Raghavan, P., & Schutze, H. (2009). *An Introduction to Image Retrieval*. Cambridge England: Cambridge University Press.
- Martines, W. L., & R.Martinez, A. (2002). *Computational Statistic Handbook With MATLAB*. Florida: CRC Press LLC.
- Paschos, G. (2001). Perceptually Uniform Color Spaces for Color Texture. *IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING*, VOL. 10, NO. 6.
- Prasetyo, E. (2011). *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi.
- Rasheed, N. A., & Nordin, M. J. (2015). Using Both HSV Color and Texture Features to Classify Archaeological Fragments. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 10(12): 1396-1403.
- S.Newsam, & C.Kamath. (2005). Comparing Shape and Texture Features for Pattern Recognition in Simulation Data. *IS&T/SPIE's Annual Symposium on Electronic Imaging*. San Jose,CA,United States.
- Siqueira, F. R., Schwartz, W. R., & Pedrini, H. (2013). Multi-scale gray level co-occurrence matrices for texture description. *Neurocomputing*.
- Smith, A. R. (1978). Color Gamut Transform Pairs. *SIGGRAPH 78 Conference Proceedings*. ACM.
- Yates, R. B., & Neto, B. R. (1999). *Modern Information Retrieval*. New York: Laddison Wesley.

BIOGRAFI PENULIS



Yunita prastyaningsih, penulis yang dilahirkan di Mojokerto, Jawa Timur pada 12 Juni 1987 merupakan anak kedua dari 3 bersaudara dan dibesarkan dikota kelahiran Mojokerto, Jawa Timur. Penulis menempuh pendidikan SDN 1 Jedong Ngoro Mojokerto (1993 - 1999). Kemudian berlanjut kejenjang menengah pertama di SMPN 3 Peterongan Jombang (1999 – 2002), SMK telekomunikasi Peterongan Jombang (2002 - 2005) dan S1 Teknik Informatika di Universitas Muhammadiyah Malang (2005 -2010).

Pada tahun 2014, penulis mendapatkan kesempatan melanjutkan studi S2 Teknik Informatika, di Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya, penulis mengambil bidang keahlian komputasi cerdas dan visual (KCV), penulis melanjutkan studi pascasarjana melalui program beasiswa PraS2-S2 Saintek Dikti untuk menjadi staf pengajar dengan *homebase* di Politeknik Negeri Tanah Laut (POLITALA). Penulis dapat dihubungi melalui alamat *e-mail* zhunitha.fn@gmail.com