

Klasifikasi *Pes Planus* Menggunakan Ekstraksi Fitur HOG dan BoF dengan Random Forest

Stefano Akbar¹
Rafi Achmad Fahreza¹
Fery Ferdianto¹
Desy Fitria Wulandari¹
Erviana Widia Astuti¹

AFILIASI :

- 1) Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Jember

ALAMAT:

Universitas Jember, Jalan Kalimantan Tegal Boto, Nomor 37, Jember, Jawa Timur 68121

KORESPONDENSI:

Stefano Akbar
211810201005@mail.unej.ac.id

KATA KUNCI:

BoF, HOG, *Pes Planus*, Random Forest, machine learning

JEI

<https://journal.unej.ac.id/JEI>
jei@unej.ac.id
FMIPA UNIVERSITAS JEMBER
ISSN:3032 3398

ABSTRAK

alah satu kontribusi fisika dalam bidang kesehatan adalah membantu proses diagnosis penyakit melalui citra medis, salah satunya untuk mendeteksi flat foot atau *Pes Planus*. Pada penelitian ini, metode ekstraksi dan pemilihan fitur digunakan untuk meningkatkan akurasi klasifikasi flat foot dengan menggunakan teknik machine learning. Histogram of Oriented Gradients (HOG) merupakan teknik ekstraksi fitur yang mengelompokkan nilai gradien piksel berdasarkan orientasi pada setiap bagian lokal dari citra, sedangkan Bag of Features (BoF) atau Bag of Words merupakan pendekatan yang memperlakukan ciri-ciri dari gambar sebagai fitur yang dapat diolah. Penelitian ini mengekstraksi gambar menjadi histogram dan mengidentifikasi fitur penting dari distribusi gradien intensitas piksel. Pemilihan fitur tambahan (additional features) dilakukan berdasarkan tingkat pengaruhnya terhadap model Random Forest. Data yang digunakan berjumlah 307 sampel, yang dibagi dalam beberapa lipatan menggunakan variasi nilai k-fold untuk memperoleh hasil validasi terbaik dan hasil pembelajaran optimal, dengan teknik sampling stratified. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode BoF mampu mengklasifikasikan *Pes Planus* berdasarkan fitur jejak kaki dengan akurasi 77,81%. Namun, metode HOG memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi, yaitu 85,67%

PENDAHULUAN

Kesehatan manusia memegang peran sebagai pengendali utama kualitas hidup dan produktivitas seseorang atau individu. Kesehatan dapat dijaga dengan menjaga pola makan yang seimbang, olahraga teratur, istirahat yang cukup, dan juga pemeriksaan medis secara rutin. Pemeriksaan medis dapat menentukan persentase kesehatan dan mendeteksi adanya gangguan atau kelainan baik dari dalam maupun luar tubuh. Kejanggalan yang terdeteksi selama pemeriksaan kesehatan akan menimbulkan diagnosis. Diagnosis adalah penentuan jenis masalah atau kelainan dengan meneliti latar belakang penyebabnya atau dengan cara menganalisis gejala-gejala yang tampak [1]. Diagnosis ini dilakukan untuk mempertimbangkan tindakan atau penanganan yang tepat bagi jenis penyakit penderita. Melalui diagnosis, jenis penyakit yang dapat terdeteksi beragam bukan hanya yang ringan, berat, hingga masalah kelainan yang tidak berbahaya. Kelainan yang tidak berbahaya ini salah satunya adalah flat foot (Pes Planus).

Flat foot (Pes Planus) dapat disebut juga sebagai "kaki datar" merupakan kelainan bentuk yang mengacu pada hilangnya lengkung longitudinal medial kaki sehingga sisi telapak kaki hampir atau sampai menyentuh tanah [2]. Umumnya kelainan ini tidak begitu membahayakan bagi penderitanya, hal tersebutlah yang membuat orang menutup mata akan pentingnya diagnosis kelainan ini karena dalam jangka panjang dapat menyebabkan masalah kesehatan lain seperti nyeri telapak kaki, pergelangan kaki, dan lutut [3]. Teknologi dalam bidang kesehatan saat ini terus berkembang termasuk dalam deteksi dan klasifikasi untuk kondisi medis. Salah satu teknologi tersebut adalah penggunaan metode berbasis machine learning menggunakan citra medis. Metode machine learning yang dapat digunakan di antaranya adalah Histogram of Oriented Gradients (HOG) dan Bag of featursss (BoF).

HOG adalah teknik ekstraksi fitur dalam pengolahan citra yang mengelompokkan nilai gradien piksel menurut orientasi arah pada setiap bagian lokal dari citra [4]. HOG dilakukan dengan membagi gambar menjadi sel-sel kecil dengan ukuran yang sama dan menghitung frekuensi gradien untuk setiap piksel dalam sel tersebut. Perhitungan tersebut dikelompokkan dalam beberapa bin berdasarkan arah, sehingga membentuk histogram orientasi gradien untuk setiap piksel. Sedangkan BoF juga sering disebut Bag of Words merupakan sebuah pendekatan yang memperlakukan ciri dari sebuah gambar sebagai sebuah words atau fitur-fitur [5]. Penelitian yang dilakukan oleh Cerna, dkk (2020) menganalisis efektivitas deskriptor dalam mendeteksi wajah dengan berbagai tantangan seperti oklusi, pose, dan perubahan pencahayaan dengan metode HOG dan BoF (Bag of featursss). Penelitian ini menggunakan HOG untuk mengekstrak fitur gambar, yang kemudian dikelompokkan dan digunakan untuk membuat histogram frekuensi. Histogram ini melatih classifier SVM untuk mendeteksi wajah. Metode BoF diterapkan dengan ekstraksi HOG, kuantisasi vektor, dan pelatihan SVM untuk klasifikasi wajah. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode HOG dan BoF efektif untuk deteksi wajah. HOG digunakan untuk ekstraksi fitur, dan histogram berdasarkan kata kode dibuat untuk klasifikasi. Metode ini berhasil mengatasi tantangan seperti oklusi, pose, dan perubahan pencahayaan.

Penelitian lain yang telah dilakukan adalah penelitian oleh Jawahar, dkk. (2022) dan Ayalew, dkk. (2022). Kedua penelitian tersebut mengembangkan metode diagnosis dengan bantuan komputer untuk COVID-19 dari gambar sinar-X dada menggunakan fitur Histogram Oriented Gradient (HOG) dan classifier yang berbeda. Penelitian dilakukan dengan membagi data set menjadi subset training dan testing, kemudian fitur HOG, GLCM, dan Hu Moments diekstraksi dari data yang telah diproses. Fitur-fitur yang diekstraksi diberikan sebagai input ke berbagai classifier, seperti LR, LDA, KNN, CART, RF, SVM, dan MLP pada penelitian milik Jawahar, dkk. (2022) serta CNN pada penelitian milik Ayalew, dkk.

(2022). Penelitian-penelitian tersebut sama-sama berhasil menunjukkan bahwa penggunaan HOG dengan pengklasifikasian model tertentu mampu mendiagnosis COVID-19 dari sinar-x dada dengan baik.

Berdasarkan penjelasan tersebut, ketiga referensi di atas dapat diimplementasikan untuk objek yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian ini akan melakukan pengembangan berupa pergantian objek yaitu jejak kaki Normal dan jejak kaki penderita flat foot (*Pes Planus*) dengan Random Forest (RF) sebagai pengklasifikasinya. HOG digunakan untuk mengekstraksi fitur dari citra gambar jejak kaki, kemudian BoF juga diterapkan dengan ekstraksi HOG tersebut. Penelitian ini akan berfokus pada analisis akurasi dari teknik ekstraksi HOG menggunakan Random Forest (RF) dengan akurasi yang dihasilkan oleh HOG dengan pelatihan Random Forest (RF) melalui BoF terlebih dahulu. Penelitian ini nantinya akan memberikan kontribusi dalam pemilihan metode yang paling efektif untuk klasifikasi flat foot serta memberikan wawasan baru tentang bagaimana kombinasi metode ekstraksi fitur dan algoritma klasifikasi dapat meningkatkan performa deteksi kondisi medis berbasis citra.

METODE

Penelitian ini merupakan rancang bangun klasifikasi normal dan *flat foot* (*Pes Planus*). Klasifikasi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Random Forest*. Dua jenis metode ekstraksi fitur yaitu, HOG dan kombinasi HOG dengan BoF pada penelitian ini akan dibandingkan yang bertujuan untuk mengetahui ekstraksi yang mempunyai akurasi lebih tinggi dalam menentukan tipe kaki (datar atau Normal).

Desain Penelitian

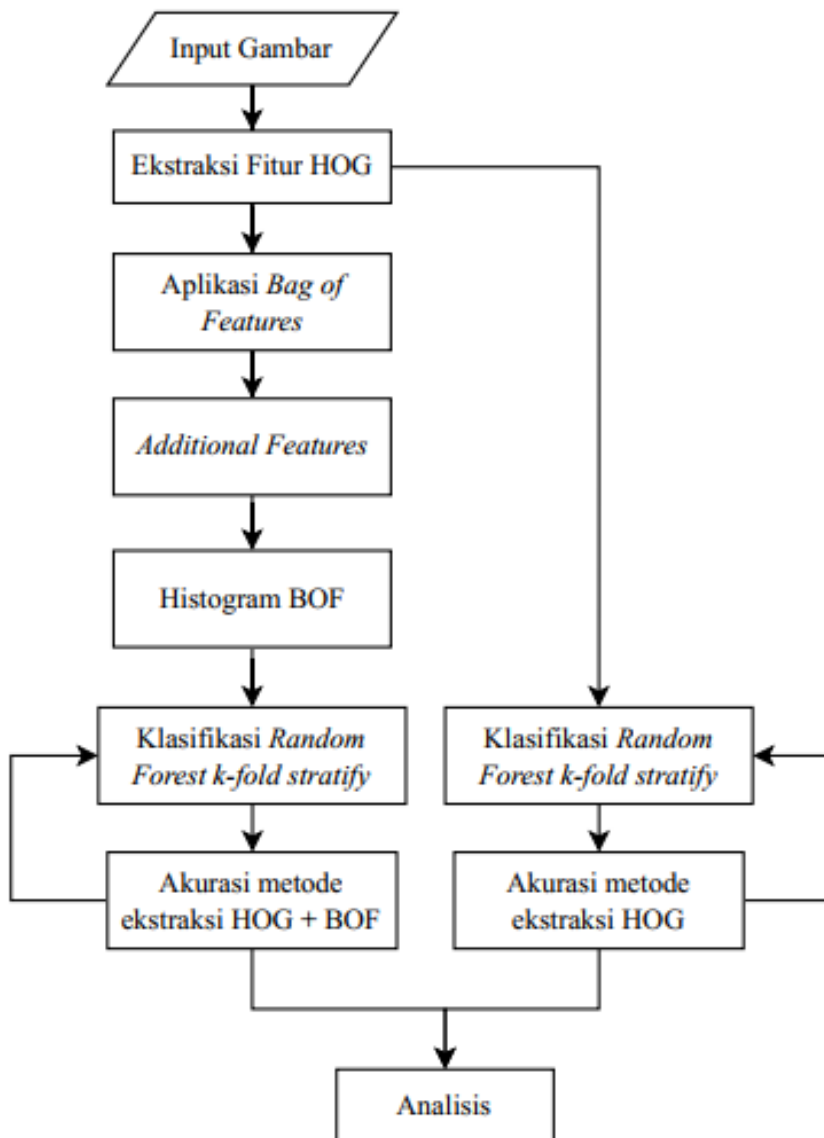
Gambar 4 menerangkan alur setiap tahapan penelitian. Tahap pertama penelitian ini dilakukan dengan akuisisi data berupa foto telapak kaki yang sudah terklasifikasi *flat foot* dan Normal foot. Selanjutnya foto-foto tersebut diekstraksi menggunakan HOG yang

akan menghasilkan histogram HOG dalam 60 bin. Tahap berikutnya menghitung fitur-fitur yang akan digunakan, dimulai dari 4 fitur yaitu *curvature*, kepadatan, bin tertinggi, dan posisi bin tertinggi. Selanjutnya akan dilakukan *additional features* atau penambahan fitur secara berurutan sampai fitur yang digunakan berjumlah 7 yaitu *curvature*, kepadatan, bin tertinggi, posisi bin tertinggi, luas jejak kaki, keliling jejak kaki, dan *peak distance*. Kemudian dilihat tingkat akurasi serta fitur yang paling berpengaruh. Fitur-fitur tersebut selanjutnya akan digabungkan dalam bentuk histogram BoF. Setelah didapatkan histogram HOG dan BoF, akan dilakukan pengklasifikasian menggunakan metode *Random Forest*. Teknik pengambilan sampel data set menggunakan teknik *stratify*. Pemisahan data *training* dan data *testing* menggunakan teknik lipatan atau *k-fold* dengan dilakukan variasi nilai *k* yaitu 5, 7, 10, dan 12. Tahap selanjutnya dilakukan pengujian akurasi pada kedua metode ekstraksi dan dilakukan analisis berdasarkan hasil akurasi.

Data

Objek pada penelitian ini adalah sistem klasifikasi kaki Normal dan *Pes Planus* (*flat foot*). Sampel pada penelitian ini adalah data gambar jejak kaki yang telah dikategorikan dalam keadaan Normal ataupun datar (*flat foot*). Data gambar jejak kaki pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh melalui IEEE *Data Port* dengan laman <https://ieee-dataport.org/open-access/biometric-220x6-human-footprint>.

Total data yang digunakan sejumlah 307 data dengan rekognisi awal *flat foot* 141 data dan Normal foot 166 data. Variabel bebas pada penelitian ini adalah pemilihan metode ekstraksi fitur yang digunakan, yaitu hanya menggunakan ekstraksi HOG dan menggunakan ekstraksi HOG dan BoF. Variabel terikat pada penelitian ini adalah akurasi klasifikasi dalam penentuan kaki *flat* atau Normal. Variabel kontrol penelitian ini adalah ukuran gambar yang digunakan yaitu 128x64 pixel, dan algoritma klasifikasi yang digunakan yaitu *Random Forest k-fold stratify*.



Gambar 4 Alur Penelitian

Analisa

Analisa kinerja model ekstraksi penelitian ini dilakukan dengan menggunakan nilai akurasi, *class recall*, dan *class precision*. Evaluasi kinerja tersebut berguna untuk memperoleh metode ekstraksi yang mempunyai tingkat ketelitian tinggi dalam klasifikasi *flat* dan *normal foot*. Akurasi merupakan persentase yang menunjukkan seberapa sering prediksi yang dilakukan oleh model sesuai. Perhitungan akurasi dilakukan dengan perbandingan jumlah keberhasilan (X) dengan jumlah

total data (N). Berikut merupakan persamaan perhitungan akurasi.

$$Akurasi (\%) = \frac{X}{N} \times 100\% \quad (1)$$

Class recall merupakan persentase yang menunjukkan seberapa baik model menemukan semua contoh yang benar dari suatu kelas atau kondisi tertentu. Perhitungan *class recall* dilakukan dengan perbandingan jumlah keberhasilan positif (TP) dengan jumlah keberhasilan positif dan kegagalan negatif (TP+FN). Perhitungan *class recall* dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$Class\ recall (\%) = \frac{TP}{(TP+FN)} \times 100\% \quad (2)$$

Class precision merupakan persentase seberapa baik model mengidentifikasi contoh yang benar dari suatu kelas atau kondisi tertentu dari semua contoh yang diklasifikasikan sebagai kelas tersebut. Perhitungan *class precision* dilakukan dengan perbandingan jumlah keberhasilan positif (TP) dengan jumlah keberhasilan positif dan kegagalan positif (TP+FP). Perhitungan *class precision* dapat dilihat pada persamaan berikut.

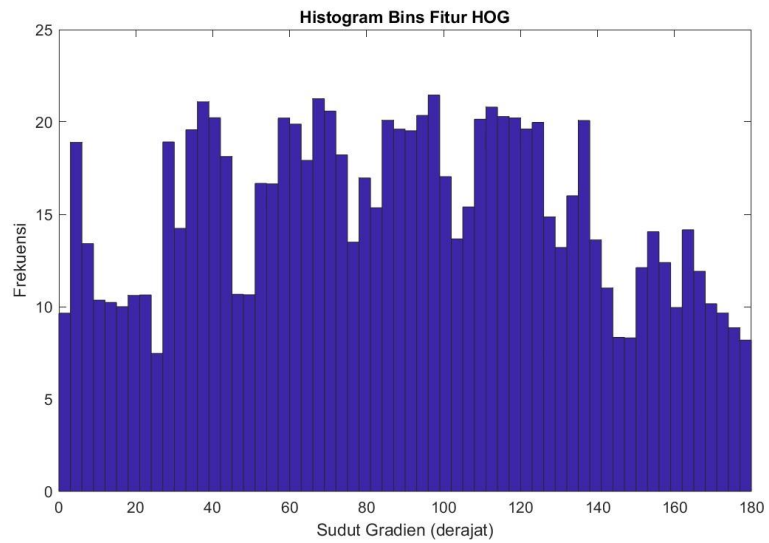
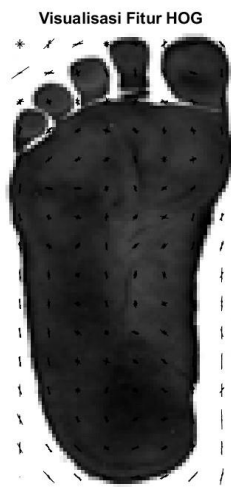
$$Class\ precision (\%) = \frac{TP}{(TP+FP)} \times 100\% \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

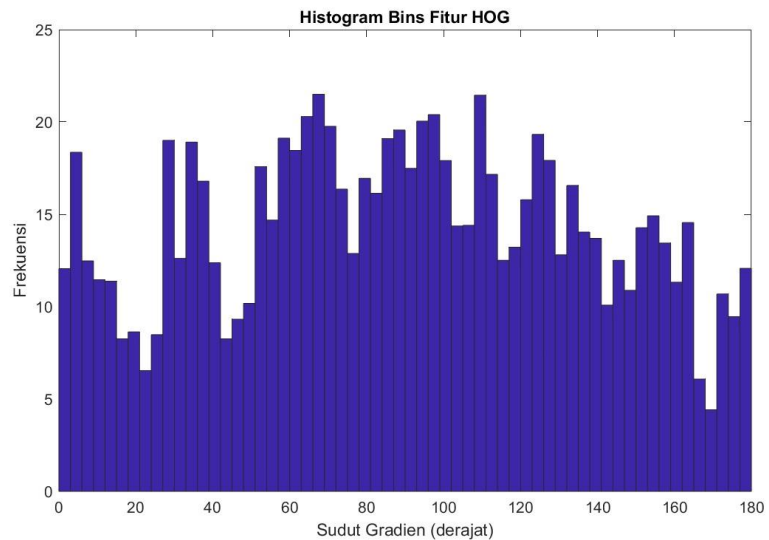
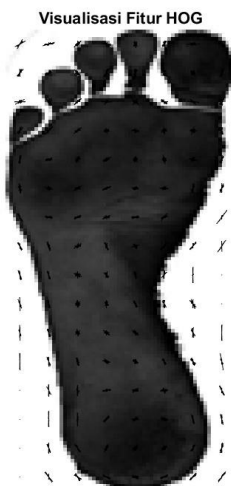
Penelitian ini memperoleh hasil berupa Gambar 5 dan Gambar 6 yang masing-masing merupakan histogram bins dan visualisasi fitur hasil ekstraksi menggunakan *Histogram of Oriented Gradient* (HOG) dari citra *footprint* kaki *flat foot* dan kaki normal. Hasil selanjutnya terdapat pada Gambar 7 dan Gambar 8 berupa akurasi yang didapat

ketika memvariasikan nilai *k-fold* untuk menentukan kesesuaian nilai *k* yang digunakan dalam penelitian.

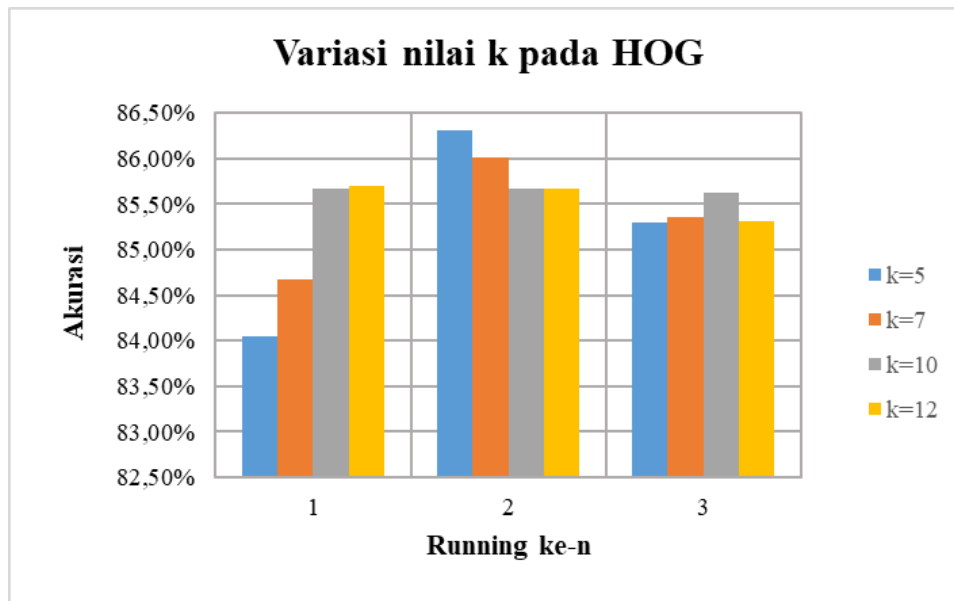
Hasil dalam penelitian ini selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 9. Yang merupakan akurasi yang dihasilkan dari perbandingan penggunaan jumlah fitur tertentu yang digunakan untuk memaksimalkan akurasi akhir pada penelitian



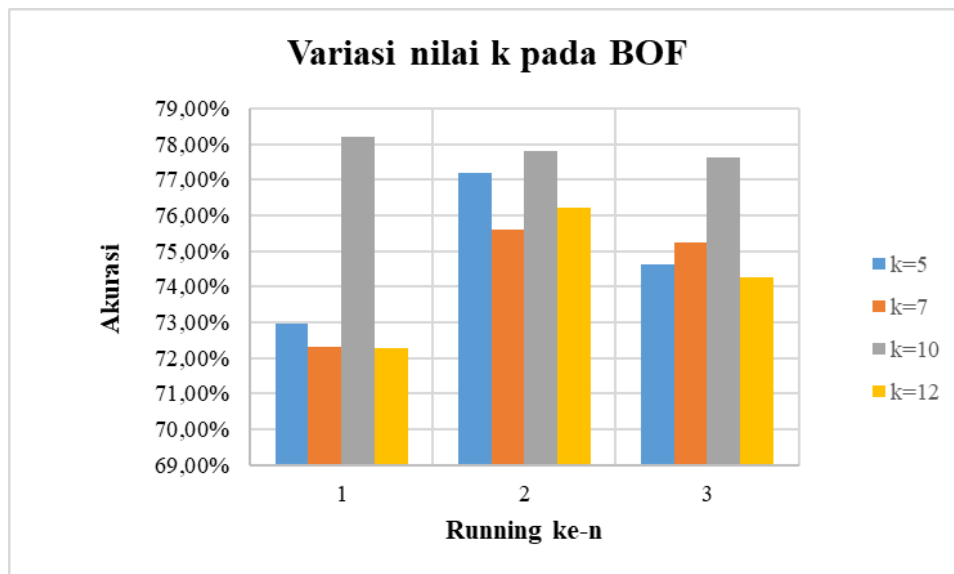
Gambar 5 Histogram of Oriented Gradient *flat foot*



Gambar 6 Histogram of Oriented Gradient *Normal foot*



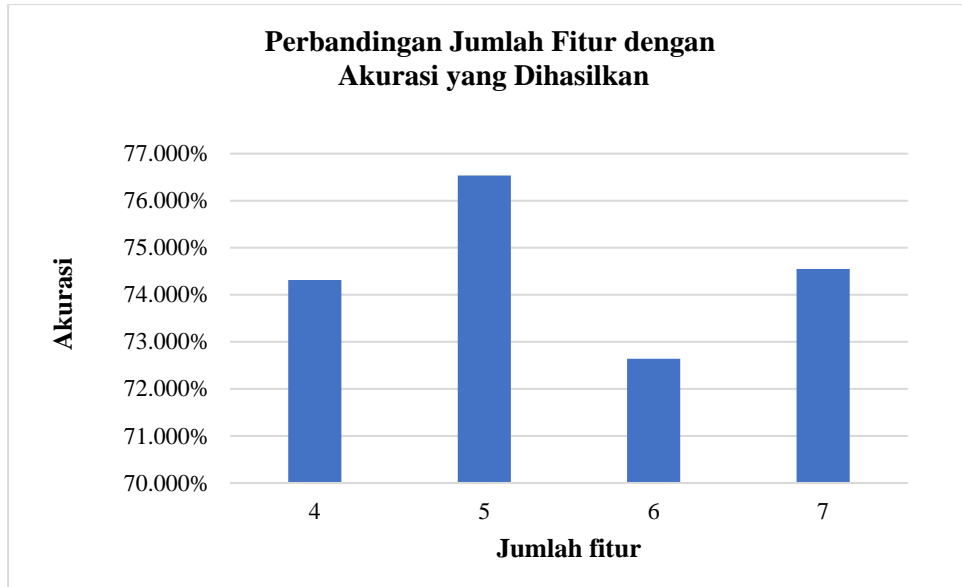
Gambar 7 Grafik Variasi nilai k terhadap Kestabilan Akurasi fitur HOG



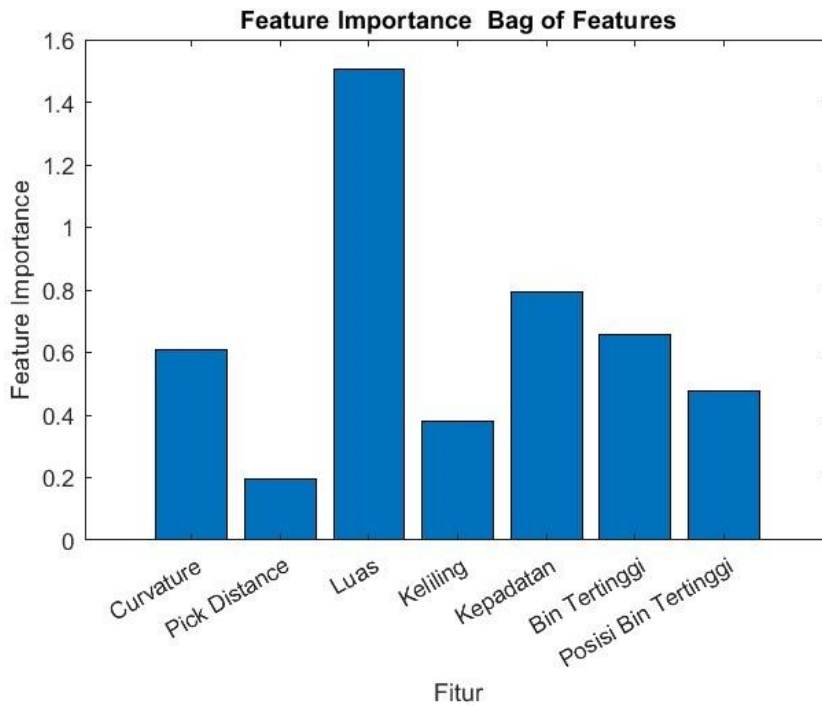
Gambar 8 Grafik Variasi nilai k terhadap Kestabilan Akurasi Fitur BoF

Diagram batang pada Gambar 10. adalah hasil yang menunjukkan fitur manakah yang memiliki pengaruh tertinggi terhadap akurasi akhir yang dihasilkan dari total tujuh fitur yang ada. Hasil keseluruhan tingkat akurasi ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3 yang memaparkan hasil akhir perbandingan

akurasi, presisi, dan *recall* dari kedua metode ekstraksi yaitu HOG dan HOG dengan kombinasi BoF menggunakan algoritma *Random Forest* sebagai *classifier* kaki normal dan kaki dengan kelainan *flat foot*



Gambar 9 Grafik Perbandingan Jumlah Fitur dengan Akurasi yang Dihasilkan



Gambar 10 Tingkat Pengaruh Setiap Fitur

Tabel 2 Tabel Konfusi Matriks BoF

Confusion Matrix Table - BoF			
Akurasi : 77,8065%			
	True Flat	True Normal	Class Precision
Pred. Flat	10	3	76,92%
Pred. Normal	4	14	77,78%
Class Recall	71,43%	82,35%	

Tabel 3 Tabel Konfusi Matriks HOG

Confusion Matrix Table - HOG			
Akurasi : 85,6667%			
	True Flat	True Normal	Class Precision
Pred. Flat	12	2	85,71%
Pred. Normal	2	15	88,24%
Class Recall	85,71%	88,24%	

Histogram of Oriented Gradients (HOG) merupakan salah satu teknik dalam melakukan ekstraksi untuk mengenali informasi pada gambar. HOG pada penelitian ini digunakan untuk mengekstraksi fitur-fitur penting dari gambar kaki manusia, baik yang memiliki bentuk *flat* atau normal. Melalui HOG, informasi mengenai distribusi gradien intensitas piksel pada gambar kaki dapat diambil dan diwakili dalam bentuk histogram, sehingga memungkinkan untuk mengidentifikasi pola dan struktur yang khas dari *flat* dan Normal *foot*. Penelitian ini menggunakan HOG dalam 60 bin untuk mengekstraksi gambar kaki, baik kaki *flat* ataupun normal. Penggunaan 60 bin pada penelitian ini untuk memecah gambar kaki menjadi 60 arah orientasi yang berbeda, sehingga diperoleh informasi mengenai distribusi gradien intensitas piksel pada gambar kaki untuk memberikan representasi yang lebih detail tentang struktur kaki. Distribusi gradien intensitas piksel gambar kaki tersebut disajikan dalam histogram seperti pada Gambar 5 dan Gambar 6. Klasifikasi *flat* dan normal *foot* dilakukan dengan membedakan antara struktur khusus bentuk kaki yang divisualisasikan dalam bentuk histogram. Melalui struktur khas dari bentuk kaki tersebut dapat digunakan untuk melatih model klasifikasi yang dapat membedakan antara kaki *flat* dan kaki Normal yang selanjutnya disebut fitur.

Terdapat 4 fitur yang awalnya digunakan dalam penelitian ini yaitu *curvature*, kepadatan, bin tertinggi, dan posisi bin tertinggi. Hasil akurasi yang didapat saat menggunakan 4 fitur sebesar 74,315%. Selanjutnya penambahan fitur dilakukan

menjadi 5 fitur yang mendapat akurasi lebih besar daripada sebelumnya yaitu 76,536%. Fitur yang ditambahkan berupa luas jejak kaki. Penambahan fitur keliling jejak kaki sehingga fitur yang digunakan berjumlah 6. Penambahan fitur tersebut berakibat pada penurunan akurasi yang signifikan menjadi 72,639%. Penambahan fitur yang berakibat penurunan akurasi tersebut selanjutnya diperbaiki dengan penambahan fitur *peak distance*. Penambahan fitur tersebut mengakibatkan bertambahnya nilai akurasi yang dihasilkan yaitu 74,548%. Berdasarkan jumlah fitur yang digunakan serta hasil akurasi yang diperoleh yang terdapat pada Gambar 9, hasil akurasi tertinggi diperoleh saat 5 fitur digunakan di antaranya *curvature*, luas jejak kaki, kepadatan, nilai bin tertinggi, dan posisi bin tertinggi. Tingkat pengaruh fitur juga dapat dilihat pada Gambar 10. Kelima fitur tersebut yang awalnya hanya menggunakan $k=5$ selanjutnya dilakukan variasi k .

K-fold cross validation adalah model evaluasi model di mana jumlah data set dibagi menjadi k subset atau kelompok dengan cara kerja yaitu salah satu k subset digunakan sebagai data *testing* dan subset lainnya digunakan sebagai data *training*. Proses tersebut berlangsung sebanyak nilai k subset yang digunakan. Penentuan nilai k dalam program menentukan tingkat kestabilan hasil akurasi serta waktu yang diperlukan program selama *running*. Variasi nilai k bertujuan untuk melihat nilai manakah yang paling sesuai hingga menghasilkan akurasi yang stabil. Gambar 7 dan Gambar 8. merupakan hasil akurasi dari kedua metode klasifikasi (HOG dan BoF) dengan empat variasi nilai k yaitu 5, 7, 10, dan 12 yang masing-masing dijalankan

(*running*) sebanyak tiga kali. Berdasarkan hasil tersebut nilai $k=5$ dan $k=7$ menunjukkan akurasi yang tidak stabil dari keempat proses *running* ditunjukkan oleh grafik berwarna biru dan jingga, sementara pemilihan variasi $k=12$ menunjukkan akurasi yang lebih stabil ditunjukkan oleh grafik berwarna kuning, tetapi jika dibandingkan dengan hasil variasi $k=10$ akurasinya jauh lebih stabil ditunjukkan dengan grafik berwarna abu-abu. Selain kestabilan akurasi, variasi nilai k juga dapat menyebabkan waktu proses *running* yang berbeda. *Running* program dengan nilai k yang kecil akan memakan waktu yang lebih singkat, sedangkan *running* program dengan variasi nilai k yang lebih besar akan memakan waktu jauh lebih lama dan kurang efektif untuk data dalam jumlah banyak, tetapi nilai yang dihasilkan setiap *running* ulang akan lebih konsisten. Oleh karena itu penelitian ini menetapkan nilai $k=10$ untuk mencapai tujuan penelitian.

Model *Random Forest* yang langsung menggunakan bin fitur HOG sebagai labelnya menunjukkan hasil akurasi sebesar 85.6667% seperti yang ditampilkan pada Tabel 3. Berdasarkan tabel konfusi matriks yang dihasilkan, terlihat dari 14 data kaki *flat*, 12 data berhasil diklasifikasikan dengan benar dan hanya 2 gambar yang salah diklasifikasikan sebagai "Normal". Kesalahan tersebut membuat pasien dengan kondisi *Pes Planus* yang sebenarnya membutuhkan penanganan mungkin tidak terdeteksi dan tidak diobati, yang dapat memperburuk kondisi. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh nilai *recall* untuk label "Flat" adalah 83.57%. Hal tersebut menunjukkan model *Random Forest* yang dibuat berhasil mengidentifikasi 83.57% dari total kasus "Flat". Selanjutnya pada label "Normal", dari 16 data *testing* kaki Normal, seluruh data tersebut berhasil diklasifikasikan dengan benar tanpa kesalahan. Hasil tersebut sangat baik, karena seseorang yang memiliki kaki Normal tidak akan diberi penanganan yang tidak perlu yang dapat merugikan, sehingga tidak masalah kesehatan baru. *Recall* untuk label "Normal" adalah 87.35%, menunjukkan bahwa 87.35% data *testing* diprediksi dengan benar. *Precision* untuk label "Flat" adalah 85.63% dan

label "Normal" adalah 87.10%, nilai tersebut menunjukkan seberapa besar persentase prediksi "Flat" atau "Normal" adalah benar.

Model *Random Forest* yang langsung menggunakan bin fitur HOG sebagai labelnya menunjukkan hasil akurasi sebesar 85.6667% seperti yang ditampilkan pada Tabel 2. Berdasarkan tabel konfusi matriks yang dihasilkan, terlihat dari 14 data kaki flat, 12 data berhasil diklasifikasikan dengan benar dan hanya 2 data yang salah diklasifikasikan sebagai "Normal". Kesalahan tersebut membuat pasien dengan kondisi *Pes Planus* yang sebenarnya membutuhkan penanganan mungkin tidak terdeteksi dan tidak diobati, yang dapat memperburuk kondisi. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh nilai *recall* untuk label "Flat" adalah 85.71%. Hal tersebut menunjukkan model *Random Forest* yang dibuat berhasil mengidentifikasi 85.71% dari total kasus "Flat". Selanjutnya pada label "Normal", dari 17 data *testing* kaki Normal, 15 data berhasil diklasifikasikan dengan benar dan hanya 2 data yang salah diklasifikasikan sebagai "Flat". Hasil tersebut masih memungkinkan seseorang yang memiliki kaki Normal diberi penanganan lebih lanjut yang dapat merugikan, sehingga muncul masalah kesehatan baru. *Recall* untuk label "Normal" adalah 88,24%, menunjukkan bahwa 88,24% data *testing* diprediksi dengan benar. *Precision* untuk label "Flat" adalah 85,71% dan label "Normal" adalah 88,24%, nilai tersebut menunjukkan seberapa besar persentase prediksi "Flat" atau "Normal" adalah benar.

Model yang menggunakan 5 fitur BoF menghasilkan akurasi yang lebih rendah yaitu sebesar 77,8065% seperti yang ditampilkan pada Tabel 3. Berdasarkan tabel konfusi matriks yang dihasilkan, terlihat bahwa dari 14 data *testing* yang berlabel "Flat", 10 data berhasil diklasifikasikan dengan benar, sementara 4 data lainnya salah diklasifikasikan sebagai "Normal". Hasil tersebut membuat pasien dengan kondisi *Pes Planus* yang sebenarnya membutuhkan penanganan mungkin tidak terdeteksi dan tidak diobati, yang dapat memperburuk kondisi. Nilai *Recall* untuk label "Flat" adalah 71,43%. Selanjutnya, pada label "Normal"

terdapat 17 data *testing*. Tabel konfusi matriks yang didapatkan menunjukkan 14 data *testing* berhasil diklasifikasikan dengan benar dan 3 data salah diklasifikasikan sebagai "Flat". Hasil tersebut dapat membuat seseorang yang memiliki kaki Normal akan diklasifikasikan sebagai flat dan mungkin akan diberi penanganan yang tidak perlu, sehingga dapat menyebabkan masalah kesehatan baru. *Recall* untuk label "Normal" yang didapatkan adalah 82,35%. *Precision* untuk label "Flat" adalah 76,92% dan label "Normal" adalah 77,78%, menunjukkan bahwa 76,92% dari prediksi "Flat" dan 77,78% dari prediksi "Normal" adalah benar.

KESIMPULAN

Penelitian ini membandingkan efektivitas dua metode ekstraksi fitur, *Histogram of Oriented Gradients* (HOG) dan *Bag of features* (BoF), dalam mengklasifikasi kaki dengan kondisi *flat foot* (*Pes Planus*) menggunakan model *Random Forest*. HOG digunakan untuk mengekstraksi fitur distribusi gradien intensitas piksel dengan 60 bin, sementara BoF menggunakan fitur yang penentuannya berdasarkan *additional features* dilihat dari tingkat pengaruh fitur terhadap model *Random Forest*. Hasil menunjukkan bahwa model *Random Forest* dengan fitur HOG mencapai akurasi 85,67%, dengan *recall* 85,71% untuk label "Flat" dan 88,24% untuk label "Normal". Sebaliknya, model dengan fitur BoF hanya mencapai akurasi 77,81%, dengan *recall* 71,43% untuk label "Flat" dan 82,35% untuk label "Normal". Fitur HOG terbukti lebih efektif dalam mendeteksi *flat foot*, meskipun kedua metode memiliki kelemahan dalam mengklasifikasi beberapa kasus yang benar-benar membutuhkan penanganan medis. Selain itu, variasi nilai k pada k -fold cross validation menunjukkan bahwa $k=10$ memberikan akurasi yang paling stabil, menjadikan nilai ini optimal untuk penelitian ini.

DEKLARASI

Tim penulis menyatakan bahwa penelitian yang telah dilakukan merupakan hasil kerja dari tim penulis. Semua aspek yang terdapat dalam penelitian ini tidak memiliki konflik kepentingan yang berpengaruh terhadap hasil penelitian. Penelitian ini juga tidak mengandung plagiarisme karena penulis menghormati hak cipta dan privasi semua pihak yang bersangkutan.

REFERENSI

1. Ismail, "Diagnosis Kesulitan Belajar Siswa dalam Pembelajaran Aktif di Sekolah," *Jurnal Edukasi*, vol. 2, no. 1, pp. 30–43, 2016.
2. Adiputra et al., "Ebers Papyrus Hubungan Indeks Massa Tubuh (Imt) Terhadap Flat," *Ebers Papyrus*, vol. 28, no. 1, pp. 58–66, 2022.
3. M. Child and H. Care, "Towel Curl Exercise Berpengaruh Terhadap Peningkatan Keseimbangan Statis Anak Dengan Flat Foot," *Maternal Child Health Care Journal*, vol. 3, no. 3, pp. 565–573, 2021.
4. D. Agustin, "Prototype Aplikasi Absensi Face Detection Berbasis Android Menggunakan Metode Hog Pada PT . Thamrin Brothers Seluma," *Jurnal Komputer Indonesia*, vol. 1, no. 2, pp. 61–66, 2022.
5. G. Nugraha, H. Nugroho, M. Sc, D. Ph, T. Agung, and B. Wirayuda, "Pengenalan Isyarat Tangan dengan Algoritma Pyramidal Lucas Kanade dan Histogram of Oriented Gradients," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 2, no. 3, pp. 7860–7868, 2015.
6. R. Cerna and D. Menotti, "Face Detection : Histogram of Oriented Gradients and Bag of Feature Method Face Detection: Histogram of Oriented Gradients and Bag of Feature Method," no. October 2013, 2020.
7. M. Jawahar, J. Prassanna, V. Ravi, and L. J. Anbarasi, "Computer-aided diagnosis of COVID-19 from chest X-ray images using histogram-oriented gradient features and Random Forest classifier," *Multimedia Tools*

and Applications, vol. 81, pp. 40451–40468, 2022.

8. A. M. Ayalew, A. O. Salau, B. T. Abeje, and B. Enyew, "Detection and classification of COVID-19 disease from X-ray images using convolutional neural networks and

histogram of oriented gradients," *Biomedical Signal Processing and Control*, vol. 74, no. October 2021, p. 103530, 2022, doi: 10.1016/j.bspc.2022.103530.