**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 sebagai wajah yang mirip (*genuine*) dan jarak yang jauh dapat diartikan sebagai wajah yang berbeda (*impostor*).

Pada penelitian ini, model berhasil dilatih pada dataset VGG Face v2 (*Visual Geometry Group*) dengan nilai akurasi 92% pada dataset LFW (*Labeled Face in The Wild*) 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:** *Siamese, Triplet Loss,* 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**  4

1. Citra Digital 4
2. Pengolahan Citra Digital 4
3. Machine Learning 4

Supervised Learning 5

Unsupervised Learning 5

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

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**  19

1. Dataset 19

Data Latih (*Training*) 19

Data Uji (*Testing*) 21

MTCNN 22

Preprocessing 25

1. Siamese 28

ResNet 30

ResNet-50 33

Konfigurasi ResNet 34

Modifikasi Layer Resnet-50 35

1. Training 36

Triplet Loss 36

Pemilihan Triplet 39

Easy Triplet 39

Hard Triplet 40

Semi Hard Triplet 40

1. Evaluasi dan Pengujian 40

Confusion Metric 41

Akurasi 41

Recall 41

Precision 42

Pengukuran F1 42

Kurva ROC dan AUC 42

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**  43

1. Konfigurasi Hardware dan Software 43
2. Proses Training dan Testing 43
3. Layer FC 43
4. Layer Ekstraksi Fitur 47
5. Hasil Belajar 50
6. Layer Conv1 50
7. Layer BN1 51
8. Layer ReLU 52
9. Layer Max Pool 53
10. Layer1 54
11. Layer2 54
12. Layer3 55
13. Layer4 56
14. Layer FC 57
15. Percobaan Verifikasi Wajah 58

**BAB V PENUTUP**  65

1. Kesimpulan 65
2. Saran 65

**DAFTAR REFERENSI**  67

**LAMPIRAN**

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Struktur Neuron Pada Otak Manusia 6

Gambar 2.2 Struktur Perceptron Pada ANN 6

Gambar 2.3 Grafik Aktivasi ReLU 9

Gambar 2.4 Grafik Aktivasi Sigmoid 9

Gambar 2.5 Grafik Fungsi Tanh 10

Gambar 2.6 Perbedaan Machine Learning dan Deep Learning 12

Gambar 2.7 Ilustrasi Proses Konvolusi 13

Gambar 2.8 Ilustrasi Operasi Max Pool 13

Gambar 2.9 Ilustrasi Proses Dropout 15

Gambar 2.10 Ilustrasi Forward dan Backward Pass 17

Gambar 3.1 Grafik Distribusi Dataset VGGv2 20

Gambar 3.2 Contoh Gambar Dataset VGG Face v2 21

Gambar 3.3 Contoh Gambar Dataset LFW 22

Gambar 3.4 Pipeline MTCNN Dalam Menghasilkan Face Landmark 23

Gambar 3.5 Arsitektur MTCNN 24

Gambar 3.6 Visualisasi Normalisasi Data 27

Gambar 3.7 Contoh Jaringan Siamese 29

Gambar 3.8 Error Lebih Tinggi Pada Arsitektur Yang Lebih Dalam 30

Gambar 3.9 Komponen Utama Residual Dengan Sambungan Shortcut 31

Gambar 3.10 Arsitektur Jaringan Plain dan Residual Block 32

Gambar 3.11 Perbandingan Kesalahan ResNet dan Plain 33

Gambar 3.12 Beberapa Jenis Arsitektur ResNet 33

Gambar 3.13 Blok Layer Jaringan ResNet Yang Utuh 35

Gambar 3.14 Blok Layer Jaringan ResNet Tanpa Layer Terakhir 35

Gambar 3.15 Ilustrasi Operasi L2 Norm dan Skala α 36

Gambar 3.16 Ilustrasi ResNet Setelah Penambahan L2 Norm & Skala α 36

Gambar 3.17 Ilustrasi Belajar Triplet Loss 37

Gambar 3.18 Contoh Gambar Anchor, Positive dan Negative 37

Gambar 3.19 Ilustrasi Pembagian Jenis Triplet 39

Gambar 4.1 Grafik TripletLossHasilTraining& Testing Layer FC 44

Gambar 4.2 Grafik Akurasi Hasil Training & Testing Layer FC 44

Gambar 4.3 Grafik Triplet Loss Hasil Training & Testing Layer Eks. Fitur 47

Gambar 4.4 Grafik Akurasi Hasil Training & Testing Layer Ekstraksi Fitur 47

Gambar 4.5 Grafik ROC Proses Training Terakhir 48

Gambar 4.6 Gambar Input Setelah Tahap Preprocessing 50

Gambar 4.7 Output Layer Conv1 51

Gambar 4.8 Output Layer BN1 52

Gambar 4.9 Output Layer ReLU 53

Gambar 4.10 Output Layer Max Pool 53

Gambar 4.11 Output Layer1 54

Gambar 4.12 Output Layer2 55

Gambar 4.13 Output Layer3 56

Gambar 4.14 Output Layer4 57

Gambar 4.15 Hasil Embedding Layer FC 57

Gambar 4.16 Jumlah Prediksi Benar Setiap Nilai Threshold 58

**DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Ketentuan Nilai Mean Yang Digunakan 27

Tabel 3.2 Ketentuan Nilai Std Yang Digunakan 27

Tabel 3.3 Ilustrasi Pemrosesan Data Sebelum Diproses Untuk Training 28

Tabel 3.4 Ilustrasi Pemrosesan Data Sebelum Diproses Untuk Testing 28

Tabel 3.5 Perbandingan Jumlah Parameter Model ResNet 34

Tabel 3.6 Contoh Jenis Triplet 40

Tabel 4.1 Training Layer FC Learning Rate 0.001 45

Tabel 4.2 Training Layer FC Learning Rate 0.0001 46

Tabel 4.3 Training Layer Ekstraksi Fitur 49

Tabel 4.4 Hasil Perbandingan Pasangan Gambar Threshold 0.5 59

Tabel 4.5 Hasil Perbandingan Pasangan Gambar Threshold 0.6 60

Tabel 4.6 Hasil Perbandingan Pasangan Gambar Threshold 0.7 61

Tabel 4.7 Hasil Perbandingan Pasangan Gambar Threshold 0.8 62

Tabel 4.8 Hasil Perbandingan Pasangan Gambar Threshold 0.9 63

Tabel 4.9 Hasil Perbandingan Pasangan Gambar Threshold 1.0 64