

Sistem Pemantauan Posisi Bayi Menggunakan *Internet of Things*

Aldrivo Muhamad Supit Enoch
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
aldrivo@student.telkomuniversity.ac.id

Dien Rahmawati
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
dienrahmawati@telkomuniversity.ac.id

Wahmisari Priharti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
wpriharti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Menjaga bayi merupakan salah satu tugas wajib orang tua agar bayi aman dan nyaman. Pesatnya perkembangan teknologi pada zaman sekarang memungkinkan pengimplementasian untuk menjawab permasalahan bagi orang tua yang tidak dapat menjaga bayinya secara langsung terus menerus. Pada penelitian ini penulis merancang suatu sistem yang dapat membantu para orang tua untuk menjaga bayi mereka agar terpantau dan terjaga. Sistem pemantauan bayi merupakan suatu sistem yang menggunakan *object detection* untuk mendeteksi pergerakan sang bayi ditambah adanya klasifikasi posisi bayi (tidur, tengkurap, miring kanan atau kiri, dan Ketika bayi tertutupi sesuatu) dengan Teknik YOLO serta system dapat memberkan informasi ke ponsel pengguna dengan menggunakan metode *internet of things*. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat alat sistem pemantauan posisi bayi menggunakan *internet of things* agar dapat membantu para orang tua untuk menjaga bayinya. System ini dapat memantau posisi bayi dengan akurasi terendah 80% dan tertinggi 100% dengan menggunakan model deteksi objek *TinyYOLOv3*. Hasil pengujian system ini dapat mendeteksi posisi bayi sesuai *class* (*sleeping, side-sleeping, obstacle, dan on his stomach*) dan hasil keluaran deteksi tersimpan di *Firebase* sehingga deteksi dapat terhubung ke ponsel pengguna sebagai notifikasi. Hasil akurasi terbaik terdapat di resolusi 416x416 dan hasil FPS terbaik berada di 2.1 FPS di resolusi 96x96.

Kata kunci— Sistem pemantauan bayi, *object detection*, *internet of things*, machine learning, yolo, firebase.

I. PENDAHULUAN

Sudden Infant Death Syndrome (SIDS) adalah bagian dari kematian bayi mendadak dan tak terduga atau disebut juga *Sudden Unexpected Infant Syndrome* (SUID) [4]. Kematian bayi yang mendadak biasanya terjadi pada bayi berumur kurang dari 1 (satu) tahun dan berhubungan dengan posisi tidur yang dapat menyebabkan kematian mendadak. Maka dari itu para orang tua menidurkan bayinya ditempat tidur bayi (*crib*) akan tetapi masalah lainnya muncul yaitu orang tua atau penjaga tidak mengetahui kondisi sang bayi jika ditinggalkan tidur sendirian di *crib*.

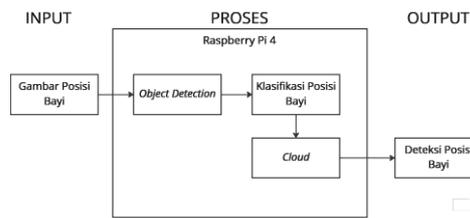
Bayi yang berumur kurang dari 1 (satu) tahun cenderung memiliki risiko kematian mendadak sekitar 95% kematian SIDS terjadi pada 6 (enam) bulan pertama kehidupan, dengan insiden puncak pada bayi berusia antara 2 (dua) hingga 4 (bulan) bulan [5]. Posisi tidur merupakan factor risiko terbesar yang dapat dimodifikasi oleh orang tua. Menurut Moon (2018) kejadian SIDS akan meningkat 1,7%-12,9% jika bayi ditidurkan tengkurap atau miring karena tidur tengkurap dapat menyebabkan sumbatan jalan napas bagian atas yang memungkinkan bayi untuk bernapas Kembali udara yang telah dihembuskan saat tidur [6]. Oleh karena itu orang tua takut untuk meninggalkan bayi sendirian saat tidur. Maka dari itu alat pemantauan bayi akan sangat berguna bagi para orang tua atau penjaga untuk menangani masalah ini.

Dalam penelitian ini, peneliti telah merancang sistem pemantauan posisi bayi menggunakan *internet of things*. Sistem pemantauan posisi bayi terdiri dari Raspberry Pi yang digunakan sebagai mikrokomputer untuk mengolah data-data sistem pemantauan posisi bayi lalu terdapat *webcam* untuk menangkap video bayi secara *real-time*. Metode *object detection* digunakan untuk mendeteksi adanya bayi dan dengan metode *You Only Look Once v3* (*YOLOv3 Tiny*) sistem dapat mengklasifikasikan posisi bayi (tengkurap, terlentang, duduk, dan ketika bayi tertutupi sesuatu).

Penelitian sebelumnya “*YOLOv3 Tiny Object Detection and Recognition using one stage improved model*” menunjukkan bahwa *YOLOv3 Tiny* merupakan jaringan (*network*) yang lebih ringan dari keluarga YOLO (*YOLOv1, YOLOv1 Tiny, YOLOv2, YOLOv2 Tiny, dan YOLOv3*) [7]. Oleh karena itu jaringan *YOLOv3 Tiny* digunakan untuk sistem deteksi objek pada penelitian yang penulis buat. Mengingat Raspberry Pi 4 merupakan ARM based atau hanya menggunakan *processor* saja untuk menjalankan model deteksi objek *YOLOv3 Tiny*.

II. KAJIAN TEORI

A. Desain Konsep



Gambar 1 Desain Konsep

Pada Gambar 1 dapat dijelaskan bahwa webcam mengambil input gambar posisi bayi yang selanjutnya akan di proses di Raspberry Pi 4 dengan menggunakan object detection, metode You Only Look Once (YOLO). Pada sistem ini posisi bayi di klasifikasikan menjadi beberapa class seperti sleeping, side-sleeping, obstacle, dan on his stomach. Hasil klasifikasi tersebut akan disimpan di cloud (Firebase) sehingga hasil klasifikasi dapat terkirim ke ponsel orang tua atau penjaga bayi.

B. Penelitian Sebelumnya

TABEL 1 Penelitian Sebelumnya

Judul	Fungsi dan Fitur	Perangkat Keras
<i>Intelligent baby behavior monitoring using embedded vision in IoT for smart healthcare centers</i> [2].	Menerapkan tren internet of things dengan memperkenalkan kerangka baru yang bekerja di rumah pintar, pusat kesehatan, dan pembibitan untuk memantau dan melaporkan status pernapasan dari bayi.	Raspberry Pi, Pi Kamera, dan monitor.
<i>Design and Development of Smart Baby Monitoring System based on Raspberry Pi and Pi Camera</i> [3].	Sejenis alarm yang dapat mendeteksi gerakan dan aktivitas bayi dan dapat menyampaikan pesan tentang kondisi bayi kepada orang tua atau orang-orang terkait melalui layar monitor dan ponsel.	Condenser mic, PIR sensor, pi kamera, raspberry pi, buzzer, dan layar monitor.
<i>Baby Monitoring System using Image</i>	Sistem menggunakan Pi kamera untuk menangkap	Raspberry Pi, Pi kamera, Condenser

<i>Processing and IoT</i> [1].	video bayi lalu image processing untuk mendeteksi gerakan bayi. Kondensor mic digunakan untuk mendeteksi bayi menangis. Sistem juga menggunakan internet of things (IoT).	mic, monitor.
--------------------------------	---	---------------

Pada Tabel 1 merupakan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian tersebut dapat mendukung penelitian kali ini untuk merancang dan meningkatkan kinerja alat yang dibuat. Berikut adalah hasil-hasil penelitian sebelumnya:

1. *Intelligent baby behavior monitoring using embedded vision in IoT for smart healthcare centers* [2].

Menggunakan motion detection untuk memantau bayi dan dapat mengirimkan alert perilaku abnormal ke IoT. Jika terdapat pergerakan yang abnormal maka sistem akan memberi informasi orang terkait melalui internet of things.

2. *Design and Development of Smart Baby Monitoring System based on Raspberry Pi and Pi Camera* [3].

Penelitian ini merancang alat pemantauan bayi dengan menggunakan sensor PIR untuk mendeteksi gerak bayi dan condenser mic untuk mendeteksi bayi menangis.

3. *Baby Monitoring System using Image Processing and IoT* [1].

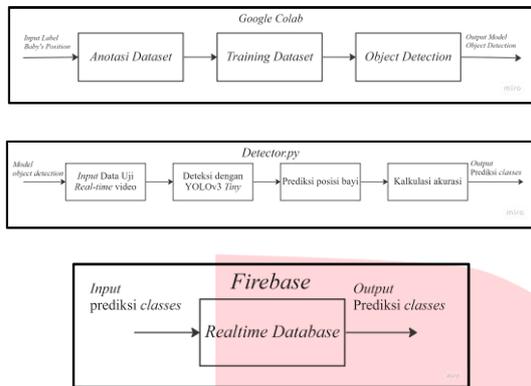
Penelitian ini merancang sistem pemantauan bayi menggunakan image processing dan Internet of Things (IoT). Sistem dapat mendeteksi gerakan dan menggunakan boundary detection untuk mendeteksi jika bayi berada di ujung tempat tidur dan dapat mengirim email ke orang tua.

III. METODE

Pada penelitian tugas akhir penulis mendesain sistem pemantauan bayi dengan object detection berbasis Raspberry Pi 4. Cara kerja dari sistem ini adalah webcam mengambil gambar atau video pada bayi yang sedang tertidur secara real-time. Setelah itu di dalam modul Raspberry Pi akan ada deteksi objek yang nantinya sistem dapat mendeteksi posisi bayi. Sistem juga akan mengumpulkan data gambar-gambar posisi bayi (tidur, tengkurap, miring kanan atau kiri, dan bayi tertutupi sesuatu) menggunakan metode You Only Look Once (YOLO) agar sistem dapat mengklasifikasikan posisi bayi (tidur, tengkurap, miring kanan atau kiri, dan ketika bayi tertutupi sesuatu). Setelah Raspberry Pi sudah diberikan data untuk dapat mendeteksi dan mengklasifikasikan posisi bayi maka Raspberry Pi akan mengirim informasi

tersebut ke monitor atau ponsel pengguna. Agar Raspberry Pi dan ponsel saling terhubung dibutuhkan internet sebagai penghubung antara Raspberry Pi dan ponsel.

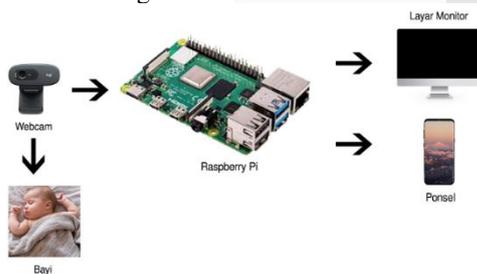
A. Diagram Blok



GAMBAR 2 Diagram Blok

Pada Gambar 2 merupakan alur kerja sistem tugas akhir berupa gambar posisi bayi (tengkurap, tidur, miring kiri atau kanan, dan tertutupi selimut) lalu gambar perlu di anotasi sesuai *classes* (*sleeping, side-sleeping, on his stomach, dan obstacle*). Berikutnya hasil *anotasi dataset* di *training* di google colab agar model belajar dari *anotasi dataset* tersebut dan dapat menjalankan deteksi objek sesuai *classes*. Setelah hasil model objek deteksi dibuat, model tersebut dimasukkan kedalam *detector.py* sebagai koding deteksi objek di Raspberry Pi 4 yang nantinya diberikan *input* video *real-time* bayi, alat dapat memprediksi posisi bayi dan dapat mengkalkulasi akurasi. Hasil keluaran (*output*) dari *detector.py* menjadi masukan (*input*) dari proses di *Firebase*, *input* tersebut akan dikirim ke *realtime database*.

B. Desain Perangkat Keras

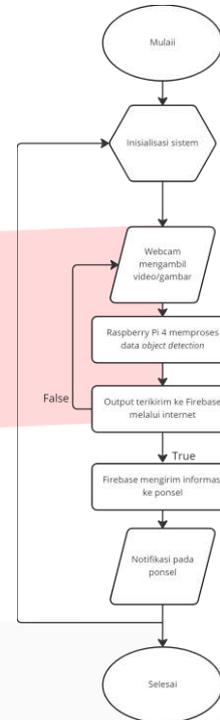


GAMBAR 3 Desain Perangkat Keras

Gambar 3 adalah gambaran alat pemantauan bayi terkoneksi. Raspberry Pi 4 sudah terkoneksi dengan *webcam*, layar monitor, dan ponsel. Raspberry Pi 4 dan perangkat seluler sudah terhubung dengan internet (*wifi*). Pada perangkat *webcam* diletakkan diatas tempat tidur bayi agar dapat mendeteksi bayi. Layar monitor yang sudah terkoneksi dengan Raspberry Pi 4 melalui *port* HDMI digunakan untuk menampilkan

informasi yang ada di Raspberry Pi sedangkan *webcam* juga sudah terkoneksi dengan Raspberry Pi 4 melalui salah satu *port* USB yang ada di Raspberry Pi 4.

C. FLOWCHART



GAMBAR 4 Flowchart

Pada Gambar 4 sistem akan menginisialisasi dan *webcam* langsung akan menangkap video atau gambar yang nantinya akan dijadikan nilai *input*, lalu Raspberry Pi 4 akan memproses dengan menggunakan metode *You Only Look Once v3 Tiny* (YOLOv3 Tiny). Jika sistem tidak mendeteksi pergerakan maka akan terjadi *looping* dimana seterusnya *webcam* akan menangkap video atau gambar. Setelah itu jika Raspberry Pi 4 sudah mendeteksi posisi bayi (*Sleeping, side-sleeping, obstacle, dan on his stomach*) informasi tersebut akan dikirimkan ke *Firebase* dan menjadi data *output* berupa notifikasi pada ponsel.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Dataset

TABEL 2 Dataset

	Posisi	Banyak Gambar	Classes
	Tidur	25	<i>Sleeping</i>
	Tidur dengan selimut	25	<i>Sleeping</i>

	Tengkurap	50	<i>On his stomach</i>
	Tidur tertutupi selimut	50	<i>Obstacle</i>
	Menyamping kiri	25	<i>Side-sleeping</i>
	Menyamping kanan	25	<i>Side-sleeping</i>

Pada **Tabel 2** merupakan sampel gambar dengan resolusi sesuai dengan *input frame* model YOLO yaitu 416x416 dan 96x96 yang akan digunakan untuk data *training*. Terdapat berbagai posisi bayi (tidur, tidur menggunakan selimut, tengkurap, tidur tertutupi selimut, menyamping kiri dan menyamping kanan) yang berjumlah 200 total gambar, pengambilan gambar diambil dengan menggunakan *webcam* dengan berbagai *angle* dan jarak yang berbeda agar mendapatkan akurasi yang baik dan terdapat kategori *classes* yang berjumlah 4 *classes* (*sleeping*, *on his stomach*, *obstacle*, dan *side-sleeping*).

B. Anotasi Dataset



GAMBAR 5
Labelling

Pada Gambar 5 *Labelling* gambar dibutuhkan untuk mengidentifikasi data mentah dari gambar yang sudah terkumpul, dengan menambahkan label yang sesuai klasifikasi hal ini untuk memberikan konteks sehingga komputer dapat belajar dari *Labelling* ini. Setiap masing-masing posisi bayi (tidur, tidur menggunakan selimut, tengkurap, tidur tertutupi selimut, menyamping kiri dan menyamping kanan) telah dimasukkan kedalam *classes* yang sesuai bisa dilihat pada **Tabel 2**.

C. Hasil Anotasi dan Pembagian *training-test set*

1	4	0.5356	0.5637	0.0154	0.0274
2	2	0.3187	0.5743	0.0154	0.0262

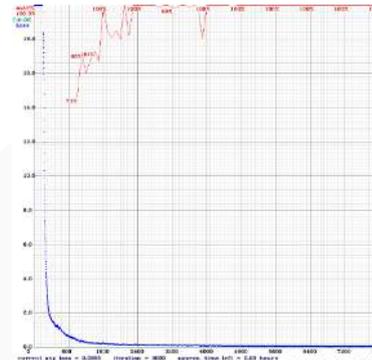
GAMBAR 6
Hasil anotasi yang berbentuk *txt file*

TABEL 3
Pembagian *train-test*

Jumlah berbagai objek	<i>Training set</i>	<i>Test set</i>
<i>Sleeping</i>	45	5
<i>Obstacle</i>	45	5
<i>On his stomach</i>	45	5
<i>Side-sleeping</i>	45	5
Total objek	180	20

Pada **Gambar 6** merupakan hasil dari anotasi dataset yang berbentuk *txt file*. Setiap gambar harus memiliki *txt file* dengan nama yang sama dengan file gambar. Setelah itu dibutuhkan pembagian *training-test* yang berbentuk *txt file* juga seperti pada **Tabel 3**, file ini akan digunakan untuk data *training*.

D. Hasil Training



GAMBAR 7
Grafik mAP

Gambar 7 grafik *training* terlihat mAP (*mean average precision*) terlihat pada grafik berwarna merah yang menunjukkan adanya perubahan di setiap *batches*, terlihat pada *batches* awal hingga masuk ke 1600 *batches* nilai mAP mengalami kenaikan dan tidak ada perubahan yang signifikan setelahnya. Semakin mAP lebih besar maka hasil akurasi deteksi boneka bayi akan semakin bagus. Jika tidak ada perubahan yang signifikan pada grafik berwarna biru maka *training* dapat di berhentikan dan pilih hasil *training* tersebut sebagai *final result (weight)*.

```

detections_count = 21, unique_truth_count = 20
class_id = 0, name = Sleeping, ap = 100.00% (TP = 4, FP = 0)
class_id = 1, name = On his stomach, ap = 100.00% (TP = 5, FP = 1)
class_id = 2, name = Obstacle, ap = 100.00% (TP = 5, FP = 0)
class_id = 3, name = Side-sleeping, ap = 100.00% (TP = 5, FP = 0)

for conf_thresh = 0.25, TP = 19, FP = 1, FN = 1, average IoU = 78.87 %
IoU threshold = 50 %, used Area-Under-Curve for each unique Recall
    
```

Gambar 8
Confusion Matrix

Gambar diatas merupakan confusion matrix hasil *training* menggunakan model TinyYOLOv3. Dibawah ini merupakan perhitungan confusion matrix:

1. Precision = $\frac{TP}{TP+FP} = \frac{19}{19+1} = 0.95$
2. Recall = $\frac{TP}{TP+FN} = \frac{19}{19+1} = 0.95$
3. F1 Score = $2 \left(\frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \right) = 2 \left(\frac{0.95 \times 0.95}{0.95 + 0.95} \right) = 0.95$

E. Pengujian *real-time* pada resolusi 416x416

TABEL 4
Hasil pengujian posisi tidur pada *class sleeping*

Posisi (Class)	Tidur (Sleeping)				
Tinggi (cm)	60	70	80	90	100
FPS	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Threshold	0.99-1	0.99-1	0.99-1	0.99-1	0.99-1
Posisi (Class)	Tidur dengan selimut (Sleeping)				
Tinggi (cm)	60	70	80	90	100
FPS	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Threshold	0.91-0.96	0.91-0.96	0.91-0.96	0.91-0.96	0.84-0.90

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4 posisi bayi sedang tidur (*class sleeping*), pada resolusi 416x416 FPS yang didapat sangat rendah yaitu 0.2 FPS tetapi threshold yang didapat dari ketinggian 60 cm – 100 cm sangat tinggi. Pada jarak 100 cm di *class sleeping* threshold mengalami penurunan menjadi 0.84-0.90.

Tabel 5 Hasil pengujian posisi tidur menyamping kanan atau kiri pada *class side-sleeping*

Posisi (Class)	Tidur menyamping kiri (Side-sleeping)				
Tinggi (cm)	60	70	80	90	100
FPS	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Threshold	0.91-0.96	0.91-0.96	0.96-0.99	0.96-0.99	0.94-0.96
Posisi (Class)	Tidur menyamping kanan (Side-sleeping)				
Tinggi (cm)	60	70	80	90	100
FPS	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Threshold	0.91-0.96	0.91-0.96	0.96-0.99	0.96-0.99	0.94-0.96

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5 posisi bayi menyamping kiri dan menyamping kanan (*class side-sleeping*) terlihat pada resolusi 416x416, FPS yang didapat sangat rendah yaitu 0.2 FPS tetapi threshold yang didapat pada ketinggian 60 cm – 100 cm sangat tinggi. Jarak yang terbaik pada ketinggian 80 cm – 90 cm.

TABEL 6
Hasil pengujian posisi tengkurap pada *class on his stomach*

Posisi (Class)	Tinggi webcam (cm)	FPS	Threshold
Tengkurap (On his stomach)	60	0.2	0.97 – 0.99
	70	0.2	0.96 – 1
	80	0.2	0.99 – 1
	90	0.2	0.99 – 1
	100	0.2	0.99 – 1

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 6 posisi bayi tengkurap (*class on his stomach*) terlihat. Pada resolusi 416x416, FPS yang didapat sangat rendah adalah 0.2 FPS tetapi threshold yang didapat pada ketinggian 60 cm – 100 cm sangat tinggi.

TABEL 7
Hasil pengujian posisi tidur tertutupi selimut pada *class obstacle*

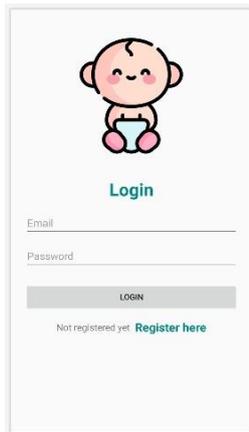
Posisi (Class)	Tinggi webcam (cm)	FPS	Threshold (Rendah-tinggi)
Tidur tertutupi selimut (Obstacle)	60	0.2	0.80 – 0.88
	70	0.2	0.80 – 0.91
	80	0.2	0.80 – 0.91
	90	0.2	0.80 – 0.91
	100	0.2	0.80 – 0.87

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 7 posisi bayi tidur tertutupi selimut (*class obstacle*) Pada resolusi 416x416, FPS yang didapat sangat rendah adalah 0.2 FPS tetapi threshold yang didapat pada ketinggian 60 cm – 100 cm sangat tinggi. Pada ketinggian 70 cm – 90 cm merupakan akurasi terbaik.

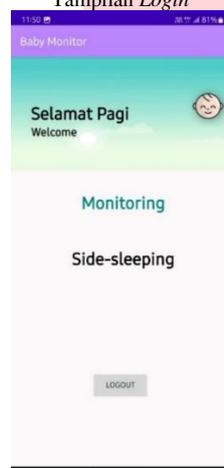
F. Pengujian *real-time* pada resolusi 96x96

TABEL 8
Hasil pengujian posisi tidur pada *class sleeping*

Posisi (Class)	Tidur (Sleeping)				
Tinggi (cm)	60	70	80	90	100
FPS	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Threshold	0.95-0.98	0.95-0.98	0.90-0.95	0.90-0.93	0.87-0.91
Posisi (Class)	Tidur dengan selimut (Sleeping)				
Tinggi (cm)	60	70	80	90	100
FPS	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Threshold	0.61-0.75	0.61-0.75	-	-	-



GAMBAR 10
Tampilan Login



GAMBAR 11
Tampilan pemantauan bayi

Pada Gambar 10, ponsel harus *login* terlebih dahulu, *login* dengan *email* dan *password* yang sudah terdaftar. Setelah itu tampilan *monitoring* akan terbuka sesuai pada Gambar 11, dari sini kita dapat mengetahui posisi boneka bayi.

V. KESIMPULAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penelitian sistem pemantauan posisi bayi menggunakan *internet of things* dapat mendeteksi posisi bayi sesuai *class* (*sleeping, side-sleeping, obstacle, on his stomach*) dengan model *Tiny You Only Look Once v3* (*TinyYOLOv3*) lalu sistem dapat mengirim notifikasi ke ponsel pengguna dan mendapatkan akurasi terendah di angka 80% dan tertinggi di angka 100%. Terlihat pada hasil pengujian bahwa pada resolusi 416x416 mendapatkan akurasi tertinggi namun FPS

hanya 0.2 berbeda dengan resolusi 96x96 yang mendapatkan akurasi rendah tetapi FPS 2.1.

REFERENSI

- [1] Dubey, Y. K., & Damke, S. (2019). Baby monitoring system using image processing and IoT. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(6), 4961-4964.
- [2] Hussain, T., Muhammad, K., Khan, S., Ullah, A., Lee, M. Y., & Baik, S. W. (2019). Intelligent baby behavior monitoring using embedded vision in IoT for smart healthcare centers. *Journal of Artificial Intelligence and Systems*, 1(1), 110-124.
- [3] Symon, A. F., Hassan, N., Rashid, H., Ahmed, I. U., & Reza, S. T. (2017, September). Design and development of a smart baby monitoring system based on Raspberry Pi and Pi camera. In *2017 4th International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE)* (pp. 117-122). IEEE.
- [4] Kinney, H. C., Hefti, M. M., Goldstein, R. D., & Haynes, R. L. (2018). Sudden infant death syndrome. *Developmental Neuropathology*, 269-280.
- [5] Fleming, P. J., Blair, P. S., & Pease, A. (2015). Sudden unexpected death in infancy: aetiology, pathophysiology, epidemiology and prevention in 2015. *Archives of disease in childhood*, 100(10), 984-988.
- [6] Rochmah, E. N., & Musti, D. B. (2022). CHARACTERISTIC OF SUDDENT INFANT DEATH SYNDROME (SIDS) KNOWLEDGE OF GENERAL PRACTITIONER IN BANDUNG CITY AT 2020. *Jurnal EduHealth*, 13(01), 358-363.
- [7] Adarsh, P., Rathi, P., & Kumar, M. (2020, March). YOLO v3-Tiny: Object Detection and Recognition using one stage improved model. In *2020 6th international conference on advanced computing and communication systems (ICACCS)* (pp. 687-694). IEEE.