

**PENGEMBANGAN APLIKASI *BACKEND* CALORIE METER
UNTUK KLASIFIKASI OBJEK MAKANAN MENGGUNAKAN
MODEL MOBILENETV2**



SKRIPSI

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada Departemen Ilmu Komputer/ Informatika**

Disusun Oleh:

Nawa Naufal Fathoni

24010315120031

**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER/ INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

2019

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nawa Naufal Fathoni

NIM : 24010315120031

Judul : Pengembangan Aplikasi *Backend* Calorie Meter untuk Klasifikasi Objek Makanan Menggunakan Model MobileNetV2

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir/skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Semarang 26 Agustus 2019



Nawa Naufal Fathoni
24010315120031

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengembangan Aplikasi *Backend* Calorie Meter untuk Klasifikasi Objek Makanan
Menggunakan Model MobileNetV2

Nama : Nawa Naufal Fathoni

NIM : 24010315120031

Telah diujikan pada sidang skripsi pada tanggal 9 Agustus 2019 dan dinyatakan lulus pada tanggal 9 Agustus 2019.

Semarang, 26 Agustus 2019

Mengetahui,

Ketua Departemen Ilmu Komputer/Informatika

FSM Undip



Dr. Retno Kusumawardani, S.Si, M.Kom
NIP. 198104202005012001

Panitia Penguji Skripsi

Ketua,

Drs. Eko Adi Sarwoko, M.Kom
NIP. 196511071992031003

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengembangan Aplikasi *Backend* Calorie Meter untuk Klasifikasi Objek Makanan
Menggunakan Model MobileNetV2

Nama : Nawa Naufal Fathoni

NIM : 24010315120031

Telah diujikan pada sidang skripsi pada tanggal 9 Agustus 2019.

Semarang, 26 Agustus 2019

Pembimbing,



Dr. Aris Puji Widodo, S.Si, MT
NIP. 197404011999031002

ABSTRAK

Kelebihan kalori di dalam tubuh dapat menyebabkan banyak dampak negatif seperti obesitas. Obesitas dapat disebabkan karena aktivitas yang kurang atau terlalu banyak dalam mengonsumsi makanan, di mana tiap makanan memiliki kalori yang berbeda. Kandungan kalori pada makanan dapat diketahui dengan mengenali jenis makanan tersebut. Untuk mempermudah dalam mengenali makanan dapat menggunakan bantuan perangkat yang telah dilatih untuk mengenali makanan. Hal ini dapat ini direalisasikan menggunakan model *deep learning* untuk melakukan klasifikasi makanan pada *dataset* yang besar. Salah satu model *deep learning* adalah MobileNetV2 yang menggunakan *Convolutional Neural Network* di dalamnya untuk mengenali citra. MobileNetV2 sangat cocok diimplementasikan ke dalam perangkat *mobile* seperti Android. Dalam penelitian ini, akan dikembangkan aplikasi *backend* untuk melatih model klasifikasi makanan menggunakan model MobileNetV2. Hasil dari model yang telah dilatih dapat diimplementasikan pada perangkat Android. Model MobileNetV2 akan dimodifikasi agar dapat mengklasifikasi 30 jenis makanan. Tiap jenis makanan menggunakan 1000 citra sebagai data pelatihan. Dengan menggunakan beberapa parameter *learning rate* dan *training step* yang berbeda, diperoleh akurasi paling tinggi sebesar 72.8%.

Kata Kunci: kalori, makanan, *deep learning*, *Convolutional Neural Network*, MobileNetV2

ABSTRACT

Calories excess in the body can cause many negative effects such as obesity. Obesity can be caused by lacking activities or eating too much food, which each food has different calories. Calorie content in food can be known by recognizing the type of food. To make it easier to recognize food, a device that has been trained to recognize food can be used. This can be done by using a deep learning model to classify food on large datasets. One of the deep learning models is MobileNetV2 which uses Convolutional Neural Network to recognize images. MobileNetV2 is very suitable to be implemented on mobile devices such as Android. In this study, a backend application will be developed to train the food classification model using the MobileNetV2 model. The results of the models that have been trained can be implemented on Android devices. The MobileNetV2 model will be modified to be able to classify 30 types of food. Each type of food uses 1000 images as training data. By using several different learning rate and training step parameters, the highest accuracy achieved is 72.8%.

Keywords: calories, food, deep learning, Convolutional Neural Network, MobileNetV2

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Aplikasi *Backend* Calorie Meter untuk Klasifikasi Objek Makanan Menggunakan Model MobileNetV2” sehingga memperoleh gelar sarjana strata satu pada Departemen Ilmu Komputer/Informatika pada Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapat bantuan dan dukungan dari banyak pihak. Atas peran sertanya dalam membantu penyelesaian skripsi ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Widowati, S.Si, M.Si, selaku Dekan FSM UNDIP.
2. Dr. Retno Kusumaningrum, S.Si, M.Kom, selaku Ketua Departemen Ilmu Komputer/Informatika.
3. Panji Wisnu Wirawan, ST, MT, selaku Koordinator Skripsi.
4. Dr. Aris Puji Widodo, S.Si, MT, selaku dosen pembimbing.
5. Semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam penyusunan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan skripsi ini, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Semarang, 26 Agustus 2019

Penulis,

Nawa Naufal Fathoni
24010315120031

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nawa Naufal Fathoni
NIM : 24010315120031
Program Studi : Informatika
Departemen : Ilmu Komputer/Informatika
Fakultas : Sains dan Matematika
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) kepada Universitas Diponegoro atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Pengembangan Aplikasi Backend Calorie Meter untuk Klasifikasi Objek Makanan Menggunakan Model MobileNetV2

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Semarang, 26 Agustus 2019

Yang menyatakan,


Nawa Naufal Fathoni
24010315120031

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR KODE SUMBER.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	2
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kalori.....	5
2.2 <i>Deep Learning</i>	5
2.3 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	6
2.3.1 Layer Konvolusi	7
2.3.2 Layer <i>Pooling</i>	8
2.4 MobileNet.....	9

2.4.1	<i>Depthwise Separable Convolutions</i>	11
2.4.2	<i>Linear Bottlenecks dan Inverted Residuals</i>	12
2.5	<i>Batch Normalization</i>	12
2.6	Fungsi Aktivasi ReLU	13
2.7	Fungsi Aktivasi <i>Softmax</i>	14
2.8	<i>Gradient Descent Optimizer</i>	14
2.9	TensorFlow	15
2.10	Metodologi <i>Object Oriented Analysis and Design</i> (OOAD)	15
2.11	<i>Unified Modeling Language</i> (UML)	19
BAB III <i>REQUIREMENT, ANALISIS, DAN DESAIN</i>		23
3.1	<i>Business Requirement</i>	23
3.1.1	<i>Mission Statement</i>	23
3.1.2	<i>Activity Diagram</i>	41
3.2	<i>System Requirement</i>	42
3.2.1	Sketsa Antarmuka	42
3.2.2	Daftar Aktor	44
3.2.3	Daftar <i>Use Case</i>	44
3.2.4	Use Case Diagram	45
3.2.5	Survei <i>Use Case</i>	46
3.2.6	Detail Use Case	46
3.3	Analisis	50
3.3.1	<i>Class Diagram</i>	51
3.3.2	<i>Class Diagram</i> dengan Atribut	51
3.4	Desain	52
3.4.1	Desain Sistem	52
3.4.2	Desain Sub Sistem	54
BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN		61

4.1	Implementasi	61
4.1.1	Implementasi Pengembangan	61
4.1.2	Implementasi Kelas	61
4.1.3	Implementasi Penambahan Layer Klasifikasi pada MobileNetV2.....	61
4.2	Pengujian	63
4.2.1	<i>Black Box Testing</i>	63
4.2.2	Penentuan Parameter Terbaik pada Pelatihan Model MobileNetV2	64
4.3	Evaluasi Pengujian	82
BAB V PENUTUP		83
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....		84
LAMPIRAN-LAMPIRAN		86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Layer pada <i>deep learning</i> (Marcus, 2018).....	6
Gambar 2.2	Arsitektur pada CNN (Pathak et al., 2018).....	7
Gambar 2.3	Ilustrasi operasi pada layer konvolusi (Khan et al., 2018).....	8
Gambar 2.4	Operasi <i>max pooling</i> dan <i>average pooling</i> (Khan et al., 2018)	9
Gambar 2.5	Aplikasi model MobileNet ke berbagai macam aktivitas pengenalan objek (Howard et al., 2017)	10
Gambar 2.6	Layer konvolusi standar dan <i>depthwise separable convolution</i> (Sandler et al., 2019)	11
Gambar 2.7	<i>Linear bottleneck</i> dan <i>inverted residual</i> (Sandler et al., 2019).....	12
Gambar 2.8	<i>Use Case Diagram</i> (Sommerville, 2011).....	20
Gambar 2.9	<i>Class Diagram</i> (Sommerville, 2011).....	21
Gambar 2.10	<i>Sequence Diagram</i> (Sommerville, 2011).....	21
Gambar 2.11	<i>Activity Diagram</i> (Sommerville, 2011).....	22
Gambar 3.1	Diagram tahapan pengembangan model dengan MobileNetV2.....	24
Gambar 3.2	Contoh <i>dataset</i> kelas pizza.....	25
Gambar 3.3	Contoh <i>dataset</i> kelas burger.....	25
Gambar 3.4	Contoh <i>dataset</i> kelas ayam	25
Gambar 3.5	Contoh <i>dataset</i> kelas lasagna	25
Gambar 3.6	Diagram alir pelatihan menggunakan model MobileNetV2.....	26
Gambar 3.7	Arsitektur model MobileNetV2 (Sandler et al., 2019)	28
Gambar 3.8	Arsitektur MobileNetV2 pada layer <i>bottleneck</i> (Sandler et al., 2019)	29
Gambar 3.9	Diagram alir proses pengujian model	40
Gambar 3.10	<i>Activity diagram</i> sistem Calorie Meter sisi <i>backend</i>	41
Gambar 3.11	Sketsa antarmuka halaman pelatihan dan pengujian	42
Gambar 3.12	Sketsa antarmuka halaman klasifikasi	43
Gambar 3.13	Sketsa antarmuka halaman <i>hosting</i>	44
Gambar 3.14	<i>Use Case Diagram</i> Calorie Meter Backend.....	45
Gambar 3.15	<i>Class Diagram</i> aplikasi Calorie Meter Backend	51
Gambar 3.16	<i>Class diagram</i> aplikasi Calorie Meter Backend dengan atribut	52
Gambar 3.17	<i>Deployment Diagram</i> sistem Calorie Meter	53

Gambar 3.18	<i>Sequence diagram</i> menjalankan pelatihan model.....	54
Gambar 3.19	<i>Sequence diagram</i> menjalankan pengujian model.....	55
Gambar 3.20	<i>Sequence diagram</i> menghentikan proses	56
Gambar 3.21	<i>Sequence diagram</i> melakukan klasifikasi makanan	57
Gambar 3.22	<i>Sequence diagram</i> melakukan <i>hosting</i> model.....	57
Gambar 3.23	<i>Sequence diagram</i> mengkonversi model	58
Gambar 3.24	<i>Sequence diagram</i> mengkompresi model.....	59
Gambar 3.25	<i>Sequence diagram</i> mengunggah model	59
Gambar 4.1	Kesalahan klasifikasi <i>learning rate</i> 0.05 dengan <i>training step</i> 4000.....	67
Gambar 4.2	Kesalahan klasifikasi <i>learning rate</i> 0.01 dengan <i>training step</i> 4000.....	70
Gambar 4.3	Kesalahan klasifikasi <i>learning rate</i> 0.005 dengan <i>training step</i> 4000.....	71
Gambar 4.4	Kesalahan klasifikasi <i>learning rate</i> 0.001 dengan <i>training step</i> 4000.....	72
Gambar 4.5	Kesalahan klasifikasi <i>learning rate</i> 0.05 dengan <i>training step</i> 8000.....	75
Gambar 4.6	Kesalahan klasifikasi <i>learning rate</i> 0.01 dengan <i>training step</i> 8000.....	78
Gambar 4.7	Kesalahan klasifikasi <i>learning rate</i> 0.005 dengan <i>training step</i> 8000.....	79
Gambar 4.8	Kesalahan klasifikasi <i>learning rate</i> 0.001 dengan <i>training step</i> 8000.....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Tabel arsitektur MobileNetV2 (Sandler et al., 2019).....	10
Tabel 2.2.	Artifak dalam OOAD menurut fasenya (O'Docherty, 2005)	16
Tabel 2.3.	Artifak yang digunakan.....	19
Tabel 3.1	Daftar Aktor	44
Tabel 3.2.	Daftar <i>Use Case</i>	45
Tabel 3.3	Detail <i>use case</i> menjalankan pelatihan model.....	47
Tabel 3.4	Detail <i>use case</i> menjalankan pengujian model	47
Tabel 3.5.	Detail <i>use case</i> menghentikan proses.....	48
Tabel 3.6.	Detail <i>use case</i> melakukan klasifikasi makanan	48
Tabel 3.7	Detail <i>use case</i> melakukan hosting model	49
Tabel 3.8	Detail <i>use case</i> mengkonversi model.....	49
Tabel 3.9	Detail <i>use case</i> mengkompresi model.....	50
Tabel 3.10	Detail <i>use case</i> mengunggah model.....	50
Tabel 4.1.	Implementasi kelas.....	61
Tabel 4.2	Rencana Pengujian	64

DAFTAR KODE SUMBER

Kode Sumber 4.1 Penambahan layer klasifikasi	63
--	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kalori pada makanan menjadi salah satu pemicu obesitas. Penderita obesitas meningkat dengan pesat di negara barat (Osilla dan Sharma, 2019). Selama beberapa dekade terakhir, salah satu kebiasaan makan yang paling jelas dapat dilihat dari kebiasaan orang Amerika yang sering makan di luar rumah. Makanan dari luar ini tentu memiliki kadar kalori dan nutrisi yang berbeda dari makanan di rumah. Kandungan kalori pada makanan dalam jumlah tertentu dapat membahayakan tubuh (Lin et al., 1999). Jumlah kalori pada makanan dapat diperkirakan jika diketahui jenis makanan tersebut. Makanan yang jumlahnya sangat banyak dapat dikenali dengan bantuan mesin atau perangkat yang telah dilatih untuk mengenali jenis makanan.

Salah satu bidang pembelajaran mesin yang sering digunakan adalah *deep learning* (Riordon et al., 2018). *Deep learning* telah diterapkan ke dalam berbagai bidang karena hasil yang diperoleh memuaskan. Alasan mengapa *deep learning* sangat populer adalah *deep learning* menggunakan *dataset* yang besar dan untuk pemrosesannya dapat didukung menggunakan teknologi pemrosesan terkini yaitu *Graphic Processing Unit* (GPU) (Pathak et al., 2018). Sebuah metode *deep learning* yang tepat diperlukan agar model yang dilatih memberikan keluaran yang sesuai berdasarkan jenis data yang dimasukkan.

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu arsitektur *deep learning* yang sering digunakan dalam bidang visi komputer untuk pengenalan atau deteksi objek berupa citra. Dalam CNN terdapat proses konvolusi yang bertujuan untuk memperoleh fitur pada citra yang diperlukan untuk mengenali citra tersebut. CNN memiliki akurasi yang baik apabila diaplikasikan pada jumlah *dataset* yang besar (Pathak et al., 2018). Model CNN yang ringan dan cepat diperlukan untuk melakukan pengenalan objek pada perangkat yang memiliki keterbatasan sumber daya seperti perangkat *mobile*.

MobileNet adalah model arsitektur CNN yang dikembangkan oleh Google. MobileNet memprioritaskan ukuran dan kebutuhan komputasi yang kecil namun tetap mempertahankan nilai akurasi. MobileNet sangat tepat digunakan pada perangkat yang memiliki sumber daya yang terbatas (Howard et al., 2017). MobileNetV2 adalah versi terbaru dari MobileNet

dengan sedikit perubahan pada arsitekturnya yang meningkatkan performa dari versi sebelumnya. MobileNetV2 memiliki nilai akurasi yang lebih tinggi dan jumlah komputasi yang lebih rendah dibandingkan dengan model serupa seperti ShuffleNet dan NasNet (Sandler et al., 2019).

Calorie Meter merupakan aplikasi yang berguna untuk melakukan kalkulasi konsumsi kalori makanan oleh pengguna. Dalam menentukan jumlah kalori makanan, Calorie Meter memerlukan nama dari objek makanan yang akan dikonsumsi. Pengenalan makanan dapat dilakukan menggunakan model MobileNetV2 yang telah dilatih secara khusus untuk mengenali jenis makanan berdasarkan pada *dataset* citra makanan yang digunakan.

Aplikasi Calorie Meter yang dikembangkan terbagi menjadi dua sisi, yaitu sisi *frontend* dan sisi *backend*. Sisi *frontend* meliputi pengembangan aplikasi *mobile* berbasis Android yang berguna untuk menyimpan data pengguna serta menghitung jumlah kalori makanan menggunakan model klasifikasi objek makanan yang dihasilkan dari sisi *backend*. Sisi *backend* meliputi pengembangan aplikasi pada *desktop* yang berfungsi untuk menghasilkan model yang digunakan untuk pengenalan objek makanan pada sisi *frontend*.

Skripsi ini akan membahas pengembangan aplikasi Calorie Meter pada sisi *backend*. Aplikasi *backend* ini berfungsi untuk menghasilkan model klasifikasi objek makanan menggunakan model MobileNetV2. Model yang dihasilkan dari aplikasi *backend* akan diterapkan pada aplikasi *frontend* untuk mengenali objek makanan dan menghitung jumlah kalori dari makanan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan di atas, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah bagaimana mengembangkan aplikasi *backend* Calorie Meter untuk membuat model klasifikasi objek makanan menggunakan model MobileNetV2 dengan akurasi terbaik yang dapat diimplementasikan pada perangkat *mobile* berbasis Android.

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian skripsi ini adalah menghasilkan sebuah aplikasi *backend* Calorie Meter untuk membuat model klasifikasi objek makanan menggunakan model MobileNetV2 serta menentukan skenario untuk mengetahui akurasi terbaik dan terburuk dari model yang dibuat.

Manfaat yang diharapkan dari skripsi ini adalah model klasifikasi makanan yang dihasilkan dari aplikasi *backend* Calorie Meter dapat diimplementasikan ke dalam aplikasi Calorie Meter pada perangkat *mobile* berbasis Android.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. *Dataset* yang dijadikan sampel diunduh dari situs web Kaggle dengan URL sebagai berikut: <https://www.kaggle.com/kmader/food41>.
2. *Dataset* terdiri dari 30000 buah citra yang terbagi menjadi 30 kelas. Tiap kelas memiliki 1000 citra makanan yang berbeda.
3. Proses pelatihan model menggunakan model asli MobileNetV2 untuk ekstraksi fitur pada citra dan menggunakan layer akhir yang dimodifikasi untuk proses klasifikasi.
4. Model yang dihasilkan diunggah ke dalam penyimpanan *cloud* dan diunduh secara manual melalui aplikasi Calorie Meter pada perangkat *mobile*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan memberikan gambaran laporan dari tugas akhir ini secara urut dan jelas. Berikut adalah sistematika penulisan dari tugas akhir ini:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, manfaat dan tujuan, ruang lingkup dan sistematika penulisan dari tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori yang berhubungan dan mendukung topik atau masalah yang dibahas pada tugas akhir ini.

BAB III REQUIREMENT, ANALISIS DAN DESAIN

Bab ini membahas *requirement* bisnis dan sistem serta analisis dan desain yang digunakan dalam mengimplementasikan perangkat lunak.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini memiliki informasi tentang implementasi perangkat lunak, pengujian perangkat lunak, hasil pengujian, dan analisis hasil pengujian.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari bab-bab yang telah dibahas dan berisi saran sebagai bahan masukan untuk pengembangan lebih lanjut.