

SKRIPSI

Pengenalan Wajah Menggunakan *EDGE*
COMPUTING



KIMBERLEY BLESSINDA

NPM: 6161801028

PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2022

FINAL PROJECT

FACE RECOGNITION USING EDGE COMPUTING



KIMBERLEY BLESSINDA

NPM: 6161801028

**DEPARTMENT OF MATHEMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

**Pengenalan Wajah Menggunakan *EDGE*
*COMPUTING***

KIMBERLEY BLESSINDA

NPM: 6161801028

Bandung, 17 Agustus 2022


Menyetujui,

Pembimbing 1



Prof. M. Wono Setya Budhi

Pembimbing 2



Janto Vincent Sulungbudi, Drs.

Ketua Tim Penguji



Dr. Ferry Jaya Permana

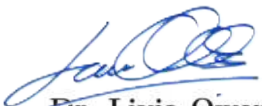
Anggota Tim Penguji



Jonathan Hoseana, Ph.D.

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Dr. Livia Owen

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

Pengenalan Wajah Menggunakan *EDGE COMPUTING*

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 17 Agustus 2022



KIMBERLEY BLESSINDA
NPM: 6161801028

ABSTRAK

Wajah merupakan identitas spesifik dari seorang manusia. Keunikan setiap wajah dinamakan ciri wajah (*feature map*) dan menjadi sebuah informasi untuk dapat membedakan wajah-wajah manusia. Pendekatan dan metode yang dapat digunakan oleh komputer untuk mengenali wajah manusia sudah banyak dikembangkan menggunakan suatu jaringan yang disebut sebagai jaringan saraf tiruan (JST). JST akan membantu komputer untuk mengklasifikasikan setiap wajah yang perlu dikenali. Apabila ada wajah yang baru, komputer harus mengulang pelatihan jaringan untuk dapat mengenali setiap wajah yang perlu dikenali. Pengulangan pelatihan model tersebut kurang efisien. Hal ini dapat diatasi dengan menyimpan jaringan menjadi suatu model sehingga dapat digunakan untuk mengambil setiap ciri wajah yang perlu dikenali. Pada skripsi ini, model pengenalan wajah dibangun dengan dasar JST dan dilatih menggunakan *Triplet Loss* yang melatih model dengan melihat hubungan antara wajah manusia dari orang yang berbeda dan orang yang sama. Model pengenalan wajah kemudian menggunakan metode *one-shot learning* untuk dapat melakukan klasifikasi terhadap citra wajah yang akan dideteksi dengan hanya membutuhkan satu citra wajah pada setiap wajah yang akan dikenali. Pengenalan wajah pada makalah ini kemudian diimplementasikan pada *edge computing*.

Kata-kata kunci: Pengenalan Wajah, Jaringan Saraf Tiruan, *Triplet Loss*, *One-shot Learning*, *Edge Computing*

ABSTRACT

Face is the specific identity of a human being. The uniqueness of each face is called facial features (feature map) and becomes information to be able to distinguish human faces. Currently, many approaches and methods that can be used by computers to recognize human faces have been developed using a network known as an artificial neural network (ANN). Like humans, computers must also become acquainted with each face by training the network to classify each face that needs to be recognized. If there are new faces, the computer must repeat training on the network to be able to recognize each face that needs to be recognized. Repetition of model training is less efficient and can be overcome by training the network and storing the network into a model so that it can be used to retrieve any facial features that need to be recognized. In this thesis, the facial recognition model is built on the basis of ANN and trained using Triplet Loss which trains the model by looking at the relationship between human faces of different people and the same person. The face recognition model then uses the one-shot learning method to be able to classify the face image to be detected by only requiring one face image for each face to be recognized. The facial recognition in this paper is then implemented in edge computing.

Keywords: Face Recognition, Artificial Neural Network, Triplet Loss, One-shot Learning, Edge Computing

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus karena atas berkat-Nya dapat memberikan hikmat kebijaksanaan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pengenalan Wajah Menggunakan *Edge Computing***”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 Program Studi Matematika, Fakultas Teknologi Informasi dan Sains (FTIS), Universitas Katolik Parahyangan (UNPAR), Bandung. Penulis berharap skripsi ini dapat berguna untuk dapat mengembangkan pengenalan wajah dengan lebih baik.

Selama masa studi dan penulisan skripsi, penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak untuk mengatasi hambatan dan kesulitan yang terjadi. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

- Mami terkasih, Ibu R. Julynda Sabrina, yang telah memberikan dukungan moril, nasihat, doa dan kasih sayang untuk penulis, serta sahabatku Jeanette Nadelya Hadi yang telah setia memberikan dukungan, nasihat dan hiburan selama masa studi di Universitas Katolik Parahyangan.
- Bapak Prof. M. Wono Setya Budhi, Ph.D. dan Bapak Janto Vincent Sulungbudi, Drs. selaku dosen pembimbing yang telah sabar memberikan ilmu, arahan, saran, dan dukungan selama penyusunan skripsi dan masa studi.
- Bapak Dr. Ferry Jaya Permana dan Bapak Jonathan Hoseana, Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan dan saran, sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
- Bapak Iwan Sugiarto, S.Si., M.Si. selaku dosen wali yang telah memberikan nasihat, bimbingan dan dukungan selama masa studi.
- Bapak Dr. Daniel Salim selaku koordinator skripsi yang telah memberikan bimbingan selama proses penyusunan skripsi.
- Segenap dosen FTIS khususnya dosen Program Studi Matematika yang telah memberikan pengetahuan dan pembelajaran dan bimbingan serta segenap staf Tata Usaha FTIS yang telah membantu segala proses administratif selama masa studi.
- Abram Perdanaputra sebagai sahabat yang memberikan dukungan, hiburan, terutama motivasi dan bersedia mendengarkan keluh kesah penulis selama masa perkuliahan serta penyusunan skripsi.
- Jonathan Dinmara sebagai sahabat yang setia memberikan bantuan, dukungan dan motivasi selama masa perkuliahan.
- Teman-teman “**vila**” (Ilona, Vianca, Chrysta, Andi, Tina), Juan, Adrian, Sergio, Jonathan Prasetyo, “**bunchies**” (Stevanny, Devina, Celine, Nadia, Evadne), “**Sekula Zabab**” (Chelsea, Hilda, Benneth, Tarisa, Primanta) dan Helena Suzane Graciella sebagai teman-teman yang menemani dan mengisi hari-hari penulis selama masa perkuliahan dan penyusunan skripsi.
- Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Semoga bermanfaat dan selamat berjuang, kamu pasti bisa. Sekian dan terima kasih.

Bandung, Agustus 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Pembahasan	2
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Pembelajaran Mendalam	5
2.2 Jaringan Saraf Tiruan	6
2.2.1 Neuron, Bobot, Bias, Lapisan	6
2.2.2 Fungsi Aktivasi	8
2.2.3 <i>Loss Function</i>	10
2.2.4 <i>Optimizer</i>	14
2.2.5 <i>Backpropagation</i>	15
2.2.6 <i>Overfitting</i> dan <i>Underfitting</i>	17
3 <i>Convolutional Neural Network</i>	19
3.1 Arsitektur Model	19
3.1.1 Lapisan Konvolusi	19
3.1.2 Lapisan <i>Pooling</i>	22
3.1.3 Lapisan <i>Flattening</i>	23
3.2 <i>Siamese Neural Network</i>	23
3.3 <i>Transfer Learning</i>	24
3.3.1 <i>Inception-v3</i>	25
3.3.2 <i>ResNet-50</i>	27
4 HASIL PENGHITUNGAN DAN ANALISIS PREDIKSI	31
4.1 Data untuk Pelatihan Model <i>Siamese Neural Network</i>	31
4.2 Implementasi <i>Triplet Loss</i> pada <i>Siamese Neural Network</i>	31
4.2.1 Pelatihan Model pada Kerangka Kerja <i>Siamese Neural Network</i>	32
4.3 Hasil <i>Training</i> Model	33
4.4 <i>One-shot Learning</i> untuk Pengenalan Wajah	34
4.4.1 Data untuk Pengenalan Wajah	34
4.4.2 Rancangan dan Implementasi Klasifikasi dari Ciri Wajah	35

4.5 <i>Edge Computing</i>	36
5 KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR REFERENSI	41
A HASIL EKSPERIMEN	43

DAFTAR GAMBAR

2.1	Diagram Venn kecerdasan buatan: hubungan antara kecerdasan buatan, pembelajaran mesin, dan pembelajaran mendalam	5
2.2	Jaringan saraf tiruan	6
2.3	Contoh jaringan saraf tiruan dengan empat lapisan	7
2.4	Jaringan saraf tiruan dengan bobot dan bias	7
2.5	Ilustrasi penghitungan keluaran pada suatu neuron	8
2.6	Fungsi aktivasi ReLU	9
2.7	Fungsi aktivasi <i>Softmax</i>	10
2.8	Objektif dari <i>Triplet Loss</i> untuk mengenali wajah	11
2.9	Skema proses pembelajaran <i>Triplet Loss</i>	11
2.10	Hubungan <i>Softmax</i> dengan <i>Cross-Entropy Loss</i>	13
2.11	Ilustrasi penghitungan JST pada saat melakukan <i>backpropagation</i>	15
3.1	Kiri: Cara manusia memproses citra. Tengah: Cara gabungan komputer dan manusia memproses citra. Kanan: Cara komputer memproses citra.	19
3.2	Proses konvolusi pada citra 1 dimensi dengan filter berdimensi 3×3	20
3.3	Ilustrasi <i>sparse connection</i> dan <i>shared weights</i> pada CNN	21
3.4	Masukan citra sebagai contoh penerapan filter	22
3.5	Ilustrasi <i>max pooling</i> dan <i>average pooling</i> dengan <i>pooling window</i> berdimensi 2×2 dan <i>stride</i> sebanyak dua langkah	23
3.6	Ilustrasi <i>flattening</i> setelah melalui Lapisan <i>pooling</i>	23
3.7	Arsitektur <i>Siamese Neural Network</i> menggunakan <i>Triplet Loss</i>	24
3.8	Kiri: Wajah pada citra menempati sangat sedikit ruang pada citra. Tengah: Wajah pada citra menempati sebagian ruang pada citra. Kanan: Wajah menempati sebagian besar ruang pada citra.	25
3.9	Modul A pada <i>Inception-v3</i>	25
3.10	Modul B pada <i>Inception-v3</i>	26
3.11	Modul C pada <i>Inception-v3</i>	26
3.12	Modul D pada <i>Inception-v3</i>	27
3.13	Arsitektur model <i>ResNet-50</i>	27
3.14	Detail arsitektur <i>Convolution Block</i> dan <i>Identity Block</i> pada <i>ResNet-50</i>	28
3.15	<i>Shortcut connection</i> pada <i>ResNet-50</i>	28
4.1	Contoh pasangan <i>anchor</i> , positif dan negatif dari data LFWD	32
4.2	Rancangan model pada kerangka kerja SNN menggunakan <i>Triplet Loss</i> dengan 3 masukan citra dan pre-trained model <i>ResNet-50</i> atau <i>Inception-v3</i>	32
4.3	<i>Pre-trained model: Inception v3</i> dengan 250 kali Iterasi	34
4.4	Ciri wajah yang dihasilkan melalui model	35
4.5	Ciri wajah dari citra wajah yang tertangkap kamera	36
A.1	<i>Pre-trained model: Inception v3</i> dengan 100 kali Iterasi	43
A.2	<i>Pre-trained model: ResNet-50</i> dengan 100 kali Iterasi	43
A.3	<i>Pre-trained model: Inception v3</i> dengan 250 kali Iterasi	44

A.4	<i>Pre-trained model: ResNet-50</i> dengan 250 kali Iterasi	44
A.5	<i>Pre-trained model: Inception v3</i> dengan 500 kali Iterasi	44
A.6	<i>Pre-trained model: Resnet-50</i> dengan 500 kali Iterasi	45

DAFTAR TABEL

3.1	Berbagai hasil konvolusi menggunakan filter berbeda	22
4.1	Performansi model menggunakan parameter dan <i>pre-trained model</i> berbeda	33
4.2	Kelas dan citra wajah pada data untuk pengenalan wajah	35
4.3	Hasil validasi pengenalan wajah	37

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selama seorang manusia hidup, ada ratusan bahkan ribuan individu yang ia kenali [1]. Secara umum, identitas seseorang yang membuatnya dapat dikenali orang lain adalah wajah dan nama dari orang tersebut. Suatu objek dinamakan wajah manusia jika terdiri atas mata, hidung, pipi, bibir, dagu yang berada di bagian depan pada kepala. Penelitian psikologi selama 20 tahun terakhir menunjukkan bahwa manusia memproses wajah secara “holistik” [2, 3]. Oleh karena itu, manusia mengenali seseorang dengan melihat pola dan struktur wajah manusia untuk mengidentifikasi dan memverifikasi identitas manusia lain. Untuk dapat mengidentifikasi wajah manusia, melalui mata, seorang manusia akan menangkap suatu informasi visual untuk diproses.

Jika informasi visual yang ditangkap tidak mengandung pola dan struktur wajah manusia secara umum, yang terdiri atas garis wajah, alis, dua mata, satu hidung, dan satu mulut (yaitu komponen-komponen utama dalam wajah) maka informasi tersebut tidak akan ia proses lebih lanjut. Jika yang terjadi sebaliknya maka informasi tersebut akan ia proses lebih lanjut dengan menggunakan memori yang ia miliki dalam rangka mengenali wajah yang terlihat.

Kemampuan manusia untuk dapat mengenali wajah sangat hebat; walaupun mungkin terdapat bias pada wajah seperti perbedaan sudut pandang, resolusi, pencahayaan, ekspresi, warna kulit, bahkan penggunaan kosmetik dan aksesoris, manusia tetap dapat mengenali wajah manusia lain dengan baik. Seiring dengan perkembangan teknologi yang pesat, manusia pun berinovasi untuk mengimplementasikan kemampuan pengenalan wajah manusia pada komputer. Melalui implementasi ini, diharapkan komputer dapat berlaku layaknya manusia untuk menentukan identitas manusia berdasarkan wajah. Implementasi ini dinamakan pengenalan wajah.

Pengenalan wajah merupakan sebuah perangkat unsur yang secara teratur saling berkaitan dan dapat mengenali satu atau banyak wajah. Pengenalan wajah dapat bekerja baik pada citra yang diam maupun bergerak. Secara garis besar, pengenalan wajah bekerja dimulai dari kamera yang menangkap suatu produk digital (citra). Selanjutnya pengenalan wajah akan melakukan komputasi untuk mengolah citra tersebut dengan tujuan menentukan ada atau tidaknya wajah dalam citra tersebut. Dalam pembuatan pengenalan wajah diharapkan komputer dapat memiliki kemampuan automasi untuk mengenali wajah layaknya manusia.

Berkat kemajuan yang signifikan pada bidang penglihatan komputer (*computer vision*) dan deteksi objek (*object detection*), terlihat berbagai penggunaan metode dan jaringan *neural network* yang dapat diimplementasikan pada komputer dalam rangka mengenali wajah. Seperti manusia yang perlu berkenalan dan mempunyai suatu memori terhadap seorang wajah manusia untuk kemudian dapat mengenalinya kembali pada saat bertemu, komputer pun mengikuti cara yang sama. Hal pertama yang perlu dilakukan agar komputer dapat mengenali suatu wajah adalah memberikan informasi berupa citra-citra wajah beserta identitas dari wajah tersebut, yang dalam makalah ini berupa nama. Kumpulan citra dari pemilik wajah yang sama dinamakan kelas. Setelah itu, dengan menggunakan suatu model yang dirancang secara tepat, komputer akan dapat mengenali dan mengklasifikasikan wajah.

Salah satu model deteksi objek yang dapat membantu komputer untuk dapat mengenali wajah dinamakan YOLO (*You Only Look Once*) [4]. YOLO membagi citra yang telah ditangkap kamera, melakukan deteksi objek untuk dapat menentukan wajah, dan memberikan klasifikasi terhadap wajah tersebut. YOLO bekerja dengan baik untuk dapat mengenali wajah manusia, namun memiliki keterbatasan yaitu ketidakmampuan untuk mengatasi penambahan kelas yang baru. Keterbatasan dari YOLO mengakibatkan model perlu dilatih secara terus menerus setiap kali terdapat kelas yang baru. Oleh karena itu, penyelesaian masalah dari keterbatasan YOLO adalah menghasilkan model yang tidak perlu dilatih secara berulang tetapi tetap dapat mengidentifikasi semua kelas yang dikehendaki.

Makalah ini akan membahas perancangan pengenalan wajah dengan model yang memiliki kemampuan untuk menangani penambahan beban data wajah pada manusia dengan hanya membutuhkan satu data berupa citra wajah pada setiap kelas (*one-shot learning*) dan membandingkan jarak wajah menggunakan *Triplet Loss* pada kerangka kerja *Siamese Neural Network*. Model yang digunakan dalam *Siamese Neural Network* adalah *ResNet-50* dan *Inception-v3*. Dengan sumber daya dan data yang minim, model pengenalan wajah pada makalah ini akan membantu komputer untuk dapat mengenali wajah dengan performa yang tinggi. Tingkat komputasi yang rendah pada pengenalan wajah akan dibuktikan dengan penggunaan *edge computing* sebagai sarana eksplorasi bahwa model yang dibangun adalah model yang efisien, efektif, dan ringan.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas pada makalah ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana penerapan *Triplet Loss* dalam kerangka kerja *Siamese Neural Network*?
2. Bagaimana tingkat akurasi dari penerapan *pre-trained model* berbeda pada *Siamese Neural Network*?
3. Bagaimana penerapan metode *one-shot learning* dalam mengenali wajah?

1.3 Tujuan

Tujuan dari pembuatan makalah ini adalah

1. menerapkan *Triplet Loss* dalam kerangka *Siamese Neural Network*,
2. mengukur tingkat akurasi dari penerapan metode *Siamese Neural Network* pada pengenalan wajah,
3. menerapkan metode *one-shot learning* pada pengenalan wajah.

1.4 Batasan Masalah

Berikut batasan masalah pada makalah ini:

1. objek pada citra pada makalah ini adalah wajah manusia,
2. eksplorasi model yang digunakan pada makalah ini adalah *ResNet-50* dan *Inception-v3*.

1.5 Sistematika Pembahasan

Makalah ini terdiri atas empat bab berikut.

BAB 1: Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, dan sistematika pembahasan.

BAB 2: Landasan Teori

Pada bab ini akan dibahas teori pendukung untuk penelitian seperti pembelajaran mendalam dan jaringan saraf tiruan.

BAB 3: *Convolutional Neural Network*

Pada bab ini akan dibahas arsitektur model dari *Convolutional Neural Network*, teknik *transfer learning* untuk mengeksekusi *pre-trained model*, dan implementasi kerangka kerja *Triplet Loss* menggunakan *Siamese Neural Network*.

BAB 4: Hasil Penghitungan Eksplorasi Model dan Analisis Prediksi

Pada bab ini akan dibahas implementasi pengenalan citra menggunakan *pre-trained model* berbeda terhadap *Siamese Neural Network* dengan *Triplet Loss*, dan implementasi pengenalan wajah dengan metode *one-shot learning* pada *Edge Computing*.

BAB 5: Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini akan dibahas kesimpulan dan saran dari skripsi untuk penelitian yang lebih lanjut.