

Penerapan Algoritma Haar Like Feature Untuk Deteksi Pornografi

Alif Arya Wiranda ^{1, a)} Sri Mulyatun ^{2, b)} Rosyidah Jayanti Vijaya ^{3, c)} Hartatik ^{4, d)}

¹ Department of Informatics, ²Department of Economic, ³Department of Communication, ⁴ Department of Management Informatics

Universitas Amikom Yogyakarta, Jl. Ringroad Utara, Depok, Condongcatur, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

^{a)} Corresponding author: sri.m@amikom.ac.id

^{b)} alif.purwoko@students.amikom.ac.id

^{c)} yanti_vijaya@amikom.ac.id

^{d)} hartatik@amikom.ac.id

Abstract. In this study, researchers tried to apply the digital image method, namely the Haar-Like Feature algorithm, to detect objects in pornographic videos. The input space given to the Haar-Like Feature is in the form of the x-axis, y-axis, area width, and area height that has been processed through the image labeling stage; the input space will be used to detect and determine the position of the object. The objects seen in this study are breasts and sex toys, based on a survey of 102 questions conducted by researchers who got 70 respondents. The survey results said the highest percentage of porn on the breast is 60% and sex toys 8%. The conclusion from this research is that the use of the haar-like feature algorithm can detect objects in pornographic videos and the results of the evaluation of the model with a training dataset of 4881 images get an accuracy value of 63.33%.

Keyword: *Haar Like Algorithm, Detection, Pornography*

Abstrak. Di dalam penelitian ini, peneliti mencoba menerapkan metode gambar digital yaitu algoritma Haar-Like Feature dalam melakukan deteksi obyek pada video porno. Input space yang diberikan terhadap Haar-Like Feature berupa sumbu x, sumbu y, lebar area dan tinggi area yang telah diproses melalui tahapan pelabelan gambar, input space akan digunakan untuk mendeteksi dan menentukan posisi obyek. Obyek yang akan dideteksi pada penelitian ini adalah payudara dan sex toys, berdasarkan survey dari 102 pertanyaan yang dilakukan oleh peneliti mendapat 70 responden. Hasil survey tersebut mengatakan persentase porno pada payudara paling tinggi yaitu 60% dan sex toys 8%. Kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian ini adalah penggunaan algoritma haar-like feature mampu untuk mendeteksi obyek pada video porno dan hasil dari evaluasi model dengan jumlah training dataset 4881 gambar mendapat nilai akurasi 63,33%.

Kata kunci: *algoritma Haar like, Deteksi, Pornografi*

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini pornografi telah menjadi hal yang sangat umum karena sangat mudah diakses oleh setiap kalangan usia. Aliansi Selamatkan Anak (ASA) Indonesia (2006) menyatakan bahwa Indonesia selain menjadi negara tanpa aturan yang jelas tentang pornografi, juga mencatat rekor sebagai negara kedua setelah Rusia yang paling rentan penetrasi pornografi terhadap anak-anak (BKKBM, 2004). Menanggapi masalah diatas, peneliti mengambil inisiatif untuk melakukan penelitian terhadap deteksi pornografi pada video porno. Video porno sendiri biasanya secara tidak

langsung didistribusikan melalui film, acara televisi, serta situs video online di internet seperti YouTube dan Video. Salah satu solusi yang dapat ditempuh adalah dengan menggabungkan masalah di atas dengan ilmu kecerdasan buatan computer vision yaitu menggunakan metode olah gambar digital Haar-Like Feature. Haar-Like Feature merupakan metode yang lazim digunakan dalam pendeteksian obyek. Nama Haar sendiri mengacu pada Haar Wavelet, sebuah fungsi matematika yang berbentuk kotak dan memiliki prinsip seperti pada fungsi Fourier [1].

TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian tentang Haar like feature antara lain adalah penelitian yang dilakukan oleh Viola dan Jones (2001) tentang representasi gambar berdasarkan metode training AdaBoost, yang mampu memproses gambar dengan sangat cepat dan mencapai tingkat deteksi tinggi. Dalam domain deteksi wajah, sistem menghasilkan tingkat deteksi yang sebanding dengan sistem sebelumnya yang terbaik. Hasil penelitian ini digunakan untuk aplikasi real-time, detector berjalan pada 15 frame per detik tanpa menggunakan perbedaan gambar atau deteksi warna kulit [2]. Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Agarwal dan Lakhwani (2013) menemukan cara untuk menghemat waktu komputasi dan langkah pemrosesan, menggunakan pengurangan gambar latar belakang. Langkah pemrosesan dikurangi karena fungsi awal digunakan untuk pemisahan obyek latar depan dan piksel latar belakang. Ketika menggunakan frame rate misalnya 100 frame, deteksi menjadi lebih baik [3].

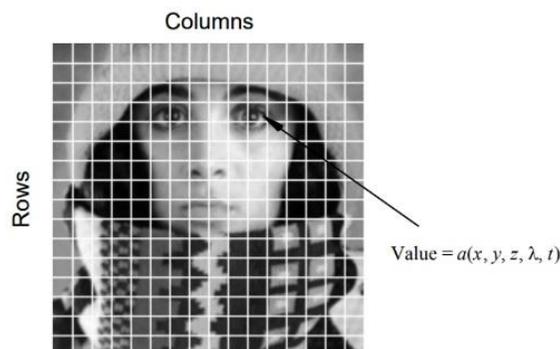
Penelitian oleh Korshunov, et al (2010) melakukan analisis estimasi antara akurasi dua algoritma dan frame rate pada video. Penelitian mereka menjelaskan bahwa estimasi tergantung pada kecepatan dan ukuran dari obyek yang dilacak. Oleh karena itu, dalam prakteknya pengukuran seperti obyek perlu diambil (misalnya, menjalankan rata-rata dari nilai-nilai ini selama beberapa frame terakhir). Mereka juga menunjukkan bahwa sedikit modifikasi pada algoritma yang ada dapat secara signifikan meningkatkan keakuratannya untuk video dengan pengurangan frame rate yang lebih besar. Penemuan ini memotivasi peneliti untuk menggunakan penalaran untuk menentukan frame rate (tidak hanya menjalankan banyak eksperimen yang berbeda) untuk algoritma analisis video lainnya. Temuan mereka juga mendorong pengembangan algoritma deteksi obyek baru yang lebih bagus untuk video yang sangat terdegradasi [4].

Pemrosesan Gambar

Teknologi digital modern telah memungkinkan kita untuk memanipulasi multi-dimensi sinyal dengan sistem yang berkisar dari sirkuit digital sederhana hingga komputer paralel canggih. Tujuan manipulasi ini dapat dibagi menjadi tiga kategori:

- Image Processing: image in \rightarrow image out
- Image Analysis: image in \rightarrow measurements out
- Image Understanding: image in \rightarrow high-level description out

Sebuah Gambar digital $a[m, n]$ dijelaskan dalam ruang diskrit 2D berasal dari gambar analog $a(x, y)$ dalam ruang kontinyu 2D melalui proses sampling yang sering disebut sebagai digitalisasi. Gambar 2D $a(x, y)$ dibagi menjadi baris N dan kolom M . Persimpangan baris dan kolom disebut sebagai piksel. Nilai yang diberikan ke integer koordinat $[m, n]$ dengan $\{m = 0, 1, 2, \dots, M - 1\}$ dan $\{n = 0, 1, 2, \dots, N - 1\}$ adalah $a[m, n]$. Bahkan, dalam banyak kasus $a(x, y)$ yang mungkin kita anggap sebagai sinyal fisik yang mengenai sensor wajah 2D sebenarnya merupakan fungsi dari banyak variabel termasuk kedalaman (z), warna (λ), dan waktu (t) [5].



GAMBAR 1. Gambar Digital

Gambar yang ditunjukkan pada Gambar 1 telah dibagi menjadi $N=16$ baris dan $M=16$ kolom. Nilai yang ditetapkan untuk setiap piksel adalah kecerahan rata-rata dalam piksel yang dibulatkan ke nilai bilangan bulat terdekat. Pengolahan gambar digital memungkinkan penggunaan algoritma yang jauh lebih kompleks, dan oleh karena itu dapat menawarkan kinerja yang lebih canggih pada tugas-tugas sederhana, dan penerapan metode yang tidak mungkin dilakukan dengan cara analog. Secara khusus, pemrosesan gambar digital adalah satu-satunya teknologi praktis untuk: klasifikasi, ekstraksi fitur, analisis sinyal multi-skala, dan pengenalan pola [6].

Frame Capture

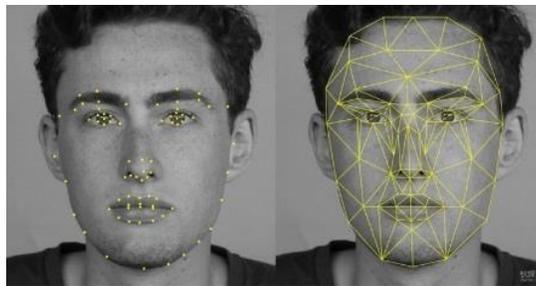
Frame capture adalah sebuah teknik untuk menangkap frame atau gambar pada sebuah video atau kamera. Frame capture mampu menangkap gambar dalam sekian mili detik. Teknik ini sering digunakan untuk menangkap gambar atau video digital dengan resolusi tinggi.

Gray scaling

Dalam fotografi, komputasi, dan kolorimetri, gambar skala abu-abu atau abu-abu adalah satu di mana nilai setiap piksel adalah sampel tunggal yang mewakili hanya sejumlah cahaya, yaitu hanya membawa informasi intensitas. Gambar semacam ini, juga dikenal sebagai hitam-putih atau monokrom, tersusun secara eksklusif dengan nuansa abu-abu, bervariasi dari hitam pada intensitas terlemah hingga putih pada yang terkuat [6].

Deteksi Fitur

Dalam pemrosesan gambar, deteksi fitur termasuk metode untuk menghitung abstraksi informasi gambar dan membuat keputusan local disetiap titik gambar apakah ada fitur gambar dari jenis yang diberikan pada saat itu atau tidak[4]. Fitur yang dihasilkan akan menjadi himpunan bagian dari domain gambar, biasanya dalam bentuk titik-titik yang terisolasi, kurva kontinyu atau daerah yang terhubung.



GAMBAR 2. Fitur Wajah

(sumber: <https://medium.com/swlh/snapchats-filters-how-computer-vision-recognizes-your-face-9ce536206fa7>).

Ekstraksi Fitur

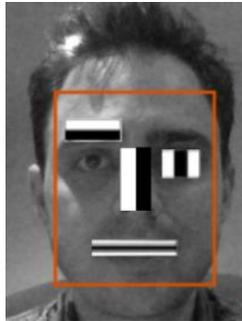
Ekstraksi fitur adalah proses pembuatan representasi untuk, atau transformasi dari data asli. Ada perbedaan filosofis dalam masalah ekstraksi fitur yang efektif dan efisien [9].

Haar-Like Feature

Haar like Feature merupakan metode yang lazim digunakan dalam pendeteksian obyek. Nama Haar sendiri mengacu pada Haar Wavelet, sebuah fungsi matematika yang berbentuk kotak dan memiliki prinsip seperti pada fungsi Fourier. Purwanto, dkk (2015) menyatakan bahwa Haar-like features merupakan rectangular features (fungsi persegi), yang memberikan indikasi secara spesifik pada sebuah gambar atau image. Prinsip Haar-like features adalah mengenali obyek berdasarkan nilai sederhana dari fitur tetapi bukan merupakan nilai piksel dari image obyek tersebut

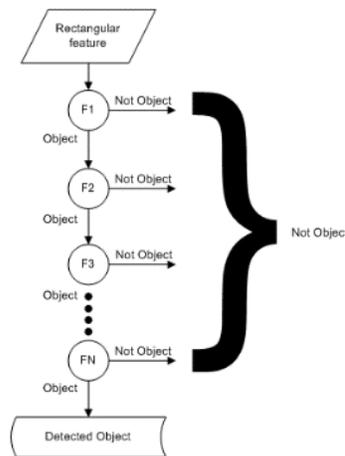
Viola, et al (2001) menyatakan bahwa metode ini memiliki kelebihan yaitu komputasinya sangat cepat, karena hanya bergantung pada jumlah piksel dalam persegi bukan setiap nilai piksel dari sebuah image. Deteksi obyek kendaraan pada penelitian ini merupakan pemodifikasian sistem Haar-like features dari deteksi wajah yang pertama kali dilakukan oleh Viola dan Jones kemudian dikembangkan oleh Lienhart. Metode yang diusulkan Viola dan Jones menggabungkan empat kunci utama untuk mendeteksi sebuah obyek antara lain:

- Fitur persegi sederhana, disebut fitur Haar
 - Integral image untuk pendeteksian fitur dengan cepat
 - Metoda AdaBoost machine-learning
 - Cascade classifier untuk mengkombinasikan banyak fitur
- Adapun fitur Haar-like ditunjukkan pada Gambar 3.



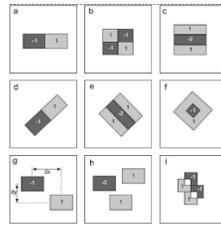
GAMBAR 3. Standard Haar-like features

Di dalam kotak inilah proses filtering obyek dilakukan untuk diketahui apakah ada atau tidak obyek yang akan dideteksi. Proses filterisasi ini dilakukan secara bertingkat yang menyebabkan metode ini nantinya disebut sebagai Haar Cascade Classifier seperti ditunjukkan pada skema filter di Gambar 4.



GAMBAR 4. Skema pendeteksi obyek

Gambar 4 menjelaskan tentang skema pendeteksian obyek Hasil deteksi Haar-like Feature kurang akurat jika hanya menggunakan satu fungsi saja. Semakin tinggi tingkatan filter pendeteksian maka semakin tepat pula sebuah obyek dideteksi akan tetapi akan semakin lama proses pendeteksian. Pemrosesan Haar-like feature yang banyak tersebut diatur dalam classifier cascade. Haar-Wavelet merupakan gelombang persegi (interval gelap dan interval terang) yang kemudian dibandingkan nilai rata-rata pixel keduanya. Apabila perbandingan nilai rata-rata intensitas tersebut berada di atas threshold (ambang batas), maka dikatakan memenuhi syarat fitur Haar. Untuk gambar bergerak seperti video, proses ini dilakukan secara diskrit dengan mencuplik video pada frame rate tertentu. Macam-macam variasi Haar-like feature ditunjukkan pada Gambar 5 sebagai berikut (Pavani, Delgado, & Frangia, 2010):

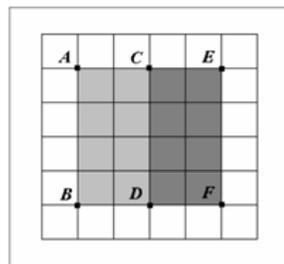


GAMBAR 5. Berbagai variasi persegi Haar

Menurut Pavani, et all (2010) yang menjelaskan Gambar 5, bahwa

1. a, b : Fitur Haar yang diusulkan Papageogiou dkk.
2. c : Fitur Haar yang diusulkan Viola dan James
3. d, e, f : Variasi fitur Haar yang diusulkan Leinhardt
4. g, h : Penguraian Lietal terhadap Fitur Haar-like
5. i : Fitur Haar-like Viola dan James untuk menangkap struktur diagonal dalam penampilan obyek

Perhitungan nilai fitur Gambar 5 di atas ditunjukkan pada Gambar 6.



GAMBAR 6. Fitur Persegi Haar-like

Adapun nilai fitur ditunjukkan pada formula 1 berikut.

$$\text{NilaiFitur}(ABFE) = \text{JumlahNilaiPixel}(ABDC) - \text{JumlahNilaiPixel}(CDFE) \quad 1)$$

Formula 1 menjelaskan bahwa apabila NilaiFitur(ABFE) memiliki nilai di atas threshold maka dikatakan memenuhi syarat. Apabila sebuah fitur dikatakan tidak memenuhi syarat, maka area ABFE tidak terdapat obyek yang dideteksi dan area perseginya berpindah lokasi akan tetapi jika persegi ABFE memenuhi fitur, maka aturan fitur berikutnya dilakukan. Jika semua syarat fitur dipenuhi dikatakan pada persegi ABFE dikatakan terdapat obyek.

Integral image

Sebuah citra digital memiliki komponen nilai RGB (kombinasi dari warna merah, hijau dan biru). Dari nilai RGB tersebut dapat diketahui nilai grayscale (derajat keabu-abuan) yang dihitung menggunakan formula (2.1) sebagai berikut:

$$\text{Grayscale_pixel} = 0.2989R + 0.5870G + 0.1140B \quad 2)$$

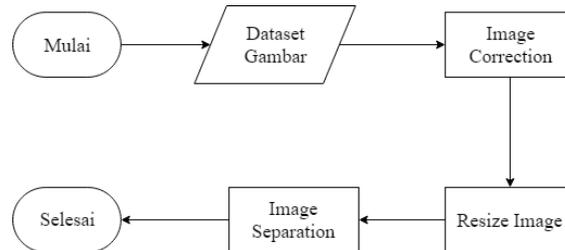
Sebagai contoh sebuah pixel memiliki kombinasi warna R=100, B=100 dan G=100 maka nilai grayscale menurut formula (2) di atas sama dengan 99.99. Sebuah citra yang dirubah menjadi grayscale ditunjukkan pada Gambar 7 sebagai berikut:



GAMBAR 7. Fitur Persegi Haar-like

METODOLOGY

Adapun langkah pertama pada penelitian ini adalah tahap pemisahan gambar yang disajikan pada Gambar 8.



GAMBAR 8. Langkah-langkah penelitian

Pengumpulan data

Data dalam penelitian ini adalah sebuah gambar yang diambil dari Google images. Pengambilan data menggunakan Browser dan disimpan dalam bentuk .bmp. dalam mengambil gambar, terlebih dahulu ditentukan keyword yang akan diambil gambarnya. Pada penelitian ini mengambil gambar-gambar pornografi yaitu Payudara dan Sex Toys. Keyword yang peneliti pakai dalam mengambil gambar-gambar yaitu “Porn“, “Boob“, “Jav“, “Asian Sexy“, “Asian Boobs“, “Sexy Girl“, “Bikini Girl“, “Porn Actrees“, “Japan Sexy Model“, “Sex Toys“, “Woman Sex Toys“, “Dildo Toys” yang tersaji pada Tabel 1. Dalam proses pengumpulan gambar, gambar-gambar yang sudah dikumpulkan akan disimpan kedalam suatu file. File tersebut mempunyai tipe file .jpeg dan .bmp. Proses pengumpulan gambar merupakan proses pengunduhan gambar yang berasal dari server Google Images. Selanjutnya data akan dibagi menjadi dua bagian yaitu perancangan dataset merupakan perancangan data yang akan digunakan dalam sistem training dan sistem prediksi. Data ini merupakan file yang mempunyai tipe file .bmp. Data ini merupakan data yang berisikan gambar-gambar yang sudah diambil dalam proses pengumpulan gambar.

Gambar mentah yang didapat dari proses pengambilan gambar akan diproses terlebih dahulu dan hasilnya akan masuk ke tahap image correction. Setelah langkah preprocessing, maka proses dilanjutkan dengan melakukan pelatihan terhadap data latih, Metode yang digunakan yaitu dengan menggunakan metode Haar Like Feature. Adapun tahapan yang dilakukan dalam proses training.

TABEL 1 Keyword Pengumpulan Gambar

Keyword	Hasil Pencarian
Porn	2.590.000

Boob	291.000
Jav	269.000
Asian Sexy	503.000
Asian Boobs	213.000
Sexy Girl	2.540.000.
Bikini Girl	450.000
Porn Actress	182.000
Japan Sexy Model	159.000
Sex Toys	380.000
Woman Sex Toys	236.000

Image Correction

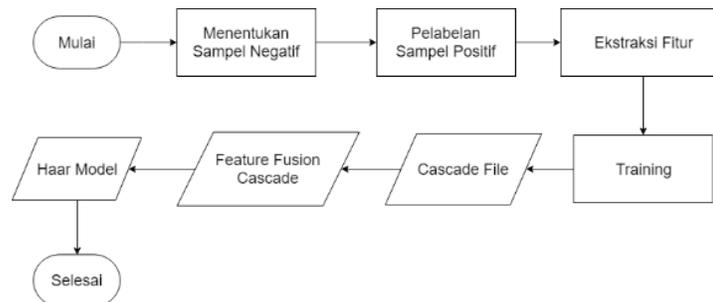
Tahap pertama dalam proses preprocessing adalah koreksi gambar atau image correction. Proses koreksi gambar meliputi: normalisasi ukuran pixel, Color Correction, Rotation, Sharpening, Noise Reduction.

Resize Image

Setelah melakukan koreksi pada gambar, selanjutnya adalah memotong ukuran gambar sehingga semua gambar memiliki ukuran pixel yang sama. Ini berguna agar pada saat proses training feature lebih mudah dideteksi karena ukuran pixel pada gambar tidak berbeda satu sama lain.

Feature Extraction

Tahap pertama pada image processing adalah tahapan preprocessing, adapun tahapan preprocessing ditunjukkan pada Gambar 9.



GAMBAR 9. Proses preprocessing

Pemisahan Gambar

Langkah selanjutnya adalah tahap pemisahan gambar merupakan tahap untuk memisahkan gambar positif dan gambar negatif. Untuk membuat Haar Model menggunakan Haar Like Feature, dibutuhkan dua gambar yaitu positif dan negatif. Gambar positif adalah gambar yang berisi obyek yang akan dideteksi, dalam semua pose dan posisi. Gambar negatif adalah gambar yang diambil acak. Gambar-gambar ini tidak boleh mengandung obyek yang terdeteksi. Sampel negatif dicacah dalam file khusus. Adapun contoh pemisahan gambar disajikan pada Tabel 1.

TABEL 1 Gambar Positif dan Negatif

Positif	Negatif
---------	---------



Pelabelan gambar

Gambar yang telah diambil akan dilakukan proses pelabelan obyek. Proses pelabelan gambar ini berlaku untuk data pelatihan atau data training. Sedangkan, untuk data testing tidak dilakukan proses pelabelan berupa bounding box. Adapun contoh pelabelan gambar dapat dilihat pada Gambar 9.



GAMBAR 10. Pelabelan obyek pada gambar

Image Correction

Image correction merupakan proses perbaikan atau peningkatan kualitas suatu gambar. Pada proses ini ada beberapa hal yang akan dilakukan seperti perbaikan posisi, perbaikan warna dan pengurangan noise. Untuk melakukan koreksi gambar, peneliti menggunakan Software Adobe Photoshop versi CS6.

Proses Haar Like Feature

Setelah didapatkan feature list yang terdapat dalam gambar-gambar, maka terbentuklah sebuah data yang berupa vector. Daftar tersebut akan dimasukkan ke dalam model Cascade Classifier. Selanjutnya, mengkonfigurasi parameter prediksi dengan Cascade Classifier. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan library dari OpenCV. Library tersebut merupakan library Python. Konfigurasi parameter yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 12.

```
porn = pornCascade.detectMultiScale(  
    gray,  
    scaleFactor=1.1,  
    minNeighbors=3,  
    minSize=(30, 30),  
    flags=cv2.CASCADE_SCALE_IMAGE  
)
```

GAMBAR 11. Script Konfigurasi Classifier

Setelah mengkonfigurasi parameter classifier, langkah selanjutnya yaitu memasukan Haar Model dan gambar prediksi. Script yang digunakan seperti pada Gambar 13.

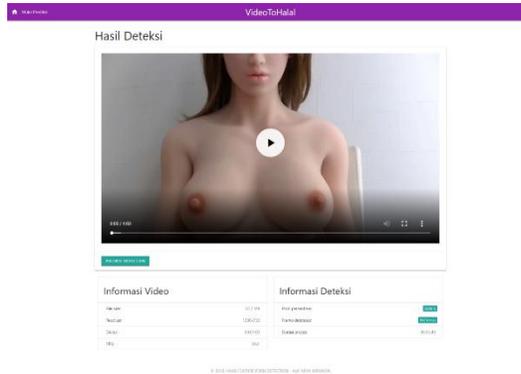
```
for (x, y, w, h) in porn:  
    cv2.rectangle(img, (x, y), (x + w, y + h), (255, 0, 0), 3)  
cv2.imwrite('output_{}'.format(filename), img)
```

GAMBAR 12. Script Proses Prediksi

Cv2.rectangle() merupakan sebuah fungsi untuk menggambar bounding box pada obyek yang dideteksi. Sedangkan cv2.imwrite() merupakan fungsi untuk menyimpan hasil deteksi pada gambar. Sehingga gambar dan obyek yang terdeteksi menjadi satu. Hasil deteksi pada gambar ditunjukkan pada Gambar 14.



GAMBAR 13. Hasil Prediksi Gambar



GAMBAR 14. Halaman Hasil Prediksi Video

Evaluasi

Dalam evaluasi model terhadap prediksi, akan dilakukan pengukuran nilai akurasi, precision, recall, dan F1-score. Pengujian ini dilakukan terhadap 30 gambar. Tabel 5 merupakan evaluasi dari hasil prediksi terhadap Haar Model dengan data latih berjumlah 4881 gambar.

TABEL 5 Hasil Evaluasi Prediksi

Gambar	Label	Hasil Deteksi
GB1	Payudara	True
GB2	Payudara	False
GB3	Payudara	True
GB4	Payudara	True
GB5	Payudara	True
GB6	Payudara	True
GB7	Payudara	False
GB8	Payudara	True
GB9	Payudara	False
GB10	Payudara	False
GN1	Tidak Porno	False
GN2	Tidak Porno	True
GN3	Tidak Porno	True
GN4	Tidak Porno	True
GN5	Tidak Porno	True
GN6	Tidak Porno	True
GN7	Tidak Porno	False
GN8	Tidak Porno	False
GN9	Tidak Porno	True

GN10	Tidak Porno	True
GS1	Sex Toys	True
GS2	Sex Toys	False
GS3	Sex Toys	False
GS4	Sex Toys	True
GS5	Sex Toys	True
GS6	Sex Toys	True
GS7	Sex Toys	False
GS8	Sex Toys	False
GS9	Sex Toys	True
GS10	Sex Toys	True
Total Gambar	30	19/30 = 63,33%

TABEL 6 Confussion Matrix

Actual \ Predicted	No	Yes
	No	4
Yes	7	9

TABEL 7 Accuracy, Precision, dan Recall

Aspek	Rumus	Hasil
Accuracy	$\frac{(7 + 9)}{(7 + 9 + 4 + 10)} \times 100\%$	53.3%
Precision	$\frac{(9)}{(9 + 4)} \times 100\%$	69.23%
Recall	$\frac{(9)}{(9 + 10)} \times 100\%$	47.36%

Tabel 7 menjelaskan bahwa deteksi gambar yang didapat dari hasil pelabelan klasifikasi, menghasilkan nilai akurasi sebesar 53.3%, nilai presisi 39.23%, dan juga recall sebesar 47.36%. Hasil ini merupakan evaluasi dari klasifikasi terhadap 30 gambar yang dijadikan data testing.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang bisa diambil pada penelitian ini antara lain, hasil evaluasi dengan jumlah dataset 4481 gambar mendapatkan hasil akurasi sebesar 63.33%. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma Haar-Like Feature sangat cocok untuk mendeteksi obyek yang menghadap posisi depan seperti wajah, mata, bibir, dan hidung. Selain itu algoritma Haar-Like Feature mampu mendeteksi obyek dengan skala dinamis. Misalnya obyek berjalan maju kearah kita yang semula kecil kemudian semakin besar. Durasi proses untuk mendeteksi obyek pada video porno dengan metode ini sangat cepat. Untuk mendeteksi video berdurasi 34 detik membutuhkan waktu 2 menit 25 detik (145 detik).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Purwanto, B. Dirgantoro, and A. N. Jati, "Implementasi Face Identification Dan Face Recognition Pada Kamera Pengawas Sebagai Pendeteksi Bahaya," *eProceedings Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 718–724, 2015, [Online]. Available: <https://libraryproceeding.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/2045>.
- [2] "BOOSTED CASCADE OF SIMPLE FEATURES."
- [3] L. Agarwal and K. Lakhwani, "Optimization Of Frame Rate In Real Time Object Detection And Tracking," *Optim. Fram. Rate Real Time Object Detect. Track.*, vol. 2, no. 7, pp. 132–134, 2013.
- [4] P. Korshunov and W. T. Ooi, "Reducing frame rate for object tracking," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 5916 LNCS, pp. 454–464, 2009, doi: 10.1007/978-3-642-11301-7_46.
- [5] I. T. Young *et al.*, "Fundamentals of image-processing," *Seimitsu Kogaku Kaishi/Journal Japan Soc. Precis. Eng.*, vol. 72, no. 5, pp. 583–586, 2006, doi: 10.2493/jjspe.72.583.
- [6] C. Song, "Low Velocity Impact Testing and Computed Tomography," no. May, 2014.