



IMPLEMENTASI ALGORITME MULTI-OBJECT TRACKING UNTUK ANALISIS PERILAKU TERNAK AYAM

JASMINE KHAIRUNISSA



**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2020**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak mengulang kepentingan yang wajar IPB University.



©Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul *Implementasi Algoritme Multi-Object Tracking (MOT)* untuk Analisis Perilaku Ternak Ayam adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2020

Jasmine Khairunissa
NIM G64160031

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

JASMINE KHAIRUNISSA. Implementasi Algoritme *Multi-Object Tracking* (MOT) untuk Analisis Perilaku Ternak Ayam. Dibimbing oleh SRI WAHJUNI dan WULANDARI.

Ayam merupakan salah satu hewan ternak yang paling banyak dikonsumsi di Indonesia. Selain itu kesadaran akan kesejahteraan hewan (*animal welfare*) juga semakin meningkat di dalam maupun luar negeri. Dengan meningkatnya persaingan dagang antar peternak dan kebutuhan untuk memenuhi standar yang berlaku, dibutuhkan cara untuk melakukan efisiensi jumlah dan jadwal pemberian pakan serta pengawasan terhadap ternak ayam. Analisis kebiasaan ternak ayam dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritme *Multi-Object Tracking* untuk deteksi pergerakan banyak ternak ayam sebagai landasan awal pembuatan model analisis perilaku ternak ayam. Model yang dihasilkan berhasil menelusuri pergerakan banyak objek dengan tingkat presisi 60.4%.

Kata kunci: ayam, deteksi objek, *multi-object tracking*, pergerakan

ABSTRACT

JASMINE KHAIRUNISSA. Multi-Object Tracking (MOT) Algorithm Implementation for Poultry Behavioral Analysis. Supervised by SRI WAHJUNI and WULANDARI.

Poultry chicken is one of the most consumed livestock in Indonesia. In addition, awareness of animal welfare has also increased globally. With this growing business and demand to fulfill the standard requirements, a way to heighten the efficiency of poultry feed and monitor the chicken is needed. Behavioral analysis of the chicken can solve that problem. This research is meant to implement the Multi-Object Tracking (MOT) algorithm as a base for further research on chicken behavioral analysis. *The resulting model could track multiple objects with 60.4% precision value.*

Keywords: chicken, motion, multi-object tracking, object detection



IMPLEMENTASI ALGORITME MULTI-OBJECT TRACKING UNTUK ANALISIS PERILAKU TERNAK AYAM

JASMINE KHAIRUNISSA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada
Departemen Ilmu Komputer

**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2020**



©Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Skripsi: Implementasi Algoritme *Multi-Object Tracking* untuk Analisis Perilaku Ternak Ayam

Nama : Jasmine Khairunissa
NIM : G64160031

Disetujui oleh

DocuSigned by:



AE91D26DAE4B4EB...

Dr Ir Sri Wahjuni MT
Pembimbing I

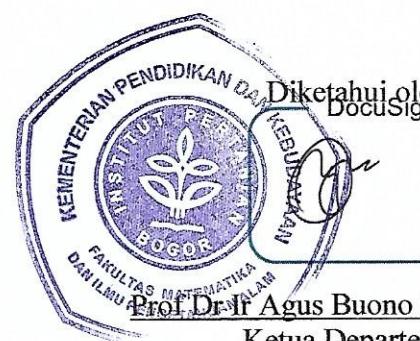
DocuSigned by:



99091BF33ABD4D9...

Wulandari SKomp MAgSc
Pembimbing II

Diketahui oleh DocuSigned by:



Prof Dr Ir Agus Buono MKomp MSi
Ketua Departemen

Tanggal Lulus:

12 AUG 2020



Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2019 ini ialah *smart agriculture*, dengan judul Implementasi Algoritme *Multi-Object Tracking* (MOT) untuk Analisis Perilaku Ternak Ayam.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Ibu Dr Ir Sri Wahjuni MT dan Ibu Wulandari SKomp MAgriSc selaku pembimbing serta Bapak Auriza Rahmad Akbar SKomp MKom sebagai penguji dan atas masukan yang sangat membantu dalam penelitian ini. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Husna Nurarifah, Wafa Ainina, Fikri Al Wahid, Suryo Hamukti Sanjiwo, dan Ahmad Maulvi Alfansuri yang telah membantu dalam penggerjaan tugas akhir ini. Terimakasih juga penulis ucapkan kepada ayah, ibu, adik, serta seluruh keluarga, atas segala doa dan kasih sayangnya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Juli 2020

Jasmine Khairunissa

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak menggunakan kepentingan yang wajar IPB University.



DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Perumusan Masalah	2
Tujuan Penelitian	2
Manfaat Penelitian	2
Ruang Lingkup Penelitian	2
TINJAUAN PUSTAKA	2
Ketahanan Pangan	2
<i>Multi-object Tracking (MOT)</i>	3
<i>Single Shot MultiBox Detector (SSD)</i>	4
METODE	4
Data Penelitian	4
Tahapan Penelitian	4
Praproses Data	5
Penelusuran Objek	6
Evaluasi Model	6
Lingkungan Pengembangan	7
HASIL DAN PEMBAHASAN	8
Praproses Data	8
Penelusuran Objek	9
Evaluasi Model	12
SIMPULAN DAN SARAN	13
Simpulan	13
Saran	13
DAFTAR PUSTAKA	13
LAMPIRAN	15
RIWAYAT HIDUP	21

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak mengulang kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

1 Contoh data <i>bounding box</i> acuan yang dihasilkan	8
2 Contoh data acuan <i>centroid</i>	9
3 Contoh data <i>centroid</i> dari data video	10
4 Contoh data <i>centroid</i> dan <i>frame</i>	10
5 Contoh data <i>centroid</i> dan <i>frame</i> yang sudah terurut	11
6 Contoh jarak antar <i>centroid</i>	12
7 Evaluasi model penelusuran objek	12

DAFTAR GAMBAR

1 Peta ketahanan dan kerentanan pangan di Indonesia 2019 (BKP 2019)	3
2 Tahap MOT	3
3 Perbandingan arsitektur SSD dengan YOLO (Liu <i>et al.</i> 2016)	4
4 Skema tahapan penelitian	5
5 Skema perhitungan jarak untuk asosiasi objek	6
6 Hasil penelusuran objek	9
7 Plot pergerakan objek pertama	11

DAFTAR LAMPIRAN

1 Langkah konversi menggunakan VSDC Free Video Editor	15
2 Langkah pelabelan data menggunakan Visual Object Tagging Tool	17
3 Plot pergerakan masing-masing objek terdeteksi	18



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pangan merupakan salah satu kebutuhan dasar dan memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap berbagai bidang seperti ekonomi, lingkungan, hingga sosial politik. Indonesia harus menjaga ketahanan pangannya sebagai penjamin kehidupan yang sehat dan produktif bagi masyarakatnya (Saliem dan Ariani 2016). Untuk memenuhi kebutuhan pangan penduduk, Indonesia memerlukan ketersediaan pangan dalam jumlah mencukupi. Konsumsi ayam ras atau broiler per kapita penduduk tiap tahunnya mengalami peningkatan dan selalu memiliki jumlah tertinggi di antara kategori daging segar lainnya. Pada 2017 konsumsi daging ayam per kapita penduduk dan populasi ternak ayam ras pedaging masing-masing mengalami peningkatan sebesar 11.22% dan 13.22% (Kementerian Pertanian 2018). Pelonjakan produksi ini harus disertai dengan pengaturan dan pengawasan untuk menghindari penurunan harga dan surplus yang berujung pada kerugian peternak.

Kesejahteraan hewan atau *animal welfare* di Indonesia diatur dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2009 tentang Peternakan dan Kesehatan Hewan serta Peraturan Pemerintah Nomor 95 Tahun 2012 tentang Kesehatan Masyarakat Veteriner dan Kesejahteraan Hewan. Tingkat kesejahteraan ras ayam pedaging dapat dinilai dari beberapa kategori yaitu lokomosi, interaksi sosial, kualitas lantai, cahaya, kebisingan, dan kualitas perawatan manusia terhadap hewan (Susanti *et al.* 2017). Untuk memenuhi kriteria tersebut, dihabiskan 97% biaya variabel produksi ternak dengan biaya tertinggi merupakan biaya pakan (Pakage 2018). Salah satu cara untuk menekan biaya produksi adalah dengan mengefisiensikan pengeluaran biaya pemberian pakan namun tetap meningkatkan produksi dan kesejahteraan ternak. Analisis lebih lanjut terhadap kebiasaan ternak unggas dapat menjadi langkah awal dalam peningkatan efisiensi produksi yang bisa dilakukan dengan memahami pola pergerakan unggas dalam kondisi dan kurun waktu tertentu. Pola pergerakkan unggas dapat dideteksi menggunakan algoritme *Multi-Object Tracking* (MOT).

Algoritme MOT telah diterapkan untuk pengawasan visual, analisis olahraga, navigasi robot, otomasi kendali (Xiang *et al.* 2015), kendaraan (Voigtlaender *et al.* 2019), hewan (Hu *et al.* 2004), hingga manusia (Chen *et al.* 2018). Tantangan terbesar dari MOT adalah pemilihan metode deteksi objek yang tepat dan komputasi yang berat (Wang *et al.* 2019). Implementasi MOT sebelumnya belum pernah diterapkan untuk mendeteksi pergerakan unggas, oleh karena itu dalam penelitian ini diterapkan algoritme MOT untuk mendeteksi pergerakan unggas dengan hasil berupa data pergerakan unggas yang dapat dikembangkan pada penelitian lebih lanjut menjadi model pola pergerakan unggas. Sementara untuk pengenalan objek observasi digunakan *pre-trained model* yang telah dilatih menggunakan algoritme *Single Shot MultiBox Detector* (SSD) dan jaringan MobileNets dari data *Common Objects in Context* (COCO) yang memiliki kategori *birds* termasuk unggas.

Pengenalan objek menggunakan SSD dilakukan karena waktu eksekusi yang lebih cepat daripada YOLO (Liu *et al.* 2016) dan tingkat akurasinya tidak kalah dengan *Faster R-CNN* (Ren *et al.* 2015). SSD umumnya digunakan sebagai



metode deteksi objek yang membutuhkan kecepatan tinggi seperti deteksi kapal pada data *Synthetic Aperture Radar* (SAR) (Wang *et al.* 2018), deteksi insulator pada citra aerial (Miao *et al.* 2019), dan pencarian korban longsor (Ariel 2019). SSD menggunakan *layer* konvolusi sebagai arsitektur jaringannya dalam memprediksi fitur, salah satu arsitektur jaringan yang dapat digunakan adalah MobileNets. MobileNets merupakan gabungan dari jaringan dan dua *hyperparameter* yang dapat menghasilkan model dengan ukuran yang lebih kecil dan latensi rendah (Howard *et al.* 2017).

Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, dibuat perumusan masalah dalam penelitian sebagai berikut:

1. Belum adanya sistem yang dapat mendeteksi pergerakan ayam secara otomatis.
2. Bagaimana mengenali individu ayam dan pergerakannya?

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritme MOT untuk mendeteksi pergerakan banyak ternak ayam secara otomatis.

Manfaat Penelitian

Pendeteksian gerak ayam menggunakan MOT yang dihasilkan dalam penelitian ini diharapkan dapat membantu analisis kebiasaan ayam untuk meningkatkan efisiensi produksi dan kesejahteraan ternak ayam.

Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis ayam pedaging dengan sistem pemeliharaan *free-range* sebagai objek observasi.

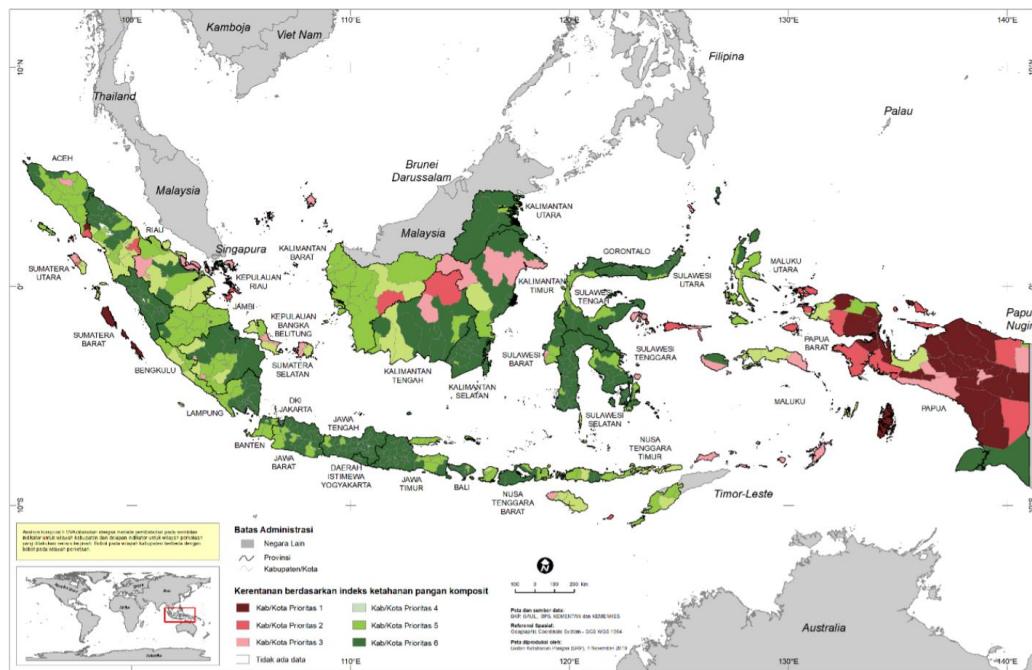
TINJAUAN PUSTAKA

Ketahanan Pangan

Ketahanan pangan disebutkan dalam Undang-Undang No. 18 Tahun 2002 tentang Pangan merupakan "*kondisi terpenuhinya Pangan bagi negara sampai dengan perseorangan, yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, beragam, bergizi, merata, dan terjangkau serta tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat, untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif secara berkelanjutan*". Dari undang-undang tersebut dapat dilihat bahwa ketahanan pangan sangat erat hubungannya dengan ketersediaan dan kualitas pangan. Ketahanan pangan belum menyebar secara

merata ke seluruh bagian Indonesia seperti yang dapat dilihat dalam peta ketahanan dan kerentanan pangan tahun 2019 di Gambar 1.

Ketersediaan pangan di Indonesia telah mencukupi, namun masih belum

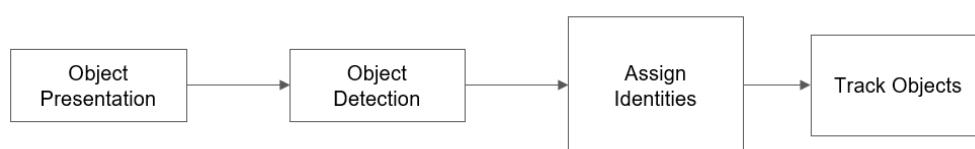


Gambar 1 Peta ketahanan dan kerentanan pangan di Indonesia 2019 (BKP 2019)

diikuti dengan pemanfaatan pangan dan gizi ideal yang diindikasikan dengan skor Pola Pangan Harapan (PPH). Pada 2018, skor PPH Indonesia bernilai 91.3 dengan proporsi konsumsi padi-padian 65.7%, umbi-umbian 2.7%, hewani 11.6%, kacang-kacangan 3.0%, serta sayur dan buah 5.6%. Proporsi ini belum memenuhi nilai minimum yang direkomendasikan untuk umbi-umbian 6.0%, hewani 12%, kacang-kacangan 5.0%, serta sayur dan buah 6.0% (Badan Ketahanan Pangan 2019). Populasi penduduk yang terus meningkat dan perubahan gaya hidup masyarakat juga menjadi tantangan bagi ketersediaan pangan Indonesia.

Multi-object Tracking (MOT)

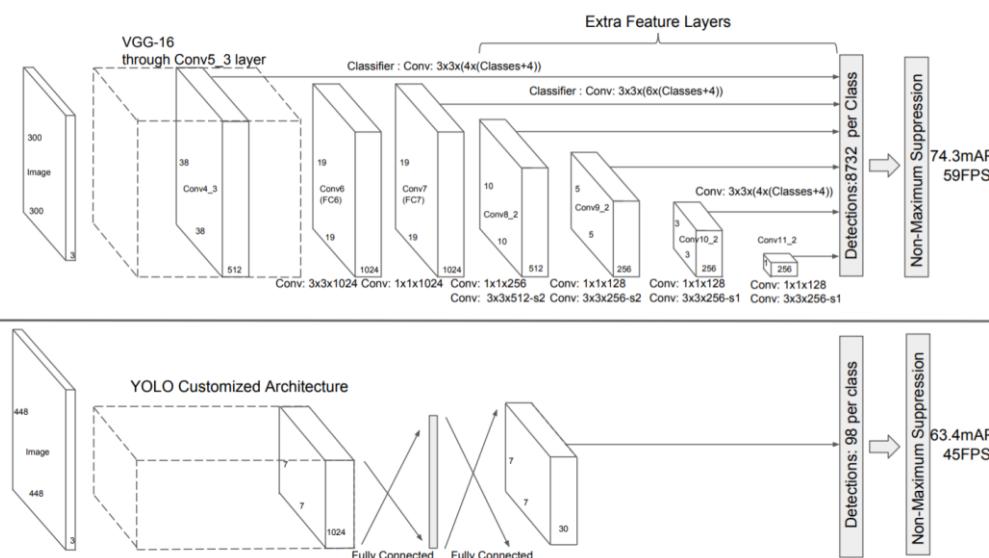
Multi-object Tracking (MOT) merupakan algoritme penelusuran banyak objek dalam citra digital dengan cara mendeteksi lokasi banyak objek, menjaga identitas tiap objek, dan membentuk lintasan tiap objek sesuai dengan data input (Xiang *et al.* 2015). MOT dapat digunakan untuk estimasi pose (Pfister *et al.* 2015), pengenalan kegiatan (Choi dan Savarese 2012), dan analisis kebiasaan (Hu *et al.* 2004). Tahap MOT ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Tahap MOT

Single Shot MultiBox Detector (SSD)

Single Shot MultiBox Detector (SSD) merupakan sebuah *framework* detektor yang dibangun berdasarkan jaringan konvolusi *feed-forward*). Algoritme SSD merupakan algoritme deteksi yang lebih cepat dari algoritme *You Only Look Once* (YOLO) dan menghasilkan tingkat akurasi tinggi sama seperti algoritme *Faster Regional Convolution Neural Network (Faster R-CNN)* yang memakan waktu dan memori lebih banyak daripada algoritme YOLO dan SSD (Liu *et al.* 2016). Perbandingan algoritme SSD dengan YOLO dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Perbandingan arsitektur SSD dengan YOLO (Liu *et al.* 2016)

METODE

Data Penelitian

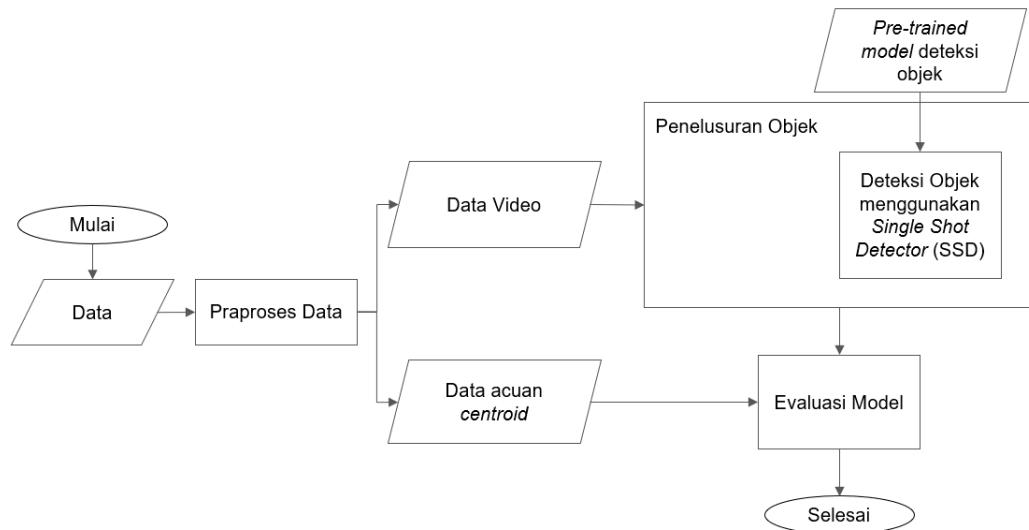
Data yang digunakan berupa video ayam pedaging dengan sistem pemeliharaan *free-range* yang diambil dari Internet, video dapat diakses di <https://youtu.be/2CUyDoLfBZM>. Video berukuran 1280 x 720 piksel dan *framerate* 30 fps.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri atas 3 (tiga) tahap utama, yaitu praproses data, penelusuran objek menggunakan *pre-trained model* dengan metode deteksi objek *Single Shot Detector* (SSD), dan evaluasi model. Kegiatan yang dilakukan pada tahap praproses data adalah pemberian label pada tiap objek ayam dalam *frame*. Ukuran masing-masing *bounding box* disesuaikan dengan ukuran objek. Model deteksi objek dari *pre-trained model* kemudian digunakan untuk pemberian identitas objek dan asosiasi *tracklets* sebagai algoritme penelusuran objek (Khan *et al.* 2019). Model penelusuran objek yang dihasilkan dievaluasi menggunakan



metode *Multi-Object Tracking Precision* (MOTP) (Bernardin dan Stiefelhagen 2008). Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Skema tahapan penelitian

Praproses Data

Tahap ini menghasilkan data yang digunakan dalam algoritme penelusuran objek dalam bentuk video dan data acuan *centroid* sebagai bahan evaluasi. Data video diperoleh dengan cara mengonversi video sehingga memiliki *framerate* 15 fps. Sementara data acuan diperoleh dengan cara pemberian label pada tiap objek secara manual.

Data video dengan *framerate* 30 fps dikonversi sehingga memiliki *framerate* 15 fps menggunakan perangkat lunak VSDC Free Video Editor. Hasil konversi berupa video berdurasi 31 detik dan disimpan dalam sub-folder *videos* pada folder program penelitian. Sementara data acuan *bounding box* didapatkan dengan melakukan pelabelan pada tiap objek secara manual menggunakan perangkat lunak Visual Object Tagging Tool (VOTT). Langkah menggunakan VSDC Free Video Editor dan VOTT dapat dilihat pada Lampiran 1 dan 2. Data acuan *centroid* didapatkan dari hasil perhitungan koordinat *bounding box* menggunakan Persamaan 1 dan 2.

$$cX = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2} + x_{\min} \quad (1)$$

$$cY = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{2} + y_{\min} \quad (2)$$

dengan:

cX = koordinat *centroid* pada sumbu x

cY = koordinat *centroid* pada sumbu y

x_{\max} = koordinat titik kanan atas *bounding box* pada sumbu x

x_{\min} = koordinat titik kiri bawah *bounding box* pada sumbu x

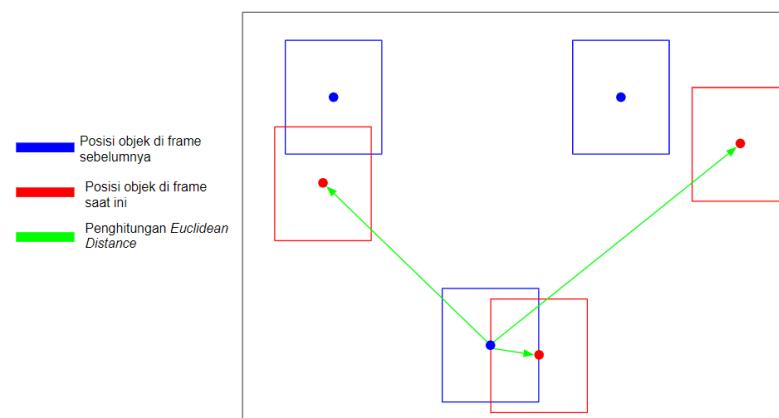
y_{\max} = koordinat titik kanan atas *bounding box* pada sumbu y

y_{\min} = koordinat titik kiri bawah *bounding box* pada sumbu y

Penelusuran Objek

Pengenalan objek dilakukan menggunakan metode *Single Shot Multibox Detector* (SSD) dan *pretrained model*. *Pre-trained model* yang digunakan telah dilatih untuk melakukan deteksi terhadap 21 kelas, diantaranya adalah *cat*, *dog*, dan *bird*. Model ini adalah model yang dipakai pada implementasi yang dilakukan untuk mendeteksi dan menghitung arah pergerakan manusia dalam suatu area dengan *framework* Caffe dan jaringan MobileNets dari dataset *Common Objects in Context* (COCO) (Rosebrock 2018). Dalam penelitian ini yang memiliki objek observasi ayam digunakan kelas *bird* yang mencakup objek unggas. Deteksi objek dilakukan pada data video hasil tahap praproses data. Hasil dari tahap ini berupa data *centroid* tiap objek terdeteksi pada data video.

Pemberian identitas masing-masing objek terdeteksi dilakukan menggunakan algoritme *centroid tracking* (Nascimento *et al.* 1999). Dengan data *bounding box* dan *centroid* yang didapat dilakukan perhitungan jarak menggunakan *Euclidean Distance* antar koordinat titik tengah tiap objek di *frame* sebelumnya dengan *frame* saat ini untuk mengetahui asosiasi objek antar *frame*. Ilustrasi perhitungan jarak dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Skema perhitungan jarak untuk asosiasi objek

Objek yang sama akan memiliki jarak titik tengah yang paling kecil dan akan diberikan identitas yang sama. Ketika terdapat objek yang menghilang dalam sebuah *frame* akan dianggap sedang terjadi *occlusion* dan akan dianggap hilang setelah tanpa kemunculan di beberapa *frame* berturut-turut (Xiang *et al.* 2015). Untuk penelitian ini digunakan 15 *frame* sesuai dengan *framerate* video. *Occlusion* merupakan kondisi ketika suatu objek tertutup dengan objek yang lain (Smith *et al.* 2005). Hasil dari proses penelusuran objek berupa identitas objek, waktu objek terdeteksi, koordinat *centroid*, dan koordinat *bounding box*.

Evaluasi Model

Model MOT dievaluasi menggunakan parameter *Multi Object Tracking Precision* (MOTP) dan *Multi Object Tracking Accuracy* (MOTA) (Bernardin dan Stiefelhagen 2008) seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 3 dan 4. Nilai MOTP mengindikasikan tingkat kepresisionan penelusuran dalam mengestimasi posisi objek



didapatkan dari nilai rata-rata dari total error terhadap *match*, terlepas dari kemampuan model mempertahankan arah atau identitas objek. Sementara nilai MOTA menunjukkan tingkat akurasi model dalam mendeteksi objek dan mempertahankan arah atau identitas objek terlepas dari kemampuan model dalam mengestimasi posisi objek. MOTA membutuhkan data acuan arah dan label objek berbeda untuk tiap individunya. Penelitian ini tidak memperhatikan arah objek yang saling bersimpangan sehingga banyak terjadi pertukaran identitas antar objek, sehingga digunakan parameter evaluasi MOTP pada Persamaan 3. Evaluasi model dilakukan menggunakan data *centroid* hasil tahap praproses data (*base centroid*) sebagai acuan dan data *centroid* hasil tahap penelusuran objek (*detected centroid*).

$$\text{MOTP} = \frac{\sum_{i,t} d_t^i}{\sum_t c_t} \quad (3)$$

$$\text{MOTA} = 1 - \frac{\sum_t (m_t + fp_t + mme_t)}{\sum_t g_t} \quad (4)$$

dengan:

d_t^i = error/miss pada waktu t dan frame i

c_t = jumlah *match* pada waktu t

m_t = jumlah error/miss pada waktu t

fp_t = jumlah *false positive* pada waktu t

mme_t = jumlah *mismatch* pada waktu t

g_t = jumlah total objek pada waktu t

Data dinyatakan cocok (*match*) ketika nilai *delta_x* kurang dari atau sama dengan 118 piksel yang merupakan rata-rata lebar objek ayam pada video yang digunakan dan nilai *delta_y* kurang dari atau sama dengan 95 piksel yang merupakan rata-rata tinggi objek ayam pada video ini. Nilai *threshold* dapat diubah secara proporsional dengan ukuran video. Dalam penelitian ini digunakan perbandingan *threshold* sumbu x dengan lebar video 9:100 dan perbandingan *threshold* sumbu y dengan tinggi video 13:100. Data yang tidak memenuhi ketentuan ini dinyatakan sebagai error atau *miss*. Data masuk ke dalam kategori *false positive* ketika objek terdeteksi namun memiliki identitas yang salah dan masuk ke dalam kategori *mismatch* ketika identitasnya tertukar dengan identitas objek yang memiliki jalur bersinggungan dengan objek tersebut (Bernardin dan Stiefelhagen 2008).

Lingkungan Pengembangan

Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perangkat keras berupa komputer personal dengan spesifikasi:

- Processor Intel® Core™ i7-9750H CPU @ 2.60GHz 2.59GHz
- NVIDIA GeForce GTX 1650 GDDR5
- RAM 16.0 GB DDR4



2.

@Hak cipta milik IPB University



- 256 GB SSD & 1 TB SATA HDD

Perangkat lunak yang digunakan, yaitu:

- Sistem operasi Windows 10 64-bit
- PyCharm Community Edition 2019.3.1
- Python 3.6.8
- dlib 19.7.0
- imutils 0.5.3
- VSDC Free Video Editor
- Visual Object Tagging Tool (VOTT)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Praproses Data

Berdasarkan hasil praproses data yang dilakukan, didapatkan 458 *frame* gambar dengan ukuran masing-masing 1280 x 720 piksel dan 2.557 baris data CSV *bounding box* dan *centroid*. Setiap *frame* yang dihasilkan diberi nama dengan tanda waktu pengambilan *frame* tersebut. Data yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 1 dan langkah pelabelan data dapat dilihat di Lampiran 2. Data acuan *bounding box* yang didapat dibulatkan menggunakan fungsi round() dan dihitung nilai *centroid*-nya agar lebih sederhana. Data *centroid* acuan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1 Contoh data *bounding box* acuan yang dihasilkan

i	image	x_min	y_min	x_max	y_max	label
1	rooster.mp4#t=0.000000.jpg	555.74	555.11	712.79	711.20	chicken
2	rooster.mp4#t=0.000000.jpg	821.26	360.36	935.46	457.32	chicken
3	rooster.mp4#t=0.000000.jpg	619.72	219.24	733.93	384.36	chicken
4	rooster.mp4#t=0.000000.jpg	806.86	436.20	955.62	567.72	chicken
5	rooster.mp4#t=0.000000.jpg	808.78	251.88	909.55	325.80	chicken
6	rooster.mp4#t=0.066667.jpg	555.42	547.56	713.77	700.20	chicken
7	rooster.mp4#t=0.066667.jpg	820.30	357.48	944.10	451.56	chicken
8	rooster.mp4#t=0.066667.jpg	805.90	438.12	953.70	546.60	chicken
9	rooster.mp4#t=0.066667.jpg	616.60	213.6	732.97	376.68	chicken
10	rooster.mp4#t=0.066667.jpg	806.86	261.48	904.75	337.32	chicken

dengan:

image = nama *frame* dengan tanda waktu (contoh: #t=0, #t=0.066667)

x_min = koordinat titik kiri bawah *bounding box* pada sumbu x

y_min = koordinat titik kiri bawah *bounding box* pada sumbu y

x_max = koordinat titik kanan atas *bounding box* pada sumbu x

y_max = koordinat titik kanan atas *bounding box* pada sumbu y

label = nama label objek (dalam penelitian ini digunakan label *chicken*)

Tabel 2 Contoh data acuan *centroid*

i	cX	cY
0	634.5	633
1	878	408.5
2	677	301.5
3	881.5	502
4	859.5	289
5	634.5	624
6	882	404.5
7	880	492.5
8	675	295.5
9	856	299

dengan:

i = nomor data

cX = *centroid* pada sumbu x

cY = *centroid* pada sumbu y

Contoh implementasi Persamaan 1 dan 2 pada data pertama dari Tabel 1:

Diketahui $x_{\min} = 555.7463$, $y_{\min} = 555.1123$, $x_{\max} = 712.7918$, dan $y_{\max} = 711.2088$. Maka nilai *centroid* pada sumbu x dan y adalah sebagai berikut.

$$cX = \frac{712.79 - 555.74}{2} + 555.74 = \frac{713 - 556}{2} + 556 = 634.5$$

$$cY = \frac{711.20 - 555.11}{2} + 555.11 = \frac{711 - 555}{2} + 555 = 633$$

Penelusuran Objek

Penelusuran objek dilakukan pada video berdurasi 31 detik yang menghasilkan 5.079 data *centroid*. Contohnya dapat dilihat pada Tabel 3. Objek dinyatakan hilang setelah selama 1 detik atau 15 *frame* berturut-turut tidak terdeteksi. Proses penelusuran objek menghabiskan waktu sekitar 31 detik sesuai dengan durasi video input. Hasil penelusuran objek berupa data *centroid* disimpan dalam format CSV seperti pada Tabel 3, data video penelusuran objek disimpan dalam format *Audio Video Interleave* (AVI) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Hasil penelusuran objek

Tabel 3 Contoh data *centroid* dari data video

Timestamp	Runtime	Object_ID	cX	cY
7/4/20 18:21	2.9375	0	687	302
7/4/20 18:21	2.9375	1	648	628
7/4/20 18:21	2.9375	2	895	492
7/4/20 18:21	3.0000	0	687	302
7/4/20 18:21	3.0000	1	648	629
7/4/20 18:21	3.0000	2	895	493
7/4/20 18:21	3.1875	0	688	303
7/4/20 18:21	3.1875	1	647	629
7/4/20 18:21	3.1875	2	895	493
7/4/20 18:21	3.2500	0	688	303

dengan:

Timestamp = Tanggal dan waktu eksekusi program

Runtime = Waktu yang telah dihabiskan sejak program dimulai, data ini akan digunakan untuk mengetahui *frame*.

Object_ID = Identitas objek

cX = koordinat *centroid* pada sumbu x

cY = koordinat *centroid* pada sumbu y

Pembentukan plot pergerakan objek menggunakan nilai *frame*. Nilai *runtime* digunakan untuk menentukan nilai *frame*. Objek diasumsikan berada dalam *frame* yang sama apabila objek-objek tersebut memiliki nilai *runtime* yang sama. Contoh satu dengan atribut nilai *frame* dapat dilihat pada Tabel 4. Data yang sudah memiliki atribut nilai *frame* selanjutnya diurutkan berdasarkan identitas objek.

Tabel 4 Contoh data *centroid* dan *frame*

Timestamp	Runtime	Object_ID	Frame	cX	cY
7/4/20 18:21	2.9375	0	0	687	302
7/4/20 18:21	2.9375	1	0	648	628
7/4/20 18:21	2.9375	2	0	895	492
7/4/20 18:21	3.0000	0	1	687	302
7/4/20 18:21	3.0000	1	1	648	629
7/4/20 18:21	3.0000	2	1	895	493
7/4/20 18:21	3.1875	0	2	688	303
7/4/20 18:21	3.1875	1	2	647	629
7/4/20 18:21	3.1875	2	2	895	493
7/4/20 18:21	3.2500	0	3	688	303

dengan:

Timestamp = Tanggal dan waktu eksekusi program

Runtime = Waktu yang telah dihabiskan sejak program dimulai

Object_ID = Identitas objek

Frame = Nilai *frame* pada saat itu

cX = koordinat *centroid* pada sumbu x

cY = koordinat *centroid* pada sumbu y



Proses tersebut dilakukan untuk membuat plot pergerakan objek. Contoh data yang sudah terurut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Contoh data *centroid* dan *frame* yang sudah terurut

Timestamp	Runtime	Object_ID	Frame	cX	cY
7/4/20 18:21	2.9375	0	0	687	302
7/4/20 18:21	3	0	1	687	302
7/4/20 18:21	3.1875	0	2	688	303
7/4/20 18:21	3.25	0	3	688	303
7/4/20 18:21	3.3125	0	4	688	303
7/4/20 18:21	3.359375	0	5	688	303
7/4/20 18:21	3.40625	0	6	688	303
7/4/20 18:21	3.484375	0	7	688	303
7/4/20 18:21	3.546875	0	8	688	303
7/4/20 18:21	3.609375	0	9	688	303

dengan:

Timestamp = Tanggal dan waktu eksekusi program

Runtime = Waktu yang telah dihabiskan sejak program dimulai

Object_ID = Identitas objek

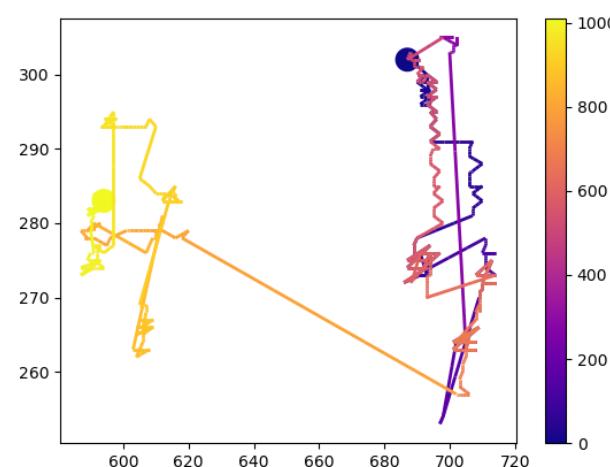
Frame = Nilai *frame* pada saat itu

cX = koordinat *centroid* pada sumbu x

cY = koordinat *centroid* pada sumbu y

Lama pergerakan masing-masing objek dapat diketahui dengan mengurangi *runtime* terakhir dengan *runtime* pertama objek, namun tidak dapat dipastikan apakah objek berganti identitas atau sempat tertutup oleh objek lainnya.

Dari data yang sudah terurut dapat dibentuk plot pergerakan masing-masing objek. Plot dibuat menggunakan grafik garis yang menghubungkan titik koordinat lokasi *centroid* objek terdeteksi. Titik awal dan titik akhir objek digambarkan dengan koordinat titik berwarna biru dan kuning. Garis plot dibuat bergradasi untuk menunjukkan perpindahan objek untuk tiap *frame*-nya, dengan warna biru menunjukkan *frame* pertama dan warna kuning menunjukkan *frame* terakhir. Plot pergerakan objek pertama dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Plot pergerakan objek pertama



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak menggunakan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Evaluasi Model

Evaluasi model penelusuran objek dilakukan dengan menghitung nilai MOTP yang didapatkan dari jarak antara *base centroid* dengan *detected centroid*. Proses ini menghasilkan data sebanyak 12.992.082 data dengan variabel delta_x dan delta_y sebagai jarak di masing-masing sumbu koordinat yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Contoh data jarak antar *centroid*

hypo	base	delta_x	delta_y
0	0	52.5	331.0
0	1	191.0	106.5
0	2	10.0	0.5
0	3	194.5	200.0
0	4	172.5	13.0
0	5	52.5	322.0
0	6	195.0	102.5
0	7	193.0	190.5
0	8	12.0	6.5.0
0	9	169.0	3.0
0	0	52.5	331.0

dengan:

hypo = nomor data *centroid* terdeteksi

base = nomor data *centroid* acuan

delta_x = jarak antar koordinat *centroid* terdeteksi dan acuan pada sumbu x

delta_y = jarak antar koordinat *centroid* terdeteksi dan acuan pada sumbu y

Data di Tabel 6 kemudian dievaluasi sesuai dengan *threshold* yang ditentukan dan didapatkan hasil evaluasi seperti pada Tabel 7. Akurasi yang didapatkan sebesar 60.4% dipengaruhi oleh informasi *bounding box* yang terbatas dan tidak bisa digunakan untuk mengestimasi arah objek sehingga banyak terjadi pertukaran identitas antar objek. Proses penghitungan jarak antar *centroid* berlangsung selama 30 menit, sementara evaluasi model berlangsung selama 10 menit. Proses evaluasi akan memakan waktu yang lebih lama jika data yang digunakan lebih besar, namun tidak akan mempengaruhi proses penelusuran objek secara waktu nyata (*real time*).

Tabel 7 Evaluasi model penelusuran objek

Jenis Evaluasi	Hasil Evaluasi
match_total	5.150.106
miss_total	7.841.976
jumlah data	12.992.082
MOTP	0.604

dengan:

match_total = jumlah data jarak antar *centroid* yang masuk dalam kategori *match*

miss_total = jumlah data jarak antar *centroid* yang masuk dalam kategori *miss*

jumlah data = total jumlah data perhitungan jarak antar *centroid* ($\sum_t c_t$)

MOTP = nilai MOTP yang didapatkan dari Persamaan 3

$$\text{MOTP} = \frac{\sum_{i,t} d_t^i}{\sum_t c_t} = \frac{7.841.976}{12.992.082} = 0.6035965598123534 \cong 0.604$$

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Implementasi algoritme MOT dalam pendekripsi pergerakan ternak ayam sudah dapat dilakukan dengan tingkat presisi 60.4%. Individu ayam dan pergerakannya dapat dikenali menggunakan model deteksi objek SSD yang kemudian diasosiasi menggunakan algoritme *centroid tracking*.

Saran

Penelitian ini membutuhkan data dengan durasi yang lebih lama untuk mengetahui pola pergerakan ternak ayam. Penambahan informasi *bounding box* acuan seperti identitas objek, warna, atau perilaku dapat dilakukan untuk mengurangi pertukaran identitas antar objek yang bersimpangan. Analisis perilaku ternak ayam dapat dilakukan dengan pemberian label jenis perilaku ayam yang harus didampingi oleh ahli.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariel. 2019. Perbandingan model InceptionV2 dan MobileNeT pada CNN untuk implementasi algoritme SSD dalam pencarian korban longsor [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Badan Ketahanan Pangan. 2019. *Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan 2019*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Bernardin K, Stiefelhagen R. 2008. Evaluating Multiple Object Tracking Performance: The CLEAR MOT Metrics. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*. 1-10.
- Chen L, Ai H, Zhuang Z, Shang C. 2018. Real-time multiple people tracking with deeply learned candidate selection and person re-identification. *IEEE International Conference on Multimedia and Expo*. 1-6.
- Choi W, Savarese S. 2012. A unified framework for multi-target tracking and collective activity recognition. *European Conference on Computer Vhuision*. 215–230.
- Howard AG, Zhu M, Chen B, Kalenichenko D, Wang W, Weyand T, Andreetto M, Adam H. 2017. Mobilenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications. *arXiv* [Internet]:1704.04861.
- Hu W, Tan T, Wang L, Maybank S. 2004. A Survey on Visual Surveillance of Object Motion and Behaviors. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*. 34(3):334-52.
- Kementerian Pertanian. 2018. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2018*. Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian Republik Indonesia.





- Khan G, Tariq Z, Khan M. 2019. Multi-Person Tracking Based on Faster R-CNN and Deep Appearance Features. *Visual Object Tracking in the Deep Neural Networks Era*. IntechOpen [Internet].
- Lin TY, Dollár P, Girshick R, He K, Hariharan B, Belongie S. 2017. Feature pyramid networks for object detection. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2117-2125.
- Liu W, Anguelov D, Erhan D, Szegedy C, Reed S, Fu CY, Berg AC. 2016. SSD: Single shot multibox detector. *European Conference on Computer Vision*. 21-37.
- Miao X, Liu X, Chen J, Zhuang S, Fan J, Jiang H. 2019. Insulator detection in aerial images for transmission line inspection using single shot multibox detector. *IEEE Access*. 7:9945-9956.
- Nascimento JD, Abrantes A J, Marques J S. 1999. An Algorithm for Centroid-based Tracking of Moving Objects. *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. 3305-3308.
- Pakage S, Hartono B, Nugroho BA, Iyai DA. 2018. Analisis Struktur Biaya dan Pendapatan Usaha Peternakan Ayam Pedaging dengan Menggunakan *Closed House System* dan *Open House System*. *Jurnal Peternakan Indonesia*. 20(3):193-200.
- Pfister T, Charles J, Zisserman A. 2015. Flowing convnets for human pose estimation in videos. *IEEE International Conference on Computer Vision*. 1913-1921.
- Ren S, He K, Girschick R, Sun J. 2015. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 91-99.
- Rosebrock A. 2018. OpenCV People Counter [internet]. [diakses 2020 Mar 11]. Tersedia pada: <https://www.pyimagesearch.com/2018/08/13/opencv-people-counter/>
- Saliem HP, Ariani M. 2002. Ketahanan pangan, konsep, pengukuran dan strategi. *Forum Penelitian Agro Ekonomi* (FAE). 20(1): 12-24.
- Smith K, Gatica-Perez D, Odobe JM, Ba S. 2005. Evaluating multi-object tracking. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 36-36.
- Susanti S, Hidayati NA, Afriyansyah B. 2017. Penerapan Kesejahteraan Hewan pada Beberapa Peternakan Ayam Ras Pedaging (Studi Kasus di Kabupaten Bangka). *EKOTONIA: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi dan Mikrobiologi*. 2(1):49-57.
- Voigtlaender P, Krause M, Osep A, Luiten J, Sekar BB, Geiger A, Leibe B. 2019. MOTS: Multi-object tracking and segmentation. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2019*. 7942-7951.
- Wang Y, Wang C, Zhang H. 2018. Combining a single shot multibox detector with transfer learning for ship detection using sentinel-1 SAR images. *Remote sensing letters*. 9(8):780-788.
- Wang Z, Zheng L, Liu Y, Wang S. 2019. Towards Real-Time Multi-Object Tracking. *arXiv* [Internet]:1909.12605.
- Xiang Y, Alahi A, Savarese S. 2015. Learning to Track: Online Multi-Object Tracking by Decision Making. *IEEE International Conference on Computer Vision*. 4705-4713.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 9 Januari 1999. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Prihadi Utomo dan Niken Churniadita Kusumastuti. Penulis menyelesaikan Pendidikan di SMAN 39 Jakarta pada tahun 2016. Kemudian pada tahun yang sama diterima di program studi Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor (IPB).

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

