



Penerapan Convolutional Neural Network dengan Arsitektur Mobilenetv2 Pada Aplikasi Penerjemah dan Pembelajaran Bahasa Isyarat

Ari Hadhiwibowo^{1,*}, Sukma Ramadhan Asri¹, Rika Andriyanti Dinata²

¹Teknik Informatika, Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

²Teknik Industri, Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

Email: ^{1,*}ari@sttbandung.ac.id, ²sukmaramadhanasri@gmail.com, ³rika@sttbandung.ac.id

Email Penulis Korespondensi: ari@sttbandung.ac.id

Abstrak—Bahasa Isyarat merupakan media komunikasi utama bagi penyandang tunarungu, di Indonesia sendiri terdapat beberapa jenis bahasa isyarat salah satunya adalah SIBI atau Sistem Isyarat Bahasa Indonesia. Jenis bahasa isyarat SIBI ini merupakan salah satu jenis bahasa isyarat yang digunakan pada lingkungan sekolah luar biasa (SLB). Anak – anak penyandang tunarungu belum mampu menggunakan bahasa isyarat serta yang lainnya mengalami kesulitan saat harus berkomunikasi dengan orang disekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk membantu anak-anak penyandang tunarungu ini dalam mempelajari bahasa isyarat, serta membantu dalam berkomunikasi melalui penerjemah bahasa isyarat. Metodologi yang diterapkan pada aplikasi yaitu dengan menggunakan Convolutional Neural Network dengan arsitektur MobileNetV2. CNN merupakan salah satu algoritma yang termasuk pada kategori jaringan syaraf tiruan yang memiliki keunggulan memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi dalam pengklasifikasian, serta MobileNetV2 merupakan salah satu bentuk arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) yang mampu mengatasi kebutuhan akan *computing resource* berlebih yang dibuat oleh peneliti google agar dapat digunakan pada perangkat mobile atau ponsel. Tahap pelatihan model mendapatkan nilai akurasi sebesar 98,99% dengan total epoch 100, model yang dilatih ini tidak mengalami overfitting maupun underfitting sehingga untuk model sudah dapat digunakan. Tahap pengujian menggunakan blackbox testing untuk memastikan aplikasinya sudah berjalan dengan benar. Tahap terakhir yaitu melakukan penelitian dengan menggunakan TAM (Technology Acceptance Model) untuk mengukur tingkat persetujuan dari aplikasi dengan menggunakan skala likert. Pengujian dengan blackbox testing telah berhasil dan memenuhi harapan, serta implementasi dari aplikasi mendapatkan tingkat persetujuan dengan rata-rata 78,4%.

Kata Kunci: Bahasa Isyarat; MobileNetV2; CNN; Tunarungu; TAM

Abstract—Sign Language is the main communication medium for deaf people, in Indonesia itself there are several types of sign language, one of which is SIBI or Indonesian Sign Language System. This type of SIBI sign language is one type of sign language used in special school (SLB) environments. Deaf children are not yet able to use sign language and others have difficulty communicating with people around them. This research aims to help deaf children learn sign language, as well as help them communicate through sign language interpreters. The methodology applied to the application is by using a Convolutional Neural Network with the MobileNetV2 architecture. CNN is an algorithm that is included in the artificial neural network category which has the advantage of having a very high level of accuracy in classification, and MobileNetV2 is a form of Convolutional Neural Network (CNN) architecture that is able to overcome the need for excess computing resources created by Google researchers. so that it can be used on mobile devices or cell phones. The model training stage obtained an accuracy value of 98.99% with a total of 100 epochs. The model trained did not experience overfitting or underfitting so the model can be used. The testing stage uses black box testing to ensure the application is running correctly. The final stage is conducting research using TAM (Technology Acceptance Model) to measure the level of approval of the application using a Likert scale. Testing using black box testing was successful and met expectations, and the implementation of the application received an approval rate of 78.4% on average.

Keywords: Sign Language; MobileNetV2; CNN; Deaf; TAM

1. PENDAHULUAN

Teknologi yang ada saat ini tidak memungkiri telah banyak membantu kegiatan manusia, salah satu contohnya adalah pada bidang *computer vision*. *Computer Vision* merupakan bidang ilmu yang melibatkan penggunaan komputer untuk mendapatkan pemahaman mendalam tentang data visual, dengan pendekatan yang mirip dengan sistem visual manusia dapat berguna untuk *computer vision* adalah CNN (*Convolutional Neural Network*) (Chandran et al., 2021; Lee et al., 2022; Srisook et al., 2022; Toroghi et al., 2023). CNN merupakan metode *Deep Learning* yang memberikan pentingnya (bobot dan bias yang dapat dipelajari) pada objek -objek yang berbeda dalam gambar input, membedakan satu objek dari objek yang lainnya. Salah satu arsitektur CNN untuk perangkat seluler adalah *MobileNetV2*, menurut (Khalil dan Mostefa, 2019) *MobileNetV2* ringan, dengan latensi rendah, konsumsi daya rendah, yang berguna untuk memenuhi batasan sumber daya pada perangkat seluler (Assayag et al., 2020; Muhammad Azizi et al., 2023; Wang et al., 2020).

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru SLBN Cicendo Kota Bandung, menyatakan bahwa dalam lingkungan Sekolah Luar Biasa (SLB) jenis bahasa yang digunakan adalah SIBI. Hal ini karena SIBI buatan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang bekerja sama dengan Lembaga Penelitian dan Pengembangan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia. Hasil wawancara tersebut juga menyatakan bahwa penyandang tunarungu mengalami kesulitan untuk berkomunikasi secara langsung dengan orang-orang sekitar, dan anak-anak penyandang tunarungu belum mampu menggunakan bahasa isyarat (Oliinyk et al., 2020; Sholihin & Ariyani, 2023; Tahirović & Krivić, 2023).

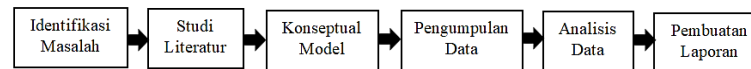
Bahasa Isyarat merupakan media komunikasi utama bagi penyandang tunarungu, di Indonesia sendiri terdapat beberapa jenis bahasa isyarat salah satunya adalah SIBI atau Sistem Isyarat Bahasa Indonesia. Jenis bahasa isyarat SIBI ini merupakan salah satu jenis bahasa isyarat yang digunakan pada lingkungan sekolah luar biasa (SLB). Anak – anak penyandang tunarungu belum mampu menggunakan bahasa isyarat serta yang lainnya mengalami kesulitan saat harus berkomunikasi dengan orang disekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk membantu anak-anak penyandang tunarungu ini dalam mempelajari bahasa isyarat, serta membantu dalam berkomunikasi melalui penerjemah bahasa isyarat. Metodologi yang diterapkan pada aplikasi yaitu dengan menggunakan *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur MobileNetV2 (Alzubaidi et al., 2021; Chen et al., 2024; Luo et al., 2023; Oliinyk et al., 2020; Srisook et al., 2022; Tahirović & Krivić, 2023; Thakur et al., 2022; Zheng et al., 2019).

CNN merupakan salah satu algoritma yang termasuk pada kategori jaringan syaraf tiruan yang memiliki keunggulan memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi dalam pengklasifikasian, serta MobileNetV2 merupakan salah satu bentuk arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) yang mampu mengatasi kebutuhan akan computing resource berlebih yang dibuat oleh peneliti google agar dapat digunakan pada perangkat mobile atau ponsel. Tahap pelatihan model mendapatkan nilai akurasi sebesar 98,99% dengan total epoch 100, model yang dilatih ini tidak mengalami overfitting maupun underfitting sehingga untuk model sudah dapat digunakan. Tahap pengujian menggunakan blackbox testing untuk memastikan aplikasinya sudah berjalan dengan benar. Berdasarkan data yang bersumber Global Stat Counter, menyatakan bahwa dalam kurun waktu satu tahun kebelakang yaitu dari bulan desember 2021 hingga bulan desember 2022, sebanyak 90.53% masyarakat Indonesia menggunakan gawai dengan operasi sistem android, dan hanya 9.36% saja yang menggunakan sistem operasi IOS. Maka pada penelitian ini berfokus pada pembelajaran dasar bahasa isyarat dan penerjemah bahasa isyarat yang dikembangkan menjadi sebuah aplikasi android.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Kerangka Dasar Penelitian

Metode kombinasi merupakan jenis penelitian yang menggabungkan dua metode, meliputi metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kombinasi ini juga merupakan penyempurnaan yang diasosiasikan dari penelitian kualitatif dan kuantitatif. Secara umum, metode penelitian ini digunakan untuk memperoleh informasi yang lebih lengkap dan objektif. Menggunakan metode ini adalah semacam upaya untuk memperbaiki atau meminimalkan kesalahan seperti metode sebelumnya (Indrawan dan Jalilah, 2021).



Gambar 1. Alur penelitian

Pada gambar 1 di atas adalah metodologi penelitian Penerapan Convolutional Neural Network Dengan Arsitektur MobileNetV2 Pada Aplikasi Penerjemah Dan Pembelajaran Bahasa Isyarat. Metode yang digunakan dalam pengembangan aplikasi menggunakan RAD. *Rapid Application Development* (RAD) adalah model proses pengembangan perangkat lunak sekuensial linier yang menekankan pada siklus pengembangan yang sangat singkat (sekitar 60-90 hari) .

2.2 Tahapan Penelitian

2.2.1 Analisis Kebutuhan Sistem

Kegiatan mengumpulkan data Terdapat 3 metode yang digunakan dalam pengumpulan data, diantaranya:

1. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada Ibu Neni Satriani MPd (Guru di SLBN Cicendo) dengan menggunakan wawancara semi terstruktur. Hasil wawancara tersebut memperoleh suatu kesimpulan bahwa jenis bahasa isyarat yang digunakan di lingkungan Sekolah adalah dengan menggunakan SIBI. Hasil dari wawancara tersebut didapatkan, bahwa orang-orang penyandang tunarungu ini kesulitan untuk berkomunikasi dengan orang normal disekitarnya, dan untuk anak-anak belum mampu menggunakan bahasa isyarat.

2. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan dengan cara mencari sumber baik itu jurnal, buku dan sumber lainnya yang relevan dengan permasalahan yang sedang diteliti. Hingga dapat dijadikan sebagai pendukung argumentasi dalam penelitian.

3. Observasi

Observasi dilakukan secara *online* dan *offline* terkait sistem bahasa isyarat yang ada di Indonesia, observasi dilakukan terhadap *website* milik kemdikbud dan SLBN Cicendo Kota Bandung. Dari hasil observasi tersebut didapatkan informasi mengenai jenis-jenis bahasa isyarat yang berada di Indonesia, serta mendapatkan bahwa orang penyandang tunarungu kesulitan untuk berkomunikasi dengan orang normal di sekitar

2.2.2 Kebutuhan fungsional dan non fungsional

Pada analisis kebutuhan fungsional mendeskripsikan, fitur atau fungsi yang diberikan, Berikut merupakan analisis kebutuhan fungsional yang ditampilkan pada tabel 1 dibawah ini

Tabel 1. Analisis Kebutuhan Fungsional

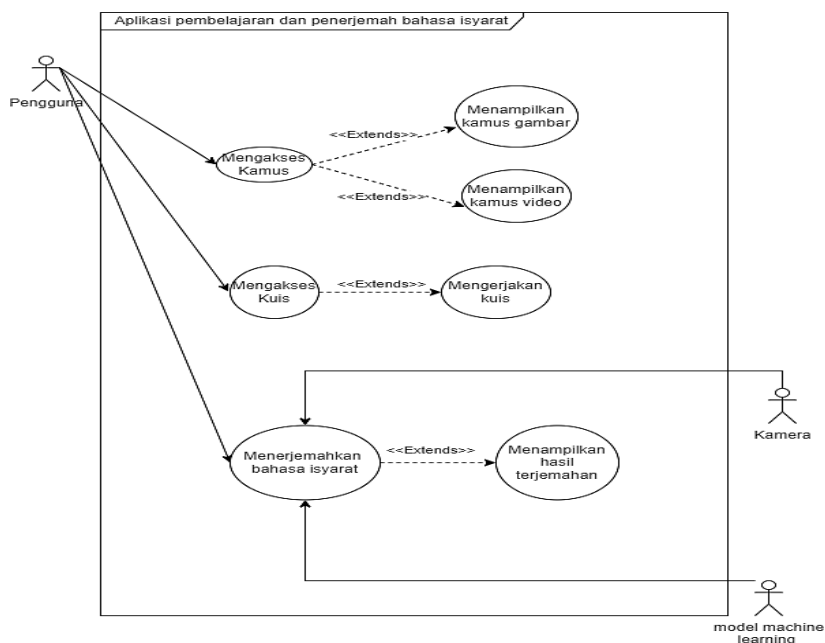
Kebutuhan Pengguna	Prioritas			
	Prioritas Tinggi	Prioritas Sedang	Prioritas Rendah	Tidak Ada Prioritas
Pengguna Dapat Menerjemahkan Bahasa Isyarat Secara Realtime.	Sistem Dapat Menerjemahkan Bahasa Isyarat Dari Tangan Pengguna Yang Diambil Melalui Kamera Secara Realtime.	Sistem Dapat Menyusun Kata Dari Kumpulan Huruf Bahasa Isyarat Melalui Gerakan Tangan Pengguna Yang Diambil Melalui Kamera.	-	Sistem Dapat Menerjemahkan Langsung Kedalam Bentuk Kata Dan Kalimat.
Pengguna Dapat Mengakses Menu Pembelajaran Melalui Kamus Bahasa Isyarat	Sistem Dapat Menampilkan Kamus Bahasa Isyarat.	-	-	-
Pengguna Dapat Mengakses Menu Pembelajaran Bahasa Isyarat Melalui Kuis	Sistem Dapat Memberikan Soal Kuis Terkait Bahasa Isyarat.	-	-	-

Pada tabel 1 adalah Analisis Kebutuhan Fungsional berisi analisis kebutuhan fungsional mendeskripsikan, fitur atau fungsi. Pada tabel tersebut disajikan data kebutuhan pengguna prioritas dengan prioritas tinggi, prioritas sedang, prioritas rendah dan tidak ada prioritas.

2.2.3 Desain

2.2.2.1 Use Case Diagram

Pada proses desain digambarkan dalam bentuk use case diagram. Use case diagram adalah diagram yang merepresentasikan hubungan antara aktor dan use case (Ahlunaza, 2022; Fachrudin et al., 2020; Informatika et al., 2023; Muhammad Azizi et al., 2023; Uzun et al., 2021). Use case diagram adalah diagram keadaan yang dapat menunjukkan sekumpulan use case dan aktor (jenis kelas khusus). Diagram ini memiliki dua fungsi yaitu mendefinisikan fungsionalitas apa yang akan disediakan oleh sistem dan merepresentasikan sifat sistem dari sudut pandang pengguna.



Gambar 2. Desain sistem secara umum dan usecase

Gambar 2 adalah Desain sistem secara umum dan usecase. *Use case diagram* ini menjelaskan tentang penggunaan aplikasi pembelajaran dan penerjemah bahasa isyarat. Terdapat tiga aktor dalam aplikasi pembelajaran dan penerjemah bahasa isyarat, yaitu seorang pengguna, pengguna ini merupakan aktor yang akan menggunakan aplikasi lalu terdapat kamera yang akan menerima masukan berupa gambar, dan terdapat model machine learning yang akan melakukan proses klasifikasi dari setiap huruf. Pada Gambar 1 merupakan gambaran *use case diagram* dari aplikasi pembelajaran dan penerjemah bahasa isyarat.

2.2.5 Implementasi

Tampilan awal dari aplikasi memiliki tiga menu, yaitu kamus, kuis, dan terjemah ditunjukkan pada Gambar 3. Tampilan yang disajikan antara lain tampilan awal dan fitur penerjemah pada penelitian Penerapan *Convolutional Neural Network* Dengan Arsitektur Mobilenetv2 Pada Aplikasi Penerjemah Dan Pembelajaran Bahasa Isyarat .

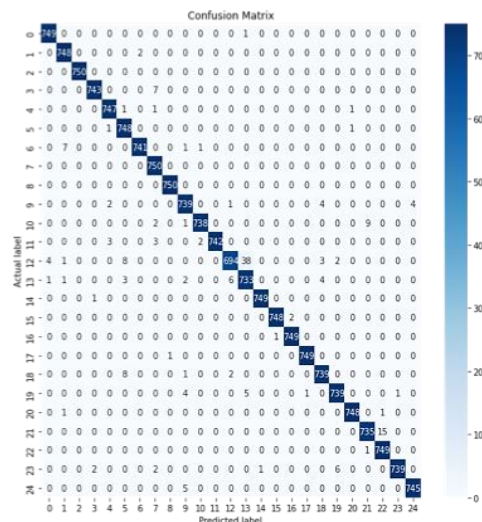


Gambar 3. (a) Tampilan Awal Tampilan Terjemah, (b) Tampilan Fitur Penerjemah

Gambar 3 (a) dan (b) merupakan tampilan dari fitur terjemahan, tampilan ini pengguna menerjemahkan bahasa isyarat secara langsung menggunakan kamera *smartphone*. Tampilan ini diberikan textfield yang berfungsi untuk menampilkan setiap huruf yang berhasil diprediksi. Tampilan ini juga terdapat tiga tombol, yaitu tombol tambahkan berfungsi untuk menambahkan huruf kedalam textfield, tombol *spasi* berfungsi untuk memberikan jarak diantara huruf, tombol hapus berfungsi untuk menghapus satu huruf terakhir, dan tombol *clear* berfungsi untuk menghapus semua huruf.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi pengujian dilakukan dimana, tampilan UI aplikasi, pengujian TAM dan Pengujian Model Klasifikasi. Pada tahapan pengujian model klasifikasi menggunakan *Confusion Matrix*. Hasil *Confusion Matrix* dengan menggunakan data uji dapat di lihat pada gambar 4.



Gambar 4. *Confusion Matrix*



Pada gambar 4 adalah visualisasi confusion matrix. Untuk nilai akurasi keseluruhan label atau kelas dapat dilihat dari perhitungan di bawah ini.

$$accuracy = \frac{18561}{1870} = 0,9899$$

Dari perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa akurasi dari model yang telah dilatih menggunakan CNN dengan arsitektur *MobileNetV2* sudah cukup baik dengan nilai akurasi sebesar 98.99%. Berikut adalah hasil dari pengujian alpha yang telah dilakukan dengan menggunakan *black box*.

Tabel 2. Pengujian *black box* Tampilan Awal

No	Skenario Uji	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	
			Berhasil	Tidak Berhasil
1	Menekan menu “Terjemahan”.	Aplikasi akan beralih ke halaman untuk menerjemahkan setiap huruf bahasa isyarat.	Ya	-
2	Menekan menu “Kamus”.	Aplikasi akan beralih ke halaman kamus bahasa isyarat.	Ya	-
3	Menekan menu “Kuis”.	Aplikasi akan beralih ke halaman kuis bahasa isyarat.	Ya	-

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 2, maka dapat disimpulkan tampilan awal aplikasi telah berhasil diujikan dan sesuai dengan yang diharapkan. Pada tabel ini ditampilkan data skenario uji, hasil yang diharapkan, hasil pengujian dengan status berhasil tidak dan berhasil. Beberapa sekam yang ditampilkan antara lain adalah Menekan menu “Terjemahan”, Menekan menu “Kamus” dan Menekan menu “Kuis”.

Tabel 3. Rencana pengujian *black box* Halaman Penerjemah

No	Skenario Uji		Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	
				Berhasil	Tidak Berhasil
1	Menekan tombol “Tambahkan”.		Memasukan hasil ke Prediksi huruf dalam hasil.	Ya	-
2	Menekan “Spasi”.	tombol	Menambah ruang atau <i>space</i> dalam hasil.	Ya	-
3	Menekan “Hapus”.	Tombol	Menghapus satu huruf terakhir dalam hasil.	Ya	-
4	Menekan “Clear”.	Tombol	Menghapus semua huruf yang ada dalam hasil.	Ya	-
6	Pengguna mengarahkan kamera.		Aplikasi melakukan klasifikasi huruf bahasa isyarat.	Ya	-

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 3. maka dapat disimpulkan fitur penerjemah pada aplikasi telah berhasil diujikan dan sesuai dengan yang diharapkan. Pada tabel tersebut ditampilkan data skenario uji, hasil yang diharapkan, hasil pengujian dengan status Berhasil dan Tidak Berhasil

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian untuk sarana belajar bagi anak tunarungu diterapkan dengan membuat aplikasi yang memiliki fitur berupa kamus bahasa isyarat dan kuis, memiliki tingkat persetujuan sebesar 78,5%, hal ini dapat disimpulkan bahwa fitur kamus dan kuis masuk kedalam kategori disetujui dapat membantu anak-anak tunarungu dalam belajar bahasa isyarat. Fitur penerjemah bahasa isyarat telah berhasil dibuat dengan tingkat akurasi pada model sebesar 98.99%, serta tingkat persetujuan sebesar 65,9%. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa fitur penerjemah bahasa isyarat telah diterima atau disetujui oleh pengguna bahwa fitur penerjemah dapat membantu penyandang tunarungu dalam berkomunikasi. Selain keunggulan tersebut terdapat kelemahan model pada fitur penerjemah tidak akurat dalam melakukan proses klasifikasi ketika pengguna melakukan proses penerjemah pada ruangan yang minim cahaya dan *background* yang bervariasi, serta gerakan atau bentuk tangan pengguna posisinya miring dan aplikasi yang telah dibuat hanya menerjemahkan huruf yang sifatnya statis atau diam, serta tidak dapat menerjemahkan secara langsung menjadi sebuah kata



atau kalimat. Kelemahan yang ada pada aplikasi ini dapat terselesaikan dengan menambah jumlah dataset yang berfariatif dan menambah kamus bahasa isyarat dengan kategori percakapan ringan, nama-nama hewan, dan sebagainya.

REFERENCES

- Ahlunaza, N. (2022). Perancangan Aplikasi Sistem Informasi Geografis Lokasi Latihan Bolavoli Di Kota Jambi Berbasis Android. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Komputer ...*, 1(April), 118–130.
- Alzubaidi, L., Zhang, J., Humaidi, A. J., Al-Dujaili, A., Duan, Y., Al-Shamma, O., Santamaría, J., Fadhel, M. A., Al-Amidie, M., & Farhan, L. (2021). Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. In *Journal of Big Data* (Vol. 8, Issue 1). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00444-8>
- Assayag, Y., Oliveira, H., Souto, E., Barreto, R., & Pazzi, R. (2020). Indoor Positioning System Using Dynamic Model Estimation. *Sensors (Switzerland)*, 20(24), 1–20. <https://doi.org/10.3390/s20247003>
- Chandran, V., Sumithra, M. G., Karthick, A., George, T., Deivakani, M., Elakkiya, B., Subramaniam, U., & Manoharan, S. (2021). Diagnosis of Cervical Cancer based on Ensemble Deep Learning Network using Colposcopy Images. *BioMed Research International*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5584004>
- Chen, P., Liu, Y., Li, W., Wang, J., Wang, J., Yang, B., & Feng, G. (2024). *Semi-Supervised Learning-Enhanced Fingerprint Indoor Positioning by Exploiting an Adapted Mean Teacher Model*. 1–24.
- Fachruddin, Pahlevi, M. R., Ismail, M., Rasywir, E., & Pratama, Y. (2020). Analisis Usability Pada Implementasi Sistem Pengelolaan Keuangan Masjid Menggunakan USE Questionnaire. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 4, 1216–1224. <https://doi.org/10.30865/mib.v4i4.2518>
- Informatika, J., Rekayasa, D., Jakakom, K., Prayitno, A., Syachputra, B., Arrela, I., & Prayitno, A. (2023). *Perancangan Sistem Informasi Parkir Di Universitas Dinamika Bangsa Berbasis Web Jurnal Informatika Dan Rekayasa Komputer (JAKAKOM)*. 3(September), 667–674.
- Lee, C. C., Koo, V. C., Lim, T. S., Lee, Y. P., & Abidin, H. (2022). A multi-layer perceptron-based approach for early detection of BSR disease in oil palm trees using hyperspectral images. *Heliyon*, 8(4), e09252. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09252>
- Luo, L., Wang, X., Lin, Y., Ma, X., Tan, A., Chan, R., Vardhanabhuti, V., Chu, W. C., Cheng, K.-T., & Chen, H. (2023). Deep Learning in Breast Cancer Imaging: A Decade of Progress and Future Directions. *Electrical Engineering and Systems Science*. <https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.06662>
- Muhammad Azizi, A., Korespondensi, P., & Ariany, F. (2023). *Sistem Informasi Pengajuan Cuti Pegawai Menggunakan Metode Pengujian Iso 25010 (Study Kasus : Pt Mutiara Ferindo Internusa)*. 4(3), 326–334.
- Oliinyk, V. A., Vysotska, V., Burov, Y., Mykich, K., & Basto-Fernandes, V. (2020). Propaganda Detection in Text Data Based on NLP and machine learning. *CEUR Workshop Proceedings*, 2631, 132–144.
- Sholihin, I., & Ariyani, F. (2023). Perancangan Sistem Informasi Pendaftaran Anggota Baru Berbasis Web Pada UKMI Ar-Rahman Universitas Teknokrat Indonesia. *Jurnal Data Mining Dan Sistem Informasi*, 4(1), 23. <https://doi.org/10.33365/jdmsi.v4i1.2618>
- Srisook, N., Tuntoolavest, O., Danphitsanuparn, P., Pattana-anake, V., & Joseph, F. J. J. (2022). Convolutional Neural Network Based Nutrient Deficiency Classification in Leaves of *Elaeis guineensis* Jacq. *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, 14, 19–27.
- Tahirović, E., & Krivić, S. (2023). Interpretability and Explainability of Logistic Regression Model for Breast Cancer Detection. *Proceedings Ofthe 15th International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART2023)*, 3(Icaart), 161–168. <https://doi.org/10.5220/0011627600003393>
- Thakur, P. S., Khanna, P., Sheorey, T., & Ojha, A. (2022). *Explainable vision transformer enabled convolutional neural network for plant disease identification: PlantXViT. DL*.
- Toroghi, M. N., Sheikh, U. U., & Irani, S. S. (2023). Classification of COVID-19 and lung opacity using vision transformer on chest x-ray images. *Journal of Physics: Conference Series*, 2622(1), 012016. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2622/1/012016>
- Uzun, A., Ghani, F. A., Ahmadi Najafabadi, A. M., Yenigün, H., & Tekin, İ. (2021). Indoor positioning system based on global positioning system signals with down-and up-converters in 433 MHz ISM band. *Sensors*, 21(13). <https://doi.org/10.3390/s21134338>
- Wang, Y., Gao, J., Li, Z., & Zhao, L. (2020). Robust and accurate Wi-Fi fingerprint location recognition method based on deep neural network. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/app10010321>
- Zheng, Q., Tian, X., Yang, M., & Wang, H. (2019). Differential learning: A powerful tool for interactive content-based image retrieval. *Engineering Letters*, 27(1), 202–215.