**KATA PENGANTAR**

Dengan nama Allah Yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang. Penulis panjatkan puji syukur dan terimakasih yang sebesar-besarnya atas rahmat, nikmat, kebahagiaan serta seluruh anugerah dalam bentuk materi ataupun spiritual yang telah dilimpahkan kepada penulis dan kepada seluruh hamba-hamba-Nya, karena hanya dengan rahmat, taufik dan nikmat-Nya lah penulis bisa menyelesaikan dan mengantarkan penelitian yang berjudul “Verifikasi Kemiripan Wajah Menggunakan Deep Learning Dengan Arsitektur Siamese” ini sampai pada proses terakhir.

Tak luput pula penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak-pihak yang memiliki kontribusi besar atas kelancaran proses pengerjaan Skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak dan Ibunda tercinta yang tiada hentinya dengan sabar, tulus dan ikhlas mencurahkan do’a dan kasih sayang serta dukungan baik moril ataupun materil kepada penulis. Tidak luput pula ucapan terimakasih kepada keluarga besar yang telah mendukung dalam pelaksanaan pendidikan yang dijalankan penulis.
2. Bapak Ir. Anthony Anggrawan, M.T., Ph.D, selaku rektor Universitas Bumigora.
3. Bapak Heroe Santoso, M.Kom, selaku Ketua Program Studi S1 Ilmu Komputer.
4. Bapak Jian Budiarto S.T., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing Satu dalam pengerjaan Skripsi ini.
5. Ibu Kartarina, S.Kom., M.Kom, selaku Dosen Pembimbing Dua dalam pengerjaan Skripsi ini.
6. Bapak Ibu Dosen pengajar Universitas Bumigora yang telah mengajarkan segala pengetahuan yang penulis dapat selama melaksanakan pendidikan di Universitas Bumigora.

Penulis sebagai manusia biasa, menyadari dengan sepenuhnya bahwa dalam penulisan Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, maka penulis senantiasa mengharapkan teguran, kritik serta saran yang sifatnya membangun untuk bersama-sama memajukan dan meningkatkan segala aspek pengetahuan pada penelitian ini agar senantiasa bersama-sama memberikan kontribusi pada perkembangan ilmu pengetahuan. Akhirnya penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan dapat diterima sebagai kontribusi dalam perkembangan ilmu pengetahuan.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Mataram, Juli 2019**  **Penulis,** |



# **LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hairul Imam

Nim : 1310520075

Program Studi : S1 Ilmu Komputer

Kompetensi : Rekayasa Perangkat Lunak

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul

**VERIFIKASI KEMIRIPAN WAJAH MENGGUNAKAN *DEEP LEARNING* DENGAN ARSITEKTUR *SIAMESE***

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesejarnaan 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 dalam daftar pustaka.

Jika dikemudian hari ditemukan plagiat (penjiplakan) suatu karya, maka saya bersedia untuk menerima sanksinya, yaitu berupa pembatalan / pencabutan gelar akademik yang telah saya terima.

**Mataram, Juli 2019**

**Hairul Imam**

**1310520075**

# **IZIN PENGGUNAAN**

Skripsi ini merupakan syarat kelulusan pada Program Studi S1 Ilmu Komputer Universitas Bumigora, dengan ini penulis setuju jika skripsi ini digandakan (diduplikasi) baik sebagian maupun seluruhnya, ataupun dikembangkan untuk kepentingan akademis yang disetujui oleh pembimbing penulis, Ketua Program Studi, Dekan Fakultas Teknik dan Kesehatan.

Untuk dimaklumi, bahwa menduplikasi, mempublikasikan atau menggunakan skripsi ini, maupun bagian-bagiannya dengan tujuan komersial/keuntungan finansial, tidak diizinkan tanpa adanya izin tertulis dari Universitas Bumigora. Jika hal ini dilanggar maka Universitas Bumigora akan memberikan sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku

Penghargaan akademis terkait isi dari skripsi ini adalah pada penulis dan Universitas Bumigora.

Permintaan izin untuk menduplikasi atau menggunakan materi dari skripsi ini baik sebagian maupun seluruhnya harus ditujukan pada:

Dekan Fakultas Teknik dan Kesehatan

Ketua Program Studi S1 Ilmu Komputer

Universitas Bumigora

# **ABSTRAK**

Verifikasi wajah adalah masalah yang cukup populer dalam bidang *computer vision.* Banyak pendekatan yang telah dilakukan untuk menyelesaikan masalah tersebut baik menggunakan model matematika murni dengan mempelajari pola geometri pada wajah secara manual maupun cara otomatis menggunakan pendekatan pembelajaran mesin.

Penelitian ini mencoba memecahkan masalah tersebut dengan pendekatan *deep learning*, dimana model dilatih menggunakan *triplet loss* yang didefinisikan pada paper *FaceNet.* Rancangan model yang digunakan adalah *Siamese* dengan menerapkan ResNet-50 yang telah dimodifikasi untuk mempelajari fitur yang ada pada gambar sehingga mampu mereduksi dimensi gambar yang tinggi menjadi vektor baris yang rendah berdimensi 1x128 yang disebut sebagai *embedding*.

Setelah model berhasil mempelajari *embedding* yang baik pada gambar maka masalah verifikasi wajah bisa diselesaikan dengan membandingkan jarak *embedding* antar gambar dimana jarak yang dekat dapat diartikan dengan wajah yang mirip (*genuine*) dan jarak yang jauh dapat diartikan sebagai wajah yang berbeda (*impostor*).

Pada penelitian ini, model berhasil dilatih pada dataset VGGv2 dengan mendapatkan akurasi sebanyak 92% pada dataset LFW sebagai data *testing* dan mendapatkan nilai AUC (*Area Under The Curve*) 95%. Nilai AUC yang cukup tinggi dapat diartikan bahwa model cukup baik dalam memprediksi gambar wajah orang yang sama sebagai *genuine* dan gambar wajah orang yang berbeda sebagai *impostor.*

**Kata Kunci:** *Deep Learning*, *Siamese, Triplet Loss, ResNet*, Verifikasi Wajah, *Face Embedding, Dimensionality Reduction*.

**DAFTAR ISI**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**KATA PENGANTAR**  i

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN** iii

**IZIN PENGGUNAAN**  iv

**ABSTRAK**  v

**DAFTAR ISI** vi

**DAFTAR GAMBAR**  ix

**DAFTAR TABEL**  xi

**BAB I PENDAHULUAN** 1

* + - 1. Latar Belakang 1
      2. Rumusan Masalah 2
      3. Batasan Masalah 2
      4. Tujuan Penulisan 2
      5. Manfaat Penulisan 2
      6. Metodologi Penelitian 3
      7. Sistematika Penulisan 3

**BAB II LANDASAN TEORI**  5

1. Citra Digital 5
2. Pengolahan Citra Digital 5
3. Machine Learning 5

Supervised Learning 6

Unsupervised Learning 6

1. Artificial Neural Network (ANN) 6
2. Input 8
3. Weight 8
4. Bias 9
5. Aktivasi 9
6. Deep Learning 11
7. Layer Konvolusi 13
8. Max Pool 14
9. Batch Normalization 14
10. Dropout 15
11. Training 16
12. Epoch 16
13. Batch Size 16
14. Backpropagation 16

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**  20

1. Dataset 20

Data Latih (*Training*) 20

Data Uji (*Testing*) 22

MTCNN 23

Preprocessing 26

1. Siamese 29

ResNet 31

ResNet-50 34

Konfigurasi ResNet 35

Modifikasi Layer Resnet-50 36

1. Training 37

Triplet Loss 37

Pemilihan Triplet 40

Easy Triplet 40

Hard Triplet 41

Semi Hard Triplet 41

1. Evaluasi dan Pengujian 41

Confusion Metric 42

Akurasi 42

Recall 42

Precision 43

Pengukuran F1 43

Kurva ROC dan AOC 43

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**  44

1. Konfigurasi Hardware dan Software 44
2. Proses Training dan Testing 44
3. Layer FC 44
4. Layer Ekstraksi Fitur 48
5. Hasil Belajar 51
6. Layer Conv1 51
7. Layer BN1 52
8. Layer ReLU 53
9. Layer Max Pool 54
10. Layer1 55
11. Layer2 55
12. Layer3 56
13. Layer4 57
14. Layer FC 58
15. Percobaan Verifikasi Wajah 59

**BAB V PENUTUP**  66

1. Kesimpulan 66
2. Saran 66

**DAFTAR REFERENSI**  68

**LAMPIRAN**

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Struktur Neuron Pada Otak Manusia 7

Gambar 2.2 Struktur Perceptron Pada ANN 7

Gambar 2.3 Grafik Aktivasi ReLU 10

Gambar 2.4 Grafik Aktivasi Sigmoid 10

Gambar 2.5 Grafik Fungsi Tanh 11

Gambar 2.6 Perbedaan Machine Learning dan Deep Learning 13

Gambar 2.7 Ilustrasi Proses Konvolusi 14

Gambar 2.8 Ilustrasi Operasi Max Pool 14

Gambar 2.9 Ilustrasi Proses Dropout 16

Gambar 2.10 Ilustrasi Forward dan Backward Pass 18

Gambar 3.1 Grafik Distribusi Dataset VGGv2 21

Gambar 3.2 Contoh Gambar Dataset VGG Face v2 22

Gambar 3.3 Contoh Gambar Dataset LFW 23

Gambar 3.4 Pipeline MTCNN Dalam Menghasilkan Face Landmark 24

Gambar 3.5 Arsitektur MTCNN 25

Gambar 3.6 Visualisasi Normalisasi Data 28

Gambar 3.7 Contoh Jaringan Siamese 30

Gambar 3.8 Error Lebih Tinggi Pada Arsitektur Yang Lebih Dalam 31

Gambar 3.9 Komponen Utama Residual Dengan Sambungan Shortcut 32

Gambar 3.10 Arsitektur Jaringan Plain dan Residual Block 33

Gambar 3.11 Perbandingan Kesalahan ResNet dan Plain 34

Gambar 3.12 Beberapa Jenis Arsitektur ResNet 34

Gambar 3.13 Blok Layer Jaringan ResNet Yang Utuh 36

Gambar 3.14 Blok Layer Jaringan ResNet Tanpa Layer Terakhir 36

Gambar 3.15 Ilustrasi Operasi L2 Norm dan Skala α 37

Gambar 3.16 Ilustrasi ResNet Setelah Penambahan L2 Norm & Skala α 37

Gambar 3.17 Ilustrasi Belajar Triplet Loss 38

Gambar 3.18 Contoh Gambar Anchor, Positive dan Negative 38

Gambar 3.19 Ilustrasi Pembagian Jenis Triplet 40

Gambar 4.1 Grafik TripletLossHasilTraining& Testing Layer FC 45

Gambar 4.2 Grafik Akurasi Hasil Training & Testing Layer FC 45

Gambar 4.3 Grafik Triplet Loss Hasil Training & Testing Layer Eks. Fitur 48

Gambar 4.4 Grafik Akurasi Hasil Training & Testing Layer Ekstraksi Fitur 48

Gambar 4.5 Grafik ROC Proses Training Terakhir 49

Gambar 4.6 Gambar Input Setelah Tahap Preprocessing 51

Gambar 4.7 Output Layer Conv1 52

Gambar 4.8 Output Layer BN1 53

Gambar 4.9 Output Layer ReLU 54

Gambar 4.10 Output Layer Max Pool 54

Gambar 4.11 Output Layer1 55

Gambar 4.12 Output Layer2 56

Gambar 4.13 Output Layer3 57

Gambar 4.14 Output Layer4 58

Gambar 4.15 Hasil Embedding Layer FC 58

Gambar 4.16 Jumlah Prediksi Benar Setiap Nilai Threshold 59

**DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Ketentuan Nilai Mean Yang Digunakan 28

Tabel 3.2 Ketentuan Nilai Std Yang Digunakan 28

Tabel 3.3 Ilustrasi Pemrosesan Data Sebelum Diproses Untuk Training 29

Tabel 3.4 Ilustrasi Pemrosesan Data Sebelum Diproses Untuk Testing 29

Tabel 3.5 Perbandingan Jumlah Parameter Model ResNet 35

Tabel 3.6 Contoh Jenis Triplet 41

Tabel 4.1 Training Layer FC Learning Rate 0.001 46

Tabel 4.2 Training Layer FC Learning Rate 0.0001 47

Tabel 4.3 Training Layer Ekstraksi Fitur 50

Tabel 4.4 Hasil Perbandingan Pasangan Gambar Threshold 0.5 60

Tabel 4.5 Hasil Perbandingan Pasangan Gambar Threshold 0.6 61

Tabel 4.6 Hasil Perbandingan Pasangan Gambar Threshold 0.7 62

Tabel 4.7 Hasil Perbandingan Pasangan Gambar Threshold 0.8 63

Tabel 4.8 Hasil Perbandingan Pasangan Gambar Threshold 0.9 64

Tabel 4.9 Hasil Perbandingan Pasangan Gambar Threshold 1.0 65