

Laporan Final Project Computer Vision

1st Fidzal Adrian
21/480604/PA/20882

Program Studi S1 Ilmu Komputer
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UGM
Yogyakarta, Indonesia

3rd Yessica Thipandona
22/497660/PA/21441

Program Studi S1 Ilmu Komputer
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UGM
Yogyakarta, Indonesia

5th Dzawil Uqul
23/532364/NPA/19944
Program Studi S1 Ilmu Komputer

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UGM
Yogyakarta, Indonesia

2nd Aryadeeva Ma'ruf Baihaqi
22/494163/PA/21256

Program Studi S1 Ilmu Komputer
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UGM
Yogyakarta, Indonesia

4th Muhammad Haikal Syafi Alawiy
22/503880/PA/21669

Program Studi S1 Ilmu Komputer
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UGM
Yogyakarta, Indonesia

Abstract—Deteksi manusia dalam citra merupakan tantangan penting dalam bidang penglihatan komputer dengan aplikasi luas dalam pemantauan keamanan, interaksi manusia-komputer, dan pengawasan video. Dalam penelitian ini, kami mengusulkan metode untuk mendeteksi kepala manusia dengan menggunakan fitur Histogram of Oriented Gradients (HOG) dan klasifikasi Support Vector Machine (SVM). Gambar input diproses melalui metode sliding window untuk mengekstraksi fitur HOG, yang kemudian diklasifikasikan menggunakan SVM. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pendekatan yang diusulkan memiliki kinerja yang baik dalam mendeteksi kepala pada berbagai kondisi pencahayaan dan latar belakang yang berbeda.

Index Terms—HOG, SVM, NMS, Sliding Window, Klasifikasi Objek, Ekstraksi Fitur

I. PENDAHULUAN

Deteksi manusia di dalam citra adalah sebuah masalah yang kompleks karena banyaknya variasi dalam citra manusia, kondisi pencahayaan, dan latar belakang [1]. Kemampuan untuk mendeteksi kepala dengan akurat dan efisien sangat penting dalam berbagai konteks, seperti mengenali kehadiran manusia di area tertentu, melacak pergerakan individu, atau mengidentifikasi pola perilaku tertentu.

Metode deteksi objek tradisional sering menghadapi tantangan dalam hal variasi skala, orientasi, dan kondisi pencahayaan yang berbeda-beda. Dalam konteks deteksi kepala, tantangan ini menjadi lebih menonjol karena kepala manusia dapat muncul dalam berbagai posisi dan ukuran, serta dalam kondisi lingkungan yang bervariasi.

Histogram of Oriented Gradients (HOG) telah terbukti menjadi salah satu metode ekstraksi fitur yang efektif dalam mengenali objek. HOG bekerja dengan menganalisis distribusi arah gradien atau tepi dalam suatu gambar, yang memungkinkan untuk menangkap informasi bentuk dan tekstur dari objek yang ada di dalam gambar. Kelebihan HOG adalah kemampuannya

dalam menghadapi variasi pencahayaan dan perubahan skala objek, yang menjadikannya pilihan yang ideal untuk ekstraksi fitur dalam tugas deteksi kepala.

Setelah fitur diekstraksi menggunakan HOG, langkah selanjutnya adalah mengklasifikasikan apakah fitur tersebut mengandung kepala atau tidak. Support Vector Machine (SVM) digunakan sebagai algoritma klasifikasi. SVM terkenal karena kemampuannya dalam menangani data dengan dimensi tinggi dan menemukan hyperplane optimal yang memisahkan dua kelas dengan margin maksimum. Metode ini berguna dalam konteks deteksi objek di mana fitur-fitur yang diekstraksi sering kali memiliki dimensi yang tinggi dan kompleks.

Metode sliding window digunakan untuk mendeteksi kepala di seluruh gambar. Metode ini melibatkan pemindaian gambar dengan jendela berukuran tetap yang bergerak secara horizontal dan vertikal. Pada setiap posisi jendela, fitur HOG diekstraksi dan kemudian diklasifikasikan menggunakan model SVM yang telah dilatih sebelumnya. Pendekatan ini memungkinkan deteksi objek di berbagai lokasi dan skala dalam gambar.

Dalam penelitian ini, kami mengembangkan dan menguji metode yang menggabungkan HOG dan SVM dengan pendekatan sliding window untuk mendeteksi kepala dalam gambar. Kami mengevaluasi kinerja metode ini dengan menggunakan berbagai metrik seperti akurasi, precision, recall, dan F1-score. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pendekatan yang diusulkan memiliki kinerja yang baik dalam mendeteksi kepala pada berbagai kondisi pencahayaan dan latar belakang yang berbeda. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam bidang deteksi objek dan visi komputer secara umum.

II. METODOLOGI

Dalam penelitian ini, kami menggunakan kombinasi Histogram of Oriented Gradients (HOG) dan Support Vector Machine (SVM) untuk mendeteksi kepala dalam gambar. Metode ini melibatkan beberapa langkah utama, yaitu ekstraksi fitur HOG, pelatihan dan klasifikasi dengan SVM, serta penggunaan sliding window untuk mendeteksi kepala di seluruh gambar. Metode Non-Maximum Suppression (NMS) juga diterapkan untuk mengoptimalkan antar jendela yang tumpang tindih.

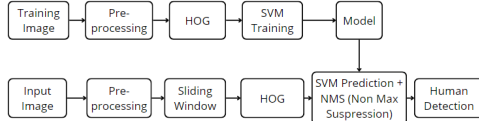


Fig. 1. Diagram Alir Metode Penelitian

A. Dataset

Dalam penelitian ini, kami menggunakan SCUT-HEAD PartB, yang merupakan bagian dari dataset deteksi kepala berskala besar. Dataset SCUT-HEAD terdiri dari dua bagian, di mana PartB mencakup 2405 gambar dengan 43940 kepala yang telah dianotasi. Dataset ini menyediakan gambar-gambar yang dikumpulkan dari internet, dengan anotasi kepala menggunakan koordinat xmin, ymin, xmax dan ymax, yang memastikan bahwa seluruh kepala, termasuk bagian yang terhalang, teranotasi dengan tepat tanpa latar belakang tambahan.

PartB dari dataset ini dibagi menjadi dua bagian: 1905 gambar digunakan untuk pelatihan dan 500 gambar digunakan untuk pengujian. Pembagian ini mengikuti standar Pascal VOC yang sesuai untuk deteksi objek dan memungkinkan evaluasi yang adil dan konsisten terhadap kinerja model yang dikembangkan.

Dataset ini dipilih karena keberagaman dan ukurannya yang besar, yang mencakup berbagai kondisi pencahayaan, sudut pandang, dan kepadatan orang yang berbeda. Hal ini membuat dataset SCUT-HEAD PartB sangat cocok untuk melatih dan menguji model deteksi kepala yang akurat.

B. Ekstraksi Fitur dengan Histogram of Oriented Gradients (HOG)

Histogram of Oriented Gradients (HOG) adalah teknik yang digunakan untuk menangkap pola tekstur dan bentuk dalam gambar dengan menganalisis distribusi arah gradien. Langkah-langkah utama dalam ekstraksi fitur HOG adalah sebagai berikut:

- 1) Pra-pemrosesan Gambar: Gambar diubah ke skala abu-abu untuk mengurangi kompleksitas komputasi. Misalkan $I(x, y)$ adalah intensitas piksel pada koordinat (x, y) .

- 2) Komputasi Gradien: Gradien horizontal (G_x) dan vertikal (G_y) dihitung menggunakan operator diferensiasi, seperti Sobel Operator dengan rumus sebagai berikut :

$$G_x = \frac{\partial I}{\partial x}, \quad G_y = \frac{\partial I}{\partial y} \quad (1)$$

Magnitudo gradien (G) dan arah gradien (θ) dapat dihitung dengan :

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}, \quad \theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (2)$$

- 3) Pembuatan Histogram: Gambar dibagi menjadi sel-sel kecil (88 piksel). Untuk setiap sel, histogram dari arah gradien dibuat dengan membagi arah gradien menjadi beberapa bin. Setiap piksel memberikan kontribusi terhadap bin berdasarkan magnitudo gradiennya.
- 4) Normalisasi Blok: Untuk mengurangi efek variasi pencahayaan, sel-sel digabungkan menjadi blok (3×3 sel) dan histogram di dalam blok dinormalisasi. Misalkan H adalah vektor fitur yang tidak dinormalisasi dan ϵ adalah parameter kecil untuk menghindari pembagian dengan nol, normalisasi dapat dilakukan dengan:

$$H_{\text{norm}} = \frac{H}{\sqrt{\|H\|_2^2 + \epsilon^2}} \quad (3)$$

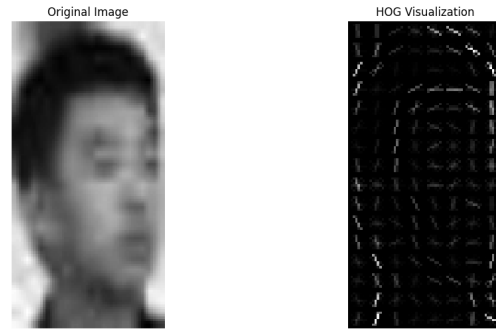


Fig. 2. Hasil Ekstraksi HOG

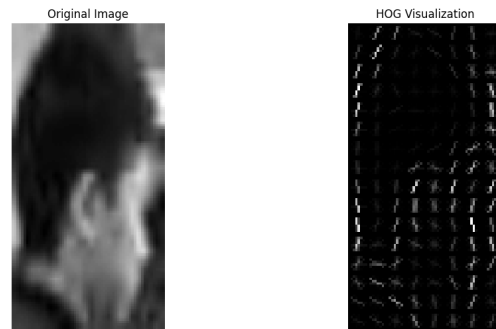


Fig. 3. Hasil Ekstraksi HOG

C. Klasifikasi dengan Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) adalah algoritma klasifikasi yang digunakan untuk memisahkan dua kelas dalam ruang fitur. Data fitur HOG yang telah diekstraksi dibagi menjadi set pelatihan dan pengujian. Set pelatihan digunakan untuk melatih model SVM, yang bertujuan menemukan hyperplane optimal yang memisahkan dua kelas dengan margin terbesar. Model ini dilatih menggunakan data pelatihan untuk belajar membedakan antara contoh positif (kepala) dan negatif (bukan kepala). Setelah model dilatih, data uji digunakan untuk mengevaluasi kinerja model. Selama pengujian, setiap sampel data uji diklasifikasikan oleh model SVM berdasarkan apakah fitur HOG-nya menunjukkan keberadaan kepala atau tidak. Dengan menggunakan pendekatan ini, SVM memanfaatkan fitur HOG yang telah diekstraksi untuk melakukan klasifikasi yang efektif dan akurat, memungkinkan deteksi kepala dalam gambar dengan berbagai kondisi.



Fig. 4. Prediksi SVM Positif

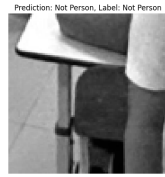


Fig. 5. Prediksi SVM Negatif

D. Sliding Window untuk Deteksi Objek

Metode sliding window digunakan untuk mendeteksi kepala di seluruh gambar. Gambar dipindai dengan jendela ukuran tetap yang bergerak secara horizontal dan vertikal. Pada setiap posisi jendela, fitur HOG diekstraksi dan diklasifikasikan menggunakan model SVM yang telah dilatih. Langkah-langkah ini diulangi pada berbagai skala gambar untuk menangkap kepala dengan ukuran yang berbeda.

E. Non-Maximum Suppression (NMS) untuk Optimasi Sliding Window

Non-Maximum Suppression (NMS) adalah teknik yang digunakan untuk mengoptimalkan hasil deteksi objek dengan sliding window dengan cara mengeliminasi deteksi berlebih dan mempertahankan hanya deteksi terbaik di antara yang tumpang tindih. Setelah mendapatkan sejumlah kotak deteksi (bounding boxes) yang mungkin tumpang tindih dari hasil klasifikasi SVM, NMS mengurutkan kotak berdasarkan skor keyakinan dan memilih kotak dengan skor tertinggi sebagai deteksi valid. Kotak-kotak yang tumpang tindih secara signifikan

dengan kotak yang dipilih dihapus dari daftar, diukur dengan Intersection over Union (IoU). Proses ini berulang hingga semua kotak diproses, memastikan hanya satu kotak terbaik yang dipertahankan untuk setiap objek terdeteksi, mengurangi deteksi palsu dan meningkatkan akurasi.

$$IoU = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (4)$$

III. HASIL

Model SVM telah dilatih dan disimpan.

	precision	recall	f1-score	support
0	0.95	0.98	0.96	41
1	0.95	0.90	0.92	20
accuracy			0.95	61
macro avg	0.95	0.94	0.94	61
weighted avg	0.95	0.95	0.95	61

Fig. 6. Akurasi Prediksi SVM



Fig. 7. Bounding box hasil deteksi citra dalam kelas

Meskipun hasil prediksi SVM pada dataset training cukup baik dalam membedakan kepala dan bukan kepala, hasil pada citra testing di kelas mengalami banyak misprediksi pada objek bukan kepala seperti lampu, meja, dan jendela.

IV. KESIMPULAN

Dalam proyek ini, kami berhasil mengembangkan sistem deteksi kepala menggunakan kombinasi fitur HOG, model SVM, teknik sliding window, dan Non-Maximum Suppression (NMS). Evaluasi kami menunjukkan bahwa model SVM yang dilatih memberikan akurasi yang memuaskan pada dataset SCUT HEAD, dengan nilai akurasi total sebesar 95%. Namun, implementasi sistem di lapangan mengungkapkan beberapa kendala, termasuk deteksi yang tidak akurat dan kegagalan dalam mendeteksi kepala bahkan setelah penerapan NMS.

Hasil visual dari deteksi menunjukkan adanya deteksi yang salah dan serta kepala yang tidak terdeteksi. Meskipun model SVM menunjukkan performa yang baik dalam kondisi kontrol, penggunaan teknik sliding window dalam situasi praktis

menunjukkan keterbatasan yang signifikan dalam mendeteksi objek kompleks seperti kepala.

Untuk mengatasi tantangan ini, perlu dilakukan peningkatan pada teknik deteksi atau eksplorasi metode alternatif yang lebih canggih, seperti penggunaan Convolutional Neural Network (CNN). Selain itu, penyetelan parameter pada teknik sliding window, HOG, dan SVM dapat meningkatkan akurasi deteksi. Penggunaan model deteksi modern seperti YOLO atau SSD juga dapat dipertimbangkan untuk mengatasi kompleksitas deteksi objek.

REFERENCES

- [1] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection," 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05), San Diego, CA, USA, 2005, pp. 886-893 vol. 1, doi: 10.1109/CVPR.2005.177.
- [2] Astawa, I., Caturbawa, I., Sajayasa, I., & Atmaja, I., 2018. Detection of License Plate using Sliding Window, Histogram of Oriented Gradient, and Support Vector Machines Method. *Journal of Physics: Conference Series*, 953. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012062>.
- [3] Ji, Y., & Zhong, J., 2020. Improved HOG Feature Vehicle Recognition Algorithm Based On Sliding Window. *Journal of Physics: Conference Series*, 1627. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1627/1/012013>.
- [4] S., Singh, S., & Gupta, S., 2016. Human object detection by HoG, HoB, HoC and BO features. 2016 Fourth International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC), pp. 742-746. <https://doi.org/10.5120/IJCA2016911854>.