

Pendeteksi Jumlah Orang pada Sistem Bangunan Pintar Menggunakan Algoritma *You Only Look Once*

I Putu Sudharma Yoga¹, Gede Sukadarmika², Rukmi Sari Hartati³, Yoga Divayana⁴

[Submission: 08-12-2022, Accepted: 08-01-2023]

Abstract— The development of the Internet of Things today is very rapid. one form of this development is a Smart-Building or smart building. Smart buildings require a form of system that can monitor the building in real time and efficiently. in this study designed a prototype form of a smart building system by adding a detector for the number of people using the ESP32cam camera sensor. The number of people object detection adapts the careful YOLOv3 Algorithm to 5 different lighting conditions, dimmed 50% and 75%, increased 50% and 75% and normal conditions. The results of this implementation show that the mAP value exceeds 90% in all of these lighting conditions. The YOLOv3 algorithm applied to the smart building prototype system has succeeded in detecting and counting the number of people objects in an image captured by the camera sensor.

Keywords— Internet of Things; Object Detection; Smart Building; YOLO

Intisari— Perkembangan Internet of Things pada masa sekarang sangatlah pesat. salah satu bentuk dari perkembangan itu adalah Sebuah Smart-Building atau bangunan pintar. Pada bangunan pintar memerlukan sebuah bentuk sistem yang dapat mengawasi gedung tersebut secara real time dan efisien. pada penelitian ini merancang sebuah bentuk purwarupa sistem bangunan pintar dengan menambahkan pendeteksi jumlah orang yang menggunakan sensor kamera ESP32cam. Pendeteksian jumlah obyek orang ini mengadaptasi Algoritma YOLOv3 yang dilatih dengan 5 kondisi pencahayaan yang berbeda, diredupkan 50% dan 75%, ditingkatkan 50% dan 75% dan kondisi normal. Pada hasil pengimplementasian ini didapatkan nilai mAP yang melebihi 90% diseluruh kondisi pencahayaan tersebut. Algoritma YOLOv3 yang diterapkan pada sistem purwarupa bangunan pintar telah berhasil dalam mendeteksi dan mengkalkulasi jumlah obyek orang yang ada didalam sebuah gambar yang ditangkap oleh sensor kamera.

Kata Kunci— Internet of Things; Object Detection; Smart Building; YOLO

I. PENDAHULUAN

Perkembangan *Internet of Things* (IoT) pada masa sekarang sangatlah *massive*. Setiap sektor masyarakat pada masa Society 5.0 telah mengadopsi implementasi IoT serta *Artificial Intelligent* untuk memudahkan pekerjaan seperti otomasi dan monitoring dari system konvensional[1].

IoT pada masa sekarang terbagi menjadi dua tergantung dari tipe sensornya. Pertama adalah tipe Skalar contohnya

Humidity, *Temperature*, Intensitas Cahaya, Pergerakan dan lainnya. Tipe ini cenderung memiliki besar data yang kecil tiap pengukurannya. Tipe yang kedua adalah IoT dengan sensor Multimedia contohnya sensor kamera, *Human Identification* dan lainnya [2]. Tipe ini memiliki besaran data yang jauh lebih tinggi dibanding Skalar[3].

Salah satu implementasi dari kemajuan teknologi IoT yang dekat adalah adanya sebuah *Smart-Building* atau Bangunan Pintar.

Bangunan pintar merupakan sebuah gedung yang dipasang sistem teknologi terintegrasi seperti otamatisasi, telekomunikasi, *life safety*, sistem pengguna, sistem pengaturan fasilitas. Adanya sistem bangunan pintar ini bertujuan untuk menciptakan efisiensi energi dan mengurangi biaya operasional[4][5][6]. Sistem yang sedang dijalankan oleh bangunan pintar menggunakan mekanisme sensor yang masih skalar dalam memonitor gedung ini, padahal solusi yang lebih baik adalah dengan mengadaptasi implementasi system multimedia[7]. Salah satu bentuk implementasi system multimedia dalam bangunan pintar adalah dengan menggunakan kamera untuk mengawasi segala bentuk hal yang ada didalam gedung tersebut[8].

Salah satu fungsi dari penerapan kamera dalam sebuah bangunan pintar adalah dapat memonitoring jumlah orang yang ada didalamnya, hal ini bertujuan agar *actuator* pada sebuah bangunan pintar dapat bekerja dengan baik[9], contohnya dengan menghitung jumlah orang yang ada didalam ruangan pendingin maupun pemanas ruangan dapat menyesuaikan *level*-nya serta pembagian koneksi internet untuk berbagai sudut ruangan nantinya dapat diatur sedemikian rupa sehingga hal hal ini dapat mendukung peningkatan efisiensi energi[10].

Dalam menyikapi hal ini kami mengusulkan sebuah sistem purwarupa bangunan pintar yang dapat langsung mendeteksi adanya jumlah orang atau pengunjung di ruangan tersebut. Terdapat berbagai macam metode yang dapat dilakukan seperti menggunakan sensor skalar seperti PIR[11] dan menggunakan sensor kamera dengan menerapkan *Artificial Intelligent*[12].

Pada purwarupa perangkat kami mengadaptasi penggunaan sensor kamera ESP-32cam untuk mengambil gambar secara *real-time*. ESP-32cam akan terhubung pada sebuah Access-Point Raspberry Pi yang berlaku juga sebagai *database server*. Pendeteksian obyek orang ini menggunakan metode *You Only Look Once* (YOLO). Metode ini telah banyak digunakan dalam system pendeteksian obyek pada *computer vision*[13][14]. Perkembangan metode YOLO juga sangat cepat terhitung sejak dua tahun terakhir sudah terdapat versi yang ke-7[15]. Selain perkembangan YOLOv7 terdapat kustomisasi YOLO yang lain seperti FMD-YOLO[16], ETL-YOLO[17], Modified YOLOv5 [18], Modified YOLOv4 [19][20]. Selain penggunaan YOLO

^{1,2,3,4} Prodi Magister Teknik Elektro, Universitas Udayana, Jalan PB Sudirman Denpasar Gedung Pasca Ruang 1.26 80232 INDONESIA (tel: 0361-239599; fax: 0361-239599;1; e-mail: sudharmayoga@student.unud.ac.id, sukadarmika@unud.ac.id, rukmisari@unud.ac.id, yoga@unud.ac.id)



berbagai peneliti juga menerapkan metode *artificial intelligent* yang lain seperti SSD (Single Shot Multibox Detector Model)[21], Viola Jones [22]. Berdasarkan macam-macam jenis metode *object detection*, lebih banyak dalam memodifikasi sistem arsitektur yang telah ada untuk meningkatkan kinerja namun dengan dataset yang masih bawaan metode *object detection* tersebut.

Pada implementasi YOLO di purwarupa bangunan pintar yang kami rancang, kami mengadaptasi Algoritma YOLOv3 yang konvensional dan melatih Algoritma YOLO tersebut dengan jenis kondisi dataset yang berbeda. Kami menggunakan YOLOv3 dengan melatihnya pada 5 kondisi pencahayaan yang berbeda. Pertama adalah kondisi pencahayaan yang ditingkatkan 50% dan 75% lalu kondisi pencahayaan yang diturunkan 50% dan 75% serta kondisi pencahayaan yang normal tanpa adanya perlakuan di dataset tersebut. Kami menggunakan dataset dari Kaggle yang terdiri dari 1000 gambar untuk pelatihan dan 500 gambar validasi. Sehingga dapat dilihat pengaruh kondisi dataset terhadap tingkat kepresisian hasil yang didapat pada purwarupa bangunan pintar ini.

Adapun bagian bagian pada paper ini diantaranya: Bagian II Tinjauan Pustaka, Bagian III Metode, Bagian IV memperlihatkan Hasil kinerja YOLOv3 dan system purwarupa bangunan pintar dengan Algoritma YOLOv3. Terakhir, bagian V Kesimpulan dari Paper

II. STUDI PUSTAKA

Pada Bagian ini akan mendeskripsikan penelitian dan literatur yang berhubungan dengan rancangan penelitian yang diusulkan

A. *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) adalah ide dimana beberapa hal berpotensi untuk mengkomunikasikan data melalui jaringan internet; sebagai kesimpulan, prosedur ini tidak melibatkan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer karena semuanya dilakukan secara otomatis oleh program[23]. Pada tahun 1999, Kevin Ashton pertama kali menggunakan istilah IoT dalam sebuah presentasi untuk Proctor and Gamble. IoT sebagai alternatif dapat dicirikan sebagai infrastruktur di seluruh dunia untuk memenuhi kebutuhan informasi masyarakat dari sudut pandang standardisasi teknologi, yang memungkinkan keterkaitan baik secara fisik maupun virtual berdasarkan teknologi informasi dan komunikasi yang sudah ada dan berkembang [24].

Setiap objek memerlukan alamat Protokol Internet (IP) agar Internet of Things berfungsi. Item dapat disortir dari objek lain dalam lingkup jaringan yang sama menggunakan alamat IP-nya sebagai identitas dalam jaringan. Alamat IP objek selanjutnya akan ditautkan ke jaringan internet. Objek diberi alamat IP dan ditautkan ke internet sebelum ditambahkan sensor. Hal-hal ini dapat memperoleh informasi yang mereka butuhkan sesuai dengan sensor pada mereka. Setelah menerima informasi, objek tersebut dapat memprosesnya dan berpotensi melakukan komunikasi dengan objek lain yang juga memiliki alamat IP dan sedang online, menghasilkan pertukaran informasi selama komunikasi ini. Item tersebut dapat berfungsi secara independen saat pemrosesan informasi selesai, atau bahkan dapat mengarahkan hal lain untuk bekerja [25]. Arsitektur IoT

terdiri dari banyak jaringan dan sistem yang rumit serta keamanan yang sangat ketat. Kontrol otomatisasi dalam Internet of Things dapat berfungsi dengan baik dan dapat dimanfaatkan dalam jangka waktu yang lama jika ketiga tujuan tersebut terpenuhi. IoT sering menggunakan sejumlah komponen, termasuk mikrokontroler dan prosesor. ESP-32 atau ESP8266 adalah mikrokontroler populer dalam sistem IoT, dan Raspberry Pi adalah mikroprosesor populer dalam pengembangan IoT. [26].

B. *Internet of Multimedia Things*

Perangkat *Internet of Multimedia Things* (IoMT) berbeda dari perangkat IoT. Karakteristik IoMT adalah pengiriman data yang tepat waktu dan dapat diandalkan. Pengaplikasian IoMT pada beberapa ranah seperti kesehatan, *industry*, keamanan, monitoring rambu lalu lintas, *smart-home*, *smart-agriculture*, dan aplikasi *real-time* seperti youtube. IoMT membutuhkan memori yang lebih besar, daya komputasi yang lebih tinggi, dan lebih banyak memerlukan daya dengan bandwidth yang lebih tinggi untuk memproses data. Proses data pada IoT sedikit dibandingkan dengan IoMT begitupun dengan penyimpanan dan bandwidth [2].

Dalam IoMT pengiriman data multimedia harus dalam batasan *Quality of Service* (QoS) yang mewajibkan bandwidth yang lebih tinggi dan mekanisme komunikasi yang lebih efisien sehingga diperlukan manajemen dan optimalisasi berbagai jenis jaringan dengan menerapkan QoS. [27]

C. *Bangunan Pintar*

Bangunan pintar adalah bangunan yang menggunakan keempat komponen seperti bentuknya, sistem layanan, manajemen, dan hubungan di antaranya untuk menyediakan lingkungan kerja yang produktif dan efisien. Pendekatan berbeda digunakan saat membangun sistem untuk gedung pintar. Intinya, dokumen konstruksi berisi satu desain atau koordinat untuk semua desain bangunan sistem teknologi. Melalui penghapusan inefisiensi dalam proses desain dan konstruksi, waktu dan uang dapat dihemat [28] terpadu dan konsisten.

Tujuan dari teknologi berbasis Internet of Things yang dikenal dengan sebutan "*Smart Building*" adalah untuk mempermudah masyarakat dalam mengontrol perangkat elektronik dari jarak jauh melalui internet. Tanpa harus masuk ke dalam ruangan, teknologi ini memungkinkan pengguna untuk mengecek kondisi AC atau lampu, seperti suhu udara dan status on/off lampu (monitoring). Ide di balik bangunan pintar ini adalah memasang mikrokontroler ke sejumlah modul dan sensor. [29].

D. *YOLO Algorithm*

You Only Look Once disebut (YOLO) dibuat untuk menemukan objek dengan cepat. Metode deteksi memanfaatkan *localizer* atau *classifier* yang telah dimodifikasi untuk digunakan dalam deteksi. Untuk menemukan item dalam gambar, YOLO menggunakan metode jaringan saraf tiruan (ANN)[30]. Gambar dibagi menjadi beberapa bagian oleh jaringan ini, yang juga memperkirakan batas dan probabilitas setiap kotak. Kemudian, setiap prediksi yang diharapkan dibandingkan dengan kotak-kotak pembatas ini. YOLO memberikan sejumlah keunggulan dibandingkan sistem

berorientasi *classifier*, yang terlihat dari semua citra uji dengan prediksi berdasarkan citra secara keseluruhan. YOLO hanya menggunakan *pooling layer* dan *convolution layer*. [31].

Untuk membuat kotak pembatas dan prediksi kelas, YOLO menerima gambar masukan yang telah dibagi menjadi kisi-kisi berukuran SxS. Kotak pembatas B dan tingkat kepercayaan masing-masing kotak diprediksi untuk setiap sel kisi. Tingkat kepercayaan model bahwa objek di dalam kotak adalah objek yang diantisipasi ditunjukkan oleh skor kepercayaan. [32].

E. Object Detection Performance Metric

Metrik evaluasi deteksi digunakan untuk mengukur kinerja algoritma deteksi di area dan bidang yang berbeda. Dalam kasus Object Detection, metrik evaluasi yang digunakan mengukur seberapa dekat kotak pembatas yang terdeteksi dengan kotak pembatas groundtruth. Pengukuran ini dilakukan secara independen untuk masing-masing kelas objek, dengan menilai jumlah overlap area prediksi dan ground-truth. Contoh metrik dan evaluasi yang ada adalah *Precision*, *recall* serta Mean Average Precision (mAP). *Precision* adalah sebuah kemampuan dari model untuk mengidentifikasi hanya object yang relevan atau object yang dicari sehingga dapat dikatakan merupakan persentasi dari prediksi object yang benar. *Recall* adalah kemampuan dalam mencari semua kasus yang relevan sehingga dapat dikatakan merupakan persentase dari prediksi yang benar diantara seluruh ground truths yang ada[33].

mAP adalah metric yang digunakan untuk mengevaluasi object detection model terutama pada lokalisasi dan klasifikasi. Lokalisasi ini menentukan posisi object dengan menggunakan koordinat bounding box dan klasifikasi mengidentifikasinya[34][35].

III. METODOLOGI

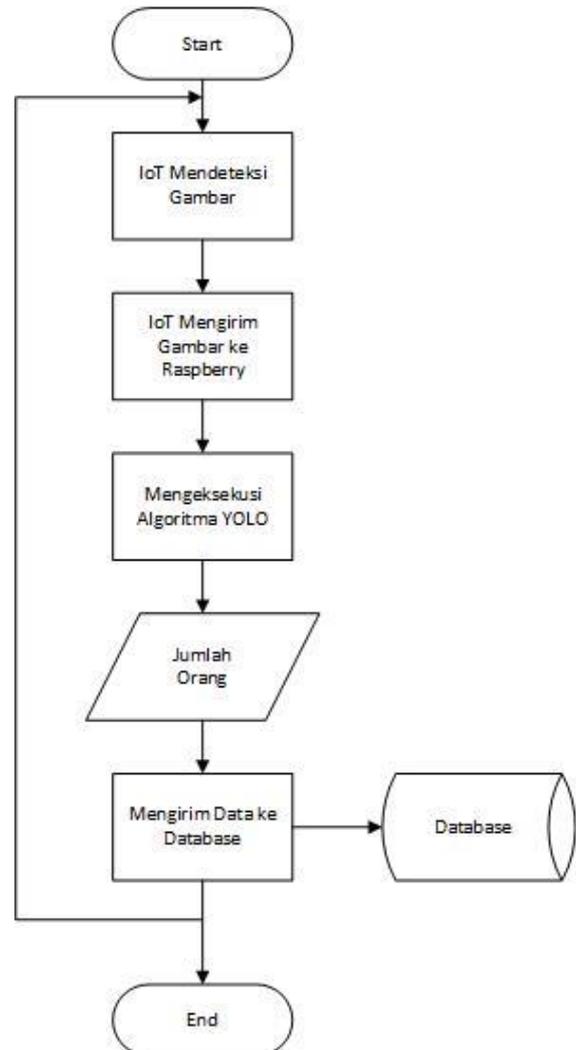
A. Algoritma YOLOv3

Pada penelitian ini menggunakan jenis algoritma YOLOv3. Algoritma YOLOv3 secara *default* merupakan hasil dari pelatihan menggunakan dataset COCO128 yang terdiri dari 128 gambar[36]. Kami melakukan pelatihan ulang terhadap algoritma YOLOv3 dengan menggunakan sebuah dataset ruangan kelas yang didapatkan dari Kaggle yang terdiri dari 1000 gambar pelatihan dan 500 gambar validasi. Berdasarkan dataset tersebut, akan diatur tingkat kecerahannya menjadi 5 kondisi diantaranya peningkatan kecerahan sebesar 50 % dan 75 %, penurunan kecerahan sebesar 50% dan 75 % serta tingkat kecerahan normal. Pada bagian ini akan menunjukkan hasil pelatihan dan tingkat keakurasian algoritma YOLOv3 yang dipakai di masing-masing kondisi kecerahan tersebut dalam melakukan pendeteksian orang dalam sebuah ruangan.

B. Implementasi Algoritma YOLOv3 pada Pendeteksian Jumlah Orang di Purwarupa Bangunan Pintar

Pada penelitian ini, diusulkan pengimplementasian algoritma YOLOv3 sebagai deteksi jumlah orang yang ada didalam suatu purwarupa bangunan pintar. Penelitian ini menggunakan sensor kamera ESP-32Cam yang terhubung dengan mikroprosesor Raspberry Pi yang berlaku sebagai *Access Point* dan *database*. ESP32-Cam terhubung ke

Access Point Raspberry Pi sebagai sensor kamera, Raspberry Pi menggunakan protocol HTTP. Algoritma YOLOv3 diterapkan pada Raspberry Pi menggunakan Bahasa Python. Pada Gambar 1 diperlihatkan alur dan proses dari system pendeteksian jumlah orang pada purwarupa Bangunan pintar.

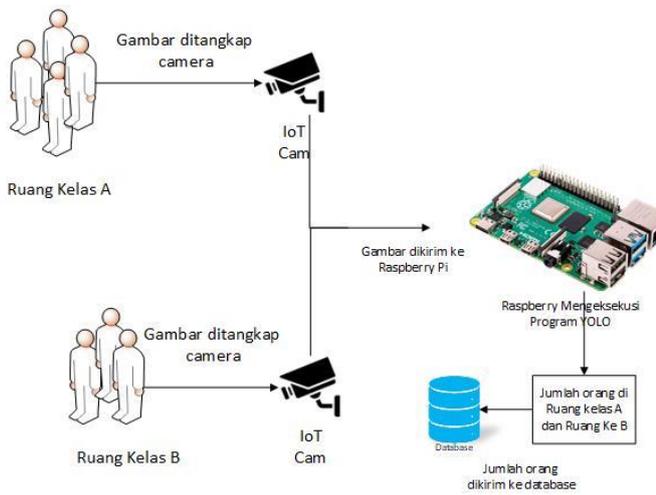


Gambar 1: Alur dan Proses Sistem Pendeteksian Jumlah Orang

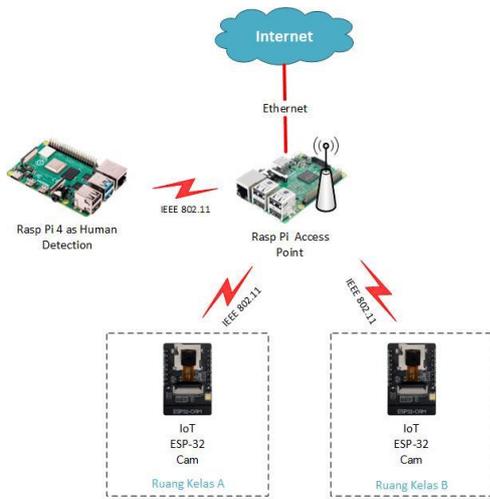
Berdasarkan Gambar 2 IoT dengan sensor kamera mendeteksi gambar pada masing masing ruangan, lalu gambar tersebut dikirim ke *database* untuk dideteksi menggunakan Algoritma YOLOv3.

Pada skema pengujian seperti pada Gambar 3. Pengujian dilakukan, akan menggunakan dua buah ESP32-cam sebagai sensor camera di dua buah ruangan. ESP32-cam akan terkoneksi WLAN ke Raspberry Pi yang menjadi *Access Point* seperti pada Gambar 4. yang merupakan topology perangkat yang digunakan.





Gambar 2: Skema Pengujian



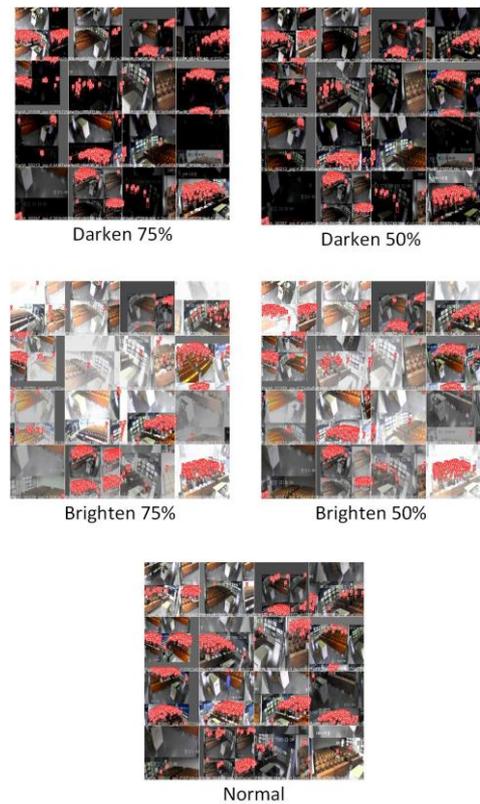
Gambar 3: Topologi jaringan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Pelatihan Algoritma YOLOv3

Pada tahap ini algoritma YOLOv3 melakukan proses pelatihan terhadap dataset yang telah memiliki 5 kondisi pencahayaan yang berbeda. Pada Gambar 4 diperlihatkan hasil dari pelatihan terhadap kelima dataset tersebut.

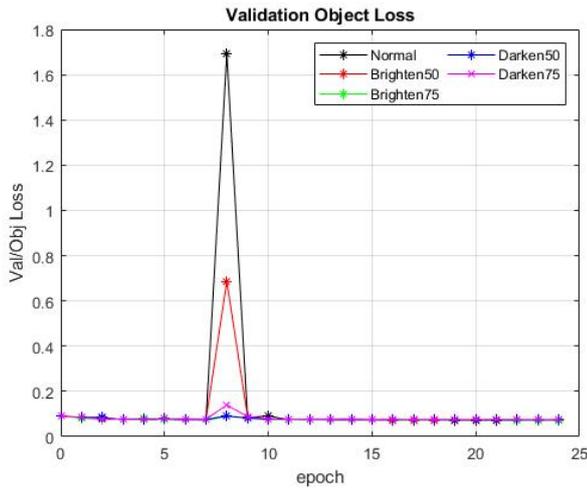
Berdasarkan hasil pelatihan tersebut dilanjutkan dengan proses validasi hasil dengan 500 gambar yang berbeda. Pada Gambar 5 ditampilkan hasil validasi data gambar yang dilakukan. Berdasarkan hasil validasi data, didapatkan beberapa *object loss* yang diperlihatkan pada grafik Gambar 6. Berdasarkan grafik tersebut didapatkan disetiap epoch atau putaran terdapat *object loss* namun pada putaran ke delapan terdapat *object loss* tertinggi sebesar 1.69 yang didapatkan pada dataset Normal dan pada dataset yang diturunkan tingkat pencahayaan 50% serta tingkat pencahayaan dinaikan 75% cenderung stabil dengan nilai dibawah 0.1



Gambar 4: Hasil Pelatihan Algoritma YOLOv3



Gambar 5: Hasil Validasi Data Algoritma YOLOv3

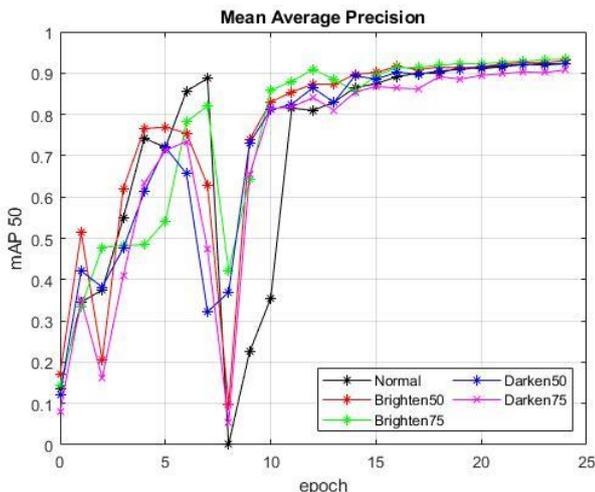


Gambar 6: Validation Object Loss

Berdasarkan pelatihan serta validasi data yang telah dilakukan pada Algoritma YOLO didapatkan nilai mAP untuk masing masing dataset yang ditampilkan pada grafik gambar 8. Diperlihatkan bahwa rata-rata tingkat presisi algoritma YOLOv3 pada putaran 0 sampai 10 mengalami ketidakstabilan dengan gap antar putaran yang cukup tinggi. Dimulai putaran ke-11 sampai ke-25 algoritma YOLO menunjukkan hasil kepresisian yang baik dimana mendapat hasil 0.8 sampai lebih dari 0.9 dengan rentang nilai maksimal adalah 1.

TABEL 1
 SUMMARY KINERJA ALGORITMA YOLOV3 PADA LIMA KONDISI PENCAHAYAAN

Summary			
Pencahayaan	mAP	Precision	recall
Darken75%	90.70%	92.36%	84.92%
Darken50%	92.00%	92.49%	87.52%
Normal	92.30%	92.34%	88.12%
Brighten50%	93.00%	92.83%	89.22%
Brighten75%	93.40%	94.17%	88.13%

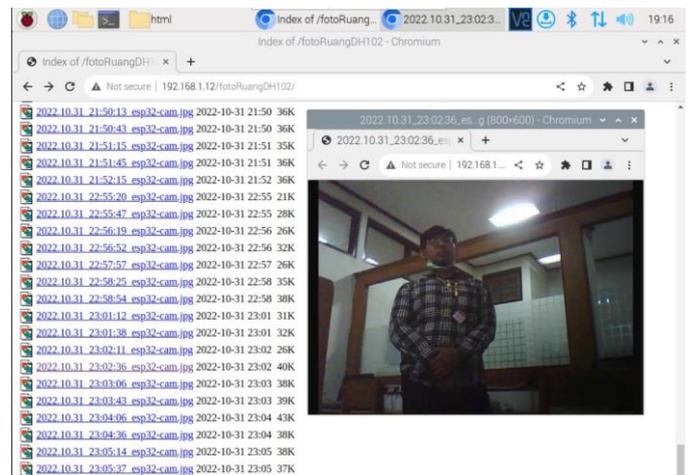


Gambar 7: Hasil mAP 50 Algoritma YOLOv3 pada lima kondisi kecerahan dataset

Pada Tabel 1 ditunjukkan rangkuman hasil kinerja YOLOv3 dengan kondisi 5 dataset. Diperlihatkan pada tingkat kecerahan yang rendah ke yang lebih tinggi, didapatkan tingkat mAP, presisi dan recall yang berbeda. Semakin tinggi kecerahan maka semakin tinggi nilai mAP, presisi dan recall yang didapatkan. Namun pada penelitian ini belum melakukan percobaan untuk menilai tingkat kemaksimalan pencapaian yang dapat ditoleransi oleh algoritma YOLOv3. Berdasarkan nilai-nilai tersebut dapat dikatakan jika Algoritma YOLOv3 yang dilatih pada dataset dengan kondisi pencahayaan yang redup maupun terang masih menunjukkan nilai yang baik.

B. Hasil Implementasi Algoritma YOLOv3 pada Pendeteksi Jumlah Orang di Purwarupa Bangunan Pintar

Pada bagian ini memperlihatkan hasil dari pengujian implementasi Algoritma YOLOv3 untuk mendeteksi jumlah orang pada sebuah purwarupa Bangunan pintar. Purwarupa bangunan pintar menggunakan Raspberry Pi sebagai mikrokontroler untuk kedua kelas. Data-data gambar ini dikirim oleh ESP-32 ke database LAMP Server yang dapat dilihat pada Gambar 8 Raspberry pi mengambil gambar dari database dan mendeteksi jumlah orang pada gambar tersebut. Salah satu contoh gambar yang dideteksi serta hasil pendeteksiannya ditunjukkan pada Gambar 9.

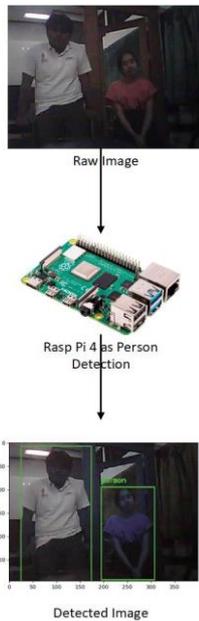


Gambar 8: hasil data gambar ESP-32cam

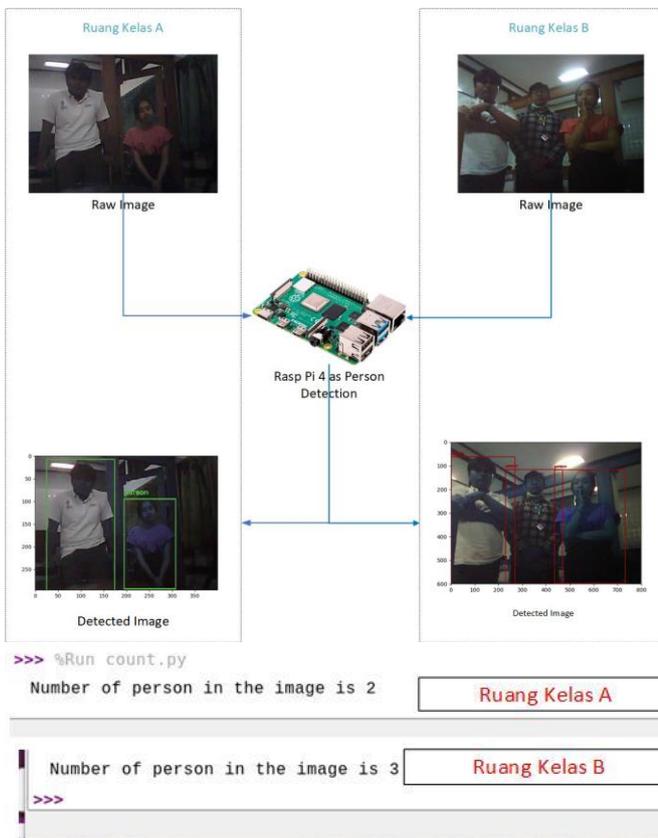
Diperlihatkan jika Algoritma YOLOv3 pada raspberry pi mengukur pixel gambar yang diambil, lalu mendeteksi obyek orang pada gambar. Obyek orang yang telah dideteksi diberi bounding box dan ditampilkan class "person" di atasnya.

Pada masing-masing ruangan pada purwarupa bangunan pintar dilakukan pengujian jumlah orang yang berbeda. Pada Gambar 10 diperlihatkan pada ruangan A dilakukan pendeteksian gambar yang berisi 2 orang dan pada ruangan B dilakukan pendeteksian gambar yang berisi 3 orang. Pada raspberry pi yang berisi algoritma YOLOv3 dilihat telah dapat mendeteksi jumlah orang untuk masing masing ruangan pada purwarupa bangunan pintar.





Gambar 9: Contoh Hasil Pengujian YOLOv3



Gambar 10: Hasil Pengeksekusian YOLOv3 pada Ruangan Purwarupa Bangunan Pintar

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan pengujian yang didapatkan pada purwarupa bangunan pintar yang ada. Raspberry Pi mengupload data hasil pendeteksian jumlah orang pada *database* seperti pada Gambar 11.

The screenshot shows the phpMyAdmin interface with a table containing the following data:

id	sensor	location	JumlahOrang	reading_time
27	ESP-32CAM	DH101	5	2022-10-28 21:48:26
28	ESP-32CAM	DH101	5	2022-10-28 21:47:28
29	ESP-32CAM	DH101	5	2022-10-28 21:48:29
30	ESP-32CAM	DH101	5	2022-10-28 21:49:29
31	ESP-32CAM	DH101	5	2022-10-28 21:50:30
32	ESP-32CAM	DH101	5	2022-10-28 21:51:31
33	ESP-32CAM	DH101	5	2022-10-28 21:52:32
34	ESP-32CAM	DH101	5	2022-10-28 21:53:32
35	ESP-32CAM	DH101	5	2022-10-28 21:54:33
36	ESP-32CAM	DH101	5	2022-10-28 21:55:34
37	ESP-32CAM	DH101	5	2022-10-28 21:56:34
38	ESP-32CAM	DH101	2	2022-11-27 15:14:15
39	ESP-32CAM	DH101	1	2022-11-27 15:27:21
40	ESP-32CAM	DH101	1	2022-11-27 15:36:53
41	ESP-32CAM	DH101	0	2022-11-27 15:33:16

(a)

The screenshot shows the phpMyAdmin interface with a table containing the following data:

id	sensor	location	JumlahOrang	reading_time
1	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-27 20:02:28
2	ESP-32CAM	DH102	1	2022-10-27 22:07:44
3	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-27 22:33:28
4	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-28 21:43:22
5	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-28 21:44:34
6	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-28 21:45:25
7	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-28 21:46:27
8	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-28 21:47:28
9	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-28 21:48:29
10	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-28 21:49:30
11	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-28 21:50:31
12	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-28 21:51:32
13	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-28 21:52:33
14	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-28 21:53:34
15	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-28 21:54:35
16	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-28 21:55:36
17	ESP-32CAM	DH102	5	2022-10-28 21:56:37
18	ESP-32CAM	DH102	1	2022-11-27 15:14:38
19	ESP-32CAM	DH102	3	2022-11-27 15:27:40
20	ESP-32CAM	DH102	1	2022-11-27 15:31:05
21	ESP-32CAM	DH102	0	2022-11-27 15:33:32

(b)

Gambar 11: Data Hasil Pengujian pada Database

Algoritma YOLOv3 yang sebelumnya dilatih dengan 5 kondisi pencahayaan berbeda telah dapat dengan baik untuk mendeteksi orang serta jumlahnya. Pada penelitian ini belum melakukan evaluasi kinerja maksimal Algoritma YOLOv3 yang diterapkan karena belum melakukan implementasi pada kondisi sebenarnya saat ruangan ramai oleh orang-orang. Oleh karena itu sistem ini perlu dilanjutkan untuk mengetahui unjuk kerja maksimal Algoritma YOLOv3 yang ada di sebuah gedung secara langsung.

V. KESIMPULAN

Metode penggunaan Algoritma YOLOv3 telah berhasil dengan tingkat kepresisian yang baik dimana pada lima kondisi pencahayaan yang diatur pada pencahayaan yang lebih tinggi, tingkat mAP lebih meningkat dan pada pencahayaan yang lebih redup, tingkat mAP lebih rendah. Pada kondisi diredupkan 75% mendapatkan nilai mAP 90,7% pada kondisi diredupkan 50% mendapat nilai 92.0% pada kondisi normal mendapat nilai 92.3% pada kondisi diterangkan 50% mendapat nilai 93.0% dan pada kondisi diterangkan 75% mendapat nilai 93.40%.

Pengimplementasian Algoritma YOLOv3 pada purwarupa bangunan pintar telah berhasil diterapkan dalam mendeteksi jumlah orang pada gambar yang ditangkap oleh ESP-32cam di masing-masing ruangan. Pada penelitian selanjutnya akan mengimplementasikan mekanisme pendeteksian orang pada sistem bangunan pintar yang sebenarnya sehingga dapat mengevaluasi unjuk kerja Algoritma YOLOv3 yang telah dilatih di berbagai kondisi ruangan dengan maksimal.

REFERENSI

- [1] D. Mourtzis, J. Angelopoulos, and N. Panopoulos, "A Literature Review of the Challenges and Opportunities of the Transition from Industry 4.0 to Society 5.0," 2022.
- [2] Y. Bin Zikria, M. Khalil Afzal, and S. Won Kim, "Internet of multimedia things (Iomt): Opportunities, challenges and solutions," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 8, 2020, doi: 10.3390/s20082334.
- [3] S. Baith, N. Yadav, A. Ganvir, and P. R. Dandekar, "Wireless Multimedia Sensor Network," *Int. J. Mob. Comput. Appl.*, vol. 5, no. 1, pp. 9–13, 2018, doi: 10.14445/23939141/ijmca-v5i1p102.
- [4] S. Wendzel, J. Tonejc, J. Kaur, and A. Kobekova, "Cyber Security of Smart Buildings 16. 1 What Is a Smart Building?," 2018.
- [5] D. S. Vijayan, A. L. Rose, S. Arvindan, J. Revathy, and C. Amuthadevi, "Automation systems in smart buildings: a review," *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, no. 0123456789, 2020, doi: 10.1007/s12652-020-02666-9.
- [6] Z. Belafi, T. Hong, and A. Reith, "Smart building management vs. intuitive human control—Lessons learnt from an office building in Hungary," *Build. Simul.*, vol. 10, no. 6, pp. 811–828, 2017, doi: 10.1007/s12273-017-0361-4.
- [7] Y. Cardinale, E. Blanco, and U. Sim, "Occupant Activity Detection in Smart Buildings : A Review."
- [8] P. Oš, D. Huczala, J. Bém, and V. Krys, "applied sciences Smart Building Surveillance System as Shared Sensory System for Localization of AGVs," pp. 1–13, 2020, doi: 10.3390/app10238452.
- [9] T. Informatika and U. M. Ponorogo, "PERANCANGAN SISTEM MONITORING DAN."
- [10] H. Heikura, "Energy Saving of Central Air-Conditioning and Control System Caseb Study : Nanchang Hongkelong Supermarket."
- [11] N. K. Sabat, "An IoT Concept for Region Based Human Detection Using PIR Sensors and FRED Cloud," *2019 IEEE 1st Int. Conf. Energy, Syst. Inf. Process.*, pp. 1–4, 2019.
- [12] C. Wang, "Smart Cameras," no. April, 2020.
- [13] H. Hammam, A. Asyhar, S. A. Wibowo, and G. Budiman, "IMPLEMENTASI DAN ANALISIS PERFORMANSI METODE YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO) SEBAGAI SENSOR PORNOGRAFI PADA VIDEO IMPLEMENTATION AND PERFORMANCE ANALYSIS OF YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO) METHOD AS PORN CENSORSHIP IN VIDEO," vol. 7, no. 2, pp. 3631–3638, 2020.
- [14] C. Gde, I. Raditya, P. Adhitya, S. Dharma, and K. A. Widyatmika, "Pendeteksi Penggunaan Masker Wajah dengan ESP32 Cam Menggunakan OpenCV dan TensorFlow," vol. 21, no. 2, pp. 155–160, 2022.
- [15] C. Wang, A. Bochkovskiy, and H. M. Liao, "detectors," pp. 1–15.
- [16] P. Wu, H. Li, N. Zeng, and F. Li, "FMD-Yolo: An efficient face mask detection method for COVID-19 prevention and control in public," *Image Vis. Comput.*, vol. 117, p. 104341, 2022, doi: 10.1016/j.imavis.2021.104341.
- [17] A. Kumar, A. Kalia, and A. Kalia, "ETL-YOLO v4: A face mask detection algorithm in era of COVID-19 pandemic," *Optik (Stuttg.)*, vol. 259, no. December 2021, p. 169051, 2022, doi: 10.1016/j.ijleo.2022.169051.
- [18] L. Tang, T. Xie, Y. Yang, and H. Wang, "applied sciences Classroom Behavior Detection Based on Improved YOLOv5 Algorithm Combining Multi-Scale Feature Fusion and Attention Mechanism," 2022.
- [19] S. J. Ji, Q. H. Ling, and F. Han, "An improved algorithm for small object detection based on YOLO v4 and multi-scale contextual information," *Comput. Electr. Eng.*, vol. 105, no. November 2022, p. 108490, 2023, doi: 10.1016/j.compeleceng.2022.108490.
- [20] M. Ucar, "Face Mask Detection Using YOLOv4 Face Mask Detection Using YOLOv4 YOLOv4 ile Yüz Maskesi Algılama," no. August, 2021.
- [21] C. Anirudh, "ScienceDirect ScienceDirect Deep Learning Based Automated Attendance System Deep Learning Based Automated Attendance System," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 165, no. 2019, pp. 307–313, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.01.045.
- [22] Z. Fachmi, M. Sudarma, and L. Jasa, "Sistem Monitoring Kehadiran Perkuliahan Menggunakan Face Detection Dengan Algoritma Viola Jones," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 18, no. 1, p. 119, 2019, doi: 10.24843/mite.2019.v18i01.p18.
- [23] R. A. Mouha, "Internet of Things (IoT)," pp. 77–101, 2021, doi: 10.4236/jdaip.2021.92006.
- [24] Y. Yudhanto and A. Azis, *Pengantar Teknologi Internet of Things*. Surakarta: UNS Press, 2019.
- [25] Wilianto and A. Kurniawan, "Sejarah , Cara Kerja Dan Manfaat Internet of Things," *Matrix*, vol. 8, no. 2, pp. 36–41, 2018.
- [26] I. P. Sudharma Yoga, G. Sukadarmika, and . L., "Dynamic Bandwidth Allocation for Internet of Things System Using Elastic Wireless Local Area Network," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 17, no. 3, pp. 162–167, 2021, doi: 10.17529/jre.v17i3.21087.
- [27] B. Kerhervé, A. Pons, G. v Bochmann, and A. Hafid, "Metadata modeling for quality of service management in distributed multimedia systems," *1st IEEE Metadata Conf.*, no. May 2014, 1996.
- [28] D. B. Mustakima, A. Faslih, and A. Al Ikshan, "Penerapan Konsep Smart Building Pada Basement," *J. Mhs. Jur. Arsit.*, vol. 4, no. 2, pp. 174–184, 2019.
- [29] E. Indra, M. I. Fahmi, D. R. H. Sitompul, and ..., "Desain Prototype Smart Building Menggunakan Internet of Things dengan Protokol MQTT," *J.*, vol. 5, no. April, pp. 7–10, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.unprimdn.ac.id/index.php/JUTIKOMP/article/view/2595%0Ahttp://jurnal.unprimdn.ac.id/index.php/JUTIKOMP/article/download/2595/1643>.
- [30] T. Ahmad, Y. Ma, M. Yahya, B. Ahmad, S. Nazir, and A. Haq, "Object Detection through Modified YOLO Neural Network," vol. 2020, 2020.
- [31] C. Geraldly and C. Lubis, "Pendeteksian Dan Pengenalan Jenis Mobil Menggunakan Algoritma You Only Look Once Dan Convolutional Neural Network," *J. Ilmu Komput. dan Sist. Inf.*, vol. 8, no. 2, p. 197, 2020, doi: 10.24912/jiksi.v8i2.11495.
- [32] C. N. Liunanda, S. Rostianingsih, and A. N. Purbowo, "Implementasi Algoritma YOLO pada Aplikasi Pendeteksi Senjata Tajam di Android," *J. Infra*, vol. Vol 8, No., pp. 1–7, 2020.
- [33] R. Padilla, W. L. Passos, S. L. Netto, and E. A. B. Silva, "A Comparative Analysis of Object Detection Metrics with a Companion Open-Source Toolkit," 2021.
- [34] "Mean Average Precision (mAP) Explained: Everything You Need to Know." <https://www.v7labs.com/blog/mean-average-precision#h1> (accessed Jan. 06, 2023).
- [35] "Mean Average Precision (mAP): Definition, Metrics, and Applications in Computer Vision." <https://labelyourdata.com/articles/mean-average-precision-map> (accessed Jan. 06, 2023).
- [36] J. Redmon, "YOLOv3: An Incremental Improvement."



[HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN]