

Segmentasi Arca pada Museum Mpu Tantular Sidoarjo Menggunakan Learning Vector Quantization

Aviv Yuniar Rahman^{1,2}, Surya Sumpeno²

¹ Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang,
Jl. Taman Borobudur Indah No.35, Malang, 65142
E-mail: aviv.yuniar@gmail.com

² Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Kampus ITS Keputih Sukolilo, Surabaya, 60111
E-mail: surya@ee.its.ac.id

Abstrak — Segmentasi citra merupakan proses untuk menyederhanakan gambar. Segmentasi sudah banyak yang melakukan baik bidang umum, medis, satelit maupun radar. Namun belum ada yang khusus meneliti segmentasi arca. Padahal arca melambangkan peradaban manusia pada zaman lalu. Banyak arca yang ditemukan saat ini di candi dalam keadaan rusak atau hilang. Arca yang rusak disebabkan oleh bencana alam atau ulah manusia. Sedangkan arca yang hilang karena dicuri untuk diperjual belikan sebagai hiasan atau koleksi pribadi. Pemerintah melakukan antisipasi untuk arca yang hilang dengan membangun museum. Tetapi jumlah arca yang di Negara Indonesia banyak. Oleh karena itu, memerlukan segmentasi arca untuk rekonstruksi obyek 3D dalam bentuk digital arca, sehingga dapat melestarikannya. Penelitian ini menggunakan data Arca Ganesha, Arca Dewa Tari dan Arca Budha yang diambil di Museum Mput Tantular Sidoarjo. Teknik Segmentasi yang digunakan adalah LVQ yang telah dimodifikasi. Metode LVQ yang diusulkan dapat bekerja unsupervised dan supervised. Segmentasi Arca menggunakan LVQ, berhasil memisahkan obyek dan latar belakang dengan baik. Hasil akurasi median filter terbaik pada Arca Ganesha sebesar 99.972 % pada $K=0.4$, Arca Dewa Tari sebesar 99.924% pada $K=1.7$ dan Arca Budha sebesar 99.958 % pada $K=0.4$.

Kata Kunci — Segmentasi, Arca, Museum, Mpu Tantular Sidoarjo, Unsupervised, Supervised, LVQ.

I. PENDAHULUAN

Segmentasi citra untuk mengelompokan fitur gambar yang memiliki kedekatan terpendek pada pusat klaster [1],[2],[3]. Jumlah kelompok pada segmentasi ditentukan terlebih dahulu sesuai kebutuhan. Selain untuk keperluan pengelompokan, segmentasi digunakan untuk menyederhanakan citra yang mempunyai latar belakang warna yang kompleks [4]. Segmentasi citra dipakai dalam pengolahan citra dan pengenalan pola [5]. Jenis pengolahan citra segmentasi meliputi umum, satelit, radar dan medis [1],[6],[7]. Segmentasi umum obyeknya tidak spesifik seperti manusia, bangunan atau hewan [1]. Sedangkan segmentasi citra satelit dipergunakan untuk mendeteksi bencana seperti kebakaran hutan atau mencari jalan alternative [6], [8]. Dalam bidang medis segmentasi untuk identifikasi seperti pada MRI [9],[10].

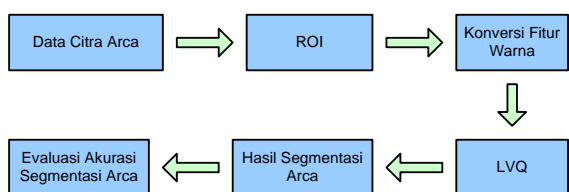
Penelitian ini mengambil obyek segmentasi citra pada arca. Obyek yang terdapat pada arca menggambarkan peradaban manusia masa lampau. Karena dalam pembuatannya mempunyai latar belakang kehidupan pada zamannya. Arca dibuat manusia untuk sarana pemujaan terhadap roh suci leluhur, raja dan penggambaran dewa. Arca dari Hindu maupun Budha sebagai sarana untuk pemujaan [11].

Arca peninggalan zaman dulu bisa dilihat di Museum, salah satunya adalah Mpu Tantular di Sidoarjo. Museum ini dibangun pada tahun 1937 oleh Godfried Hariowald Von Fabe. Setelah meninggal pendiri museum, kemudian diambil ahli oleh yayasan pendidikan umum dengan nama museum jawa timur pada tahun 1972. Tempat museum beberapa kali dipindahkan karena memerlukan lahan yang luas. Tempat terakhir Museum di Sidoarjo dengan nama Museum Mpu Tantular pada tahun 2004. Tujuan pembuatan museum untuk melestarikan cagar budaya dalam rangka pengembangan kebudayaan nasional. Museum Mpu Tantular memiliki berbagai macam arca. Koleksi arca seperti Arca Ganesha, Arca Dewa Tari dan Arca Budha. Arca yang dipaparkan tersebut digunakan untuk data penelitian segmentasi citra arca [12].

Segmentasi citra berbagai macam cara salah satunya menggunakan learning vector quantization (LVQ). Metode LVQ terdiri dari unsupervised dan supervised. Perbedaannya adalah unsupervised untuk mengelompokan tanpa dilatih, sedangkan supervised memerlukan pelatihan. LVQ mempunyai keunggulan dalam segmentasi citra yang mempunyai latar belakang warna yang kompleks. Hasil segmentasi yang diperoleh memiliki kinerja yang lebih baik dari hasil penelitian sebelumnya [4]. Selain itu Segmentasi

menggunakan LVQ dapat diterapkan di medis seperti MRI. Hasil dari penelitian segmentasi MRI menggunakan LVQ menunjukkan akurasi yang lebih baik daripada kohonen[9]. Segmentasi citra sudah banyak dilakukan mengenai obyek citra umum, bidang kesehatan, radar maupun satelit [1],[2],[3],[4],[5]. Metode yang digunakan untuk segmentasi obyek tersebut seperti LVQ maupun Kohonen [9]. Namun belum ada yang meneliti segmentasi arca dengan LVQ. Padahal arca sebagai gambaran peradaban masa lalu. Arca yang ditemukan sekarang di candi-candi rusak dan semakin berkurang [13]. Karena mengalami kerusakan akibat bencana alam seperti gempa bumi [14]. Adapun arca yang hilang karena dicuri oleh orang untuk dijadikan hiasan atau koleksi pribadi [15],[16],[17]. Untuk mengantisipasi arca yang rusak atau hilang, pemerintah Indonesia melestarikannya dengan disimpan di museum. Tetapi jumlah arca yang ada di Negara Indonesia banyak [18]. Tidak semua arca bisa dimasukkan ke dalam museum [19]. Sehingga mengundang pemerhati peradaban untuk melestarikan dan menelitinya [20],[21],[22].

Kami mengusulkan segmentasi citra arca pada museum mpu tantular menggunakan LVQ. Karena hasil segmentasi citra arca digunakan untuk obyek rekonstruksi 3D dalam bentuk data digital. Sehingga arca disimpan dalam jumlah yang banyak dan ditampilkan dalam bentuk seni yang berbeda seperti *virtual reality*. Oleh karena itu, sesuai fungsi museum untuk melestarikan budaya peninggalan peradaban masa lalu. Metode yang dipergunakan dalam segmentasi citra arca adalah LVQ. Karena metode LVQ menghasilkan kinerja yang lebih baik ketika mengeskrak obyek pada latar belakang warna yang kompleks.



Gambar 1 Diagram sistem segmentasi arca menggunakan LVQ

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian dalam segmentasi arca melalui masukan data, proses dan keluaran. Gambar 2.1 merupakan gambaran sistem yang terdiri dari proses Data citra Arca, ROI, konversi Citra Warna, Normalisasi, LVQ, Hasil Segmentasi Arca dan Evaluasi Segmentasi Arca. Ketujuh tahap proses penelitian ini dijelaskan lebih detail pada sub bab metodologi penelitian.

A. Data Citra Arca

Data citra yang digunakan sebagai obyek adalah arca. Data citra diambil dari Museum Mpu Tantular

Sidoarjo. Data citra yang digunakan dalam penelitian ada tiga. Data terdiri dari Arca Genesha, Arca Dewa Tari dan Arca Budha. Tipe data yang digunakan adalah png. Ukuran data citra 618x464 pixel untuk Arca Ganesha, 618x464 pixel untuk Arca Dewa Tari dan 618x464 pixel untuk Arca Budha. Setiap data Arca mempunyai lima gambar berbeda yang terdiri satu citra referensi dan empat citra target segmentasi. Dalam proses segmentasi diawali pembacaan citra referensi kemudian masuk ke ROI, Konversi Figur Warna, Normalisasi dan masuk proses Klastering LVQ. Setelah hasil Klastering LVQ selesai, proses pembacaan citra target dimulai dari gambar 2 sampai 4 yang melalui ROI, Konversi Figur Warna, Normalisasi dan masuk proses klasifikasi LVQ.

B. ROI

Region Of Interest (ROI) dipergunakan segmentasi untuk mengambil obyek yang dikehendaki. Tujuan untuk menghemat waktu komputasi saat masuk ke LVQ. Karena dengan membaca data keseluruhan citra akan memakan waktu komputasi lama. Selain itu ROI dipergunakan untuk mengambil fitur jarak dan warna. Fitur jarak terdiri lembar citra x dan panjang y. Sedangkan fitur warna berupa reed, green blue (RGB). Hasil dari ROI masuk ke proses konversi fitur warna

C. Konversi fitur warna

Hasil dari ROI berupa tiga fitur warna dan dua jarak. Untuk fitur warna citra masih berformat *reed*, *green* dan *blue* (RGB). Maka perlu dikonversi ke dalam bentuk *hue*, *saturation* dan *value* (HSV). Karena kelebihan dari format HSV lebih detil untuk fitur warna. Hasil dari HSV dikali nilai Konstanta (K) dari 0.1 sampai 5. Hasil dari perkalian HSV dengan K dilanjutkan ke Normalisasi.

D. Normalisasi

Proses normalisasi diperlukan dalam segmentasi arca. Sebab dari fitur warna dan jarak tidak sama ukuran nilainya. Tujuannya adalah menghasilkan fitur yang memiliki *range* minimum dan maksimum yang sama baik fitur warna maupun jarak.

E. LVQ

Lerning Vector Quantization (LVQ) merupakan salah satu machine learning yang dipergunakan untuk klasifikasi maupun klastering. Dalam penelitian ini menggunakan LVQ modifikasi yang dapat berkerja klastering kemudian klasifikasi. Proses klastering adalah pengenalan pola tanpa dilatih. Sedangkan klasifikasi memerlukan pelatihan untuk menghasikan data prediksi. Tujuan dari Modifikasi dari LVQ untuk meningkatkan kinerja segmentasi citra arca yang maksimal dalam menangani multi gambar segmentasi. Proses kerja dari LVQ yang pertama adalah membaca data input berupa fitur yang telah dinormalisasikan. Kemudian dilanjutkan ke proses klastering untuk mengenali obyek dan latar belakang. Hasil dari klastering berupa pengenalan obyek dan latar belakang sebagai

data latih. Proses selanjutnya yaitu klasifikasi yang dipergunakan untuk proses segmentasi. Klasifikasi memerlukan data latih dan data testing. Data latih diambil dari hasil klastering, sedangkan data pelatihan diambil dari asli yang telah melewati proses, roi, konversi warna dan normalisasi. Hasil klasifikasi membentuk dua group yang terdiri dari obyek dan latar belakang.

F. Hasil Segmentasi Arca

Hasil yang diperoleh dari LVQ berupa kelompok obyek dan latar belakang. Dari kelompok tersebut, kemudian digabung ke dalam citra baru. Hasil dari penggabungan kelompok berupa ekstraksi obyek arca yang memiliki latar belakang transparan.

G. Evaluasi Segmentasi Arca

Tahap terakhir dalam sistem segmentasi arca adalah Evaluasi. Tujuan dari evaluasi untuk mengukur kinerja sistem hasil segmentasi dengan data target. Hasil evaluasi terdiri dari akurasi sebelum training , setelah training dan median filter.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Gambar 3.1 merupakan hasil segmentasi arca pada Museum Mpu Tantular Sidoarjo. Data yang dipergunakan sebanyak tiga data terdiri dari Arca Ganesha, Arca Dewa Tari dan Arca Budha. Pengujian data Arca menggunakan 4 gambar yang diambil dari sudut yang berbeda.

Citra Arca Ganesha mempunyai obyek manusia berkepala manusia dan latar belakang berupa lingkungan di Museum. Obyek citra Arca Ganesha terdiri dari empat gambar yang berbeda. Setiap gambar Arca Ganesha diambil sudut 45⁰. Hasil segmentasi yang diperoleh citra Arca Ganesha baik pada K=5. Terlihat dapat mengekstraksi Arca Ganesha dengan warna latar belakang putih tanpa ada bagian terpotong pada gambar 2 sampai 4. Hasil segmentasi citra Arca Ganesha pada Gambar 3.1 dengan nama Gambar Original 1.

Citra Arca Dewa Tari digambarkan seperti manusia jenis kelamin perempuan yang berwarna hitam. Sedangkan latar belakang pada Arca Dewa Tari hampir sama dengan Arca Ganesha yang memiliki warna ruangan.

Tabel 1.
Hasil Segmentasi Arca

	Gambar 1	Gambar 2	Gambar 3	Gambar 4	K
Gambar Original 1					-
Hasil Ekstraksi 1					5
Gambar Original 2					-
Hasil Ekstraksi 2					1.7
Gambar Original 3					-
Hasil Ekstraksi 3					5

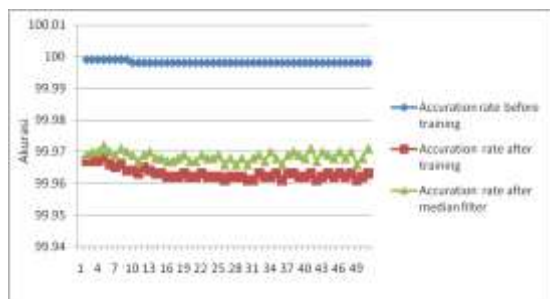
Gambar Arca Dewa Tari diambil beberapa sudut yang berbeda. Gambar Arca Dewa Tari dari 2 sampai 4 diambil sudut 35° . Segmentasi yang dihasilkan dari Gambar 1 sampai 4 terlihat ekstraksi obyek tidak terpotong sama sekali pada $K=1.7$. Namun pada gambar 2 sampai 4 terlihat titik pada latar belakang. Ukuran titik pada latar belakang semakin jelas pada gambar ke 4. Hal ini dipengaruhi oleh warna hitam pada Arca Dewa Tari yang tidak kontras pada alas permukaan meja. Sehingga ketika Arca Dewa Tari diekstrak oleh machine learning akan menghasilkan prediksi obyek dengan latar belakang yang tidak tepat.

Hasil segmentasi Arca Dewa Tari dapat dilihat pada Gambar 3.1 dengan nama Gambar Original 2. Percobaan yang ketiga merupakan citra Arca Budha pada Gambar 3.1 dengan nama Gambar Original 3. Citra Arca Budha mempunyai obyek warna coklat muda dan latar belakang yang kompleksitasnya sedang. Arca Budha digambar seperti manusia yang memiliki lima panca indra. Arca Budha dibuat sedang duduk yang menggambarkan bertapa untuk mencari pencerahan. Gambar Arca Budha diambil dari empat sudut yang berbeda. Sudut yang pertama sampai ke empat adalah 25° .

Hasil segmentasi yang diperoleh menunjukkan baik. Karena dari gambar Arca Budha pertama sampai ke empat memperlihatkan ekstraksi tanpa ada noise di latar belakang.

Dari ketiga data percobaan yang terdiri Arca Ganesha, Arca Dewa Tari dan Arca Budha menunjukkan hasil segmentasi baik. Urutan hasil segmentasi arca dari Arca Budha, Arca Ganesha dan Arca Dewa Tari. Hal ini dipengaruhi karena Arca Budha memiliki warna yang kontras dengan latar belakang. Selain itu, Arca Budha mempunyai bentuk obyek yang sederhana daripada Arca Ganesha atau Arca Dewa Tari. Urutan yang kedua dipengaruhi oleh warna gelap pada obyek Arca Ganesha yang tidak kontras dengan warna latar. Sehingga hasil segmentasinya kurang maksimal.

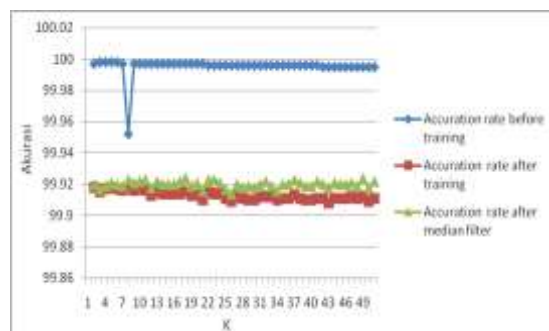
Hasil dari Arca Dewa Tari dipengaruhi oleh warna dan bentuk. Karena warna obyek yang tidak kontras dengan warna latar. Selain hal tersebut, pengaruh dari bentuk yang rumit dari Arca Tari yang digambar wanita yang sedang menari yang dilengkapi aksesoris di kepala dan tangan.



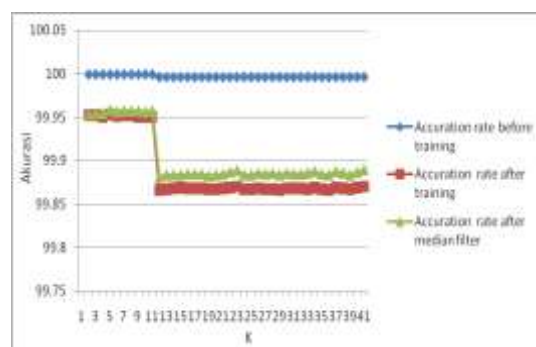
Gambar 2. Grafik Akurasi Arca Ganesha terhadap variasi K

Gambar 2, 3 dan 4 merupakan grafik dari hasil pengujian Arca Ganesha, Arca Dewa Tari dan Arca Budha terhadap K. Nilai K divariasikan dari 1 sampai 5. Namun nilai K dari grafik bernilai 1-50 maka perlu dibagi 10 untuk menghasilkan cakupan nilai 1 sampai 5. Variasi nilai K digunakan untuk mencari nilai optimal dari akurasi.

Gambar 2 merupakan hasil pengujian Arca Ganesha terhadap nilai K. Pengujian terdiri dari *Accuracy rate before training*/sebelum training, *Accuracy rate after training*/setelah training dan *accuracy rate after median filter*/median filter. Akurasi sebelum training digunakan untuk menguji LVQ pada saat klastering. Sedangkan akurasi setelah training untuk menguji LVQ pada saat klasifikasi. Hasil dari akurasi setelah training kurang tepat. Sehingga memerlukan akurasi median filter untuk mengambil nilai tengah. Hasil Akurasi sebelum training yang terbaik pada saat nilai $K \leq 10/10$. Pada saat nilai $K > 10/10$ mengalami penurunan akurasi dari $K=11/10$ sampai $K=50/10$. Namun hasil akurasi sebelum training pada saat nilai $11/10 \leq K \leq 50/10$ menghasilkan akurasi stabil. Akurasi yang dihasilkan setelah training dari LVQ yang terbaik pada saat nilai $K=4/10$ sebesar 99.968 %.



Gambar 3.3 Grafik Akurasi Arca Dewa Tari terhadap variasi K



Gambar 4. Grafik Akurasi Arca Budha terhadap variasi K

Untuk akurasi setelah training terendah sebesar 99.961 %. Selisih antara minimal dengan maksimal pada hasil akurasi setelah training sebesar 0.007%. Cakupan akurasi dari hasil akurasi training baik. Karena selisishnya maksimal dengan minimal tidak terlalu jauh. Sedangkan nilai akurasi median filter terbaik sebesar 99.972 % pada saat $K=4/10$. Untuk

hasil akurasi median filter minimal sebesar 99.966 %. Selisih maksimum dengan minimum pada hasil akurasi median filter kurang dari 1%. Akurasi antara hasil training dengan median filter tidak terpaut jauh.

Gambar 3 adalah hasil dari akurasi Arca Dewa Tari terhadap variasi K. Hasil memperlihatkan bahwa nilai akurasi sebelum training pada saat $K=7/10$ sangat rendah sebesar 99.952 %. Setelah $K=7/10$ berangsur-angsur akurasi naik dan stabil. Untuk akurasi sebelum training yang terbaik pada saat nilai $K=0.2$ sampai $K=0.5$ sebesar 99.998 %. Hasil akurasi setelah training yang terendah sebesar 99.908 dan tertinggi sebesar 99.918 %. Nilai $K=0.1, 0.4$ dan 0.7 untuk akurasi setelah training yang terendah, sedangkan tertinggi pada saat $K=4.2$. Sedangkan untuk hasil akurasi training median filter terbaik sebesar 99.924 % pada saat $K=1.7$ dan terjelek sebesar 99.914 % pada saat $K=2.5$.

Gambar 4 adalah hasil akurasi dari Arca Budha terhadap variasi K. Hasil menunjukkan bahwa akurasi sebelum training stabil mendekati angka 100%. Dari hasil akurasi sebelum training terbaik pada saat nilai $K \leq 10/10$. Hal ini mempengaruhi juga hasil dari akurasi setelah training dan akurasi median filter pada saat $K > 10$. Hasil akurasi setelah training dan akurasi median filter pada grafik memperlihatkan cenderung menurun dan stabil sampai $K=50/10$. Hasil akurasi setelah training yang terbaik sebesar 99.866 % pada saat nilai $K=4/10$ dan terburuk sebesar 99.953 % pada saat nilai $K=2.1, 3.8$ dan 4.5 . Sedangkan hasil akurasi median filter yang maksimal sebesar 99.882 % dan minimal sebesar 99.958 %. Nilai akurasi median filter pada saat $K=4/10$ minimum dan $K=21/10$ maksimum.

Dari ketiga gambar grafik pada Gambar 2 sampai gambar 3 menghasilkan hasil akurasi sebelum training terbaik pada Arca Ganesha dan Budha sebesar 99.999 %. Untuk hasil akurasi setelah training terbaik sebesar 99.968 % pada Arca Ganesha. Sedangkan hasil median filter terbaik pada Arca Ganesha sebesar 99.972 %. Urutan hasil akurasi terbaik sebelum training, setelah training dan median filter adalah Arca Ganesha, Arca Budha dan Arca Dewa Tari dengan nilai $K < 20/10$. Faktor yang mempengaruhi dari hasil akurasi dari ketiga arca terhadap nilai K adalah bentuk arca yang rumit mempengaruhi dalam hasil segmentasi. Karena dari hasil akurasi terlihat bahwa Arca Ganesha yang memiliki bentuk lebih sederhana dari Arca Dewa Tari lebih baik akurasinya. Kedua mengenai masalah kontras warna dari arca tidak begitu mempengaruhi. Sebab hasil dari Arca Budha yang mempunyai warna kontras kuning tidak mempengaruhi akurasi yang lebih baik. Ketiga mengenai sudut pengambilan gambar tidak mempengaruhi akurasi. Hal ini terlihat Arca Budha yang mempunyai sudut pengambilan terkecil tidak mempengaruhi akurasi lebih baik dari Arca Ganesha yang mempunyai sudut lebih besar.

Menurut hipotesis sudut yang lebih kecil akan lebih baik akurasinya. Karena perpindahan obyek gambar berikutnya teratur.

IV. KESIMPULAN

1. Hasil urutan segmentasi yang terbaik pada saat terlihat secara visual adalah Arca Budha, Arca Ganesha dan Arca Dewa Tari.
2. Hasil akurasi sebelum training Arca Ganesha terbaik sebesar 99.999 % pada $0.1 \leq K \leq 0.8$. Akurasi Setelah training sebesar 99.968 % pada $K=0.4$. Dan median filter sebesar 99.972 % pada $K=0.4$.
3. Hasil akurasi Dewa Tari terbaik sebesar 99.998 % pada $0.2 \leq K \leq 0.5$. Akurasi Setelah training sebesar 99.918 % pada $K=0.1, 0.4, 0.7$. Dan median filter sebesar 99.924% pada $K=1.7$.
4. Hasil akurasi Budha terbaik sebesar 99.999 % pada $0.1 \leq K \leq 1$. Akurasi Setelah training sebesar 99.953 % pada $K=0.4$. Dan median filter sebesar 99.958 % pada $K=0.4$
5. Hasil akurasi sebelum training, setelah training dan median filter terbaik dari tiga arca adalah Arca Ganesha pada pengambilan gambar sudut 45^0 .
6. Faktor yang mempengaruhi akurasi arca maksimal adalah bentuk yang sederhana. Sehingga machine learning dengan mudah untuk membedakan obyek atau latar belakang.

V. SARAN

1. Hasil pengamatan visual segmentasi citra Arca Dewa Tari terlihat belum maksimal. Sehingga akan menarik ketika terlihat jelas segmentasinya. Oleh karena itu, untuk meningkatkan tampilan citra Arca Dewa Tari membutuhkan metrik pengukuran yang lebih presisi seperti minkowski distance.
2. Hasil akurasi dari segmentasi citra arca cukup bagus dengan akurasi di atas 90 %. Namun lebih baik hasil segmentasi direkonstruksi dalam bentuk 3D. Karena akan terlihat perbedaan gambar yang tidak disegmentasi dengan yang disegmentasi dalam rekonstruksi 3D.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah memberikan beasiswa Program Magister Teknik Elektro Bidang Studi Jaringan Cerdas Multimedia ITS. Sehingga penulis dapat mempublikasikan sebagian penelitian Tesis ke Seminar Nasional dan Rapat Kerja Tahunan Forum Dosen Indonesia (FDI) 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Dhanachandra, K. Mangle, and Y. J. Chanu, "Image Segmentation Using K -means Clustering Algorithm and Subtractive Clustering Algorithm," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 54, pp. 764–771, 2015.
- [2] H. Permuter, J. Francos, and I. Jermyn, "A study of Gaussian mixture models of color and texture features for image classification and segmentation," *Pattern Recognit.*, vol. 39, no. 4, pp. 695–706, 2006.
- [3] S. H. Ong, N. C. Yeo, K. H. Lee, Y. V. Venkatesh, and D. M. Cao, "Segmentation of color images using a two-stage self-organizing network," *Image Vis. Comput.*, vol. 20, no. 4, pp. 279–289, 2002.
- [4] A. Denecke, H. Wersing, J. J. Steil, and E. Körner, "Online figure-ground segmentation with adaptive metrics in generalized LVQ," *Neurocomputing*, vol. 72, no. 7–9, pp. 1470–1482, 2009.
- [5] H. D. Cheng, X. H. Jiang, Y. Sun, and J. Wang, "Color image segmentation: Advances and prospects," *Pattern Recognit.*, vol. 34, no. 12, pp. 2259–2281, 2001.
- [6] V. Barrile and G. Bilotta, "Fast Extraction of Roads for Emergencies with Segmentation of Satellite Imagery," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 223, pp. 903–908, 2016.
- [7] Y. Duan, F. Liu, and L. Jiao, "Sketching Model and Higher Order Neighborhood Markov Random Field-Based SAR Image Segmentation," *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, vol. 13, no. 11, pp. 1686–1690, 2016.
- [8] P. Ganesan, B. S. Sathish, and G. Sajiv, "A Comparative Approach of Identification and Segmentation of Forest Fire Region in High Resolution Satellite Images," pp. 3–8, 2016.
- [9] M.-S. Yang, K. C.-R. Lin, H.-C. Liu, and J.-F. Lirng, "Magnetic resonance imaging segmentation techniques using batch-type learning vector quantization algorithms," *Magn. Reson. Imaging*, vol. 25, no. 2, pp. 265–277, 2007.
- [10] A. Ahmadvand and M. R. Daliri, "Improving the runtime of MRF based method for MRI brain segmentation," *Appl. Math. Comput.*, vol. 256, pp. 808–818, 2015.
- [11] E. Humanis, "Arca perwujudan pendeta di pura candi agung desa lebih, kabupaten gianyar," vol. 14, pp. 15–21, 2016.
- [12] Admin, "Sejarah Berdirinya Museum Mpu Tantular," *Mpu Tantular Museum Negeri Provinsi Jawa Timur*, 2012. [Online]. Available: <http://www.museum-mputantular.com/profile/sejarah-berdirinya-museum/>.
- [13] A. Suryoto, "Banyak Benda Bersejarah Tak Terawat," *Suara Merdeka*, 2013. [Online]. Available: <http://www.suaramerdeka.com/harian/0312/29/dar3.htm>.
- [14] J. Martono, "Mengenang Gempa Tektonik 2006 di Yogyakarta dan Sekitarnya," *Kompas*, 2013. [Online]. Available: http://www.kompasiana.com/jk.martono/mengenang-gempa-tektonik-2006-di-yogyakarta-dan-sekitarnya-1_5520a164a33311764646d137.
- [15] mbr/djo, "Arca, Polisi Gagalkan Pencurian 34," *Detik*, 2010. [Online]. Available: <http://news.detik.com/berita/d-1271504/polisi-gagalkan-pencurian-34-arca>.
- [16] T. P. Widijanto, "Kisah Kepala Arca yang Terpanggal," *Kompas*, 2011. [Online]. Available: <http://nasional.kompas.com/read/2011/03/11/05131682/about.html>.
- [17] KDW| Yogyakarta, "Maling Panggal Dua Arca di Candi Plaosan," *Viva*, 2015. [Online]. Available: http://nasional.news.viva.co.id/news/read/109433-maling_panggal_dua_arca_di_candi_plaosan.
- [18] M. D. Poesponegoro and N. Notosusanto, *Sejarah Nasional Indonesia : Zaman Prasejarah di Indonesia*, Pemutakhir. PT BALAI PUSTAKA, 2008.
- [19] R. Cynthia, "10 Museum dengan Koleksi Tidak Biasa Yang Bisa Kamu Kunjungi Akhir Pekan Ini," *Hipwee*, 2014. [Online]. Available: <http://www.hipwee.com/hiburan/museum-yang-tidak-biasa-di-indonesia/>.
- [20] MUH NURCHOLIS, "Bukti Sejarah Kembali Ditemukan di Ponorogo," *EDHIE BASKORO YUDHOYONO*, 2014. [Online]. Available: <http://www.edhiebaskoro.com/mobile/content.php?ibas&typeweb=m&menu=DapilVIIJawaTimur&id=1183>.
- [21] Ansori, "Penemuan Arca Kuno Gemparkan Loano," *Sorot Purworejo*, 2016. [Online]. Available: <http://www.sorotpurworejo.com/berita-purworejo-2701-penemuan-arca-kuno-gemparkan-loano.html>.
- [22] admin, "3 Peneliti Indonesia Tes Keaslian Arca Purba Pakai Nuklir," *Warta 10*, 2016. [Online]. Available: <http://nusantara.warta10.com/3-peneliti-indonesia-tes-keaslian-arca-purba.7600.html>.