

Human Object Counter Tracking Using Connected Component Labelling On Digital Image Processing

Counter Tracking Object Manusia Menggunakan Connected Component Labelling Pada Pengolahan Citra Digital

Fitri Lestari¹⁾; Erwin Dwik Putra²⁾; Anisya Sonita³⁾; Yulia Darnita⁴⁾

^{1,2,3,4)} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Bengkulu

Email: ¹⁾ fitrilestariumb@gmail.com; ²⁾ erwindwikap@umb.ac.id; ³⁾ anisyasonita@umb.ac.id;

⁴⁾ yuliadarnita@umb.ac.id

How to Cite :

Lestari, F.; Putra, E. D.; Sonita, A.; Darnita, Y. (2023). Counter Tracking Object Manusia Menggunakan Connected Component Labelling Pada Pengolahan Citra Digital Jurnal Komputer, Informasi dan Teknologi, 3 (2). DOI: <https://doi.org/10.53697/jkomitek.v3i2>

ARTICLE HISTORY

Received [29 Juni 2023]

Revised [07 November 2023]

Accepted [12 Desember 2023]

Keywords :

Tracking object, Human Movement.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



ABSTRAK

Tracking objek biasanya digunakan untuk mengetahui posisi objek dan kondisi lingkungan di sekitar objek tersebut. Objek yang membutuhkan pengawasan agar dapat berjalan sebagaimana mestinya membutuhkan sistem untuk mengawasi objek tersebut. setiap gerakan dari objek akan diketahui langsung melalui citra kamera. Sehingga dalam penelitian ini dibuatlah sistem untuk mendeteksi dan melakukan tracking terhadap objek. Menerapkan sistem pendeteksi objek berbasis pengolahan citra menggunakan metode connected component labelling. Kemudian menampilkan hasil deteksi pada frame image yang dibagi. Pendeteksi dan pelacakan object yang bergerak. Algoritma yang digunakan untuk mendeteksi dan pelacakan object yang bergerak adalah connected component labelling. Berdasarkan analisis cara kerja algoritma connected component labelling untuk pendeteksian dan pelacakan object bergerak dengan menggunakan video dapat diambil dengan kesimpulan bahwa algoritma connected component labelling berhasil melakukan pelacakan dan pelabelan masing-masing object berdasarkan posisi dan jumlah object meski yang terlihat tidak menentu, pada pergerakan manusia.

ABSTRACT

Object tracking is usually used to determine the position of objects and environmental conditions around these objects. Objects that require supervision in order to run properly require a system to monitor the object. Every movement of the object will be known directly through the camera image. So in this study a system was created to detect and track objects. Implementing an object detection system based on image processing using the connected component labeling method. Then displaying the detection results on the divided image frame. Moving object detection and tracking The algorithm used to detect and track moving objects is connected component labeling. Based on the analysis of the workings of the connected component labeling algorithm for detecting and tracking moving objects using video, it can be concluded that the connected component labeling algorithm has succeeded in tracking and labeling each object based on the position and number of objects, even though they look erratic, in human movement.

PENDAHULUAN

Biasanya kamera hanya digunakan untuk mengambil gambar kemudian menyimpannya di media penyimpanan. Pelacakan Objek Dalam visi komputer, pelacakan objek adalah proses

pelacakan satu atau lebih objek dalam sebuah gambar. Pelacakan objek adalah salah satu fungsi terpenting dari visi komputer .

Ada tiga langkah penting dalam analisis video: Mendeteksi objek bergerak, mendeteksi banyak objek di setiap bingkai, dan menganalisis objek yang dilacak untuk mendeteksi pergerakan objek dalam satu bingkai. Dalam bentuknya yang paling sederhana, pelacakan dapat didefinisikan sebagai masalah memprediksi lintasan objek bergerak dalam gambar. Pelacak terus menandai objek yang dilacak dalam bingkai video yang berbedaan .

"Penggunaan pemrosesan gambar adalah untuk memastikan kenyamanan kehidupan sehari-hari masyarakat, bahkan aplikasi yang kompleks tidak dapat berhasil tanpa aplikasi sederhana. pelabelan dapat digunakan untuk menghitung jumlah objek pada citra dengan menghitung variasi pada label yang ada. Kemampuan untuk memberiksan label yang berbeda pada komponen yang tidak terkait dengan citra merupakan dasar penting untuk analisis citra otomatis yang dapat dilakukan dengan Metode Connected Component Labelling (ccl).

Algoritma connected component labeling adalah algoritma yang mengimplementasikan proses penghitungan objek dengan menghitung luas atau jangkauan objek berdasarkan piksel homogen. Pada algoritma CCL dilakukan beberapa teknik pencarian yaitu 4-connection, 6-connection dan 8-connection. Algoritma ini secara berurutan mencari piksel yang sama dalam matriks gambar, diproses dari kiri atas ke kanan bawah. Jenis citra yang diproses adalah citra biner. Hasil pencarian disimpan dalam matriks kosong dan diberi label untuk menentukan jumlah objek yang terdapat dalam matriks citra.

Pelabelan komponen gabungan adalah metode yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan area atau objek dalam gambar digital. Algoritma ini menerapkan teori konektivitas piksel citra. Semua piksel dalam suatu wilayah dianggap terhubung atau terhubung jika memenuhi aturan kedekatan piksel atau "aturan kedekatan". Aturan kedekatan piksel ini memanfaatkan kedekatan satu piksel dengan piksel lainnya. Oleh karena itu, setiap piksel yang terhubung pada dasarnya saling berdekatan karena memiliki hubungan ketetanggaan . Gambar yang diproses oleh algoritme pelabelan komponen tambahan adalah gambar biner atau gambar monokrom.

LANDASAN TEORI

Penelitian Terkait

"Penelitian terdahulu merupakan upaya peneliti untuk mencari pembanding kemudian menemukan inspirasi baru untuk penelitian selanjutnya. Selain itu, penelitian sebelumnya membantu penelitian untuk memposisikan penelitian dan menunjukkan orisinalitas penelitian. Pengamatan ini telah dipelajari oleh banyak peneliti-penelitian sebelumnya termasuk yang berikut ini.

Studi 2019 oleh Yunard dan kawan-kawan. Studi ini membahas desain dan implementasi pelacakan target visual menggunakan sistem pan and tilt vision. Penelitian ini mengembangkan sistem keamanan dan pemantauan lalu lintas menggunakan kamera virtual reality. Menggunakan sistem pan and tilt vision dapat meningkatkan performa kamera saat memantau area kerja yang luas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa desain object tracking dapat mendeteksi letak objek pada kamera pada sumbu x dari posisi awal 33 piksel hingga titik acuan sumbu x yaitu 160 piksel. , membutuhkan waktu 4 detik dan rata-rata nilai kesalahan adalah 4 piksel. Sebaliknya jika pengujian mendeteksi lokasi target di kamera pada sumbu y, dimana lokasi awal dari titik 287 piksel ke titik 120 membutuhkan waktu 6 detik dengan selisih 5 piksel antar piksel target .

Sebuah studi oleh Vaziran dan Kautsar (2016) membahas tentang aplikasi pelacakan objek untuk deteksi otomatis dan perhitungan jumlah kendaraan menggunakan metode filter Kalman dan model campuran Gaussian. Dengan menggunakan metode sistem deteksi kendaraan berbasis sensor, kepadatan kendaraan, kerapatan dan kemacetan lalu lintas dapat diprediksi berdasarkan data volume kendaraan. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penerapan filter

GMM dan Kalman untuk pendeteksian dan perhitungan kendaraan memberikan hasil paling akurat pada pagi hari (10.000-25.000 lux) dengan skor F1 sebesar 0,91111, sedangkan untuk kendaraan . adalah yang paling tidak akurat. perhitungan pada malam hari (cahaya 0,27-1,0 lux) dengan skor F1 0,16071 .

Kajian Yusnilawat dan kawan-kawan (2019) membahas tentang penerapan pelabelan koneksi berbasis Raspberry Pi untuk deteksi hambatan buta. Pada penelitian ini digunakan metode Connected Component Labeling dengan algoritma utama pengolahan citra digital yang sering digunakan pada proses deteksi objek. Pada penelitian ini, blob yang terdeteksi dianalisis untuk mendeteksi hambatan pada citra. Selain itu, sistem memberikan keluaran berupa sinyal audio yang berfungsi sebagai sinyal kepada penyandang tunanetra tentang kondisi jalan di depan .

Penelitian oleh Cirua dkk (2021) membahas tentang penghitungan jumlah telur pada ayam petelur menggunakan gabungan component labeling dengan image brightness. Langkah CCL adalah pertama kali algoritma mencari sudut kiri atas, langkah selanjutnya adalah pelabelan. Penandaan dilakukan dengan menandai objek yang terdeteksi ke dalam matriks baru dari objek yang terdeteksi dalam pemindaian dan dilakukan proses 4 koneksi. Hasil percobaan meningkatkan akurasi perhitungan berdasarkan penelitian sebelumnya. Pada tahap pra-pemrosesan, rentang warna RGB yang sama digunakan pada penelitian sebelumnya, dan pada skala area skala telur, penelitian sebelumnya juga digunakan. Studi ini menunjukkan bahwa performa algoritma CCL sangat bergantung pada langkah preprocessing. Jika citra biner yang dihasilkan bagus, maka hasil label/hitung juga akan lebih baik .

Penelitian Yudhistiro tahun 2017 membahas komputasi objek dua dimensi dengan label komposisi yang terhubung. Penelitian ini menggunakan CCL dan beberapa algoritma preprocessing seperti binary filter, median filter dan image convolution. Aflatoksin adalah racun parasit yang ditemukan pada jagung yang hanya dapat dilihat di bawah sinar ultraviolet (UV). Gambar jagung non-UV harus digunakan saat menghitung jumlah biji jagung. Hal ini karena fitur tepi dan fitur lainnya, seperti warna yang memisahkan biji jagung satu sama lain, berkurang atau bahkan hilang pada citra UV sehingga mengurangi nilai akurasi perhitungan. Algoritma CCL dapat digunakan secara optimal untuk menghitung objek biji jagung, sehingga citra harus melewati tahap binary filtering. Hasil pendeteksian menggunakan CCL adalah setiap objek baik jagung maupun aflatoksin mendapatkan warna yang berbeda agar berhasil dideteksi oleh sistem .

Dari penelitian sebelumnya diatas menjelaskan bahwa conneted component labelling banyak di terapkan dalam hal pengenalan objek, perhitungan jumlah objek pada citra dan menghitung labell pada objek. Oleh karena itu dengan memanfaatkan algoritma *conneted component labelling* sdalam penelitian diharapkan dapat menghitung labell pada manusia.

Teori Conneted Componen Labelling (CCL)

Pelabelan komponen gabungan adalah algoritma pemrosesan citra digital dasar yang biasa digunakan dalam proses deteksi objek. Proses pelabelan biasanya dilakukan untuk memberi label pada objek yang ditambahkan pada citra biner. Metode ccl digunakan untuk memindai dan memberi label "piksel dalam gambar biner". Setelah gambar biner diberi label, segmentasi dilakukan dengan menempelkan label serupa ke "piksel tetangga". Connected Component Labeling (CCL) adalah teknik yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan region atau objek pada citra digital. Teknik ini menggunakan teori hubungan antar piksel dalam sebuah citra. Piksel pada suatu daerah dianggap terhubung (connected) jika memiliki nilai yang sama dan dibatasi oleh background sekitarnya [6].

Algoritma Connected Component Labeling

Connected component labeling adalah teknik yang juga dapat digunakan untuk mengklasifikasikan wilayah atau objek dalam gambar digital. Teknik ini menggunakan teori konektivitas piksel citra. Piksel di suatu wilayah dianggap terhubung (konektivitas ada) jika mereka mematuhi aturan kedekatan atau aturan "kedekatan" piksel. Aturan kedekatan piksel ini memanfaatkan properti kedekatan piksel. Dengan demikian, piksel yang dimaksudkan untuk

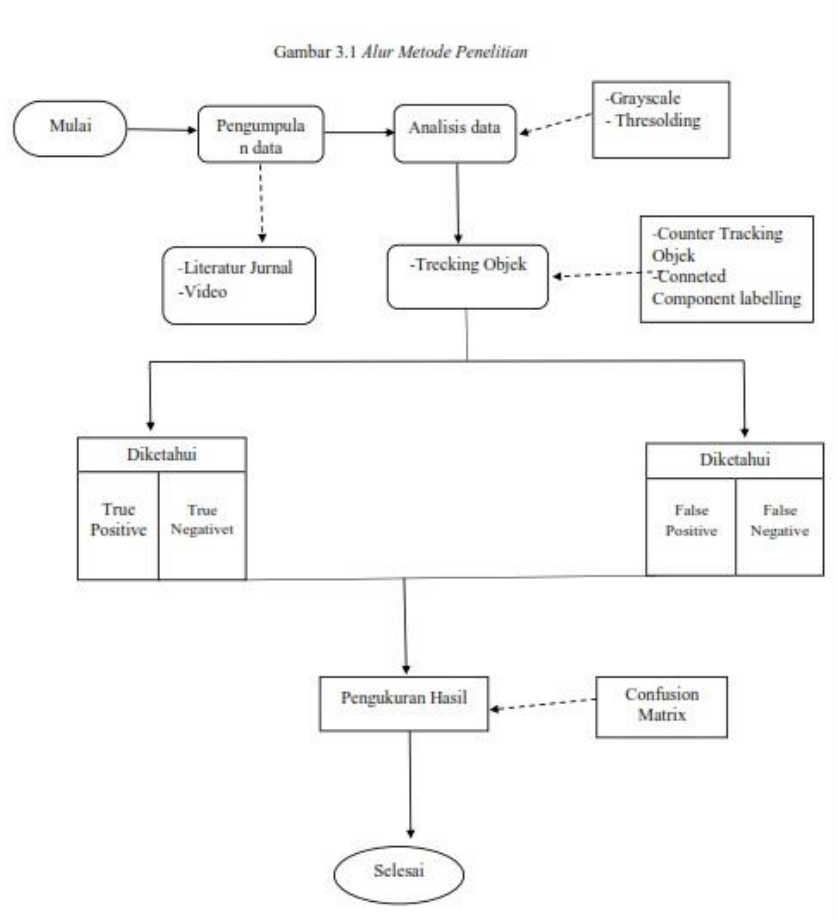
dihubungkan satu sama lain selalu memiliki sifat ketetanggaan karena mereka terus memiliki hubungan ketetanggaan. Asumsikan bahwa simbol V mewakili nilai intensitas piksel. Mari kita asumsikan nilainya adalah (0,1). Ingat bahwa gambar yang diproses dengan metode ini adalah gambar hitam putih atau biner. Tetangga harus memiliki panjang atau jarak 1 satuan (langsung piksel ke piksel tanpa perantara).

Teori Pengukuran (Covension Matrix)

Confusion matrix adalah metode yang sering digunakan untuk mengukur kinerja classifier saat melakukan prediksi tentang kelas yang berbeda. Selain Accuracy matriks confusion juga dapat digunakan untuk menilai recall dan presisi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian Eksperimen. Penelitian eksperimen adalah penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan sebab akibat dari satu atau lebih variabel terikat dengan melakukan pada suatu keadaan yang terkendali sesuai dengan penelitian yang terkait.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil dari tracking objek yang akan mengenali pergerakan manusia. Tujuan dari pegujian/ penelitian citra ini agar mendapatkan hasil yang lebih signifkat dan dapat melakukan komparasi

pada pergerakan manusia sehingga dapat keakuratan maksimal dari Connected Componen Labelling

Hasil Didalam penelitian ini terdapat 1 video dengan durasi 2 menit dan terdapat 12 citra yang akan di uji guna untuk mengetahui tingkat keberhasilan system. Berikut ini adalah hasil dari citra tracking object manusia yang bergerak. Hasil dari ke 12 citra manusia jumlah dan pergerakan pada manusia yang diuji cobakan diketahui bahwa terdapat 12 citra yang relevan yang bisa terdeteksi pergerakannya dan terlabelkan pada gerakan dan 0 citra yang tidak relevan atau tidak terdeteksi,,karna setiap pergerakan pada manusia dapat terdeteksi dengan baik.s untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari system maka akan digunakan 3 parameter, yaitu dengan Efektivitas Precission. Recall, dan Accuracy Berikut di bawah ini adalah hasil perhitungan dengan menggunakan precission, recall, dan Accuracy.

Jumlah Object	Hasil ditemukan	Hasil tidak diharapkan	Hasil yang hilang	Hasil tidak ditemukan
12	12	0	0	0

Dari ketiga rumus diatas dan table uji yang di dapatkan maka perhitungan Precission. Recall, dan Accuracy adalah sebagai berikut:

Perhitungan :

- Precision = $\frac{TP}{TP+FP}$

$$= \frac{12}{12+0} = 1$$

- Recal = $\frac{TP}{TP+FN}$

$$= \frac{12}{12+0} = 1$$

- Accuracy = $\frac{12+0}{12+0+0+0+0} \times 100\%$

$$= 100\%$$

hasil citra perhitungan confusion matrix

Pembahasan

Pada hasil penelitian dan pengujian maka diperlukan pembahasan maka agar dapat membantu pembaca ataupun pengembang memahami hasil penelitian dan pengujian ini. Berikut ini adalah pembahasan pada saat setelah penelitian melalui hasil penguji system. Pada saat pengenalan citra menggunakan *Connected Component Labelling* (ccl) hanya beberapa citra yang bisa terdeteksi dengan baik dan ada sebagian citra tidak bisa mengenali pergerakan dengan baik.

Berikut ini beberapa contoh tracking object manusia dari hasil penelitian yang terdeteksi menggunakan metode connected componen labelling

Gambar 1 citra yang relevan metode counter tracking object manusia





Pada gambar di atas terlihat bahwa objek yang lewat akan mendeteksi pergerakannya sehingga pergerakan objek dapat terdeteksi dengan tetap memperhatikan perubahan-perubahan yang terjadi di sekitar objek dan setiap pergerakan objek yang terdeteksi akan terdapat kotak-kotak dan di setiap kotak akan terdapat label untuk menghitung jumlah objek yang lewat. Berikut ini adalah penjelasan dan hasil penelitian dan pengujian sistem menggunakan *Connected Component Labelling* (ccl) pada pengolahan citra digital. Proses segmentasi dengan metode *thresholding* adalah berupa citra biner dengan nilai intensitas piksel sebesar 0 atau 1. Setelah citra sudah tersegmentasi atau sudah berhasil dipisahkan objeknya dengan background, maka citra biner yang diperoleh dapat dijadikan sebagai *masking* untuk melakukan proses *cropping* sehingga diperoleh tampilan citra asli tanpa background atau dengan background yang dapat diubah-ubah. Cobalah untuk mengubah nilai *threshold* yang digunakan untuk deteksi *foreground*. Nilai *threshold* yang lebih rendah dapat membuat program lebih sensitif terhadap perubahan gambar, namun juga dapat menghasilkan lebih banyak *false positive*. Sebaliknya, nilai *threshold* yang lebih tinggi dapat membuat program kurang sensitif namun menghasilkan lebih sedikit *False Positive*.

Setiap piksel dari citra grayscale memiliki nilai intensitas yang jumlah variasinya bergantung pada jumlah bit yang menyusun citra tersebut. Misalnya pada citra grayscale 1 bit, setiap piksel memiliki variasi nilai intensitas $2 \times 1 = 2$ yaitu nilai 0 dan 1, dimana nilai 0 direpresentasikan dengan warna hitam dan nilai 1 direpresentasikan dengan warna putih. Gambar skala abu-abu 1-bit juga disebut gambar biner. Jika pada citra grayscale 2 bit, setiap piksel memiliki $2 \times 2 = 4$ variasi nilai intensitas yaitu nilai 0, 1, 2 dan 3, dimana nilai 0 berwarna hitam, nilai 1 abu-abu gelap, nilai 2 abu-abu, terang abu-abu, dan nilai 3 berwarna putih. Variasi nilai intensitas citra grayscale

Proses pelaksanaan penelitian *counter tracking object* manusia menggunakan aplikasi *matlab*. Penelitian ini dilakukan melalui studi literatur. Di mana data yang digunakan berupa citra bertipe *bitmap* 24-bit, yang diperoleh dengan cara data yang diambil menggunakan kamera *vivo Y12s* jumlah citra yang terdeteksi dengan rincian 12 orang data ini harus diproses dalam tahap selanjutnya mengambil video suatu objek dengan kamera, yang kemudian diubah menjadi *bitmap* 24-bit menggunakan *Matlab*, dapat menghitung jumlah objek dalam gambar, tetapi sangat dipengaruhi oleh pemilihan ambang batas. Untuk citra dengan objek sederhana akurasi perhitungannya adalah 77,63%. Untuk citra fotografi, persentase akurasi perhitungannya hanya 17,24%. Selain pemilihan *threshold*, distribusi intensitas cahaya juga mempengaruhi hasil perhitungan foto. Untuk objek yang ditumpuk, sistem dapat mendeteksi pergerakan manusia dengan benar, atau ada objek yang tidak dapat dideteksi karena menumpuk.

Hasil dari *tracking object* menggunakan *connected component labelling* mencapai tingkat keberhasilan yang diinginkan yaitu lebih dari 75% dengan presentase sebagai berikut :

1. *Precision* = tingkat ketepatan antara informasi yang diminta oleh user dengan jawaban yang diberi oleh sistem adalah 50%
2. *Recall* = tingkat keberhasilan sistem dalam menemukan kembali sebuah informasi yang diberikan adalah 75%%

3. *Accuracy* = tingkat keberhasilan antara nilai prediksi dengan nilai yang actual yang diberikan oleh sistem adalah 100%

Pegujian system

Didalam penelitian ini terdapat 12 pergerakan object manusia guna mengetahui tingkat keberhasilan system. Hasil dari 12 uji yang diketahui bahwa citra yang relevan dan citra yang tidak relevan. Maka perlukan pegujian tingkat keberhasilan system dengan perhitungan menggunakan *confusion matrix*.

Pada pengujian system ini hasil Yang didapatkan pada saat penelitian dan perhitungan menggunakan *confusion matrix* seperti yang dijelaskan pada hasil diatas adalah *preccission* sebesar 50% *recall* sebesar 75% dan *accuracy* sebesar 100% yang didapatkan dengan hasil prediksi dan actual (hasil sebenarnya) antara pengguna dan system.

Diketahui tingkat keberhasilan pada perhitungan *confusion matrix* pada citra adalah antara nilai actual dan nilai prediksi dengan nilai *preccission* 75% artinya tingkat ketepatan antara informasi yang dimintak oleh pengguna dengan jawaban yang diberikan oleh sistem adalah sama. Maka pada hasil pengujian ketepatan dan keinginan pengguna, system menjawab dengan bentuk deteksi yang jelas tanpa ada hasil yang tidak diharapkan (*false positive*) dan hasil yang hilang atau tidak ditemukan benar atau relevan (*true positive*) dibagi dengan hasil (*false positive*).

Recall hasil dari nilai *proccission* cenderung terbalik dari hasil nilai *Recall*. Jika hasil *Proccission* kecil maka hasil *recall* besar, karna tingkat keberhasilan system *recall* dalam menemukan kembali sebuah informasi yang diberi sebesar 100% . hasil *Recall* didapatkan berdasar hasil benar atau relevan dan ada hasil yang tidak diharapkan atau tidak relevan . hasil yang hilang atau *negative* ditemukan (*False Negative*) didapat berdasarkan berdasarkan tingkat akurasi yang dihasilkan tidak tepat dalam pelacakan pergerakan manusia system menjawab dengan hasil *True Positive* dibagi dengan hasil *False Negative*..

Accurassi adalah tingkat keberhasilan antara nilai prediksi dengan nilai yang actual yang diberikan oleh system. Artinya hasil *Preccission* dan *Recall* bukanlah hasil dari *Accuracy*, perbedaanya adalah tingkat kedekatan antara hasil prediksi dengan hasil actual dari *Precision* dan *Recall*. Dimana hasil actual yaitu hasil yang ditemukan relevan (*True Positive*) dan tidak adanya hasil yang benar/tidak ditemukan (*True Negative*)n dan hasil tersebut dihitung berdasarkan hasil yang ditemukan, hasil tidak ditemukan hasil *True Negative*, karena hasil actual system yang berhasil menjawab ke 12 citra dan hasil prediksi yang diinginkan pengguna, maka hasil dari *Accuracy* adalah sebesar 100% yang didapatkan berdasarkan pertambahan hasil actual dibagi dengan hasil prediksi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa objek bergerak dapat dideteksi dan dilacak berdasarkan hasil analisis. Metode tertentu dapat memudahkan pengamatan objek bergerak dan memberikan informasi tentang pergerakan objek dalam bentuk. ketika tepi terdeteksi. Algoritma yang digunakan untuk mendeteksi dan melacak objek bergerak Berdasarkan kinerja algoritma tag komponen gabungan untuk deteksi video dan pelacakan objek bergerak, dapat disimpulkan bahwa algoritma tag komponen gabungan dapat melacak objek dan gerakan manusia yang bergerak. dapat diberi label dengan benar bahkan jika ada lokasi dan jumlah objek yang bergerak tidak menentu.

Saran

Saran yang dapat diberikan adalah untuk penelitian selanjutnya agar menggunakan metode lain untuk mencapai hasil yang lebih signifikan dalam anti tracking gerak manusia. Untuk mendapatkan informasi tentang pergerakan manusia, Anda dapat menggunakan metode ini untuk memudahkan persepsi pergerakan objek.

DAFTAR PUSTAKA

- R. T. Yunardi, A. W. Mardhiyah, M. H. Yahya, and C. Satria, "Desain dan Implementasi Visual Object Tracking Menggunakan Pan and Tilt Vision System," vol. 11, no. 2, pp. 85–92, 2019.
- H. Vazirani and A. Kautsar, "IMPLEMENTASI OBJECT TRACKING UNTUK MENDETEKSI DAN MENGGUNAKAN METODE KALMAN FILTER DAN GAUSSIAN MIXTURE MODEL," vol. 5, no. 1, 2016.
- I. Yusnilawati, F. Utaminingrum, M. Hannats, and H. Ichsan, "Implementasi Connected Component Labeling untuk Deteksi Objek Penghalang Bagi Penyandang Tunanetra Berbasis Raspberry Pi," vol. 3, no. 2, pp. 1318–1323, 2019.
- A. A. A. Cirua, W. Firgiawan, and S. Cokrowibowo, "Penghitungan Jumlah Telur pada Kandang Ayam Petelur menggunakan Connected Component Labelling dengan Peningkatan Kecerahan Citra," pp. 1–4, 2021.
- K. Yudhistiro, F. Teknologi, I. Universitas, and M. Malang, "MENGHITUNG OBYEK 2D MENGGUNAKAN CONNECTED COMPONENT LABELING," no. September, pp. 499–510, 2017.
- A. Pranadia and E. Rachmawati, "Deteksi Jenis Kendaraan Berdasarkan Nomor Plat Menggunakan Metode Vertical Edge Detection dan Connected Component Labelling," vol. 8, no. 2, pp. 3014–3027, 2021.
- C. P. Yanti, I. G. A. A. M. Aristamy, and I. B. N. Pacima, "PELABELAN HURUF PADA PRASASTI TEMBAGA MENGGUNAKAN THINNING STENTIFORD DAN CONNECTED COMPONENT," vol. 17, no. 2, pp. 220–230, 2020.
- E. A. S. *Email Roni Akbar*, "S TUDI A NALISIS P ENGENALAN P OLA T ULISAN T ANGAN A NGKA A RABIC (I NDIAN) M ENGGUNAKAN M ETODE K- N EAREST N EIGHBORS DAN C ONNECTED C OMPONENT L ABELING A NALYSIS S TUDY OF P ATTERN R ECOGNITION A RABIC (I NDIAN) H ANDWRITING U SE THE," vol. 12, no. 2, pp. 45–51, 2016.
- A. Anggraeni and A. P. Widyassari, "Deteksi Plat Nomor Menggunakan Connected Components dan Pra-Pengolahan untuk Mempercepat Proses Deteksi," vol. 6, no. 2, pp. 78–85.
- A. Budiarto, T. B. Adji, R. Hartanto, and F. Morfologi, "Deteksi nomor kendaraan dengan metode connected component dan svm," vol. 01, no. 01, pp. 106–117, 2015.