**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 Jaringan 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 Jian Budiarto S.T., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing Satu dalam pengerjaan Skripsi ini.
3. Ibu Kartarina, S.Kom., M.Kom, selaku Dosen Pembimbing Dua dalam pengerjaan Skripsi ini.
4. Bapak Ir. Anthony Anggrawan, M.T., Ph.D, selaku rektor Universitas Bumigora.
5. Bapak Heroe Santoso, M.Kom, selaku Ketua Program Studi S1 Ilmu Komputer.
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 JARINGAN *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 Faces in the Wild*) sebagai data *testing* dan mendapatkan nilai AUC (*Area Under the Curve*) 97%. Nilai AUC yang tinggi dapat diartikan bahwa model dapat memverifikasi dengan baik 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 3
      3. Batasan Masalah 3
      4. Tujuan Penulisan 3
      5. Manfaat Penulisan 3
      6. Sistematika Penulisan 4

**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
15. Evaluasi dan Pengujian 19

Confusion Metric 19

Akurasi 20

Recall 20

Precision 20

Pengukuran F1 21

Kurva ROC dan AUC 21

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**  22

1. Dataset 22

Data Latih (*Training*) 22

Data Uji (*Testing*) 24

MTCNN 26

Preprocessing 27

1. Siamese 32

Residual Network (ResNet) 34

ResNet-50 37

Konfigurasi ResNet 38

Modifikasi Layer Resnet-50 38

1. Training 40

Triplet Loss 40

Pemilihan Triplet 42

Easy Triplet 43

Hard Triplet 43

Semi Hard Triplet 43

Proses Training dan Testing 44

Gambaran Umum Training dan Testing 43

Generate Random Triplet 48

Proses Training 50

Proses Testing 51

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**  54

1. Konfigurasi Hardware dan Software 54
2. Proses Training dan Testing 54
3. Layer FC 54
4. Layer Ekstraksi Fitur 58
5. Hasil Belajar 61
6. Layer Conv1 61
7. Layer BN1 62
8. Layer ReLU 63
9. Layer Max Pool 64
10. Layer1 65
11. Layer2 65
12. Layer3 66
13. Layer4 67
14. Layer FC 68
15. Percobaan Verifikasi Wajah 69

**BAB V PENUTUP**  71

1. Kesimpulan 71
2. Saran 71

**DAFTAR REFERENSI**  73

**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 15

Gambar 2.10 Ilustrasi Forward dan Backward Pass 18

Gambar 3.1 Grafik Distribusi Dataset VGGv2 23

Gambar 3.2 Contoh Gambar Dataset VGG Face v2 23

Gambar 3.3 Struktur Folder Dataset VGG Face v2 24

Gambar 3.4 Struktur Folder Dataset LFW 25

Gambar 3.5 Contoh Gambar Dataset LFW 25

Gambar 3.6 Pipeline MTCNN Dalam Menghasilkan Face Landmark 26

Gambar 3.7 Arsitektur MTCNN 27

Gambar 3.8 Visualisasi Normalisasi Data 30

Gambar 3.9 Transformasi Gambar Ke Tensor 32

Gambar 3.10 Contoh Jaringan Siamese 33

Gambar 3.11 Error Lebih Tinggi Pada Arsitektur Yang Lebih Dalam 34

Gambar 3.12 Blok Residual Dengan Sambungan Shortcut 35

Gambar 3.13 Arsitektur Jaringan Plain dan Residual Block 36

Gambar 3.14 Perbandingan Kesalahan ResNet dan Plain 37

Gambar 3.15 Beberapa Jenis Arsitektur ResNet 37

Gambar 3.16 Blok Jaringan ResNet Yang Utuh 39

Gambar 3.17 Blok Jaringan ResNet Tanpa Layer Terakhir 39

Gambar 3.18 Ilustrasi Operasi L2 Norm dan Skala α 39

Gambar 3.19 Layer FC Setelah Penambahan L2 Norm & Skala α 40

Gambar 3.20 Ilustrasi Belajar Triplet Loss 41

Gambar 3.21 Contoh Gambar Anchor, Positive dan Negative 41

Gambar 3.22 Ilustrasi Pembagian Jenis Triplet 43

Gambar 3.23 Gambaran Besar Proses Training dan Testing 45

Gambar 3.24 Flowchart Pembuatan Triplet Acak 49

Gambar 3.25 Flowchart Training 50

Gambar 3.26 Flowchart Proses Testing 52

Gambar 4.1 Grafik TripletLossHasilTraining& Testing Layer FC 55

Gambar 4.2 Grafik Akurasi Hasil Training & Testing Layer FC 55

Gambar 4.3 Grafik Triplet Loss Hasil Training & Testing Layer Eks. Fitur 58

Gambar 4.4 Grafik Akurasi Hasil Training & Testing Layer Ekstraksi Fitur 58

Gambar 4.5 Grafik ROC Proses Training Terakhir 59

Gambar 4.6 Gambar Input Setelah Tahap Preprocessing 61

Gambar 4.7 Output Layer Conv1 62

Gambar 4.8 Output Layer BN1 63

Gambar 4.9 Output Layer ReLU 64

Gambar 4.10 Output Layer Max Pool 64

Gambar 4.11 Output Layer1 65

Gambar 4.12 Output Layer2 66

Gambar 4.13 Output Layer3 67

Gambar 4.14 Output Layer4 68

Gambar 4.15 Hasil Embedding Layer FC 68

Gambar 4.16 Jumlah Verifikasi Benar Setiap Nilai Threshold 69

**DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Ketentuan Nilai Mean Yang Digunakan 30

Tabel 3.2 Ketentuan Nilai Std Yang Digunakan 30

Tabel 3.3 Ilustrasi Preprocessing Gambar Untuk Training 31

Tabel 3.4 Ilustrasi Preprocessing Gambar Untuk Testing 31

Tabel 3.5 Perbandingan Jumlah Parameter Model ResNet 38

Tabel 3.6 Contoh Jenis Triplet 44

Tabel 3.7 Rincian Input dan Output Setiap Layer 46

Tabel 3.8 Rincian Arsitektur Setiap Operasi Konvolusi 47

Tabel 4.1 Training Layer FC Learning Rate 0.001 56

Tabel 4.2 Training Layer FC Learning Rate 0.0001 57

Tabel 4.3 Training Layer Ekstraksi Fitur 60

Tabel 4.4 Hasil Jumlah Benar Setiap Nilai Threshold 70

Tabel 4.5 Jarak Gambar Hard Negative Setelah Training 70