

PENGOLAHAN CITRA DIGITAL UNTUK IDENTIFIKASI OBJEK MENGUNAKAN METODE *HIERARCHICAL AGGLOMERATIVE CLUSTERING*

Juju Jumadi, Yupianti, Devi Sartika

Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dehasen Bengkulu
Bengkulu, Indonesia

e-mail: juju.jumadi@unived.ac.id, yupiantiprana@gmail.com,
devisartika@unived.ac.id

Abstrak

Identifikasi objek (*object recognition*) merupakan suatu bidang keilmuan dari komputer vision yang menggambarkan suatu objek yang didasarkan pada sifat utama dari objek tersebut. Identifikasi objek pada citra digital membutuhkan teknik dan metode yang mampu untuk mengekstraksi dan mengidentifikasi fitur-fitur yang terdapat pada citra digital, dimana komponen utamanya adalah warna sebagai dasar dari representasi objek pada citra digital. salah satu metode yang mampu menerapkan pengelompokan warna – warna objek pada citra digital sehingga dapat menjadi fitur utama dari objek pada citra digital adalah *Hierarchical Agglomerative Clustering*. Analisa dilakukan secara bertahap yaitu analisis sistem dan analisis algoritma *agglomerative clustering*. Proses analisa kemudian dilanjutkan dengan tahap perancangan yang mana dimulai dengan perancangan *use case diagram* dan perancangan *flowchart*. Akurasi dari algoritma *Hierarchical Agglomerative Clustering* cukup baik khususnya pada objek yang memiliki warna khusus atau warna yang telah menjadi ciri dari objek tersebut namun dapat menghasilkan pengenalan yang buruk jika objek yang berbeda memiliki warna dominan yang sama.

Kata kunci: Identifikasi Objek, *Hierarchical Agglomerative Clustering*, Citra Digital

Abstract

Object recognition is a scientific field of computer vision that describes an object based on the main characteristics of the object. The identification of objects in digital images requires techniques and methods that are able to extract and identify the features contained in digital images, where the main component is color as the basis for object representation in digital images. One method that is able to apply object color grouping to digital images so that it can become the main feature of objects in digital images is Hierarchical Agglomerative Clustering. The analysis was carried out in stages, namely system analysis and agglomerative clustering algorithm analysis. The analysis process is then continued with the design stage which begins with designing a use case diagram and designing a flowchart. The accuracy of the Hierarchical Agglomerative Clustering algorithm is quite good, especially on objects that have a special color or a color that has become a characteristic of the object but can result in poor recognition if different objects have the same dominant color.

Keywords : Object Identification, Hierarchical Agglomerative Clustering, Digital Image

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi di bidang pengolahan citra (*Image Processing*) pada saat ini telah menjadi daya tarik tersendiri bagi manusia untuk di eksplorasi sehingga menjadi pengetahuan yang dapat diterima dan dipahami dalam kehidupan sehari-hari. Seiring dengan perkembangan tersebut, kreativitas identifikasi terhadap suatu objek tidak lepas dari pengolahan citra digital (Putri 2016) .

Citra adalah representasi objek dua dimensi dari dunia visual, menyangkut berbagai macam disiplin ilmu yang mencakup seni, human vision, astronomi, teknik, dan sebagainya. Merupakan suatu kumpulan piksel-piksel atau titik-titik yang berwarna yang berbentuk dua dimensi (Hutahaean, Waluyo, and Rais 2019).

Pengolahan citra digital adalah teknik mengolah citra yang bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin komputer yang dapat berupa foto maupun gambar bergerak (Effendi, Fitriyah, and Effendi 2017). Pengolahan citra merupakan cabang ilmu dalam Artificial Intelligence yang menggunakan objek citra dalam bentuk digital untuk penyelesaian kasusnya. Metode dalam citra dapat digunakan baik perhitungan matematis pada objek secara piksel ataupun geometris. Masing-masing objek citra memiliki nilai perbedaan yang dapat diperhitungkan secara matematis, sehingga menunjukkan ciri yang berbeda antara objek satu dengan yang lain. Penciri dari perbedaan setiap objek dapat ditentukan dari warna, tekstur, ataupun bentuk (Widyaningsih 2017). Dengan memanfaatkan informasi digital ini pengelompokan atau clustering dapat di implementasikan terhadap objek

Clustering adalah sebuah proses untuk mengelompokkan data ke dalam beberapa cluster atau kelompok sehingga data dalam satu cluster memiliki tingkat

kemiripan yang maksimum dan data antar cluster memiliki kemiripan yang minimum (Bramanto et al. 2021). *Clustering* melakukan pengelompokan data berdasarkan cluster/kelas dan merupakan teknik untuk mengorganisasikan data yang tidak terstruktur tersebut menjadi suatu struktur data yang mempunyai nilai informasi (Wiradharma Putu Ananda Kusuma 2015).

Clustering merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk identifikasi objek yang bekerja dengan mencirikan kelompok warna pada objek tersebut. Salah satu teknik atau metode identifikasi menggunakan ciri warna adalah *Hierarchical Agglomerative Clustering*.

Hierarchical Clustering adalah teknik clustering membentuk hirarki sehingga membentuk struktur pohon. Dengan demikian proses pengelompokkannya dilakukan secara bertingkat atau bertahap. Terdapat 2 metode pada algoritma Hierarchical Clustering yaitu Agglomerative (bottom-up) dan divisive top-down). (Simanjuntak and Khaira 2021)

Metode *Hierarchical Agglomerative Clustering* bekerja dengan mengelompokkan piksel warna pada objek berdasarkan jarak tetangga terdekat. Setiap piksel pada awalnya dianggap sebagai sebuah cluster yang kemudian tiap cluster akan mencari tetangga terdekat untuk bergabung menjadi cluster baru. Proses pembentukan cluster terus dilakukan sampai batas jumlah cluster tercapai (Saad, Mohamed, and Al-qutaish 2012)

Pengelompokan Agglomerative Hierarchical Clustering merupakan metode pengelompokan hierarki dengan pendekatan bawah-atas (*bottom up*). Proses pengelompokan dimulai dari masing - masing data sebagai satu buah kelompok, kemudian secara rekursif mencari kelompok potensial berdasarkan jarak sebagai pasangan untuk bergabung sebagai satu kelompok yang lebih besar. Proses tersebut

diulang terus sehingga tampak bergerak ke atas (Agglomerative) membentuk jenjang (hierarki) (Arifin, Stefanus, and Soeleman 2017).

Pada penelitian sebelumnya Wicaksana, Adikara dan Adinugroho pada tahun 2018 tentang clustering dokumen skripsi dengan menggunakan *Hierarchical Agglomerative Clustering* yang menyimpulkan Metode hierarchical agglomerative clustering lebih sering menghasilkan singleton (cluster yang terdiri dari 1 dokumen) sehingga mempengaruhi ketepatan suatu cluster dalam mengelompokkan dokumen (Wicaksana, Adikara, and Adinugroho 2018).

Penelitian lainnya tentang identifikasi dengan clustering juga dilakukan oleh Misdianto, Yustina dan Ira dengan menerapkan metode K-Means Clustering untuk identifikasi jenis burung Lovebird. Sistem dibagi menjadi dua tahapan yaitu tahapan pelatihan dan tahapan pengujian. Tahapan pelatihan menggunakan 30 citra burung lovebird dikenali sesuai dengan jenisnya sehingga menghasilkan tingkat akurasi sebesar 100%. Sedangkan tahapan pengujian menggunakan 24 citra burung lovebird, 22 citra burung lovebird dikenali sesuai dengan jenisnya dan 2 citra burung lovebird dikenali tetapi tidak sesuai dengan jenisnya sehingga menghasilkan tingkat akurasi sebesar 91,67% (Misdianto, Yustina Suhandini T 2020)

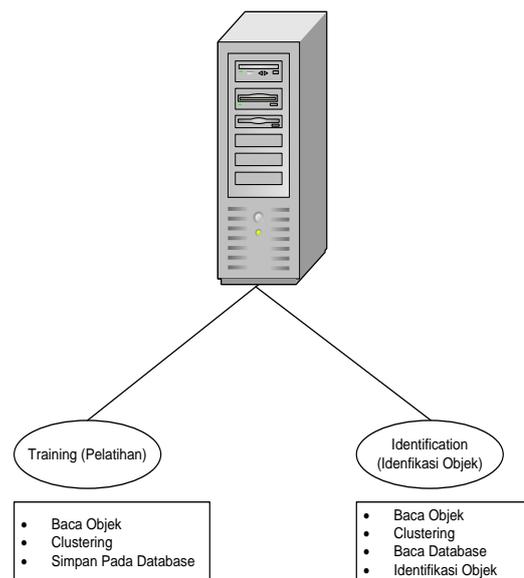
Metode *Hierarchical Agglomerative Clustering* menawarkan solusi yang sederhana dan cepat dalam pengelompokan piksel warna. Kemudian diberi label sebagai identitas. Pelabelan *cluster* adalah proses memberikan identitas berupa nama atau ciri pada suatu *cluster* agar *cluster* tersebut dapat dikenali. Nama atau ciri yang digunakan sebagai label dari suatu *cluster* merupakan objek yang mewakili isi dari *cluster*. Hasil dari pengelompokkan akan menjadi nama atau ciri dari objek yang

dikenali sehingga dapat digunakan pada proses uji identifikasi.

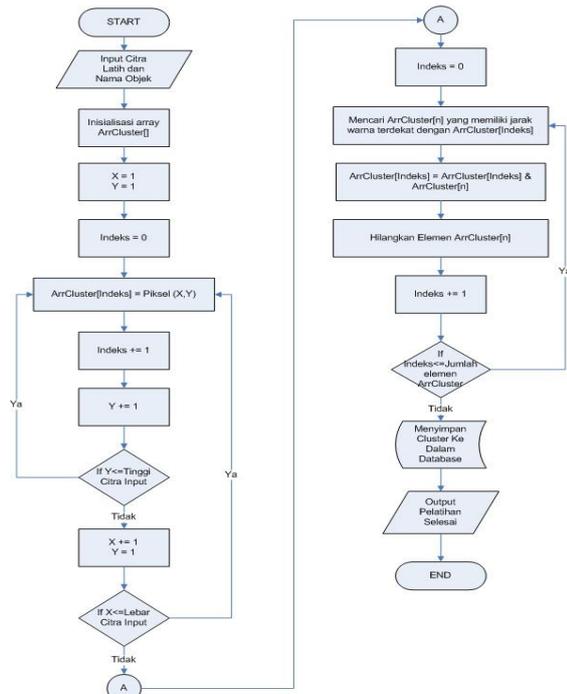
Berdasarkan pemaparan dan alasan diatas, metode *Hierarchical Agglomerative Clustering* akan diimplementasikan untuk identifikasi objek pada pengolahan citra digital.

METODE

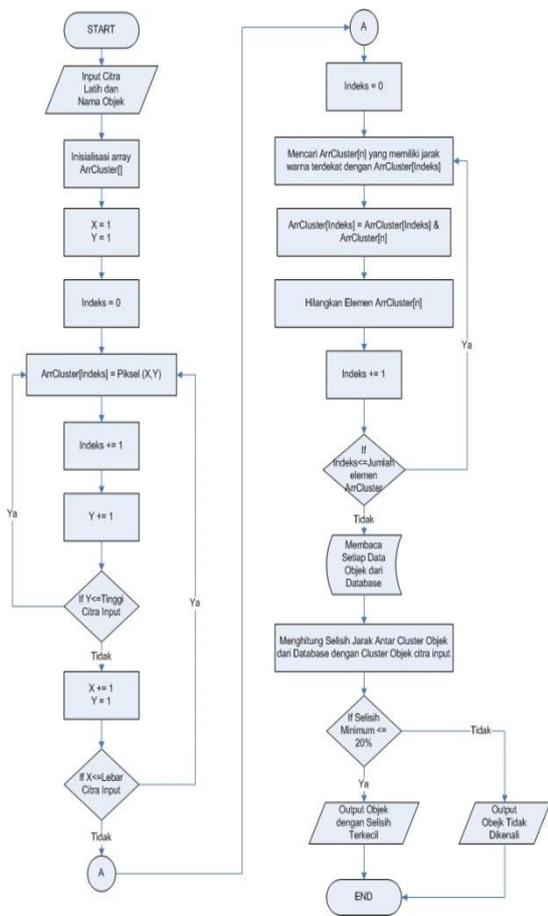
Metode penelitian yang digunakan adalah metode Air terjun (WaterFall). Model SDLC air terjun (waterfall) sering juga disebut model sekuensial linier (sequential linier) atau alur hidup klasik (classic life cycle). Model air terjun menyediakan pendekatan alur hidup perangkat lunak secara sekuensial atau terurut dimulai dari analisis, desain, pengkodean, pengujian (Hirmawan, P, and Azizah 2016). Metode penelitian yang dikembangkan pada penelitian ini terdiri dari beberapa modul. Setiap modul pada sistem yang dibangun memiliki fungsi dan proses masing – masing sesuai dengan tujuan pembuatannya yang dapat digambarkan seperti yang terlihat pada gambar berikut ini :



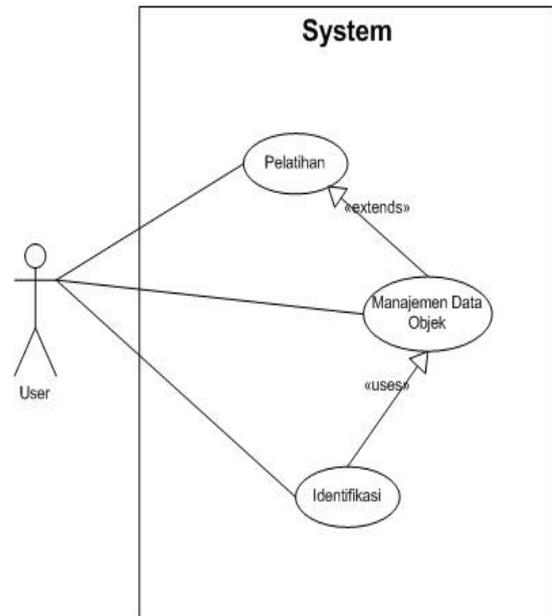
Gambar 1. Arsitektur Sistem Identifikasi Objek



Gambar 2. Flowchart Training (Pelatihan)



Gambar 3. Flowchart Identifikasi



Gambar 4. Use Case Diagram Aplikasi

Hierarchical Agglomerative Clustering

Metode hierarchal agglomerative bekerja dengan mengelompokkan piksel warna pada objek berdasarkan jarak tetangga terdekat. Setiap piksel pada awalnya dianggap sebagai sebuah cluster yang kemudian tiap cluster akan mencari tetangga terdekat untuk bergabung menjadi cluster baru. Proses pembentukan cluster terus dilakukan sampai batas jumlah cluster tercapai (Saad, et al., 2012).

Jarak antara kedua piksel dapat dihitung menggunakan dua persamaan perhitungan jarak yaitu fungsi jarak *Manhattan* dan fungsi jarak *euclidiance*. Berikut persamaan dari kedua fungsi jarak tersebut (Madhulatha 2012)

Persamaan *Manhattan distance function* :

$$d = \sum_{i=1}^n |X_i - Y_i| \dots \dots \dots (1)$$

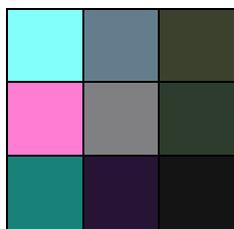
Persamaan *Euclidian distance function* :

$$d = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_j - y_j)^2 \dots \dots \dots (2)}$$

Proses dari Algoritma Hierarchical Agglomerative Clustering terdiri dari Setiap data atau piksel akan dianggap sebagai sebuah cluster tunggal, yang kemudian setiap cluster akan mencari nilai cluster terdekat dengan menggunakan persamaan perhitungan jarak, setiap pasangan cluster terendah akan bergabung menjadi sebuah cluster baru dimana proses pembentukan pasangan terus berlangsung sampai dengan jumlah cluster yang dibutuhkan terpenuhi (Ackermann et al. 2014). Adapun langkah-langkah dari *Hierarchical Agglomerative* yaitu hitung matrik jarak antar data, pasangan cluster terendah akan bergabung menjadi sebuah cluster baru sampai jumlah cluster yang diinginkan terpenuhi kemudian gabungkan kelompok terdekat berdasarkan parameter kedekatan yang ditentukan langkah terakhir yang dilakukan adalah perbaharui matrik jarak antar data untuk mempresentasikan kedekatan diantara kelompok yang masih tersisa (Prasetyo, 2012).

Proses Analisa Algoritma *Hierarchical Agglomerative Clustering*

Pada proses analisa ini akan digunakan citra *sample* atau citra contoh dengan ukuran 3x3 pixel yang akan digunakan sebagai bahan analisis seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 5. Potongan Citra Sampel

Contoh potongan citra input seperti yang terlihat pada gambar 5 merupakan citra warna yang setiap pixelnya disusun oleh komponen RGB. Berikut tabel nilai piksel dari contoh citra yang digunakan :

Tabel 1 Nilai Pixel Citra

(130,255,250)	(100,125,140)	(60,65,45)
(255,125,210)	(128,128,130)	(45,60,45)
(25,130,120)	(38,19,52)	(20,20,20)

Adapun proses pengelompokan menggunakan algoritma *Hierarchical Agglomerative Clustering* dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Menentukan jumlah kelompok yang ingin dibentuk.

Sebagai analisis diasumsikan kelompok yang akan dibentuk adalah tiga (3) kelompok

2. Membentuk kelompok awal dari setiap piksel

C1 = (130,255,250) = Piksel (0,0) /
Piksel 1

C2 = (100,125,140) = Piksel (1,0) /
Piksel 2

C3 = (60,65,45) = Piksel (2,0) / Piksel 3

C4 = (255,125,210) = Piksel (0,1) /
Piksel 4

C5 = (128,128,130) = Piksel (1,1) /
Piksel 5

C6 = (45,60,45) = Piksel (2,1) / Piksel 6

C7 = (25,130,120) = Piksel (0,2) / Piksel
7

C8 = (38,19,52) = Piksel (1,2) / Piksel 8

C9 = (20,20,20) = Piksel (2,2) / Piksel 9

3. Mencari pasangan piksel dengan jarak terdekat pada masing – masing piksel dan membentuk kelompok baru dari pasangan tersebut

C1baru = C1Lama + C4Lama =
{ (130,255,250), (255,125,210)}

C2baru = C2Lama + C5Lama =
{ (100,125,140), (128,128,130)}

C3baru = C3Lama + C6Lama =
{ (60,65,45), (45,60,45)}

C4baru = C8Lama + C9Lama =
{ (38,19,52), (20,20,20)}

C5baru = C7Lama = { (25,130,120)}

4. Dikarenakan jumlah kelompok yang dihasilkan masih lebih besar dari yang ditentukan maka proses pengelompokan maka dilanjutkan dengan membentuk pasangan dari kelompok sebelumnya. Sehingga pada akhirnya diperoleh hasil pengelompokan dengan tiga kelompok akhir sebagai berikut.

$C1 = \{ (130,255,250), (255,125,210), (100,125,140), (128,128,130) \}$
 $C2 = \{ (60,65,45), (45,60,45), (38,19,52), (20,20,20) \}$
 $C3 = \{ (25,130,120) \}$

5. Selesai

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Fitri dan Fadlil tentang sistem pengenalan bunga berbasis pengolahan citra dan pengklasifikasian jarak menghasilkan tingkat akurasi tinggi sebesar 85% dengan menggunakan jarak *manhattan* dengan ekstraksi ciri histogram (Muwardi and Fadlil 2018). Penelitian terkait pengolahan citra juga dilakukan oleh endi tentang identifikasi objek benda tajam pada citra x-ray, dimana proses identifikasi dilakukan dengan menghitung boundry objek dan segmentasi warna. Hasil dari pengamatan melalui monitor mesin x-ray dan hasil pengamatan menggunakan pengolahan citra digital adalah sama (Permata 2016),

Berdasarkan tahapan dari arsitektur sistem identifikasi objek pada citra digital yang telah dikemukakan diatas. Selanjutnya dilakukan tahapan pembahasan :

A. Pelatihan

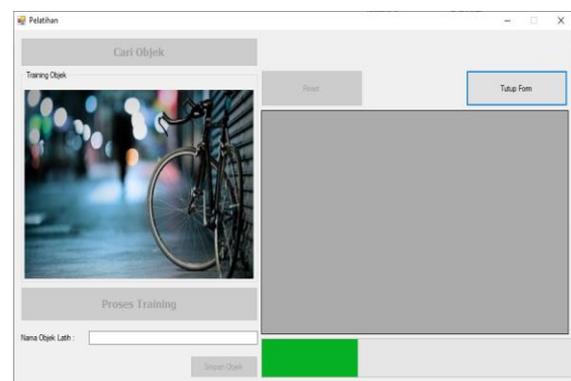
Pelatihan adalah tahapan yang akan dilakukan untuk memberikan data-data kepada sistem sebagai bahan dan referensi dalam proses indentifikasi. Pada tahapan pelatihan terdiri dari sub komponen yaitu : baca objek, clustering, dan simpan data pada database. Baca objek merupakan sub komponen yang bertugas untuk membaca informasi pixel dari citra input dan menyediakan informasi tersebut untuk sub komponen lain guna diproses lebih lanjut. Clustering merupakan sub komponen yang mempunyai peran untuk mengelompokkan pixel warna menggunakan metode *hierarchical agglomerative clustering*. Setelah proses clustering maka dilanjutkan dengan menyimpan informasi pengelompokkan pixel citra ke dalam database beserta dengan objek pemilik informasi pixel tersebut.

B. Identifikasi

Identifikasi merupakan komponen yang berfungsi untuk melakukan pengenalan atau identifikasi objek pada citra digital. Sub komponen dari komponen identifikasi terdiri dari baca objek, clustering, baca database, identifikasi objek.

Tahapan baca objek dan clustering secara keseluruhan mempunyai fungsi yang sama pada proses pelatihan. Pada proses baca database mempunyai fungsi dan tugas untuk membaca informasi pengelompokkan pixel objek dari database yang diperoleh pada saat pelatihan. Tahapan terakhir adalah identifikasi, pada tahapan ini mempunyai fungsi untuk menentukan jenis objek yang terdapat pada citra input berdasarkan informasi objek yang diperoleh database dengan pencocokan terhadap informasi pengelompokkan dari citra input.

Penelitian identifikasi objek pada citra digital menggunakan *hierarchical agglomerative clustering* yang dilakukan ini menghasilkan sebuah sistem aplikasi yang dapat digunakan untuk meng-identifikasi objek pada citra digital menggunakan metode *hierarchical agglomerative clustering*. Adapun hasil dari penelitian ini terdiri dari beberapa *form* yaitu *form* utama, *form* pelatihan dan *form* identifikasi.

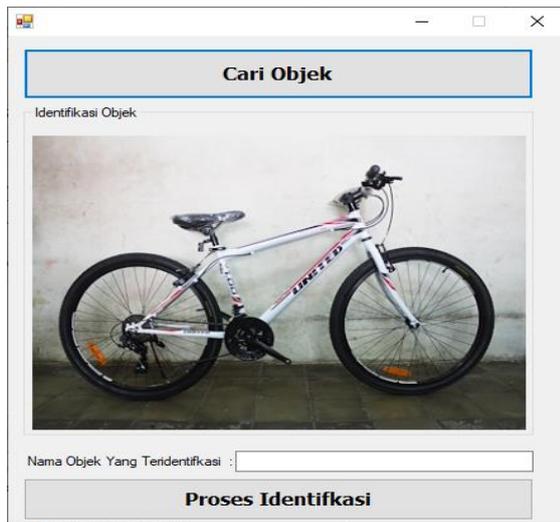


Gambar 6. Form Training Objek.

Form Training (pelatihan) objek memiliki fitur untuk "Cari Objek" untuk dikenali oleh aplikasi yang dibangun. Informasi pixel yang menyusun objek pada citra digital input akan dikelompokkan menggunakan

algoritma *Hierarchical Agglomerative Clustering* dengan melakukan klik pada tombol “Proses”

Hasil dari proses algoritma *Hierarchical Agglomerative Clustering* yang diperoleh kemudian disimpan kedalam database untuk dapat di pergunakan pada proses identifikasi. Sebelum melakukan penyimpanan informasi objek kedalam database, objek tersebut membutuhkan nama untuk pelabelan agar dapat dikenali

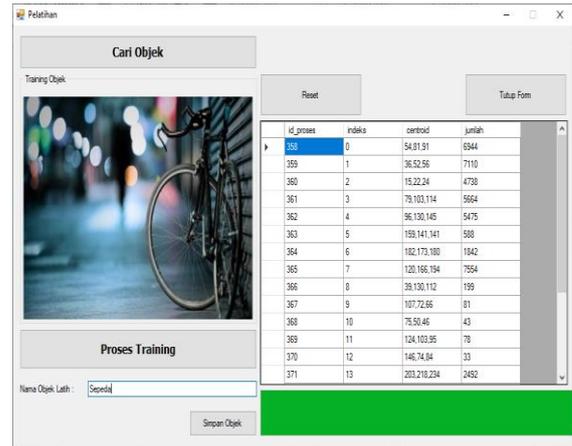


Gambar 7 Form Identifikasi Objek

Form identifikasi objek memiliki fitur untuk membuka objek yang memiliki objek untuk di-identifikasi oleh aplikasi yang dibangun. Informasi pixel yang menyusun objek pada citra digital input akan dikelompokkan menggunakan algoritma *hierarchical agglomerative clustering* dan akan di-identifikasi menggunakan tombol “Identifikasi Objek”.

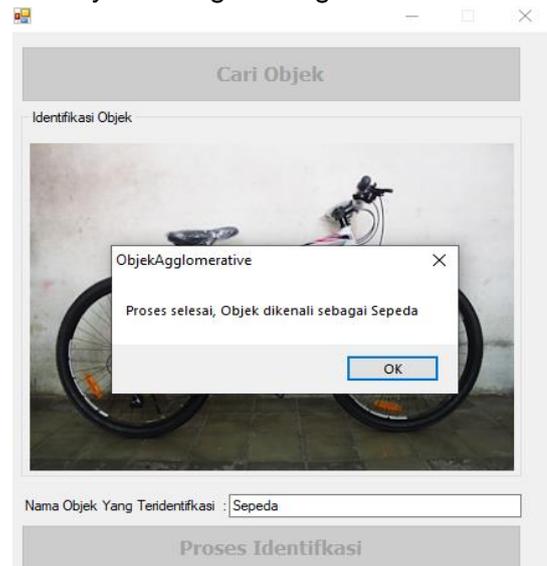
PENGUJIAN SISTEM

Pengujian dilakukan untuk memperoleh validasi implementasi algoritma *Hierarchical Agglomerative Clustering* pada aplikasi identifikasi objek pada citra digital. Adapun tujuan utama dari pengujian adalah untuk memperoleh kemampuan dari *Hierarchical Agglomerative Clustering* dalam proses identifikasi objek pada citra digital. Proses pengujian dimulai dengan proses pelatihan objek yang terdapat pada citra digital seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 8. Pengujian Pelatihan Objek Sepeda

Pengujian pelatihan seperti yang terlihat pada gambar 9 memperlihatkan implementasi pelatihan menggunakan citra objek sepeda. Hasil pengelompokan atau *clustering* menggunakan *hierarchical agglomerative clustering* dapat dilihat pada tabel informasi dimana pixel – pixel yang menyusun objek dari citra sepeda terbagi ke dalam kelompok warna sesuai dengan warnanya masing-masing



Gambar 9. Pengujian Identifikasi Objek

Pengujian identifikasi seperti yang terlihat pada gambar 10 dilakukan menggunakan citra sepeda lainnya. Seperti yang dapat dilihat pada gambar 10 aplikasi yang dikembangkan dapat meng-identifikasi objek sepeda dengan baik

Dari hasil yang diperoleh, dapat dilihat bahwa program sistem identifikasi objek pada citra digital menggunakan metode *Hierarchical Agglomerative Clustering* yang dibangun dapat memberikan hasil yang cukup baik, dimana proses identifikasi menghasilkan hasil yang sesuai dengan objek yang terkandung pada citra digital.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat di tarik kesimpulan bahwa proses identifikasi objek pada citra digital menggunakan teknik pengelompokan atau *clustering* adalah melakukan pembagian terhadap pixel – pixel pada citra digital ke dalam beberapa kelompok berdasarkan kedekatan warna antara satu pixel dengan pixel lainnya. Berdasarkan kelompok – kelompok yang terbentuk dapat menjadi referensi dalam menentukan jenis objek berdasarkan kelompok warna yang terbentuk dari objek tersebut. Akurasi dari algoritma *Hierarchical Agglomerative Clustering* cukup baik khususnya pada objek yang memiliki warna khusus atau warna yang telah menjadi ciri dari objek tersebut.

Adapun saran yang penulis dapat kemukan terkait dengan permasalahan yang telah dijabarkan dimana proses identifikasi cukup baik namun dapat menghasilkan identifikasi yang buruk jika objek yang berbeda memiliki ciri warna dominan yang sama sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menambah algoritma atau metode untuk mengatasi kelemahan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ackermann, Marcel R., Johannes Blömer, Daniel Kuntze, and Christian Sohler. 2014. "Analysis of Agglomerative Clustering." *Algorithmica* 69 (1): 184–215. <https://doi.org/10.1007/s00453-012-9717-4>.
- Arifin, Zenal, Santosa Stefanus, and Arief M. Soeleman. 2017. "Klasterisasi Genre Cerpen Kompas Menggunakan Agglomerative Hierarchical Clustering-Single Linkage." *Jurnal Teknologi Informasi* 13: 92–100.
- Bramanto, Arief, Wicaksono Putra, Muhammad Trisna, and Rheo Malani. 2021. "Jurnal Politeknik Caltex Riau Kompresi Citra Digital Dengan Basis Komponen Warna RGB Menggunakan Metode K-Means Clustering" 7 (1): 14–23.
- Effendi, Masud, Fitriyah Fitriyah, and Usman Effendi. 2017. "Identifikasi Jenis Dan Mutu Teh Menggunakan Pengolahan Citra Digital Dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan." *Jurnal Teknotan* 11 (2): 67. <https://doi.org/10.24198/jt.vol11n2.7>.
- Hirmawan, A., M. P, and D. Azizah. 2016. "ANALISIS SISTEM AKUNTANSI PENGGAJIAN DAN PENGUPAHAN KARYAWAN DALAM UPAYA Mendukung Pengendalian Intern (Studi Pada PT.Wonojati Wijoyo Kediri)." *Jurnal Administrasi Bisnis S1 Universitas Brawijaya* 34 (1): 189–96.
- Hutahaean, Harvei Desmon, Bakti Dwi Waluyo, and Muhammad Amin Rais. 2019. "Teknologi Identifikasi Objek Berbasis Drone Menggunakan Algoritma Sift Citra Digital" 04: 193–98.
- Madhulatha, T. Soni. 2012. "An Overview on Clustering Methods." *IOSR Journal of Engineering* 02 (04): 719–25. <https://doi.org/10.9790/3021-0204719725>.
- Misdiyanto, Yustina Suhandini T, Ira Aprilia. 2020. "Identifikasi Jenis-Jenis Burung Lovebird Menggunakan Pengolahan Citra Digital Dengan Metode K-Means Clustering." *Jurnal Sains Komputer & Informatika (J-SAKTI)* Vol. 4 (September): 445–56.
- Muwardi, Fitri, and Abdul Fadlil. 2018. "Sistem Pengenalan Bunga Berbasis Pengolahan Citra Dan Pengklasifikasi Jarak." *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer Dan Informatika* 3 (2): 124. <https://doi.org/10.26555/jiteki.v3i2.7470>.
- Permata, Endi. 2016. "Identifikasi Obyek Benda Tajam Menggunakan Pengolahan Citra Digital Pada Citra X-Ray." *Vol 1* (1): 1–14.

- Putri, Asti Riani. 2016. "Pengolahan Citra Dengan Menggunakan Web Cam Pada Kendaraan Bergerak Di Jalan Raya." *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)* 1 (01): 1–6. <https://doi.org/10.29100/jipi.v1i01.18>.
- Prasetyo E Data Mining : Konsep dan Aplikasi Menggunakan Matlab [Buku]. - Yogyakarta : Andi, 2012
- Saad, Fathi H, Omer I E Mohamed, and Rafa E Al-qutaish. 2012. "C Omparison of H lerarchical a Gglomerative a Lgorithms F or C Lustering M Edical" 3 (3): 1–15.
- Simanjuntak, Krisman Pratama, and Ulfa Khaira. 2021. "Pengelompokkan Titik Api Di Provinsi Jambi Dengan Algoritma Agglomerative Hierarchical Clustering." *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science* 1 (April): 7–16. <https://journal.irpi.or.id/index.php/malcom/article/view/6>.
- Wicaksana, Danang Aditya, Putra Pandu Adikara, and Sigit Adinugroho. 2018. "Clustering Dokumen Skripsi Dengan Menggunakan Hierarchical Agglomerative Clustering." *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya* 2 (12).
- Widyaningsih, Maura. 2017. "Identifikasi Kematangan Buah Apel Dengan Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)." *Jurnal SAINTEKOM* 6 (1): 71. <https://doi.org/10.33020/saintekom.v6i1.7>.
- Wiradharma Putu Ananda Kusuma, Purwanto Yudha Purboyo Tito Waluyo. 2015. "Analisis Sistem Deteksi Anomali Trafik Menggunakan Algoritma Clustering Isodata (Self-Organizing Data Analys Technique) Dengan Euclidean Distance" 30 (3): 175–82.