

**DETEKSI EMOSI DAN *AROUSAL-VALENCE* DALAM *APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE* MENGGUNAKAN HAAR CASCADE DAN EFFICIENTNET PADA DATASET AFFECTNET**

**SKRIPSI**

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada program studi Rekayasa Perangkat Lunak



oleh

Rangga Kalam Sidiq

NIM 2008752

**PROGRAM STUDI REKAYASA PERANGKAT LUNAK  
KAMPUS UPI DI CIBIRU  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2024**

**DETEKSI EMOSI DAN *AROUSAL-VALENCE* DALAM *APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE* MENGGUNAKAN HAAR CASCADE DAN EFFICIENTNET PADA DATASET AFFECTNET**

oleh  
Rangga Kalam Sidiq  
NIM 2008752

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi S1 Rekayasa Perangkat Lunak

© Rangga Kalam Sidiq  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Agustus 2024

© Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, baik dengan dicetak ulang, difotokopi, maupun dengan cara lain tanpa izin dari penulis.

**HALAMAN PENGESAHAN**

RANGGA KALAM SIDIQ

**DETEKSI EMOSI DAN *AROUSAL-VALENCE* DALAM *APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE* MENGGUNAKAN HAAR CASCADE DAN EFFICIENTNET PADA DATASET AFFECTNET**

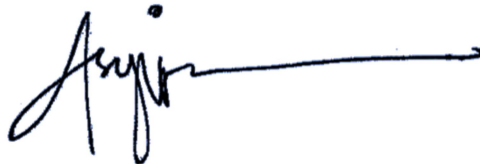
disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I,



**Dian Angraini, S.ST., M.T.**  
NIP 920190219930526201

Pembimbing II,



**Asyifa Imanda Septiana, S.Pd., M.Eng.**  
NIP 920190219920228201

Mengetahui,

Ketua Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak

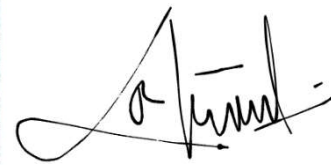


**Mochamad Iqbal Ardimansyah, S.T., M.Kom.**  
NIP 920190219910328101

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN BEBAS PLAGIARISME

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul "Deteksi Emosi dan *Arousal-Valence* dalam *Application Programming Interface* menggunakan Haar Cascade dan EfficientNet pada Dataset AffectNet" ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 8 Agustus 2024



Rangga Kalam Sidiq  
NIM 2008752

## HALAMAN UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Deteksi Emosi dan *Arousal-Valence* dalam *Application Programming Interface* menggunakan Haar Cascade dan EfficientNet pada Dataset AffectNet” untuk memenuhi sebagian dari syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi S1 Rekayasa Perangkat Lunak di Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah terlibat dalam membantu dan mendukung selama masa pengerjaan skripsi ini sampai terselesaikan, di antaranya:

1. Bapak Prof. Dr. H. M. Solehuddin, M.Pd., M.A., selaku Rektor Universitas Pendidikan Indonesia yang telah memimpin Universitas Pendidikan Indonesia dengan penuh dedikasi dan memberikan kesempatan bagi penulis untuk menempuh pendidikan dan berkembang di Universitas Pendidikan Indonesia.
2. Bapak Prof. Dr. Deni Darmawan, M.Si., selaku Direktur UPI Kampus di Cibiru yang telah senantiasa memberikan arahan dan bimbingan kepada seluruh civitas akademika UPI Kampus di Cibiru.
3. Bapak Mochamad Iqbal Ardiansyah, S.T., M.Kom., selaku Kepala Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak yang telah senantiasa memberikan arahan dan dukungan selama masa perkuliahan.
4. Ibu Indira Syawanodya, M.Kom. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah senantiasa memberikan arahan, bimbingan, dan bantuan selama masa perkuliahan.
5. Ibu Dian Anggraini, S.ST., M.T., selaku dosen pembimbing skripsi pertama yang telah dengan penuh dedikasi untuk membimbing dan memberikan masukan atau saran bagi penulis dalam setiap tahap penelitian.
6. Ibu Asyifa Imanda Septiana, S.Pd., M.Eng., selaku dosen pembimbing skripsi kedua yang telah dengan penuh dedikasi untuk mengarahkan dan memberikan masukan atau saran serta dukungan motivasi bagi penulis dalam setiap langkah penelitian.

7. Seluruh jajaran dosen dan staf Program Studi Rekayasa Perangkat Lunak yang telah dengan penuh dedikasi mengajar, membimbing, dan memberikan pelayanan terbaik kepada penulis selama masa perkuliahan.
8. Kedua orang tua beserta keluarga besar yang senantiasa mendukung segala aktivitas dan keputusan yang dibuat oleh penulis selama masa perkuliahan.
9. Seluruh rekan-rekan tim *HCE* yang telah banyak memberikan dukungan, bantuan, dan motivasi dalam penyelesaian penelitian ini.
10. Seluruh rekan-rekan kampus yang telah menemani, mendukung, dan membantu penulis selama masa perkuliahan.
11. Semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan keterbasan yang perlu disempurnakan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran maupun kritik yang membangun untuk pengembangan ke depan di kemudian hari yang lebih baik. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis, pembaca, dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya di bidang Rekayasa Perangkat Lunak.

Bandung, 8 Agustus 2024



Rangga Kalam Sidiq

**DETEKSI EMOSI DAN *AROUSAL-VALENCE* DALAM *APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE* MENGGUNAKAN HAAR CASCADE DAN EFFICIENTNET PADA DATASET AFFECTNET**

oleh

Rangga Kalam Sidiq – [rangga@upi.edu](mailto:rangga@upi.edu)

2008752

**ABSTRAK**

Deteksi emosi dan *arousal-valence* masih menjadi topik penting dalam pengembangan sistem pengenalan emosi, serta kebutuhan untuk meningkatkan kinerja model tetap menjadi tantangan. Saat ini terdapat beberapa sistem pengenalan emosi yang masih belum menerapkan deteksi wajah menggunakan Haar Cascade baik dalam pra-proses data untuk pelatihan maupun proses inferensi dengan integrasi model yang memberikan keluaran untuk klasifikasi emosi sekaligus dimensi valensi dan *arousal*. Selain itu, penerapan model pengenalan emosi ke dalam bentuk API yang diterapkan pada layanan penyimpanan awan juga masih jarang. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan model deteksi dengan tiga keluaran berisikan klasifikasi emosi, nilai valensi, dan nilai *arousal* menggunakan EfficientNet serta Haar Cascade yang bertujuan untuk melakukan deteksi wajah pada proses pelatihan dan inferensi model. Dari beberapa eksperimen yang dilakukan meliputi penerapan beberapa metode pembelajaran transfer seperti pembekuan dan pencairan lapisan model EfficientNetB0 dan EfficientNetB7, penyetelan model dengan tingkat pembelajaran yang berbeda, dan penerapan augmentasi gambar mendapatkan hasil model terbaik dengan akurasi pada keluaran klasifikasi emosi sebesar 56%, pada keluaran nilai valensi *MAE* 0.2889, *MSE* 0.1333, *RMSE* 0.3651, dan pada keluaran nilai *arousal* *MAE* 0.2795, *MSE* 0.1244, *RMSE* 0.3527, yang menunjukkan nilai akurasi dan kesalahan yang cukup baik. Hasil model terbaik selanjutnya dilakukan implementasi pada API dan diterapkan pada layanan Google Cloud dengan hasil akurasi 99.55% akurat sesuai dengan hasil sebelum diimplementasi dengan hasil rata-rata waktu *request* 281.61 milidetik untuk 28.1 *request* per detik dari total 35 pengguna virtual.

**Kata Kunci:** Deteksi Emosi dan *Arousal-Valence*, Valensi dan *Arousal*, EfficientNet, AffectNet, Haar Cascade

**EMOTION AND AROUSAL-VALENCE DETECTION IN APPLICATION  
PROGRAMMING INTERFACE USING HAAR CASCADE AND  
EFFICIENTNET ON AFFECTNET DATASET**

*arranged by*

*Rangga Kalam Sidiq – rangga@upi.edu*

*2008752*

**ABSTRACT**

*Emotion and arousal-valence detection are still important topics in the development of emotion recognition systems, and the need for improvement in the performance of emotion and engagement detection models is still a challenge. Currently, there are several emotion recognition systems that have not yet implemented Haar Cascade for face detection, either in the pre-processing of data for training, or in the inference process with the integration of models that provide output for emotion classification as well as valence and arousal dimensions. Furthermore, the application of emotion recognition models in the form of APIs applied to cloud storage services is still rare. This research aims to implement a detection model with three outputs including emotion classification, valence and arousal value using EfficientNet and Haar Cascade, which aims to perform face detection in the model training and inference process. From several experiments conducted, including the application of several transfer learning methods such as freezing and fine-tuning the model layers of EfficientNetB0 and EfficientNetB7, tuning the model with different learning levels, and applying image augmentation, the best model results with accuracy at the output of emotion classification of 56%, at the output of valence value MAE 0.2889, MSE 0.1333, RMSE 0.3651, and at the output of arousal value MAE 0.2795, MSE 0.1244, RMSE 0.3527, which shows quite good accuracy and error values. The best model results are then implemented on the API and applied to the Google Cloud service with 99.55% accuracy according to the results before implementation, with an average request time of 281.61 milliseconds for 28.1 requests per second from a total of 35 virtual users.*

***Keywords: Emotion and Arousal-Valence Detection, Valence and Arousal, EfficientNet, AffectNet, Haar Cascade***



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN BEBAS PLAGIARISME .....	iv
HALAMAN UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR RUMUS .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Penelitian .....	5
1.6 Struktur Organisasi Skripsi .....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Emosi.....	14
2.3 <i>Arousal-Valence</i> .....	14
2.4 Deteksi Wajah .....	16
2.5 Deteksi Emosi.....	16
2.6 Deteksi <i>Arousal-Valence</i> .....	17

2.7	<i>Artificial Intelligence</i> .....	17
2.8	Haar Cascade .....	19
2.9	EfficientNet .....	19
2.10	AffectNet .....	21
BAB III METODE PENELITIAN.....		23
3.1	Desain Penelitian .....	23
3.2	Klarifikasi Penelitian .....	24
3.3	Studi Deskriptif 1 .....	24
3.4	Studi Preskriptif.....	24
3.4.1	Pengembangan Model .....	24
3.4.2	Pengembangan API dan Proses Dockerisasi.....	28
3.4.3	Penerapan ke Layanan <i>Cloud</i> .....	28
3.5	Studi Deskriptif 2 .....	28
3.6	Partisipan .....	31
3.7	Waktu dan Tempat Penelitian .....	31
3.8	Lingkungan Komputasi .....	31
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN .....		33
4.1	Pengembangan Model .....	33
4.1.1	Pengumpulan Data.....	33
4.1.2	<i>Exploratory Data Analysis</i> .....	33
4.1.3	Pengolahan Data .....	34
4.1.4	Pengeliminasian <i>Outliers</i> .....	35
4.1.5	<i>Downsampling</i> .....	39
4.1.6	Augmentasi Gambar .....	40
4.1.7	<i>Data Generator</i> .....	43
4.1.8	<i>Training Model Deteksi Emosi dan Arousal-Valence</i> .....	46

4.1.9	Pengujian Model .....	58
4.2	Perbandingan Kinerja Model EfficientNetB0 dan EfficientNetB7 .....	68
4.3	Implementasi pada API .....	69
4.3.1	Hasil Model dan Pengujian API .....	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		74
5.1	Kesimpulan.....	74
5.2	Saran .....	75
DAFTAR PUSTAKA .....		76
LAMPIRAN .....		79

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rangkuman Penelitian Terdahulu .....	7
Tabel 2.2 EfficientNetB0 <i>Baseline Network</i> .....	20
Tabel 3.1 <i>Confusion Matrix</i> .....	29
Tabel 4.1 Rangkuman Dataset AffectNet .....	34
Tabel 4.2 Rangkuman Set Pelatihan dan Pengujian 7 Kategori Emosi .....	35
Tabel 4.3 Rangkuman Data <i>Outliers</i> dan Setelah Proses Hapus <i>Outliers</i> .....	39
Tabel 4.4 Rangkuman Set Pelatihan dan Pengujian Setelah Proses <i>Downsampling</i> .....	39
Tabel 4.5 Parameter Augmentasi Gambar .....	40
Tabel 4.6 DataFrame Set Pelatihan .....	44
Tabel 4.7 Rangkuman Model EfficientNetB0 .....	47
Tabel 4.8 Rangkuman Model EfficientNetB7 .....	48
Tabel 4.9 Hasil Metrik <i>Output</i> Klasifikasi Emosi ( <i>Precision, Recall, F1-Score</i> )	59
Tabel 4.10 Hasil Metrik <i>Output</i> Klasifikasi Emosi (Akurasi, <i>F1-Score, Loss</i> ) ....	60
Tabel 4.11 Hasil Metrik <i>Output</i> Valensi dan Arousal ( <i>MAE, MSE, RMSE</i> ).....	61
Tabel 4.12 Total <i>Loss</i> Setiap <i>Output</i> .....	62
Tabel 4.13 Hasil Metrik Evaluasi <i>Output</i> Klasifikasi Emosi Model Terbaik Berdasarkan Setiap Kategori Emosi .....	64
Tabel 4.14 Hasil Metrik Evaluasi dari Kinerja Model Terbaik <i>Output</i> Klasifikasi Emosi .....	65
Tabel 4.15 Hasil Metrik <i>Output</i> Nilai Valensi dan <i>Arousal</i> Model Terbaik ( <i>MAE, MSE, RMSE</i> ) .....	65
Tabel 4.16 Hasil Perbandingan Model Sebelum dan Setelah Implementasi API .	71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Gambar Emosi pada Ruang 2D (Mollahosseini dkk., 2019)	15
Gambar 2.2 Hirarki AI, ML, DL, dan ANN (Ramanuj Goswami, 2020).....	18
Gambar 2.3 Ukuran Model dengan Akurasi pada ImageNet (Tan dan Le, 2019)	20
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	23
Gambar 3.2 Proses Pengembangan Model Deteksi Emosi dan <i>Arousal-Valence</i>	25
Gambar 3.3 Proses <i>Data Generator</i> .....	26
Gambar 3.4 Proses <i>Training</i> Model atau Pelatihan Model.....	27
Gambar 4.1 <i>Scatter Plot</i> dari Nilai Valensi dan <i>Arousal</i> berdasarkan Emosi .....	36
Gambar 4.2 Detail <i>Scatter Plot</i> dari Nilai Valensi dan <i>Arousal</i> berdasarkan Emosi .....	37
Gambar 4.3 Contoh Data Original dari Dataset AffectNet.....	38
Gambar 4.4 Contoh Data Gambar Setelah Dilakukan Pemotongan Haar Cascade .....	38
Gambar 4.5 Contoh Data Gambar Tidak Terdeteksi Haar Cascade .....	38
Gambar 4.6 Sampel Set Pelatihan Tanpa Menerapkan Augmentasi Gambar.....	42
Gambar 4.7 Hasil Penerapan Augmentasi Gambar Pada Sampel Set Pelatihan...	43
Gambar 4.8 Hasil <i>Data Generator</i> ( <i>Array</i> Gambar).....	45
Gambar 4.9 Hasil <i>Data Generator</i> ( <i>Label Dictionary</i> ).....	46
Gambar 4.10 Diagram Model EfficientNetB0 .....	48
Gambar 4.11 Diagram Model EfficientNetB7 .....	49
Gambar 4.12 Pelatihan Model Terbaik <i>Output</i> Klasifikasi Emosi (Akurasi) .....	55
Gambar 4.13 Pelatihan Model Terbaik <i>Output</i> Klasifikasi Emosi ( <i>Loss</i> ) .....	55
Gambar 4.14 Pelatihan Model Terbaik <i>Output</i> Nilai Valensi (Akurasi) .....	56
Gambar 4.15 Pelatihan Model Terbaik <i>Output</i> Nilai Valensi ( <i>Loss</i> ).....	56
Gambar 4.16 Pelatihan Model Terbaik <i>Output</i> Nilai <i>Arousal</i> (Akurasi).....	57
Gambar 4.17 Pelatihan Model Terbaik <i>Output</i> Nilai <i>Arousal</i> ( <i>Loss</i> ) .....	57
Gambar 4.18 Pelatihan Model Terbaik (Total <i>Loss</i> ).....	58
Gambar 4.19 Hasil Metrik <i>Output</i> Klasifikasi Emosi Model Terbaik Berdasarkan Setiap Kategori Emosi ( <i>Confusion Matrix</i> ) .....	63
Gambar 4.20 Hasil Model Deteksi Emosi dan <i>Arousal-Valence</i> .....	66

Gambar 4.21 Pengujian Model Terbaik pada Set Pengujian .....	67
Gambar 4.22 Contoh Data Hasil Keluaran API.....	70
Gambar 4.23 Hasil Pengujian API di Layanan Google Cloud.....	72
Gambar 4.24 Contoh Demo Aplikasi.....	73

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil <i>Training Model</i> EfficientNetB0 Metode <i>Freeze</i> .....	79
Lampiran 2. Hasil <i>Training Model</i> EfficientNetB0 Metode <i>Freeze</i> dan <i>Fine-Tuning</i> 20 <i>Layer</i> Terakhir.....	80
Lampiran 3. Hasil <i>Training Model</i> EfficientNetB0 Metode <i>Freeze</i> dan <i>Fine-Tuning</i> Seluruh <i>Layer</i> Terakhir .....	81
Lampiran 4. Hasil <i>Training Model</i> Metode <i>Fine-Tuning</i> Secara Langsung Model EfficientNetB0 Pertama .....	82
Lampiran 5. Hasil <i>Training Model</i> Metode <i>Fine-Tuning</i> Secara Langsung Model EfficientNetB0 Kedua.....	83
Lampiran 6. Hasil <i>Training Model</i> Metode <i>Fine-Tuning</i> Secara Langsung Model EfficientNetB0 Ketiga.....	84
Lampiran 7. Hasil <i>Training Model</i> Metode <i>Fine-Tuning</i> Secara Langsung Model EfficientNetB7 Pertama .....	85
Lampiran 8. Hasil <i>Training Model</i> Metode <i>Fine-Tuning</i> Secara Langsung Model EfficientNetB7 Kedua.....	86
Lampiran 9. Hasil Dockerisasi API .....	87
Lampiran 10. Hasil <i>Push</i> ke Repositori Artifact Registry Google Cloud.....	87
Lampiran 11. Hasil Penerapan API pada Google Cloud Run.....	88

## DAFTAR RUMUS

Akurasi .....	29
<i>Precision</i> .....	30
<i>Recall</i> .....	30
<i>F1-Score</i> .....	30
<i>Mean Absolute Error (MAE)</i> .....	30
<i>Mean Squared Error (MSE)</i> .....	31
<i>Root Mean Squared Error (RMSE)</i> .....	31



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S. M. S. A., Ameen, S. Y. A., M. Sadeeq, M. A., & Zeebaree, S. (2021). Multimodal Emotion Recognition using Deep Learning. *Journal of Applied Science and Technology Trends*, 2(01), 73–79. <https://doi.org/10.38094/jastt20291>
- Adjabi, I., Ouahabi, A., Benzaoui, A., & Taleb-Ahmed, A. (2020). Past, Present, and Future of Face Recognition: A Review. *Electronics*, 9(8), 1188. <https://doi.org/10.3390/electronics9081188>
- Ahmed, N., Aghbari, Z. Al, & Girija, S. (2023). A systematic survey on multimodal emotion recognition using learning algorithms. *Intelligent Systems with Applications*, 17, 200171. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2022.200171>
- Alam, I. N., Kartowisastro, I. H., & Wicaksono, P. (2022). Transfer Learning Technique with EfficientNet for Facial Expression Recognition System. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 36(4), 543–552. <https://doi.org/10.18280/ria.360405>
- Chai, J., Zeng, H., Li, A., & Ngai, E. W. T. (2021). Deep learning in computer vision: A critical review of emerging techniques and application scenarios. *Machine Learning with Applications*, 6, 100134. <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2021.100134>
- Chicco, D., Warrens, M. J., & Jurman, G. (2021). The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation. *PeerJ Computer Science*, 7, e623. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.623>
- Gan, W., Wan, S., & Yu, P. S. (2023). *Model-as-a-Service (MaaS): A Survey*.
- Grandini, M., Bagli, E., & Visani, G. (2020). *Metrics for Multi-Class Classification: an Overview*.
- Gupta, S., Kumar, P., & Tekchandani, R. K. (2023). Facial emotion recognition based real-time learner engagement detection system in online learning context using deep learning models. *Multimedia Tools and Applications*, 82(8), 11365–11394. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13558-9>
- Hendarto, D. D. A. (2023). *Analisis Perbandingan Arsitektur REST dan GraphQL untuk Aplikasi Pengenalan Emosi pada Pembelajaran Daring Sinkronis*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Huang, M.-H., & Rust, R. T. (2024). The Caring Machine: Feeling AI for Customer Care. *Journal of Marketing*. <https://doi.org/10.1177/00222429231224748>

- Huwaiti, F. (2023). *Deteksi Emosi dan Keterlibatan Siswa dalam Emoview Menggunakan EfficientNetB2 dan CNN pada Dataset AffectNet*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Järvenoja, H., Malmberg, J., Törmänen, T., Mänty, K., Haataja, E., Ahola, S., & Järvelä, S. (2020). A Collaborative Learning Design for Promoting and Analyzing Adaptive Motivation and Emotion Regulation in the Science Classroom. *Frontiers in Education*, 5. <https://doi.org/10.3389/feduc.2020.00111>
- Lasri, I., Solh, A. R., & Belkacemi, M. El. (2019). Facial Emotion Recognition of Students using Convolutional Neural Network. *2019 Third International Conference on Intelligent Computing in Data Sciences (ICDS)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICDS47004.2019.8942386>
- Li, S., & Deng, W. (2022). Deep Facial Expression Recognition: A Survey. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 13(3), 1195–1215. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2020.2981446>
- MacCann, C., Jiang, Y., Brown, L. E. R., Double, K. S., Bucich, M., & Minbashian, A. (2020). Emotional intelligence predicts academic performance: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 146(2), 150–186. <https://doi.org/10.1037/bul0000219>
- Mollahosseini, A., Hasani, B., & Mahoor, M. H. (2019). AffectNet: A Database for Facial Expression, Valence, and Arousal Computing in the Wild. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 10(1), 18–31. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2017.2740923>
- P, K., & T, A. (2020a). Group Facial Emotion Analysis System Using Convolutional Neural Network. *2020 4th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)(48184)*, 643–647. <https://doi.org/10.1109/ICOEI48184.2020.9143037>
- P, K., & T, A. (2020b). Group Facial Emotion Analysis System Using Convolutional Neural Network. *2020 4th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)(48184)*, 643–647. <https://doi.org/10.1109/ICOEI48184.2020.9143037>
- Putra, W. B., & Arifin, F. (2019). Real-Time Emotion Recognition System to Monitor Student's Mood in a Classroom. *Journal of Physics: Conference Series*, 1413(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1413/1/012021>
- Ramanuj Goswami. (2020). Comparison of State-of-the-Art Machine Learning Based Data Driven and Model Updating Methods Against Shallow and Deep Convolutional Neural Networks Methods of Structural Damage Detection. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 7(12), 1494–1528.

- Rößler, J., Sun, J., & Gloor, P. (2021). Reducing Videoconferencing Fatigue through Facial Emotion Recognition. *Future Internet*, 13(5), 126. <https://doi.org/10.3390/fi13050126>
- Sajjad, M., Ullah, F. U. M., Ullah, M., Christodoulou, G., Alaya Cheikh, F., Hijji, M., Muhammad, K., & Rodrigues, J. J. P. C. (2023). A comprehensive survey on deep facial expression recognition: challenges, applications, and future guidelines. *Alexandria Engineering Journal*, 68, 817–840. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.01.017>
- Savchenko, A. V., Savchenko, L. V., & Makarov, I. (2022). Classifying Emotions and Engagement in Online Learning Based on a Single Facial Expression Recognition Neural Network. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 13(4), 2132–2143. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2022.3188390>
- Stuart Russell, & Peter Norvig. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4 ed.). Pearson.
- Tan, M., & Le, Q. V. (2019). EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. Dalam K. Chaudhuri & R. Salakhutdinov (Ed.), *Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning* (hlm. 6105–6114). PMLR. <https://proceedings.mlr.press/v97/tan19a.html>
- Wang, H., Fu, T., Du, Y., Gao, W., Huang, K., Liu, Z., Chandak, P., Liu, S., Van Katwyk, P., Deac, A., Anandkumar, A., Bergen, K., Gomes, C. P., Ho, S., Kohli, P., Lasenby, J., Leskovec, J., Liu, T.-Y., Manrai, A., ... Zitnik, M. (2023). Scientific discovery in the age of artificial intelligence. *Nature*, 620(7972), 47–60. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06221-2>
- Wang, Y., Song, W., Tao, W., Liotta, A., Yang, D., Li, X., Gao, S., Sun, Y., Ge, W., Zhang, W., & Zhang, W. (2022). A systematic review on affective computing: emotion models, databases, and recent advances. *Information Fusion*, 83–84, 19–52. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2022.03.009>
- Yen, C.-T., & Li, K.-H. (2022). Discussions of Different Deep Transfer Learning Models for Emotion Recognitions. *IEEE Access*, 10, 102860–102875. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3209813>
- Yüksel, N., Börklü, H. R., Sezer, H. K., & Canyurt, O. E. (2023). Review of artificial intelligence applications in engineering design perspective. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 118, 105697. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105697>
- Zhuang, F., Qi, Z., Duan, K., Xi, D., Zhu, Y., Zhu, H., Xiong, H., & He, Q. (2021). A Comprehensive Survey on Transfer Learning. *Proceedings of the IEEE*, 109(1), 43–76. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2020.3004555>