

**IMPLEMENTASI DEEP LEARNING UNTUK DETEKSI  
REAL-TIME BAHASA ISYARAT SIBI  
MENGUNAKAN BASIS ARSITEKTUR MOBILENETV2  
BERBASIS ANDROID**

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan  
Pendidikan Program Strata-1 pada  
Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer UNSRI*



Oleh :

**Ahmad Naufal Muzakki  
NIM : 09021282126117**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2024**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### Implementasi Deep Learning untuk Pengenalan Bahasa Isyarat SIBI Menggunakan Arsitektur MobileNetV2 Berbasis Android

Oleh :

Ahmad Naufal Muzakki  
NIM : 09021282126117

Indralaya, 31 Desember 2024

Dosen Pembimbing



Osvari Arsalan M.T  
NIP. 198806282018031001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 198004182020121001

## TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF

Pada hari Selasa Tanggal 31 Desember 2024 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

Nama : Ahmad Naufal Muzakki  
NIM : 09021282126117  
Judul : Implementasi Deep Learning untuk Pengenalan Bahasa Isyarat SIBI  
Menggunakan Arsitektur MobileNetV2 Berbasis Android

Dan dinyatakan LULUS

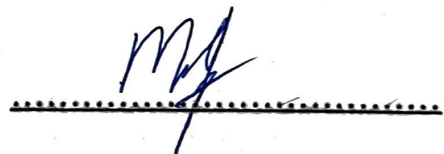
1. Ketua Penguji

M. Naufal Rachmatullah S.Kom M.T  
NIP. 199212012022031008



2. Penguji 1

M. Qurhanul Rizqie M.T Ph.D  
NIP. 198712032022031006



3. Pembimbing

Osvari Arsalan M.T  
NIP. 198806282018031001



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika,



Hadipurnawan Satria, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 198004182020121001

## HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ahmad Naufal Muzakki  
NIM : 09021282126117  
Judul : Implementasi Deep Learning untuk Pengenalan Bahasa Isyarat SIBI  
Menggunakan Arsitektur MobileNetV2 Berbasis Android

Hasil Pengecekan iThenticate/Turnitin : 14%

Menyatakan bahwa laporan proyek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan proyek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapa pun.



10000  
SEPULUH RIBU RUPIAH  
10000  
PETERAI  
EMPEL  
A9B88AMX13362572  
Ahmad Naufal Muzakki  
NIM. 09021282126117  
ber 2024

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

*“All u gotta do is just a leap of faith”*

**(Peter Parker)**

Kupersembahkan karya tulis ini kepada :

- Diriku
- Orang Tua dan Saudaraku
- Teman Seperjuanganku

## ABSTRACT

This research focuses on implementing a deep learning model for real-time recognition of SIBI (Sistem Isyarat Bahasa Indonesia) sign language using MobileNetV2 architecture on the Android platform. The increasing need for communication tools to assist the deaf community motivates the development of a mobile application that translates SIBI hand gestures into readable information. MobileNetV2, optimized with transfer learning and TensorFlow Lite, ensures both computational efficiency and high accuracy for mobile devices. The resulting application detects and classifies the 26 alphabetic SIBI hand gestures in real-time, achieving outstanding performance with over **99% accuracy** during testing. This research contributes to assistive technology development, offering a practical and accessible communication tool for the deaf community while advancing deep learning applications in mobile environments.

**Keywords:** SIBI, MobileNetV2, Deep Learning, Sign Language, Real-Time Recognition, TensorFlow Lite.

## ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada penerapan model deep learning untuk pengenalan bahasa isyarat SIBI (Sistem Isyarat Bahasa Indonesia) secara real-time menggunakan arsitektur MobileNetV2 pada platform Android. Meningkatnya kebutuhan akan alat komunikasi untuk membantu komunitas tunarungu memotivasi pengembangan aplikasi seluler yang menerjemahkan gerakan tangan SIBI menjadi informasi yang dapat dibaca. MobileNetV2, dioptimalkan dengan pembelajaran transfer dan TensorFlow Lite, memastikan efisiensi komputasi dan akurasi tinggi untuk perangkat seluler. Aplikasi yang dihasilkan mendeteksi dan mengklasifikasikan 26 gerakan tangan SIBI alfabet secara real-time, mencapai kinerja luar biasa dengan akurasi lebih dari 99% selama pengujian. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan teknologi bantuan, menawarkan alat komunikasi yang praktis dan dapat diakses untuk komunitas tunarungu sambil memajukan aplikasi pembelajaran mendalam di lingkungan seluler.

**Kata kunci:** SIBI, MobileNetV2, Deep Learning, Bahasa Isyarat, Pengenalan Real-time, TensorFlow Lite.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan berkah, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Implementasi Deep Learning untuk Pengenalan Bahasa Isyarat SIBI Menggunakan Arsitektur MobileNetV2 Berbasis Android”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi di Program Studi Sistem Informasi Reguler Universitas Sriwijaya. ‘

Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini penulis banyak dibantu dari berbagai pihak. Bantuan tersebut berupa bimbingan, pengarahan, nasehat, dan pemikiran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Erwin, S.Si., M.Si sebagai Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Hadipurniawan Satria, M.Sc., Ph.D. sebagai Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Osvari Arsalan, M.T selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik yang membangun dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Dosen – dosen Universitas Sriwijaya terutama dosen Teknik Informatika.
5. Kedua orangtua, kakak dan adik yang selalu memberikan doa, semangat serta bantuan baik materi maupun non materi sehingga laporan ini dapat terselesaikan.
6. Teman-temanku yang selalu memberi dukungan terdiri dari Kevin Putrayudha, Naserwan dan Rizalul Fiqri Syahdani
7. Seluruh teman-teman Teknik Informatika Bilingual dan Reguler angkatan 2021 dan seluruh teman-teman yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu.

Tugas akhir ini merupakan hasil kerja yang seoptimal mungkin. Namun penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran serta masukan yang sifatnya membangun dari semua pihak demi kesempurnaan penulis yang akan datang.



Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis sendiri dan semua pihak.

Indralaya, 31 Desember 2024

Penyusun

# DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
<b>1.1    Pendahuluan</b> .....	1
<b>1.2    Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.3    Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.4    Tujuan Penelitian</b> .....	2
<b>1.5    Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>1.6    Batasan Penelitian</b> .....	3
<b>1.7    Sistematika Penulisan</b> .....	5
<b>1.8    Kesimpulan</b> .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
<b>2.1    Pendahuluan</b> .....	8
<b>2.2    Bahasa Isyarat SIBI</b> .....	8
<b>2.3    <i>Deep Learning</i></b> .....	9
<b>2.4    <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i></b> .....	11
<b>2.5    <i>Transfer Learning</i></b> .....	14
<b>2.6    <i>MobileNetV2</i></b> .....	14
<b>2.7    <i>TensorFlow Lite</i></b> .....	16
<b>2.8    <i>Flutter</i></b> .....	17
<b>2.9    Penelitian Lain yang Relevan</b> .....	17

2.9.1	<b>Oky Dwi Nurhayati, Dania Eridani, &amp; Muhammad Hafiz Tsalavin (2022)</b>	18
2.9.2	<b>Eka Putra Agus Meindiawan &amp; Muljono (2024)</b> .....	19
2.9.3	<b>Bambang Krismoto, Lalu Yuda Rahmani Karnaen, &amp; Ahmad Adil (2023)</b>	20
2.9.4	<b>Kin Yun Lum, Yeh Huann Goh, &amp; Yi Bin Lee (2020)</b> .....	23
2.9.5	<b>Sinno Jialin Pan &amp; Qiang Yang (2009)</b> .....	24
2.10	<b>Kesimpulan</b> .....	25
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN</b> .....		27
3.1	<b>Pendahuluan</b> .....	27
3.2	<b>Pengumpulan Data</b> .....	27
3.3	<b>Tahapan Penelitian</b> .....	29
3.4	<b>Metode Pengembangan Perangkat Lunak</b> .....	30
3.4.1	<b>Perancangan Perangkat Lunak</b> .....	31
3.4.2	<b>Implementasi Perangkat Lunak</b> .....	31
3.4.3	<b>Evaluasi Kinerja Perangkat Lunak</b> .....	31
3.5	<b>Manajemen Proyek Penelitian</b> .....	34
3.6	<b>Kesimpulan</b> .....	35
<b>BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK</b> .....		37
4.1	<b>Pendahuluan</b> .....	37
4.2	<b>Fase Analisis</b> .....	37
4.2.1	<b>Analisis Kebutuhan</b> .....	37
4.2.2	<b>Analisis Sistem Perangkat Lunak</b> .....	40
4.3	<b>Pengumpulan Dataset</b> .....	41
4.4.1	<b>Perancangan Perangkat Lunak</b> .....	46

4.4.2	Perancangan Antar Muka .....	51
4.4.3	Perancangan Model.....	52
4.5	Fase Implementasi.....	52
4.5.1	Implementasi Antarmuka .....	53
4.5.2	Implementasi Pelatihan Model.....	53
4.5.3	Implementasi Integrasi Antarmuka dan Model .....	57
4.6	Kesimpulan .....	59
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....		62
5.1	Pendahuluan .....	62
5.2	Data Hasil Pengujian .....	62
5.2.1	Hasil Kinerja Pelatihan Model.....	63
5.2.2.	Hasil Kinerja Aplikasi.....	70
5.3	Analisis Hasil Penelitian .....	72
5.4	Kesimpulan .....	74
BAB VI PENUTUP.....		75
6.1	Kesimpulan .....	75
6.2	Saran .....	76
DAFTAR PUSTAKA.....		78
LAMPIRAN .....		82

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel III - 1.</b> Tabel Hasil Matrix Untuk Setiap Kelas.....	33
<b>Tabel III - 2.</b> Fungsionalitas Aplikasi .....	34
<b>Tabel III - 3.</b> Linimasa Waktu Penelitian.....	35
<b>Tabel IV - I</b> Contoh Dataset .....	41
<b>Tabel V - 1.</b> Hasil Matrix Score Per Kelas Sebelum Fine Tuning.....	65
<b>Tabel V - 2.</b> Hasil Matrix Score Per Kelas Setelah Fine Tuning.....	66
<b>Tabel V - 3.</b> Hasil Uji Fungsionalitas Aplikasi.....	70

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar II - 1.</b> Arsitektur Deep Learning (Jamiah et al., 2024) .....	10
<b>Gambar II - 2.</b> Arsitektur Convolutional Neural Network (Prabnu, 2018) .....	11
<b>Gambar II - 3.</b> Arsitektur MobileNetV2 (Howard et al., 2019) .....	15
<b>Gambar IV - 1.</b> Diagram Alur Sistem.....	40
<b>Gambar IV - 2.</b> Use Case Diagram .....	47
<b>Gambar IV - 3.</b> Flowchart Diagram.....	48
<b>Gambar IV - 4.</b> Sequence Diagram.....	50
<b>Gambar IV - 5.</b> Wireframe Antar Muka .....	51
<b>Gambar IV - 6.</b> Perancangan Model .....	52
<b>Gambar IV - 7.</b> Tampilan Hasil Antar Muka.....	53
<b>Gambar V - 1.</b> Hasil Akurasi dan Loss Pelatihan Sebelum Fine-tuning .....	63
<b>Gambar V - 2.</b> Hasil Akurasi dan Loss Pelatihan Setelah Fine-tuning.....	64
<b>Gambar V - 3.</b> Confussion Matrix Sebelum Fine-tuning.....	68
<b>Gambar V - 4.</b> Confussion Matrix Setelah Fine-tuning.....	69
<b>Gambar V - 5.</b> Hasil Performa Pengujian Real-Time .....	71

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Pendahuluan**

Bab ini berisi pokok-pokok pikiran yang melandasi pembuatan skripsi. Pokok-pokok pikiran tersebut meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan batasan masalah penelitian serta sistematika penulisan laporan tugas akhir.

### **1.2 Latar Belakang**

Komunikasi merupakan aspek fundamental dalam kehidupan manusia untuk berinteraksi dan menyampaikan informasi. Namun, bagi penyandang tunarungu dan tunawicara, komunikasi dengan masyarakat umum menjadi tantangan tersendiri karena keterbatasan dalam berkomunikasi secara verbal (Wilson et al., 2021). Di Indonesia, berdasarkan data Kementerian Kesehatan tahun 2019, tercatat ser 2,9 juta jiwa penyandang tunarungu (Kemenkes RI, 2019).

Bahasa isyarat menjadi media utama komunikasi bagi penyandang tunarungu dan tunawicara. Namun, tidak semua orang memahami bahasa isyarat, sehingga sering terjadi kesulitan komunikasi antara penyandang tunarungu dengan masyarakat umum. Hal ini dapat menimbulkan hambatan dalam berbagai aspek kehidupan, seperti pendidikan, pekerjaan, dan interaksi sosial sehari-hari (Thompson et al., 2022).

Perkembangan teknologi Deep Learning, khususnya dalam bidang Computer Vision, membuka peluang baru dalam pengembangan sistem pengenalan bahasa isyarat secara otomatis (Liu et al., 2023). Convolutional Neural Network (CNN) telah terbukti efektif dalam tugas pengenalan pola dan klasifikasi gambar. Arsitektur MobileNetV2, yang dirancang khusus untuk perangkat mobile, menawarkan keseimbangan yang baik antara akurasi dan efisiensi komputasi, memungkinkan implementasi real-time pada perangkat smartphone (Howard et al., 2019).

### **1.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan beberapa permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana cara membuat model deep learning untuk pengenalan bahasa isyarat?
2. Bagaimana cara mengimplementasikan model deep learning menjadi sebuah sistem aplikasi yang mampu digunakan secara *real-time* dan *mobile*?
3. Bagaimanakah performa dari model deep learning yang telah dilatih?

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



1. Mengimplementasikan algoritma deep learning untuk membuat model pengenalan bahasa isyarat.
2. Mengembangkan aplikasi Android yang dapat melakukan deteksi bahasa isyarat secara *real-time* dan *mobile* dengan cara mengintegrasikan model yang telah dilatih dengan merancang antarmuka yang mudah digunakan.
3. Menganalisis dan mengevaluasi performa akurasi model deep learning yang telah dilatih dan aplikasi yang telah diintegrasikan dengan model deep learning

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang deep learning untuk pengenalan bahasa isyarat.
2. Membantu proses komunikasi penyandang tunarungu dengan masyarakat umum melalui penerjemahan bahasa isyarat secara real-time.
3. Menjadi *insight* untuk pengembangan sistem pengenalan bahasa isyarat yang lebih advanced.

### **1.6 Batasan Penelitian**

Untuk memfokuskan penelitian dan mendapatkan hasil yang optimal, maka ditetapkan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Dataset dan Pengenalan:

- a. Penelitian ini hanya fokus pada pengenalan alfabet bahasa isyarat dengan pengecualian pada huruf J dan Z.
- b. Tidak mencakup pengenalan kata atau kalimat utuh dalam bahasa isyarat.

2. Implementasi:

- a. Proses deteksi dilakukan pada satu frame gambar dalam satu waktu (single frame detection).

3. Pengembangan Aplikasi:

- a. Aplikasi dikembangkan untuk multiplatform namun untuk penelitian kali ini akan diujikan khusus pada platform android.
- b. Output aplikasi berupa huruf alfabet yang terdeteksi.
- c. Tidak mencakup fitur penyusunan kata atau kalimat dari huruf yang terdeteksi.

4. Pengujian:

- a. Pengujian dilakukan pada kondisi pencahayaan yang cukup.
- b. Pengujian terbatas pada posisi tangan yang relatif stabil.
- c. Background pengujian diutamakan yang kontras dengan warna tangan.
- d. Posisi tangan diharapkan dapat memenuhi layar pengujian.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini mengikuti standar penulisan tugas akhir Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yaitu sebagai berikut:

### **BAB I. PENDAHULUAN**

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. Bab ini memberikan gambaran umum tentang penelitian yang akan dilakukan, khususnya dalam pengembangan sistem pengenalan bahasa isyarat menggunakan Deep Learning.

### **BAB II. KAJIAN LITERATUR**

Pada bab ini akan dikaji dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini serta juga membahas tentang penelitian yang relevan sebagai acuan dasar untuk penelitian ini.

### **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini akan dikaji mengenai perencanaan yang dilakukan untuk Bab ini membahas mengenai tahap-tahap yang akan diterapkan pada penelitian. Setiap rencana dari tahapan penelitian dideskripsikan secara rinci berdasarkan kerangka kerja. Dilanjutkan dengan perancangan manajemen proyek dalam pelaksanaan penelitian.

### **BAB IV. IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan memaparkan hasil implementasi sistem yang telah dikembangkan, meliputi; 1. Hasil implementasi model deep learning, 2. Proses training dan evaluasi model, 3. Hasil optimalisasi untuk perangkat mobile.

## **BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN**

Pada bab ini akan dikaji hasil penelitian dan pengujian perangkat lunak dengan metode tertentu yang digunakan dalam penelitian ini.

## **BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan dikaji untuk kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah ditulis yang diambil dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

### **1.8 Kesimpulan**

Pada bab ini telah dipaparkan dasar-dasar penelitian, dimulai dari latar belakang yang menjelaskan kebutuhan teknologi assistive untuk membantu komunikasi penyandang tunarungu yang berjumlah ser 2,9 juta jiwa di Indonesia (Kemenkes RI, 2019). Perkembangan teknologi deep learning, khususnya MobileNetV2 (Howard et al., 2019), membuka peluang untuk mengembangkan sistem pengenalan bahasa isyarat yang dapat diakses melalui *smartphone* android. Rumusan masalah penelitian difokuskan pada empat aspek utama yaitu implementasi model deep learning dengan arsitektur MobileNetV2, optimasi model untuk perangkat *mobile*, pengembangan aplikasi android, dan evaluasi performa sistem. Penelitian ini dibatasi pada pengenalan alfabet bahasa isyarat dengan pengecualian pada huruf I dan J, tanpa

mencakup pengenalan kata atau kalimat, dan penggunaan dalam kondisi pencahayaan yang memadai. Tujuan penelitian diarahkan untuk mengembangkan sistem pengenalan bahasa isyarat yang efisien dan praktis, dengan manfaat berupa kontribusi teoretis dalam pengembangan teknologi deep learning dan manfaat praktis bagi penyandang tunarungu serta masyarakat. Dengan demikian, bab ini telah memberikan landasan yang kuat untuk pelaksanaan penelitian, yang akan dilanjutkan dengan pembahasan tinjauan pustaka pada bab selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

**Triwijoyo, B. K., Karnaen, L. Y. R., & Adil, A.** (2023). Deep learning approach for sign language recognition. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, 9(1), 12–21.

**Ahmad, R., Syahputra, M. F., & Widodo, B.** (2022). Analisis Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) untuk Pengembangan Sistem Pengenalan Berbasis Komputer. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(2), 145-156.

**Jahmiah N., Yahfizham** (2024). Pengenalan 4 Algoritma Pada Pembelajaran Deep Learning

**Prabhu.** (2018). Understanding of Convolutional Neural Network (CNN) — Deep Learning. Medium.

**Meindiawan, E. P. A., & Muljono.** (2024). Application of MobileNetV2 and SVM combination for enhanced accuracy in pneumonia classification. *Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC)*, 8(2), 332–340.

**Nurhayati, O. D., Eridani, D., & Tsalavin, M. H.** (2024). Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) Metode Convolutional Neural Network Sequential Secara Real Time. *Jurnal Teknologi dan Komputer*, 11(2), 44-60.

**Chen, J., & Davis, K.** (2023). Optimizing MobileNetV2 for Real-time Applications on Mobile Devices. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 22(4), 567-580.

**Chen, L., & Wang, H.** (2023). Efficient Mobile Deep Learning Implementation Using TensorFlow Lite. *International Journal of Mobile Computing*, 15(3), 234-245.

**Chen, Y., & Liu, X.** (2023). Performance Analysis of MobileNetV2 in Sign Language Recognition Applications. *Mobile Networks and Applications*, 28(2), 89-102.

**Google LLC.** (2023). TensorFlow Lite Guide. Retrieved from <https://www.tensorflow.org/lite/guide>

**Google Flutter.** (2023). Flutter Documentation. Retrieved from <https://docs.flutter.dev/>

**Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A.** (2016). Deep Learning. MIT Press.

**He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J.** (2019). Deep Residual Learning for Image Recognition. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 770-778.

**Howard, A., Sandler, M., Chu, G., Chen, L. C., Chen, B., Tan, M., ... & Adam, H.** (2019). Searching for MobileNetV2. In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 1314-1324).

**Kim, J., Park, S., & Lee, M.** (2022). Mobile-based Sign Language Recognition System Using Deep Learning. IEEE Access, 10, 12345-12356.

**Kim, S., & Park, J.** (2023). Challenges and Solutions in Mobile Deep Learning Applications. Mobile Computing and Communications Review, 27(1), 78-89.

**Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E.** (2017). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. Communications of the ACM, 60(6), 84-90.

**LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G.** (2015). Deep Learning. Nature, 521(7553), 436-444.

**LeCun, Y., Haffner, P., Bottou, L., & Bengio, Y.** (2019). Object Recognition with Gradient-Based Learning. In Shape, Contour and Grouping in Computer Vision (pp. 319-345).

**Lin, J., Chen, W., & Zhou, Y.** (2022). Advanced Model Optimization Techniques for Mobile Deep Learning. Mobile Computing and Applications, 17(4), 223-234.

**Martinez, R., & Garcia, J.** (2022). Implementing TensorFlow Lite for Mobile Applications. *International Journal of Mobile Computing*, 13(2), 145-156.

**Pan, S. J., & Yang, Q.** (2020). A Survey on Transfer Learning. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 22(10), 1345-1359.

**Rahman, A., & Putri, D.** (2023). Challenges in Computer-Based Sign Language Recognition Systems. *Journal of Assistive Technologies*, 15(2), 89-102.

**Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J.** (2021). Learning Internal Representations by Error Propagation. In *Readings in Cognitive Science* (pp. 399-421).

**Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A., & Chen, L. C.** (2021). Inverted Residuals and Linear Bottlenecks: Mobile Networks for Classification, Detection and Segmentation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 43(7), 2234-2247.

**Simonyan, K., & Zisserman, A.** (2018). Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. *International Conference on Learning Representations*, 1-14.

**Tan, M., & Le, Q. V.** (2021). EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. *International Conference on Machine Learning*, 97, 6105-6114.

**Widjaya, A., & Sari, N.** (2021). Perkembangan Sistem Bahasa Isyarat Indonesia. *Jurnal Pendidikan Khusus*, 8(2), 112-123.

**Windmill, E., Johnson, R., & Smith, P.** (2022). Modern Mobile App Development with Flutter. *Journal of Software Engineering*, 12(3), 178-189.



**Zhang, L., & Lee, K.** (2023). Integration of Machine Learning Models in Flutter Applications. *Mobile Software Engineering and Systems*, 25(4), 345-356.