

Kajian Peningkatan Kualitas Ekstraksi Fitur Berdasarkan Pola Gerakan Mata Untuk Kepentingan Rekognisi

Edvin Ramadhan^{1*}, Eddie Krishna Putra^{2*}

^{1,2}Jurusan Informatika, Fakultas Sains & Informatika, Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia

Email: ¹ edvin.ramadhan@lecture.unjani.ac.id, ² eddie.krishna@lecture.unjani.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Histori artikel:

Naskah masuk, .31 Juli 2023

Direvisi, 17 Agustus 2023

Diterima, 17 Agustus 2023

ABSTRAK

Abstract-This research examines how to recognize objects in digital images with results that can be explained logically like the perspective of the human eye. Pattern recognition techniques using statistical methods cannot provide a logical description of the recognized objects, because this concept considers the features used as probability classes, so the essence of the way the human eye sees cannot be demonstrated. The syntactic method is also not able to provide a logical description of the object that is recognized according to the perspective of the human eye, this concept prioritizes low-level features for the recognition process. So, in this research, we examine several syntactic and statistical recognition methods that adapt some of the standard abilities of the human eye. Features such as lines, chain codes, and colors have been able to define objects in images, and approach human reasoning. Simple Human Eye Movement Analysis, can help us to detect the relationship between line, true color, and chain code to show the object unity. After comparing several feature detection approaches such as lines, chain codes, and colors by adding patterns from the analysis of human eye movements, the object pattern recognition process becomes simpler and faster.

Kata Kunci:

Image Comprehension

Feature Extraction

Human Eye Analysis

Pattern recognition

Abstrak-Penelitian ini mengkaji tentang cara mengenali objek dalam citra digital dengan hasil yang dapat dijelaskan secara logis seperti cara pandang mata manusia. Teknik pengenalan pola dengan metode statistik tidak dapat memberikan deskripsi logis dari objek yang dikenali, karena konsep ini menganggap fitur yang digunakan sebagai kelas probabilitas, sehingga esensi dari cara penglihatan mata manusia belum terlihat. Konsep sintaksis juga belum mampu memberikan deskripsi logis dari objek yang dikenali sesuai dengan cara pandang mata manusia, konsep ini lebih mengutamakan fitur tingkat rendah untuk proses pengenalan. Penelitian ini mengkaji beberapa teknik pengenalan sintaksis dan statistik yang mengadaptasi beberapa kemampuan standar mata manusia. Fitur-fitur seperti garis, kode rantai, dan warna telah mampu menentukan objek dalam gambar, mendekati penalaran manusia. Analisis Gerakan Mata Manusia Sederhana, dapat mendeteksi hubungan antara garis, warna asli, dan kode rantai untuk menunjukkan suatu kesatuan objek. Setelah membandingkan beberapa pendekatan pendeteksian fitur seperti garis, kode rantai, dan warna dengan menambahkan pola dari analisis pergerakan mata manusia membuat proses pengenalan pola objek menjadi lebih sederhana dan lebih cepat.

Copyright © 2023 LPPM - STMIK IKMI Cirebon
This is an open access article under the CC-BY license

Penulis Korespondensi:

Edvin Ramadhan

Program Studi Informatika, Fakultas Sains & Informatika, Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia

Jl. Terusan Jend. Sudirman, Cibeber, Kec. Cimahi Sel., Kota Cimahi, Jawa Barat, Indonesia

Email: edvin.ramadhan@lecture.unjani.ac.id

1. Pendahuluan

Mata merupakan bagian dari pancaindra manusia yang memiliki kemampuan mengenali cahaya. Mata memungkinkan kita untuk melihat dan menafsirkan bentuk, warna, dan dimensi benda-benda di dunia dengan mengolah cahaya yang direfleksikan oleh benda yang melepaskan cahaya. Mata melakukan beberapa gerakan saat mendeteksi suatu objek, ini melibatkan beberapa jenis gerakan yang dikenal sebagai gerakan mata refleks (*involuntary eye movements*) dan gerakan mata yang disengaja (*voluntary eye movements*). Ketika mata mendeteksi objek baru, mata akan melakukan membantu kita mengenali, melacak, dan memproses informasi tentang objek tersebut [1].

Penglihatan mata manusia memungkinkan untuk memahami dunia di sekitar mereka, dan komputer *vision* dikembangkan dengan tujuan untuk menduplikasi efek penglihatan manusia tersebut secara elektronik memahami objek pada citra yang ditangkap dari efek penglihatan tersebut.

Kebutuhan aktual akan pemrosesan citra untuk perkembangan komputer *vision* ini adalah bagaimana memahami berbagai objek yang terdapat dalam suatu citra digital lengkap dengan deskripsi logisnya (*reasonable*) layaknya penglihatan mata manusia. Metode yang efisien dan *powerful* dalam satu dekade belakangan ini yaitu kombinasi *low-level features* antara SIFT atau HoG, dengan *machine learning* modern, seperti *support vector machines* (SVMs), CNN, RNN, *boosting* [2] dan beberapa metode lainnya belum mampu memberikan deskripsi logis layaknya mata manusia memandang. Ini dikarenakan konsep rekognisi tersebut terfokus kepada *low-level-features* atau bagian spesifik tertentu saja dari suatu objek, bahkan berbagai fitur tertentu yang kadang tidak bisa dijelaskan secara logis seperti metode yang menggunakan pendekatan statistik [3].

Sementara saat proses melihat pada mata terdapat beberapa gerakan mata yang mengoptimalkan analisis visual yang ditangkap oleh mata tersebut melalui pengambilan sampel dinamis dari wilayah yang paling informatif dan menonjol ke dalam wilayah pemandangan tangkapan mata secara tidak sadar mata telah membuat deskripsi tertentu yang logis tentang suatu objek yang sedang diamati sebelum disimpan ke dalam memori otak [4]. Untuk itu perlu dipelajari kembali pengembangan konsep pengenalan yang mengadopsi cara mata manusia memandang dan memanfaatkan fitur standar dari penglihatan manusia tersebut. Secara nalar, warna, garis dan sisi dari objek telah cukup untuk membedakan dan mendeskripsikan bentuk dari objek pada gambar visual yang ditangkap mata.

Penelitian ini menawarkan pendekatan *Simple Human Eye Analysis*, yang menerapkan cara mata memandang, dengan mengembangkan dengan mendalami beberapa teknik rekognisi *non-statistik* yang memanfaatkan gerakan mata manusia untuk mendeteksi garis, *chaincode*, dan warna untuk dari objek pada citra. "*Humans can, of course, learn and generalize well from examples, and they are also capable of identifying completely new classes when provided with a high-level description*" [5], Diharapkan nantinya proses rekognisi akan lebih sederhana dan cepat dalam mendeteksi dan mengenali objek pada citra serta mampu mendeskripsikannya secara logis.

2. Fundamental Model

2.1 Human Eye Vision

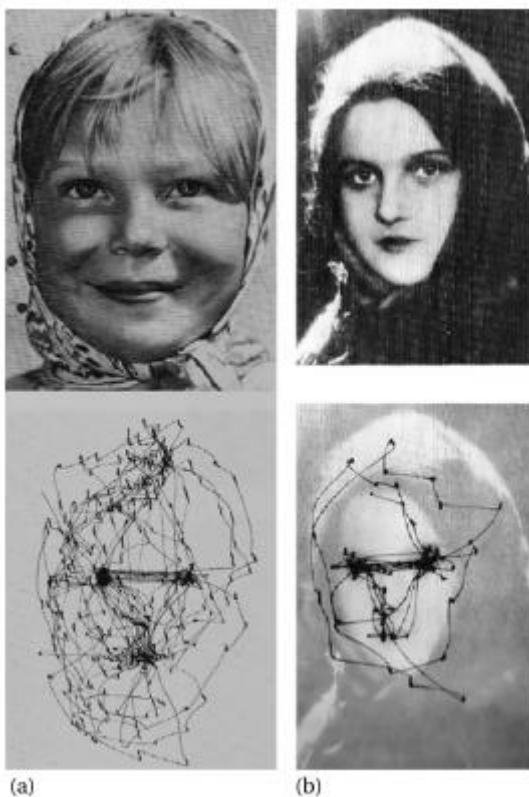
Mata manusia mengubah sinar cahaya menjadi sinyal listrik, kemudian mengirimkannya ke otak, yang menafsirkan sinyal-sinyal listrik sebagai gambar visual. Bagian yang lebih penting dari mata manusia adalah iris atau selaput pelangi, kornea atau selaput bening, lensa, retina, konjungtiva, makula, dan saraf optik [6]. Saat melihat mata manusia menangkap warna pada suatu objek di area fokusnya dalam berbagai intensitas, dan berbagai level kecerahan, Mata akan menyimpulkan satu warna yang merupakan warna asli dari objek tersebut. Selanjutnya otak manusia akan mendeteksi tepian dari objek yang berwarna tersebut dan menelusurinya (pada *image processing* disebut dengan *chaincode detection*). Selanjutnya otak akan memeriksa keterkaitan antar garis dari objek tersebut, sehingga terlihat apakah bagian yang dilihat tersebut itu merupakan suatu kesatuan objek atau bukan, barulah otak berfikir untuk mengenali objek tersebut.

Ketika kita mendeteksi suatu objek, mata akan mengalami serangkaian gerakan yang melibatkan beberapa gerakan [1], seperti:

- a. **Gerakan Fiksasi:** saat mata melakukan pencarian objek tertentu dimana mata akan tetap diam dan menjaga fokus pada satu titik dalam pandangan untuk jangka waktu tertentu. Saat fiksasi, objek yang menarik perhatian atau area tertentu yang menjadi fokus penglihatan dalam pandangan mata akan menjadi pusat perhatian pada *fovea* mata.
- b. **Gerakan Saccade:** saat mata berpindah dari satu objek ke objek lainnya dalam pandangan dengan cepat dan refleks yang membawa objek dari *fovea* satu ke *fovea* yang lain dengan tujuan menjelajahi objek atau area pemandangan dengan cepat.
- c. **Gerakan Vergence:** yaitu gerakan yang memungkinkan kedua mata untuk berfokus pada

objek yang sama dan menggabungkan dua gambar dari mata yang berbeda menjadi satu gambar tiga dimensi.

- d. **Pencarian visual:** ini terjadi saat mata mulai mencari objek yang tidak terlihat langsung, gerakan ini lebih kompleks dan terkoordinasi dari mata, di mana mata melacak pola, warna, atau bentuk yang khas untuk mengidentifikasi objek yang sedang diamati. Seperti yang terlihat pada Gambar 1.
- e. **Tracking:** terjadi ketika objek bergerak, mata akan melacak gerakannya dengan melakukan gerakan mengikuti objek untuk memusatkan objek yang bergerak tersebut pada *fovea* dan memantau posisinya secara terus-menerus.



Gambar 1. Contoh perilaku gerakan mata saat melihat wajah. (a) "Gadis dari Volga", dilihat dengan beberapa instruksi selama 3 menit. (b) wajah seorang gadis dilihat tanpa instruksi selama 1 menit [1], [4].

Semua gerakan ini dikendalikan oleh sistem saraf pusat, termasuk otak dan saraf optik, yang mengintegrasikan informasi visual dari kedua mata. Proses ini terjadi dengan sangat cepat dan biasanya tidak disadari oleh kita. Penting untuk dicatat bahwa kemampuan mendeteksi objek dan gerakan mata dapat bervariasi di antara individu dan dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk latihan visual, pengalaman sebelumnya, dan kondisi kesehatan mata.

Dalam penerapan analisa gerakan mata Yarbus [1] dalam penelitiannya berhasil menunjukkan pusat perhatian yang terbentuk saat mata mengamati objek tertentu yang lebih kita kenal dengan *Region of Interest*. Posisi *Region of Interest* inilah yang menjadi bahan pengembangan pengenalan dan pendeskripsian objek pada citra nantinya.

2.2 Saliency Model

Model dasar dari *Object Saliency* diperkenalkan oleh Itti et.al. ditahun 1998. Model ini menjadi tolak ukur *Saliency* Objek saat ini, karena didasarkan terutama pada perilaku sistem visual awal manusia. Model *Saliency* Itti memprediksi peta *Saliency* pada suatu citra dengan menerapkan mekanisme *Center-Surround* (C-S) ke tiga fitur intensitas, warna, dan orientasi yang dikenal sebagai fitur tingkat rendah kritis [7]. Namun Belakangan ini, beberapa peneliti melakukan perbaikan pada langkah-langkah berbeda dari model dasar Itti. Mulai dari mengurai gambar menjadi multiskala menggunakan wavelet, menggunakan fitur multiskala untuk membuat peta perbedaan C-S, Integrasi informasi untuk membuat peta *Saliency*, hingga menggunakan kombinasi orientasi dan warna serta pembobotan [8].

2.3 Statistics Syntactic and Semantic Pattern Recognitions

Pengenalan pola (*Pattern Recognition*) dapat diartikan sebagai proses klasifikasi objek atau pola menjadi beberapa kategori atau kelas, dan bertujuan untuk pengambilan keputusan. Dalam *image processing* terdapat tiga pendekatan yaitu secara Statistik, Sintaktik, dan Semantik .

Pendekatan Statistik memanfaatkan sekelompok karakteristik pengukuran yang menunjukkan kemiripan ciri dari data input. Fitur ini diasumsikan secara natural, yang merupakan kelas-kelas probabilitas atau fungsi kepadatan probabilitas (*Probability Density Function*), hingga bentuk random yang telah dikondisikan, sehingga hasil pendeteksiannya tidak dapat dijelaskan secara logis, ini disebabkan karena secara formal pola direpresentasikan sebagai vektor atau nilai fitur, dan dapat dipahami sebagai titik dalam dimensi tertentu, namun, vektor fitur memiliki dua batasan. Pertama, vektor hanya akan mewakili serangkaian fitur yang telah ditentukan, dimana semua vektor harus mempertahankan bentuk data yang sama terlepas dari ukuran atau kompleksitas objek yang sedang diklasifikasi. Kedua, belum ada cara untuk menggambarkan hubungan nilai biner atau orde tinggi yang digunakan sebagai nilai fitur atau vektor yang ada dengan bagian pola dari objek yang sedang

diklasifikasi. Kedua kelemahan ini belum dapat diselesaikan, terutama apabila pengenalan atau klasifikasi yang dilakukan lebih melibatkan pola yang dicirikan dengan hubungan struktural kompleks daripada distribusi data statistik dari sekumpulan fitur yang tetap[9][10].

Pendekatan Sintaktik lebih memfokuskan pada pemahaman dalam menganalisis struktur pola dari citra yang diamati berdasarkan keserupaan ukuran struktural dan direpresentasikan secara formal atau deskripsi relasional berbentuk hierarki dari pola kompleks yang tersusun dari pola bagian yang lebih sederhana, metode sintaksis digunakan sebagai penangkap fitur tingkat tinggi yang membuat hubungan hierarkis atau semantik di antara objek dapat terlihat. Terdapat beberapa konsep pendekatan sintaktik dalam pengenalan pola citra digital dimulai dari Representasi Sintaktik, yaitu objek diwakili oleh pola geometris dan relasional yang diambil dari citra, dapat menggunakan alat matematis seperti *graf*, pohon, atau *grammar* untuk merepresentasikan objek dan hubungannya dengan objek lain dalam citra. Kedua, Tata Letak dan Konteks, karena pendekatan sintaktik selalu mempertimbangkan tata letak dan konteks spasial dari objek dalam citra, sehingga memungkinkan untuk mengenali objek berdasarkan posisi relatif mereka terhadap objek lain di sekitarnya. Ketiga, Ekstraksi Fitur, fitur-fitur geometris dan struktural diambil dari citra sebelum analisis sintaktik dilakukan. Fitur ini dapat berupa bentuk, ukuran, orientasi, jarak, dan atribut lain yang relevan. Keempat, *Grammar*, konsep sintaktik juga dapat menggunakan alat-alat dari teori bahasa formal *grammar* konteks bebas atau *grammar* generatif untuk merepresentasikan pola atau objek yang diharapkan. *Grammar* ini akan menyajikan aturan sintaksis yang harus diikuti oleh objek yang akan dideskripsikan dalam citra. Dan kelima, Jaringan *Syntactic*, yang terdiri dari simpul (*node*) dan sambungan (*edge*) yang merepresentasikan hubungan hierarkis atau spasial antara objek-objek dalam citra [11][12].

Beberapa kelebihan dari pendekatan sintaktik dalam pengenalan pola citra adalah kemampuannya untuk mengenali objek dengan bentuk dan struktur yang lebih kompleks dan abstrak. Namun, pendekatan ini juga memiliki beberapa tantangan, seperti keterbatasan dalam menghadapi variasi pose, skala, dan pencahayaan objek serta memerlukan sumber daya komputasi yang lebih besar dibandingkan dengan metode pengenalan pola citra lainnya.

Pendekatan Semantik lebih menganalisa hubungan semantik yang terjadi antara fitur-fitur yang diperoleh dari pendekatan sintaktik terutama yang terbentuk dari pengembangan Jaringan *Syntactic*,

Pendekatan ini berfokus pada pemahaman dan interpretasi makna di balik citra, dengan tujuan mengenali objek atau pola berdasarkan informasi kontekstual dan makna yang terkandung dalam citra. Pengetahuan yang dimiliki umumnya selalu direpresentasikan dalam bentuk formal *grammar* tetapi dilengkapi dengan deskripsi relasional, bagian inilah yang disebut dengan semantik fiturnya. Beberapa penelitian seperti COCO[13], dan PACO[14] atribut menunjukkan beberapa pengembangan pendekatan semantik dalam mendeskripsikan berbagai bentuk objek, mereka merancang berbagai *matriks* evaluasi dan memberikan olah ukur baru dalam a) segmentasi bagian dalam citra, b) deteksi atribut untuk objek dan bagian dari objek, dan c) melakukan deteksi *instance zero-shot* dengan menggunakan *query* bagian / atribut yang sudah terdeteksi. Tolak ukur a dan b ditujukan untuk membandingkan kemampuan pendeskripsian bentuk objek yang berdiri sendiri dari hasil pemahaman bagian dan atribut, sedangkan c ditujukan untuk mengevaluasi model secara langsung untuk tugas terakhir.

Dalam penerapannya Pendekatan Semantik akan menggunakan kemampuan dari konsep statistik dan sintaktik, seperti untuk mendeteksi berbagai parit dari objek, tentunya akan digunakan konsep sintaktik seperti *Segmentation*, *Region of Interest* dan beberapa teknik lainnya, dan untuk menentukan anotasi dari berbagai bagian dari objek yang ditemukan tentunya akan membutuhkan beberapa teknik klasifikasi seperti R-CNN dan ViT-det [14] agar pekerjaan yang dilakukan lebih ringan.

3. Penelitian Terkait

Beberapa penelitian komputer vision yang membahas tentang Ekstraksi Fitur Berdasarkan Pola Gerakan Mata untuk keperluan rekognisi dan pemahaman citra sebelumnya antara lain:

- V. Ramanathan dkk., ditahun 2023 menyajikan "*Paco: Parts and attributes of common objects*," dimana mereka merancang marik evaluasi dan memberikan hasil tolok ukur untuk tiga tugas pada dataset: segmentasi Mask bagian, prediksi objek dan atribut bagian, dan deteksi instance zero-shot [14].
- G. Patterson dan J. Hays, ditahun 2016 mencoba membuat deskripsi objek dari berbagai bentuk, lengkap dengan atributnya baik manusia, hewan ataupun benda benda sekitar [13].
- A. Farhadi dkk., di tahun 2009 dan 2010 dalam jurnalnya "*Every picture tells a story: Generating sentences from images*," mencoba melakukan pendeskripsian objek dengan membuat penjelasan atribut semantik sebagai

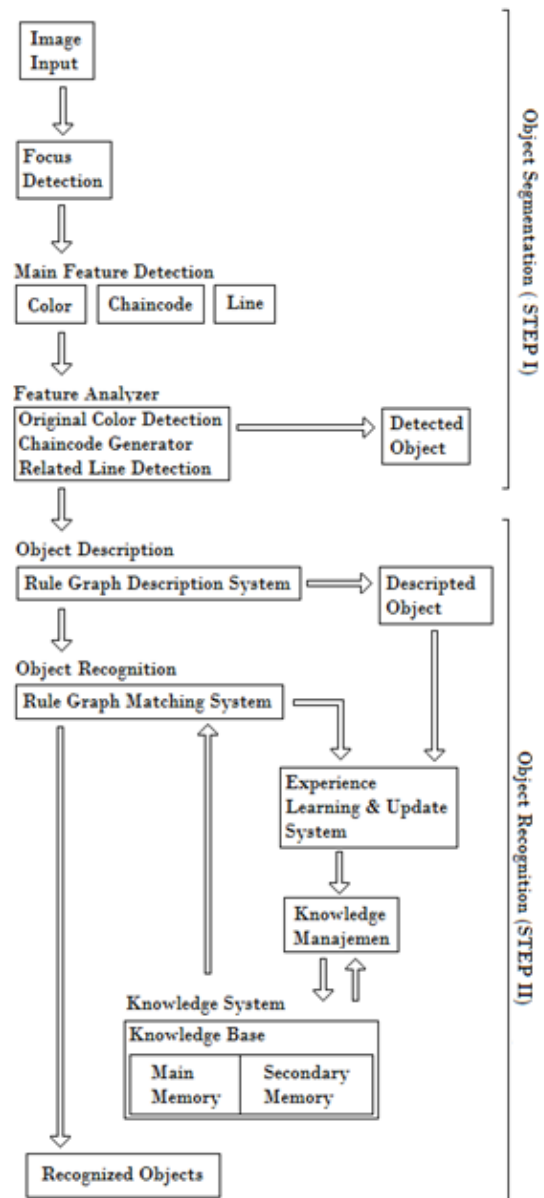
- sarana pendeskripsian suatu objek yang direkognisi [15]
- d. E. Di Sciascio, F.M. Donini, & Mongiello, M. Membuat suatu description logic dengan menerjemahkan image kedalam bentuk-bentuk bangun dasar yang ditujukan untuk mengatasi gap yang muncul dalam menerjemahkan high-level feature kedalam semantik indexing pada peretivran image [16].
 - e. Christoph H. Lampert, Hannes Nickisch, dan Stefan Harmeling, mempublikasikan konsep Attribute-Based Classification for Zero-Shot Visual Object Categorization, salah satu cara untuk mengatasi kesulitan dalam pelabelan data untuk proses training image [5].
 - f. S. Castellotti dkk, di tahun 2023 dengan judul “Assessing visual saliency of informative local features with psychophysics and eye movements”, dimana dalam penelitian ini membuka jalan untuk proses pendeteksian objek dan pendeskripsian fiturnya sesuai atau setidaknya mendekati cara manusia mendeteksi objek dalam penglihatannya [4].
 - g. A. Pearce, T. Caelli, dan W. F. Bischof, pada tahun 1994 memperkenalkan “Rulegraphs for graph matching in pattern recognition,” yang kan sangat berguna nantinya dalam proses penyimpanan hasil analisa fitur objek yang diamati pada citra [17].

Penelitian yang paling mendekati adalah penelitian PACO[14] dan Castelotti[4], Namun pada kedua penelitian ini, perlu dilakukan pengembangan pengembangan metode yang diawali dari rangkaian objek sederhana seperti fitur garis, chaincode dan warna sebagai fitur utamanya dengan konsep cara pandang manusia dalam segmentasi objek, dan mulai mendeskripsikannya tahap per tahap.

4. Simple Human Eye Analysis

Sesuai dengan tujuan komputer vision yang menduplikasi efek penglihatan manusia secara elektronik dan mengamati serta memahami *image* yang ditangkap dari efek penglihatan tersebut, dan konsep bahwa “Humans can, of course, learn and generalize well from examples, and they are also capable of identifying completely new classes when provided with a high-level description” [5], *Simple Human Eye Analysis* menerapkan salah satu konsep kerja mata manusia. Mata manusia mampu mendeteksi dan menganalisa objek pada *image* hanya dengan memanfaatkan tiga fitur utama, yaitu warna, batas warna atau *chaincode*, dan garis yang ada di sekitarnya [16].

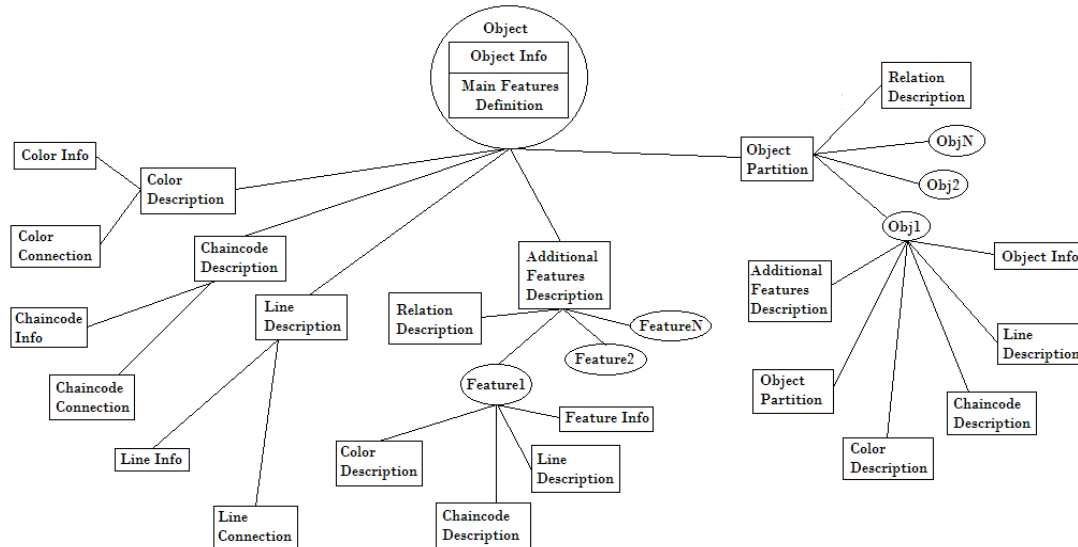
Sesuai dengan bahasan yang disampaikan oleh Castellotti [4] dan Yarbus[1], Yaitu saat pertama melihat mata akan menfokuskan penglihatan kesatu



Gambar 2. Skema Simple Human Eye Analysis

objek, dari objek pada titik fokus tersebut di deteksi warna dari objek, dan kemudian penglihatan bergeser ke tepian dari objek, sehingga melihat batas atau tepian dari objek tersebut, dan secara otomatis mata juga melihat hubungan antara garis-garis lain pada objek yang di sekitarnya, sehingga ia bisa tahu apakah objek tersebut berhubungan atau tidak, dan setelah itu objek yang bersangkutan dikenali.

Sehingga dengan melakukan beberapa analisa dan percobaan, maka dapat kami tunjukkan rangkaian langkah *Simple Human Eye Analysis* yang diterjemahkan pada 2 tahapan yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 3. Object Graph Description

a. *Object Segmentation (STEP I)*

Untuk tahapan Segementasi Objek diterapkan langkah-langkah berikut:

- 1) Temukan fokus utama dari *image*.
- 2) Deteksi warna asli pada titik fokus yang didapat.
- 3) Pindah ke *piksel* tetangga dan deteksi juga warna asli dari *piksel* tersebut, lakukan perpindahan hingga ditemukan warna asli *piksel* yang benar-benar berbeda dari warna yang sedang dideteksi.
- 4) Lakukan tracing *Chaincode* untuk warna yang sedang dideteksi.
- 5) Deteksi semua garis yang bersentuhan dengan *chaincode*.
- 6) Periksa objek lain yang memiliki garis yang sama dengan objek yang sedang di deteksi untuk menentukan apakah itu satu ajek atau bukan.
- 7) Pindah ke warna asli selanjutnya dan lakukan kembali langkah ke 2.

b. *Object Recognition (STEP II)*

Dan untuk tahapan Rekognisi Objek diterapkan langkah langkah berikut:

- 1) Tentukan objek yang akan dideteksi dari hasil segmentasi.
- 2) Analisa keterkaitan fitur pada objek dengan pasangan berikut :
 - *Line - Line*,
 - *Line - Chaincode*,
 - *Line - Color*,
 - *Chaincode - Chaincode*, and
 - *Chaincode - Color*.
- 3) Analisa fitur tambahan yang mungkin muncul dari 3 fitur utama :
 - *Shape*,

- *Corner*,
- *Edges*,
- *Direction*, dan
- Fitur lain yang bisa dibentuk dari 3 fitur utama.

- 4) Buat mapping feature dari fitur yang telah di analisa dan bandingkan dengan mapping feature yang ada dalam database.
- 5) Jika tidak ditemukan maka buat mapping fetaure ini sebagai pengetahuan baru.

Penelitian ini mengembangkan model rekognisi yang mampu memisahkan, mengenali, dan menunjukkan deskripsi logis dari obyek yang terkandung dalam gambar, dengan menggunakan fitur garis, warna dan *chaincode*.

5. Evaluasi dan Analisa

Dari beberapa percobaan yang dilakukan peneliti dengan memanfaatkan beberapa metode pendeteksian Garis [19], Edge [20], dan Warna [18], [21], Penulis dapat menampilkan beberapa perbandingan sederhana pada Tabel 1, dimana dalam tabel tersebut diperlihatkan beberapa perbedaan Akurasi, Kecepatan Proses, Jumlah Proses Yang dilakukan, Ketergantungan terhadap Pola Pergerakan Mata, dan Graph Objek serta Kompleksitas Waktu yang dibutuhkan dibandingkan Metode Standar. Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa walaupun terkadang akurasi menjadi lebih kecil, namun dengan menambahkan Pola Pergerakan Mata, jumlah dan waktu proses menjadi lebih sedikit, karena hanya melakukan pendeteksian di bagian tertentu dari pola gerakan mata saja.

Berdasarkan analisa yang peneliti lakukan dapat diketahui bahwa:

Tabel 1. Perbandingan Metode, Dengan Menggunakan Beberapa Citra Digital Berukuran 256 x 256 dengan beberapa objek di dalamnya seperti, Bidang, Benda dan Wajah.

Aspek Perbandingan Metode [18]– [21]	Original Methods	With Human Eye Movement Analisis
Akurasi	80 – 95 %	70 – 95 %
Kecepatan Proses	Waktu Standar Proses	-20 s/d 30 % Hanya Memproses beberapa bagian yang di lewati pola gerakan mata.
Jumlah Proses	100 %	20 – 50 %
Ketergantungan terhadap Pola Pergerakan Mata [1], Graph Objek [17].	Tidak Ada	Tinggi (menyimpan, menandai dan merekam hasil dan wilayah pendeteksian)
Kompleksitas	$\pm O(n^2)$	$\pm O(n^2 - n)$

- a. Pendekatan dengan metode statistik tidak memperlihatkan esensial dari cara mata memandang, dikarenakan penggunaan teknik probabilitas atau fungsi kepadatan probabilitas (*Probability Density Function*) yang tidak sesuai dengan konsep mata memandang.
- b. *Simple Human Eye Analisis* menggunakan 3 analisa fitur standar yang disesuaikan dengan konsep kerja mata, sehingga membuat langkah pendeteksian objek menjadi lebih sederhana seperti tahapan pada Gambar 2.
- c. Teknik penyimpanan memori utama untuk objek yang sering ditemui dan memori sekunder untuk objek yang jarang ditemui, dapat membantu sistem untuk mempercepat proses pencarian objek.
- d. Untuk pengenalan penggunaan graph di adopsi dari penelitian Adrian Pearce[17], yang di kombinasikan dengan karakteristik objek seperti pada Gambar 3, memperlihatkan bagai mana suatu objek didefinisikan, *Rule Graph* ini nantinya digunakan dalam proses pencocokkan dan pengenalan objek. Informasi pada graph disesuaikan dengan kebutuhan dari objek yang terdeteksi.

6. Kesimpulan & Saran

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah, Model *Simple Human Eye Analisis* ini diprediksi akan mampu melakukan Pengenalan Objek pada citra digital dengan berdasarkan fitur garis, warna dan chaincode 20 – 30 % lebih cepat dibandingkan metode standar yang memproses hampir keseluruhan bagian citra untuk melakukan pendeteksian. Dan model *Simple Human Eye Analisis*, menjadikan pengenalan berbagai objek dapat dideskripsikan secara logis sebagai mana mata manusia melakukan pengenalan terhadap berbagai objek dalam citra walaupun dengan fitur sederhana namun mudah di analisa secara nalar manusia. Untuk pengembangan selanjutnya, kami sebagai peneliti berencana untuk mengkaji lebih dalam tentang kaitan Model *Simple Human Eye Analisis* ini dengan konsep Visualisasi Data pada citra, sehingga dapat memperkaya deskripsi objek yang dapat dibentuk.

Ucapan Terima kasih

Kami mengucapkan terima kasih pada Jurusan Informatika FSI UNJANI, dan pihak-pihak yang telah membantu penulisan dan penelitian pembuatan artikel ini baik itu dari teknis maupun pembiayaan penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] A. L. Yarbus, *Eye movements and vision*. Springer, 2013.
- [2] R. Li, S. Zhao, dan B. Yang, “Research on the application status of machine vision technology in furniture manufacturing process,” *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 4, hlm. 2434, 2023.
- [3] N. Y. Ye, R. Saparbaev, dan I. Omonov, “A brief review of machine learning algorithms,” *OZBEKISTONDA FANLARARO Innov. VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI*, vol. 2, no. 15, hlm. 411–417, 2023.
- [4] S. Castellotti dan others, “Assessing visual saliency of informative local features with psychophysics and eye movements,” 2023.
- [5] C. H. Lampert, H. Nickisch, dan S. Harmeling, “Attribute-based classification for zero-shot visual object categorization,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 36, no. 3, hlm. 453–465, 2014, doi: 10.1109/TPAMI.2013.140.
- [6] H. Kolb, “Gross Anatomy of the Eye,” *Webvision Organ. Retina Vis. Syst.*, 2005, doi: NBK11534 [bookaccession].
- [7] S. Frintrop, T. Werner, dan G. Martin Garcia, “Traditional saliency reloaded: A good old model in new shape,” dalam *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 2015, hlm. 82–90.

- [8] S. Novin, A. Fallah, S. Rashidi, dan M. R. Daliri, "An improved saliency model of visual attention dependent on image content," *Front. Hum. Neurosci.*, vol. 16, hlm. 862588, 2023.
- [9] C. M. C. C. M. Bishop dan N. M. Nasrabadi, *Pattern Recognition and Machine Learning*, vol. 4. dalam Information science and statistics, no. 4, vol. 4. Springer, 2006. [Daring]. Tersedia pada: <http://book.douban.com/subject/2061116/>
- [10] H. Bunke dan K. Riesen, "Towards the unification of structural and statistical pattern recognition," *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 33, no. 7, hlm. 811–825, 2012.
- [11] G. Astolfi, F. P. C. Rezende, J. V. D. A. Porto, E. T. Matsubara, dan H. Pistori, "Syntactic pattern recognition in computer vision: A systematic review," *ACM Comput. Surv. CSUR*, vol. 54, no. 3, hlm. 1–35, 2021.
- [12] R. Anderson *dkk.*, *Syntactic pattern recognition, applications*, vol. 14. Springer Science & Business Media, 2012.
- [13] G. Patterson dan J. Hays, "Coco attributes: Attributes for people, animals, and objects," dalam *Computer Vision—ECCV 2016: 14th European Conference, Amsterdam, The Netherlands, October 11–14, 2016, Proceedings, Part VI 14*, Springer, 2016, hlm. 85–100.
- [14] V. Ramanathan *dkk.*, "Paco: Parts and attributes of common objects," dalam *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2023, hlm. 7141–7151.
- [15] A. Farhadi *dkk.*, "Every picture tells a story: Generating sentences from images," *Lect. Notes Comput. Sci. Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinforma.*, vol. 6314 LNCS, no. PART 4, hlm. 15–29, 2010, doi: 10.1007/978-3-642-15561-1_2.
- [16] E. D. Sciascio, F. M. Donini, dan M. Mongiello, "Structured knowledge representation for image retrieval," *J. Artif. Intell. Res.*, vol. 16, hlm. 209–257, 2002, doi: 10.1613/jair.902.
- [17] A. Pearce, T. Caelli, dan W. F. Bischof, "Rulegraphs for graph matching in pattern recognition," *Pattern Recognit.*, vol. 27, no. 9, hlm. 1231–1247, 1994, doi: 10.1016/0031-3203(94)90007-8.
- [18] E. Ramadhan, I. S. Suwardi, dan B. R. Trilaksono, "Optimization of Salient Object Segmentation By using the influence of color in Digital Image," dalam *International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics*, 2015, hlm. 81–86.
- [19] H. T. Basics, "Real-Time Detection of Lines and Grids," *Real-Time Detect. Lines Grids*, hlm. 3–16, 2013, doi: 10.1007/978-1-4471-4414-4.
- [20] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. PAMI-8, no. 6, hlm. 679–698, 1986, doi: 10.1109/TPAMI.1986.4767851.
- [21] M. Cheng, N. J. Mitra, X. Huang, P. H. S. Torr, dan S. Hu, "Salient Object Detection and Segmentation," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 37, no. 3, hlm. 1–14, 2014, doi: 10.1109/TPAMI.2014.2345401.