

Perbandingan Algoritma Deteksi Fitur SIFT, SURF dan ORB dalam Proses Deteksi Objek Pada Video CCTV

Comparison of SIFT, SURF and ORB Feature Detection Algorithms in the Process of Detecting Objects on CCTV Video

Vicry Faturohman¹, Jajang Kusnendar², Yaya Wihardi³

*Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia
Bandung, Indonesia*

¹vicryf@student.upi.edu, ²yayawihardi@upi.edu, ³jkusnendar@upi.edu

Abstrak— Pengaplikasian deteksi objek ada dalam berbagai industri, dengan kasus penggunaan mulai dari keamanan pribadi hingga produktivitas di tempat kerja. Deteksi objek diterapkan di banyak bidang computer vision, termasuk pengambilan gambar, keamanan, pengawasan pada video CCTV. Dalam penelitian ini kami coba membandingkan tiga algoritma deteksi objek: Scale-Invariant Feature Transform (SIFT), Speeded Up Robust Features (SURF) dan Oriented FAST and Rotated BRIEF (ORB) terhadap berbagai jenis objek yang ada dalam video rekaman CCTV. Hasil eksperimen membuktikan algoritma SIFT memiliki akurasi terbaik sebesar 89,67%, SURF sebesar 87,15% dan ORB sebesar 81,21%.

Kata Kunci: *Deteksi objek; scale invariant feature transform (SIFT); speed up robust feature (SURF); robust independent elementary features (BRIEF); oriented FAST and rotated BRIEF (ORB);*

Abstract— Object detection applications exist in a wide variety of industries, with use cases ranging from personal safety to workplace productivity. Object detection is applied in many areas of computer vision, including image capture, security, surveillance on CCTV video. In this study, we tried to compare three object detection algorithms: Scale-Invariant Feature Transform (SIFT), Speeded Up Robust Features (SURF) and Oriented FAST and Rotated BRIEF (ORB) on various types of objects in CCTV video footage. The experiment's results prove that the SIFT algorithm has the best accuracy of 89.67%, SURF of 87.15% and ORB of 81.21%.

Keywords: *Object Detection; scale invariant feature transform (SIFT); speed up robust feature (SURF); robust independent elementary features (BRIEF); oriented FAST and rotated BRIEF (ORB);*

I. PENDAHULUAN

Deteksi objek adalah teknik mendeteksi objek latar depan dalam sebuah bingkai. Objek yang diinginkan dapat berupa manusia, hewan, objek lain atau target yang

diinginkan[1]. Deteksi objek sangat berkaitan dengan identifikasi benda-benda dunia nyata seperti manusia, hewan, dan benda-benda yang mengancam. Algoritma pendeteksian objek menggunakan berbagai aplikasi pemrosesan gambar untuk mengekstraksi bagian objek yang diinginkan. Hal ini biasa digunakan dalam aplikasi seperti pengambilan gambar, keamanan, bidang medis, dan pertahanan[2].

Fitur sangat penting untuk mengenali objek dengan pendekatan computer vision karena membuat klasifikasi lebih mudah, dan objek biasanya dikodekan jauh lebih baik[3]. Masalah dalam deteksi objek terletak pada keragaman situasi objek muncul. Kondisi pencahayaan, latar belakang, skala yang invariant dan penampilan kategori objek sangat berbeda[4].

engaplikasian deteksi objek ada dalam berbagai industri, dengan kasus penggunaan mulai dari keamanan pribadi hingga produktivitas di tempat kerja. Deteksi dan pengenalan objek diterapkan di banyak bidang computer vision, termasuk pengambilan gambar, keamanan, pengawasan pada video CCTV, sistem kendaraan otomatis, dan inspeksi mesin. Dalam penelitian kali ini penulis menggunakan deteksi objek pada video CCTV[5].

Dalam penggunaannya CCTV menggunakan dua metode utama, mengawasi secara langsung untuk melihat ancaman yang mungkin muncul dan melihat hasil rekaman kemudian

mencari kejadian spesifik yang ingin dicari. Biasanya, pengawasan secara langsung menggunakan fungsi lokalisasi, contohnya CCTV di bandara akan secara langsung mendeteksi ancaman dan bereaksi “perimeter breach alert”, sementara melihat hasil rekaman masih dilakukan secara manual dan melelahka[6]. Pencarian manual ini dimaksudkan untuk mencari benda spesifik di dalam video CCTV yang panjang, karenanya pencarian manual ini memakan sumberdaya waktu dan tenaga yang banyak, oleh karena itu dibuatlah penelitian yang memanfaatkan ciri spesifik benda yang akan dicari untuk pencarian otomatis.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, algoritma deteksi fitur SIFT ini cukup handal dalam mendeteksi objek pada video CCTV dengan hasil akurasi sebesar 87,82%[7]. Lalu algoritma deteksi SURF digunakan untuk mendeteksi objek menggunakan model BoW[8]. Dan algoritma ORB digunakan untuk mendeteksi objek yang bergerak sebagai asisten mengemudi[9]. Dari penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa algoritma deteksi fitur SIFT, SURF, dan ORB telah digunakan dalam hal deteksi objek di berbagai bidang, namun belum ada yang membandingkan performa akurasi diantara ketiga algoritma tersebut. Oleh karenanya, penulis membuat penelitian deteksi objek menggunakan algoritma deteksi fitur SIFT, SURF dan ORB pada rekaman video CCTV. Diharapkan penelitian ini mampu menghasilkan sistem deteksi objek otomatis dan menganalisa algoritma terbaik diantara ketiga algoritma tersebut.

II. DESAIN EKSPERIMEN

Dalam membangun sistem deteksi objek, penulis melakukan beberapa tahap pada desain eksperimen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

A. Input

Data berupa video rekaman CCTV yang diperoleh dari CCTV milik Dinas Perhubungan Kota Jakarta yang dikelola oleh bagian Area Traffic Control System (ATCS). Pengumpulan data dilakukan selama 10 hari untuk mendapatkan video yang bervariasi.

Data memiliki tiga tipe durasi yaitu 30 detik, 3 menit dan menit. Masing-masing tipe durasi terdapat 6 video, sehingga total data adalah 18 video.

B. Pengambilan dan transformasi citra

Video yang digunakan memiliki format .mp4, maka dari itu video perlu diubah menjadi bentuk citra agar bisa diproses ke tahap selanjutnya. Tahap transformasi video menjadi citra ini dilakukan dengan hitungan untuk satu citra yang dihasilkan merepresentasikan satu detik video.

C. Menentukan Region of Interest (RoI)

Sistem yang dibuat berfungsi untuk mendeteksi objek apapun yang ada di dalam sebuah video CCTV, pengguna dapat dengan bebas menentukan objek yang ingin di deteksi. Untuk mendeteksi objek, sistem menggunakan tiga algoritma deteksi fitur yaitu, SIFT, SURF, dan ORB.



Gambar. 1 Desain Eksperimen sistem deteksi objek

D. Pre Process

Pada tahap ini, dilakukan praproses pada citra ROI atau inputan supaya data mampu diproses dengan baik oleh sistem dan diharapkan mampu menghasilkan unjuk kerja yang lebih optimal. Adapun praproses yang akan dilakukan adalah grayscale.

E. Menyaring gambar

Pada tahapan ini dilakukan penyaringan titik fitur pada gambar yang di input oleh pengguna. Tahap penyaringan gambar dapat dilakukan menggunakan tiga algoritma deteksi fitur, yaitu SIFT, SURF dan ORB. Pada tahap ini masing-masing algoritma mendeteksi fitur unik dari citra. Fitur ini selanjutnya akan di simpan di dalam descriptor.

F. Output

Output dari sistem pendeteksi objek pada video CCTV berupa ROI yang di inginkan sesuai dengan input pengguna. Pada contoh kasus dibawah ini adalah output berupa salah satu dari keseluruhan gambar yang memiliki objek yang di input di awal proses pencarian.

III. HASIL PEMBAHASAN

Penulis melakukan eksperimen berdasarkan desain eksperimen yang telah dibangun sebelumnya. Berikut merupakan hasil dan penjelasan dari setiap blok proses pada pembangunan sistem deteksi objek yang invariant terhadap skala dan rotasi pada rekaman video CCTV.

A. Pengambilan dan transformasi citra

Data input hasil rekaman CCTV berupa video dengan format .mp4. maka dari itu data input harus diubah menjadi data citra terlebih dahulu. Proses perubahan data video kedalam bentuk data citra dilakukan per detik durasi video.

Tahap transformasi citra dilakukan dengan cara memecah video menjadi potongan citra dengan format .jpg, resolusi dari citra yang dihasilkan menyesuaikan dari resolusi sumber video yang akan di konversi. Jumlah citra yang dihasilkan menyesuaikan dari durasi video, untuk satu gambar merepresentasikan satu detik video CCTV (Gambar 2). Video yang sudah dipecah per detik menjadi citra .jpg selanjutnya bisa langsung di pilih Region of Interest atau ROI -nya sesuai kehendak pengguna.

B. Menentukan ROI

Region of Interest atau ROI adalah wilayah yang sudah dipilih oleh pengguna sebagai objek yang ingin dicari dalam sebuah video CCTV. ROI bisa berupa benda atau objek apapun selama ada di dalam frame. Berikut adalah contoh dari ROI yang ada di dalam eksperimen ini (Gambar 3).



Gambar. 2 video yang telah ditransformasi menjadi citra.



Gambar. 3 contoh dari ROI yang ada dalam video CCTV

C. Pre Process

Citra yang diperoleh pada tahap sebelumnya harus diolah terlebih dahulu agar citra siap untuk diproses oleh sistem sehingga informasi yang dihasilkan dapat digunakan pada tahap selanjutnya. Tahap Pra-Proses ini meliputi perubahan channel warna RGB menjadi Grayscale.

- Grayscale

Dilakukan untuk mengubah jumlah layer yang semula memiliki 3 channel (RGB) menjadi 1 channel (grayscale). Perubahan tipe warna atau jumlah channel ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar. 4 konversi citra RGB menjadi Grayscale.

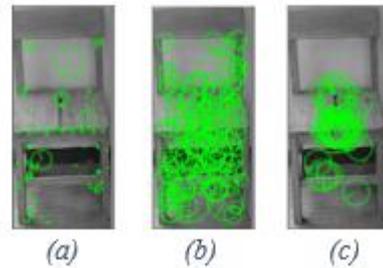
D. Menyaring gambar

Proses penyaringan gambar ini adalah proses yang terjadi setelah pengguna menentukan ROI dari benda yang ingin dicari dalam sebuah rekaman video CCTV. Tahap penyaringan gambar dapat dilakukan menggunakan tiga algoritma deteksi fitur, yaitu SIFT, SURF dan ORB. Tahap menyaring gambar terdiri dari dua tahap, yaitu feature detection dan feature matching.

- 1) feature detection

Fitur citra adalah potongan kecil yang berguna dalam menghitung kemiripan antara dua citra[10]. Sebuah fitur citra biasanya dibentuk dari dua komponen, yaitu feature keypoint dan feature descriptor. Sebuah feature keypoint adalah titik lokasi spasial, atau titik dalam gambar yang menonjol dalam gambar dan bersifat invariant terhadap skala rotasi, translasi, dan penyusutan. Pendeteksian fitur atau feature detection adalah tahapan yang melibatkan secara simultan pendeteksian objek yang dipilih dan

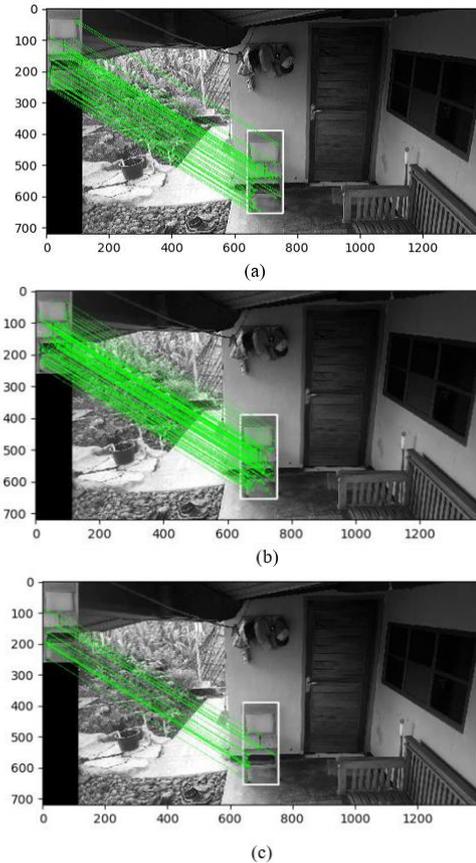
melokalisi keypoint mereka seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar. 5 Keypoint dari objek yang di deteksi menggunakan (a)SIFT, (b)SURF dan (c)ORB

- 2) feature matching

Tahap selanjutnya setelah feature detection adalah feature matching. Proses feature matching bekerja dengan cara membandingkan feature descriptor suatu citra dengan yang lainnya. Semakin dekat deretan angka maka semakin mirip citra tersebut, dan akan terjadi match sebagai hasil akhir (Gambar 6).



Gambar 6 feature matching menggunakan (a)SIFT, (b)SURF dan (c)ORB.

E. SIFT

SIFT yang diusulkan oleh Lowe memecahkan rotasi gambar, transformasi affine, intensitas, dan perubahan sudut pandang dalam fitur yang cocok. Algoritma SIFT

memiliki 4 langkah dasar. Pertama adalah memperkirakan ekstrema ruang skala menggunakan Difference of Gaussian (DoG). Kedua, lokalisasi titik kunci di mana kandidat titik kunci dilokalkan dan disempurnakan dengan menghilangkan titik kontras rendah. Ketiga, penetapan orientasi titik kunci berdasarkan gradien gambar lokal dan terakhir generator descriptor untuk menghitung deskriptor gambar lokal untuk setiap titik kunci berdasarkan besaran dan orientasi gradien gambar[11]. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1, 2, 3, dan 4

TABEL I
HASIL DETEKSI OBJEK ALGORITMA SIFT PADA VIDEO CCTV BERDURASI 30 DETIK.

SIFT	Vid 1	Vid 2	Vid 3	Vid 4	Vid 5	Vid 6
Sensitivity	61,54%	100%	62,50%	100%	100%	100%
True Positive	16	14	5	14	31	27
False Negative	10	0	3	0	0	0
Specivity	85,71%	88,89%	72,41%	69,23%	0,00%	0,00%
True Negative	6	16	21	9	0	0
False Positive	1	2	8	4	1	4
Accuracy	66,67%	93,75%	70,27%	85,19%	96,88%	87,10%
Precision	94,12%	87,50%	38,46%	77,78%	96,88%	87,10%
F1 Score	74,42%	93,33%	47,62%	87,50%	98,41%	93,10%

TABEL II
HASIL DETEKSI OBJEK ALGORITMA SIFT PADA VIDEO CCTV BERDURASI 3 MENIT.

SIFT	Vid 7	Vid 8	Vid 9	Vid 10	Vid 11	Vid 12
Sensitivity	100%	100%	100%	100%	100%	100%
True Positive	142	182	177	182	84	183
False Negative	0	0	0	0	0	0
Specivity	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	94,90%	0,00%
True Negative	0	0	0	0	93	0
False Positive	36	0	4	0	5	0
Accuracy	79,78%	100%	97,79%	100%	97,25%	100%
Precision	79,78%	100%	97,79%	100%	94,38%	100%
F1 Score	88,75%	100%	98,88%	100%	97,11%	100%

TABEL III
HASIL DETEKSI OBJEK ALGORITMA SIFT PADA VIDEO CCTV BERDURASI 3 MENIT

SIFT	Video 13	Video 14	Video 15	Video 16	Video 17	Video 18
Sensitivity	100%	100%	100%	100%	100%	100%
True Positive	142	182	177	182	84	183
False Negative	0	0	0	0	0	0
Specivity	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	94,90%	0,00%
True Negative	0	0	0	0	93	0
False Positive	36	0	4	0	5	0
Accuracy	79,78%	100%	97,79%	100%	97,25%	100%
Precision	79,78%	100%	97,79%	100%	94,38%	100%
F1 Score	88,75%	100%	98,88%	100%	97,11%	100%

TABEL IV
SAMPEL HASIL PENGUJIAN DETEKSI OBJEK MENGGUNAKAN SIFT.

No	Input	Output	Keterangan
1			Benar
2			Salah
3			Benar
4			Salah
5			Benar

F. SURF

SURF mendekati DoG dengan filter kotak. Alih-alih Gaussian rata-rata gambar, kotak digunakan untuk pendekatan karena konvolusi dengan persegi jauh lebih cepat jika gambar integral digunakan. Ini juga dapat dilakukan secara paralel untuk skala yang berbeda. SURF menggunakan detektor BLOB yang didasarkan pada matriks Hessian untuk menemukan tempat menarik. Untuk penugasan orientasi, ia menggunakan respons wavelet di arah horisontal dan vertikal dengan menerapkan bobot Gaussian yang memadai. Untuk deskripsi fitur, SURF juga menggunakan respons wavelet. Lingkungan di sekitar titik kunci dipilih dan dibagi menjadi beberapa subregion dan kemudian untuk setiap subregion respon wavelet diambil dan diwakili untuk mendapatkan deskriptor fitur SURF. Tanda Laplacian yang sudah dihitung dalam deteksi digunakan untuk titik yang mendasarinya. Tanda Laplacian membedakan gumpalan terang pada latar belakang gelap dari kasing terbalik. Dalam hal pencocokan fitur dibandingkan hanya jika mereka memiliki jenis kontras yang sama (berdasarkan tanda) yang memungkinkan pencocokan lebih cepat[12]. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5, 6, 7, dan 8

TABEL V
HASIL DETEKSI OBJEK ALGORITMA SURF PADA VIDEO CCTV
BERDURASI 30 DETIK.

SURF	Video 1	Video 2	Video 3	Video 4	Video 5	Video 6
Sensitivity	85,00 %	100%	92,31 %	100%	100 %	100 %
True Positive	17	15	12	16	27	28
False Negative	3	0	1	0	0	0
Specivity	100%	94,12 %	95,83 %	81,82 %	0,00 %	0,00 %
True Negative	13	16	23	9	0	0
False Positive	0	1	1	2	5	3
Accuracy	90,91 %	96,88 %	94,59 %	92,59 %	84,38 %	90,32 %
Precision	100%	93,75 %	92,31 %	88,89 %	84,38 %	90,32 %
F1 score	91,89 %	96,77 %	92,31 %	94,12 %	91,53 %	94,92 %

TABEL VI
HASIL DETEKSI OBJEK ALGORITMA SURF PADA VIDEO CCTV
BERDURASI 3 MENIT.

SURF	Video 7	Video 8	Video 9	Video 10	Video 11	Video 12
Sensitivity	100 %	100%	100%	100%	100%	100%
True Positive	134	170	71	151	28	183
False Negative	0	0	0	0	0	0
Specivity	0,00 %	0,00%	0,00%	0,00%	60,39 %	0,00%
True Negative	0	0	0	0	93	0
False Positive	44	12	110	31	61	0
Accuracy	75,28 %	93,41 %	39,23 %	82,97 %	66,48 %	100%
Precision	75,28 %	93,41 %	39,23 %	82,97 %	31,46 %	100%
F1 Score	85,90 %	96,59 %	56,35 %	90,69 %	47,86 %	100%

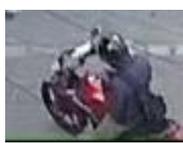
TABEL VII

Hasil deteksi objek algoritma SURF pada video CCTV berdurasi 6 menit.

SURF	Video 13	Video 14	Video 15	Video 16	Video 17	Video 18
Sensitivity	100 %	100%	78,42 %	86,12 %	99,62 %	100%
True Positive	365	192	229	242	263	327
False Negative	0	0	63	39	1	0
Specivity	0,00 %	90,70 %	98,57 %	73,75 %	97,22 %	0,00%
True Negative	0	156	69	59	105	0
False Positive	0	16	1	21	3	36
Accuracy	100 %	95,60 %	82,32 %	83,38 %	98,92 %	90,08%
Precision	100 %	92,31 %	99,57 %	92,02 %	98,87 %	90,08%
F1 Score	100 %	96,00 %	87,74 %	88,97 %	99,25 %	94,78%

TABEL VIII

SAMPEL HASIL PENGUJIAN DETEKSI OBJEK MENGGUNAKAN SURF.

No	Input	Output	Keterangan
1			Benar
2			Salah
3			Benar
4			Salah
5			Benar

G. ORB

ORB adalah perpaduan dari detektor titik kunci *FAST* dan deskriptor *BRIEF* dengan beberapa modifikasi [13]. Awalnya untuk menentukan poin kunci, ia menggunakan *FAST*. Kemudian ukuran sudut Harris diterapkan untuk menemukan poin N teratas. *FAST* tidak menghitung orientasi dan merupakan varian rotasi. Itu menghitung intensitas pusat massa patch dengan sudut terletak di tengah. Arah vektor dari titik sudut ini ke pusat massa memberikan orientasi. Momen dihitung untuk meningkatkan invarian rotasi. Deskriptor *BRIEF* berkinerja buruk jika ada rotasi dalam pesawat. Dalam *ORB*, matriks rotasi dihitung menggunakan orientasi tambahan dan kemudian deskriptor *BRIEF* diarahkan sesuai dengan orientasi. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 9, 10, 11, dan 12

TABEL IX

HASIL DETEKSI OBJEK ALGORITMA ORB PADA VIDEO CCTV BERDURASI 30 DETIK.

ORB	Video 1	Video 2	Video 3	Video 4	Video 5	Video 6
Sensitivity	89,47 %	100%	100%	100%	100%	100%
True Positive	17	12	7	10	30	13
False Negative	2	0	0	0	0	0
Specificity	100%	80,00 %	80,00 %	52,94 %	0,00%	0,00%
True Negative	14	16	24	9	0	0
False Positive	0	4	6	8	2	18
Accuracy	93,94 %	87,50 %	83,78 %	70,37 %	93,75 %	41,94 %
Precision	100%	75,00 %	53,85 %	55,56 %	93,75 %	41,94 %
F1 Score	94,44 %	85,71 %	70,00 %	71,43 %	96,77 %	59,09 %

TABEL X

HASIL DETEKSI OBJEK ALGORITMA SURF PADA VIDEO CCTV BERDURASI 3 MENIT.

ORB	Video 7	Video 8	Video 9	Video 10	Video 11	Video 12
Sensitivity	100%	100%	100%	100%	100%	100%
True Positive	176	177	63	181	83	150
False Negative	0	0	0	0	0	0
Specificity	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	93,94 %	0,00%
True Negative	0	0	0	0	93	0
False Positive	2	5	118	1	6	33
Accuracy	98,88 %	97,25 %	34,81 %	99,45 %	96,70 %	81,97 %
Precision	98,88 %	97,25 %	34,81 %	99,45 %	93,26 %	81,97 %
F1 Score	99,44 %	98,61 %	51,64 %	99,72 %	96,51 %	90,09 %

TABEL XI
HASIL DETEKSI OBJEK ALGORITMA SURF PADA VIDEO CCTV
BERDURASI 6 MENIT

ORB	Video 13	Video 14	Video 15	Video 16	Video 17	Video 18
Sensitivit y	100%	84,26 %	77,38 %	99,16 %	100%	100%
True Positive	305	198	65	237	112	362
False Negative	0	37	19	2	0	0
Specificity	0,00%	92,25 %	40,65 %	78,69 %	41,73 %	0,00%
True Negative	0	119	113	96	106	0
False Positive	60	10	165	26	148	1
Accuracy	83,56 %	87,09 %	49,17 %	92,24 %	59,56 %	99,72 %
Precision	83,56 %	95,19 %	28,26 %	90,11 %	43,08 %	99,72 %
F1 Score	91,04 %	89,39 %	41,40 %	94,42 %	60,22 %	99,86 %

TABEL XII
SAMPEL HASIL PENGUJIAN DETEKSI OBJEK MENGGUNAKAN ORB

No	Input	Output	Keterangan
1			Benar
2			Salah
3			Benar
4			Salah
5			Benar

H. Evaluasi Hasil Eksperimen

Hasil perbandingan unjuk kerja eksperimen pada keempat arsitektur ditampilkan pada Tabel 13. Unjuk kerja terbaik dihasilkan oleh algoritma SIFT dengan akurasi sebesar 89,67%, menggunakan SURF 87,15%, sedangkan dengan menggunakan ORB sebesar 81,21%.

TABEL XIII
PERBANDINGAN UNJUK KERJA ALGORITMA

No	Algoritma	Presisi	Akurasi
1	SIFT	90,06%	89,67%
2	SURF	85,83%	87,15%
3	ORB	75,87%	81,21%

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Eksperimen mengenai deteksi objek yang invarian terhadap skala dan rotasi pada rekaman video CCTV telah dilakukan, maka penulis mendapatkan beberapa kesimpulan antara lain:

- Algoritma deteksi fitur SIFT memiliki nilai akurasi paling tinggi sebesar 89,67%.
- Algoritma deteksi fitur ORB memiliki nilai akurasi paling rendah sebesar 81,21%.

B. Saran

Hasil yang berhasil dilakukan pada eksperimen ini masih

- Menambahkan jumlah data citra yang digunakan untuk proses testing.
- Membandingkan dengan algoritma deteksi fitur lainnya seperti KAZE, AKAZE, dan BRISK sehingga dapat disimpulkan algoritma deteksi fitur paling akurat dan efisien.
- Menambahkan jenis objek dan lokasi, juga variasi waktu, misalnya pada malam hari sehingga diketahui pengaruh noise pada proses deteksi objek.

REFERENSI

[1] C. Zhan, X. Duan, S. Xu, Z. Song, and M. Luo, "An improved moving object detection algorithm based on frame difference and edge detection," Proc. 4th Int. Conf. Image Graph. ICIG 2007, pp. 519–523, 2007.

[2] A. Raghunandan, Mohana, P. Raghav, and H. V. R. Aradhya, "Object Detection Algorithms for Video Surveillance Applications," Proc. 2018 IEEE Int. Conf. Commun. Signal Process. ICCSP 2018, pp. 563–568, 2018.

[4] R. Lienhart and J. Maydt, "An extended set of Haar-like features for rapid object detection," IEEE Int. Conf. Image Process., vol. 1, pp. 900–903, 2002.

- [5] A. Vahab, M. S. Naik, P. G. Raikar, and P. S. R., "Applications of Object Detection System," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, p. 4186, 2008.
- [6] M. A. Firmansyah and I. Supriana, "Multiple Object Tracking dan Estimasi Posisi untuk Menunjang Sistem Keamanan Rumah," *Konf. Nas. Inform.* 2015, no. October 2015, 2015.
- [7] A. Hampapur et al., "Searching surveillance video," *2007 IEEE Conf. Adv. Video Signal Based Surveillance, AVSS 2007 Proc.*, no. October 2015, pp. 75–80, 2007.
- [8] A. Hapsani, Implementasi Metode Scale Invariant Feature Transform (SIFT) Untuk Multiple Object Tracking Pada Video CCTV. 2014.
- [9] J. Farooq, "Object detection and identification using SURF and BoW model," *2016 Int. Conf. Comput. Electron. Electr. Eng. ICE Cube 2016 - Proc.*, pp. 318–323, 2016.
- [10] J. Gao and H. Zhu, "Moving Object Detection for Driving Assistance System Based on Improved ORB Feature Matching," *Springer Int. Publ. AG*, vol. 9864, pp. 446–457, 2016.
- [11] D. Mistry and A. Banerjee, "Comparison of Feature Detection and Matching Approaches: SIFT and SURF," *GRD Journals- Glob. Res. Dev. J. Eng.*, vol. 2, no. March, pp. 7–13, 2017.
- [12] D. G. Low, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," *Int. J. Comput. Vis.*, pp. 91–110, 2004.
- [13] and L. V. G. Bay, Herbert, Tinne Tuytelaars, "SURF: Speeded Up Robust Features Herbert," *Comput. Vision–ECCV 2006*, vol. 61, no. 1, pp. 121–122, 2006.
- [14] E. Rublee, V. Rabaud, K. Konolige, and G. Bradski, "ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF," *Proc. IEEE Int. Conf. Comput. Vis.*, pp. 2564–2571, 2011.