

**PENERAPAN MOBILENETV2 PADA RASPBERRY PI
4 UNTUK MENYORTIR TUTUP BOTOL OTOMATIS
STUDI KASUS: YAYASAN KAKI KITA
SEUSANTARA**



**OLEH
IDA BAGUS ANOM MUDITA
2015051038**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
SINGARAJA
2024**

**PENERAPAN MOBILENETV2 PADA RASPBERRY PI
4 UNTUK MENYORTIR TUTUP BOTOL OTOMATIS
STUDI KASUS: YAYASAN KAKI KITA
SEUSANTARA**

SKRIPSI

**Diajukan kepada
Universitas Pendidikan Ganesha
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Pendidikan Teknik Informatika**



Oleh:

Ida Bagus Anom Mudita

NIM. 2015051038

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA
SINGARAJA**

2024

SKRIPSI

**DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI TUGAS
DAN MEMENUHI SYARAT-SYARAT UNTUK
MENCAPAI GELAR SARJANA PENDIDIKAN**

Menyetujui,

Pembimbing I,



Dr. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198307252008011008

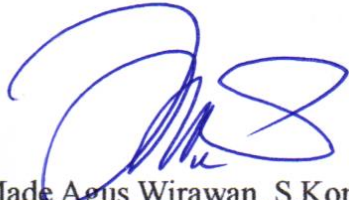
Pembimbing II,



Ir. I Made Dendi Maysanjaya, S.Pd., M.Eng.
NIP. 199005152019031008

Skripsi oleh Ida Bagus Anom Mudita
telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal

Dewan Penguji,



Dr. I Made Agus Wirawan, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198408272008121001

(Ketua)



Ida Bagus Nyoman Pascima, S.Pd., M.Cs.
NIP. 198907132019031017

(Anggota)



Dr. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198307252008011008

(Anggota)



Ir. I Made Dendi May Sanjaya, S.Pd., M.Eng.
NIP. 199005152019031008

(Anggota)

Diterima oleh Panitia Ujian Fakultas Teknik dan Kejuruan
Universitas Pendidikan Ganesha
Guna memenuhi syarat-syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Pada,

Hari : Selasa
Tanggal : 24 DEC 2024



Mengetahui,

Ketua Ujian,

A blue ink signature of Made Windu Antara Kesiman, written over a vertical line.

Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198211112008121001

Sekretaris Ujian,

A blue ink signature of Dr. phil., Dessy Seri Wahyuni, written in a cursive style.

Dr. phil., Dessy Seri Wahyuni, S.Kom., M.Eng.
NIP. 198502152008122007

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik dan Kejuruan



Dr. Kadek Rihendra Dantes, S.T., M.T.
NIP. 197912012006041001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis yang berjudul **“Penerapan MobileNetV2 Pada Raspberry Pi 4 Untuk Menyortir Tutup Botol Otomatis Studi Kasus: Yayasan Kaki Kita Senusantara”** beserta seluruh isinya adalah benar karya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara tidak sesuai etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim terhadap keaslian karya ini.

Singaraja, 4 November 2024
Yang membuat pernyataan



Ida Bagus Anom Mudita
NIM. 2015051038

KATA PERSEMBAHAN

“Om Swastyastu”

SAYA PERSEMBAHKAN KARYA INI UNTUK TUHAN YANG MAHA ESA

Atas berkat dan rahmat-Nya penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Atas segala Kemudahan dan kelancaran yang diberikan.

ORANG TUA

Terima kasih saya ucapkan kepada orang tua saya yang tiada hentinya dalam memanjatkan doa, memberikan kasih sayang, motivasi, dukungan dan didikan yang telah diberikan selama ini. Terima kasih untuk segala hal yang telah berikan.

Semoga nantinya saya bisa menjadi orang yang berbakti dan sukses untuk kehidupan kedepannya. Terima kasih.

SAUDARA

Teruntuk saudara tersayang, terima kasih untuk rasa peduli dan kasih sayang dalam penyelesaian skripsi dan telah memberikan dukungan serta rasa peduli selama pembuatan skripsi ini.

TEMAN-TEMAN

Terima kasih saya ucapkan kepada teman-teman yang telah membantu memperlancarkan skripsi ini yang tidak bisa saya sebutkan namanya satu per-satu selalu membantu saya sedang kesulitan serta lalu *men-support* saya untuk menyelesaikan skripsi ini.

“Om Shanthi Shanthi Shanthi”

MOTTO

“Hidup hanya sekali, ayo berkarya sebaik mungkin”

(Ida Bagus Anom Mudita, 2024)



PRAKATA

Puja syukur penyusun panjatkan ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Penerapan MobileNetV2 pada Raspberry Pi Untuk Menyortir Tutup Botol Otomatis Studi Kasus: Yayasan Kaki Kita Senusantara**”. Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan mencapai gelar sarjana pendidikan pada Universitas Pendidikan Ganesha.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan baik berupa moral maupun material dari berbagai pihak. Untuk itu, dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. I Wayan Lasmawan, M.Pd., selaku Rektor Universitas Pendidikan Ganesha yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti pendidikan di Program Studi Pendidikan Teknik Informatika, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Kejuruan.
2. Made Windu Antara Kesiman, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Kejuruan Universitas Pendidikan Ganesha yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyusun skripsi ini.
3. Dr. phil. Dessy Seri Wahyuni, M.Eng., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Informatika.
4. Dr. I Made Gede Sunarya, S.Kom., M.Cs., selaku Pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan, saran, dan motivasi dalam proses penyusunan skripsi ini.
5. Ir. I Made Dendi Maysanjaya, S.Pd., M.Eng., selaku Pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan, saran, dan motivasi dalam proses penyusunan skripsi ini.
6. Dr. I Made Agus Wirawan, S.Kom., M.Cs., selaku Penguji I yang telah banyak memberikan arahan, saran, dan motivasi dalam proses penyusunan skripsi ini.
7. Ida Bagus Nyoman Pascima, S.Pd., M.Cs., selaku Penguji II yang telah banyak memberikan arahan, saran, dan motivasi dalam proses penyusunan skripsi ini.
8. Ns. I Made Aditiasthana, S.Kep, selaku pemilik YKKS dan Pande Made Beni Ariadi, selaku ketua produksi YKKS yang telah memberikan izin

melakukan penelitian di YKKS dan membantu memperoleh data tutup botol.

9. I Putu Bayu Ananta Surya dan Dewa Gede Eka Susaya yang telah membantu dalam membuat pengembangan *hardware*.
10. Keluarga penulis, Ajik, Ibu, Bibik, Niang, Kak ade, Kak gek, Gek sri, Dayu ami, serta keluarga besar yang telah memberikan dukungan moral dan spiritual dalam penyusunan skripsi ini.
11. Gede Yuda Aditya S.Pd., sebagai sahabat yang telah memberikan *support system* dalam proses penyusunan skripsi ini.
12. Diri sendiri yang telah berjuang keras menyelesaikan pendidikan sampai saat ini.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dan motivasi demi kelancaran proses skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa apa yang tersaji dalam skripsi ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan kemampuan yang penulis miliki. Untuk itu demi kesempurnaan skripsi ini, penulis mengharapkan segala kritik maupun saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi kita semua khususnya bagi pengembang dunia pendidikan.

Singaraja, 4 November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
PERNYATAAN.....	v
KATA PERSEMBAHAN.....	vi
MOTTO.....	viii
PRAKATA.....	ix
ABSTRAK.....	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	4
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	5
1.4 BATASAN MASALAH PENELITIAN.....	5
1.5 MANFAAT PENELITIAN.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
2.1 KAJIAN PUSTAKA.....	7
2.2 LANDASAN TEORI.....	12
2.2.1 Tutup Botol.....	12
2.2.2 Klasifikasi Gambar.....	13
2.2.3 <i>Deep Learning</i>	14
2.2.4 Metode <i>Convolutional Neural Network</i>	15
2.2.5 MobileNetV2.....	23
2.2.6 <i>Global Average Pooling (GAP)</i>	29
2.2.7 <i>Softmax</i>	30
2.2.8 <i>Categorical Cross Entropy</i>	33
2.2.9 <i>Hyperparameter</i>	34
2.2.10 <i>K-Fold Cross Validation</i>	36

2.2.11 <i>Confusion Matrix</i>	37
2.2.12 <i>Transfer Learning</i>	41
2.2.13 Google Colab	41
2.2.14 Python	42
2.2.15 Keras dan TensorFlow	42
2.2.16 TensorFlow Lite	43
2.2.17 Konveyor	43
2.2.18 Raspberry Pi.....	45
2.2.19 <i>White box Testing</i>	45
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	46
3.1 ALUR PENELITIAN.....	46
3.1.1 Pengembangan <i>Hardware</i>	47
3.1.2 Finalisasi <i>Dataset</i>	52
3.1.3 Data Preparation	57
3.1.4 Pembangunan Model	58
3.1.5 Pengembangan <i>Software</i>	66
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	74
4.1 HASIL PENELITIAN.....	74
4.1.1 Hasil Pengembangan <i>Hardware</i>	74
4.1.2 Hasil Finalisasi <i>Dataset</i>	76
4.1.3 Hasil Data <i>Preparation</i>	81
4.1.4 Hasil Pembangunan Model.....	81
4.1.5 Hasil Pengembangan <i>Software</i>	87
4.2 PEMBAHASAN	95
BAB V PENUTUP	101
5.1 SIMPULAN	101
5.2 SARAN	102
DAFTAR PUSTAKA	103
RIWAYAT HIDUP	108
LAMPIRAN	109

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Penelitian Terkait.....	7
Tabel 2.2 <i>Confusion Matrix</i>	37
Tabel 2.3 Hasil pengujian model terhadap data uji	38
Tabel 2.4 Visualisasi <i>Confusion Matrix</i>	38
Tabel 3.1 Daftar Komponen dan Fungsinya	52
Tabel 3.2 Penggunaan Kamera Yang Diperlukan untuk Computer Vision	54
Tabel 3.3 Konfigurasi Hyperparameter Pelatihan.....	64
Tabel 3.4 Tabel Acuan Uji <i>White Box Testing</i>	71
Tabel 4.1 Penempatan Kabel Pada Pin GPIO	76
Tabel 4.2 Data Tutup Botol	77
Tabel 4.3 Hasil <i>Training</i> Model dengan <i>Cross Validation</i>	82
Tabel 4.4 Hasil <i>Training</i> Setiap Fold Pada Jumlah <i>Epoch</i> 50.....	82
Tabel 4.5 Hasil <i>Classification Report</i>	87
Tabel 4.6 Spesifikasi Raspberry Pi 4.....	88
Tabel 4.7 Hasil Uji Coba <i>White Box Testing</i>	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1.1 HDPE: Tutup Botol Minuman atau Tutup Botol Oli (A), PE: Tutup Botol Detergen (B), LDPE: Tutup Botol Galon (C), PP: Plastik Ember (D).....	2
Gambar 2.1 Tutup Botol Yang Disortir Oleh YKKS.....	12
Gambar 2.2 Visualisasi Multi-class dan Multi-label.....	14
Gambar 2.3 Jaringan Saraf Tiruan.	14
Gambar 2.4 Arsitektur CNN	15
Gambar 2.5 Proses Convolutional Layer	16
Gambar 2.6 Filter Berukuran 3x3 Dengan Nilai Filternya	17
Gambar 2.7 Input Gambar 5x5.....	17
Gambar 2.8 Perhitungan Konvolusi pada Input Gambar Red Bagian 1	18
Gambar 2.9 Perhitungan Konvolusi pada Input Gambar Red Bagian 2	19
Gambar 2.10 Hasil Nilai Input Red Setelah di Konvolusi.....	20
Gambar 2.11 Hasil Nilai Input Red, Green Dan Blue Setelah di Konvolusi.....	20
Gambar 2.12 Hasil Penjumlahan dari Input Gambar Red, Green dan Blue	20
Gambar 2.13 Hasil Proses ReLU	21
Gambar 2.14 Proses <i>Pooling</i> Untuk Mereduksi Dimensi Data	22
Gambar 2.15 Proses Perhitungan <i>Average Pooling</i>	22
Gambar 2.16 Proses Flatten	23
Gambar 2.17 Normal <i>Convolution</i> vs <i>Depthwise Convolution</i>	24
Gambar 2.18 Normal <i>Convolution</i> vs <i>Pointwise Convolution</i>	25
Gambar 2.19 <i>Bottleneck Residual Block</i>	26
Gambar 2.20 Arsitektur MobileNetV2.	28
Gambar 2.21 Spesifikasi MobileNetV2	29
Gambar 2.22 Visualisasi GAP.....	30
Gambar 2.23 <i>Visualisasi Feed Forward</i>	31
Gambar 2.24 Visualisasi Epoch	35
Gambar 2.25 Ilustrasi <i>K-Fold Cross Validation</i>	37
Gambar 2.26 Roller Konveyor.....	44

Gambar 2.27 <i>Belt</i> Konveyor	44
Gambar 2.28 Raspberry Pi	45
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	46
Gambar 3.2 Tahapan <i>Pengembangan Hardware</i>	47
Gambar 3.3 Desain <i>Hardware</i>	48
Gambar 3.4 Frame <i>Belt</i> Konveyor	49
Gambar 3.5 Desain <i>Selector</i>	50
Gambar 3.6 <i>Area Scan</i>	50
Gambar 3.7 Desain <i>Schematic</i>	51
Gambar 3.8 Alur Finalisasi <i>Dataset</i>	53
Gambar 3.9 Data Tutup Botol Dari YKKS	54
Gambar 3.10 Raspberry Pi Camera Module 3	55
Gambar 3.11 Jarak Pengambilan Citra (A), Hasil Gambar Yang Diambil (B)	55
Gambar 3.12 Nilai <i>Lux</i> Yang Didapat Dari Aplikasi <i>Light Meter</i>	56
Gambar 3.13 Visualisasi <i>Cross Validation</i> dengan 9-fold.....	58
Gambar 3.14 Arsitektur MobileNetV2 yang diusulkan	60
Gambar 3.15 Detail Konfigurasi Arsitektur MobileNetV2.....	60
Gambar 3.16 Model <i>Summary</i> MobileNetV2	63
Gambar 3.17 Ringkasan Proses Dari Tahap Data <i>Preparation</i> Hingga Konversi Model	65
Gambar 3.18 <i>Flowchart</i> Penyortiran Tutup Botol	69
Gambar 3.19 Desain Antarmuka Aplikasi.....	70
Gambar 3.20 <i>Activity Diagram</i> Aplikasi.....	70
Gambar 4.1 Penutup Selector (A) dan Penutup Bagian Awal(B)	75
Gambar 4.2 Mesin Sortasi Tutup Botol Otomatis.....	75
Gambar 4.3 Visualisasi Citra 720 x 720 Piksel dikonversi ke 224 x 224 Piksel ..	81
Gambar 4.4 Hasil Prediksi Model.....	83
Gambar 4.5 Hasil <i>Confusion Matrix</i>	84
Gambar 4.6 Tampilan Antarmuka Aplikasi.....	88
Gambar 4.7 Langkah Memilih Tutup Botol yang Disortir.....	89
Gambar 4.8 Langkah Menjalankan Konveyor Dan Menghentikan Konveyor	90

Gambar 4.9 Hasil CPU Dalam Kondisi Standby (A), Hasil CPU Saat Melakukan Klasifikasi Menggunakan MobileNetV2 (B) 94

Gambar 4.10 Aplikasi *Capture* Klasifikasi 97

Gambar 4.11 Jalur Penutup Pada *Selector 3* Masuk ke Dalam Belt Konveyor 98

Gambar 4.12 Spam Klasifikasi Menggunakan Aplikasi *Capture* Klasifikasi..... 99



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Dokumentasi Observasi Di YKKS	110
Lampiran 2. Dokumentasi pengumpulan <i>dataset</i> tutup botol	118
Lampiran 3. Dokumentasi Pengujian Model pada Raspberry Pi	119
Lampiran 4. Hasil Pengujian Raspberry Pi 4 Menggunakan MobileNetV2	120

