

TUGAS AKHIR

**IMPLEMENTASI ALGORITMA *K-NEAREST NEIGHBORS*
DAN *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS* PADA APLIKASI
ANDROID UNTUK PENDETEKSI *HAND GESTURE* SECARA
*REAL TIME***



Oleh :

Riska Fajriati 2024250077

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN REKAYASA
UNIVERSITAS MULTI DATA PALEMBANG
PALEMBANG
2024**

**Fakultas Ilmu Komputer dan Rekayasa
Universitas Multi Data Palembang**

Program Studi Informatika
Skripsi Sarjana Komputer
Semester Genap Tahun 2023/2024

**IMPLEMENTASI ALGORITMA *K-NEAREST NEIGHBORS* DAN
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS PADA APLIKASI ANDROID
UNTUK PENDETEKSI *HAND GESTURE* SECARA *REAL TIME***

Riska Fajriati

2024250077

Abstrak

Hasil *survey* Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) ditahun 2018 mencatat adanya 26.438 jiwa dari populasi di Indonesia sebagai penyandang tunarungu. Hal ini merupakan sebuah tantangan besar pada komunikasi dan aksesibilitas informasi. Kondisi ini mempengaruhi aspek pendidikan sosial dan juga kesejahteraan psikologis penyandang tunarungu. Upaya pemerintah menyediakan Sekolah Luar Biasa (SLB) sebagai forum pendidikan yang setara, namun komunikasi tetap menjadi kendala utama. Maka dari itu, pada proyek ini memiliki tujuan untuk pengembangan sebuah aplikasi berbasis Android yang menggunakan fitur pengenalan gestur tangan untuk membantu komunikasi secara real-time dengan penyandang tunarungu. Proyek ini menggunakan metode Algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN) dan *Principal Component Analysis* (PCA), aplikasi ini mampu mendeteksi dan menginterpretasikan gestur tangan berdasarkan data *training* dari Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) dan diharapkan akan menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan komunikasi an interaksi antara penyandang tunarungu dan masyarakat umum. Metode Algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN) dan *Principal Component Analysis* (PCA) yang digunakan dalam aplikasi ini menghasilkan akurasi sebesar 67,42% dan kepuasan pengguna sebesar 90,1%.

Kata kunci: *Hand gesture*, KNN, PCA

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan hasil *survey* Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) ditahun 2018 mencatat adanya 30.4 juta jiwa yang menyandang disabilitas. Dalam konteks ini, penyandang tunarungu pada tahun tersebut berjumlah 26.438 jiwa dan Jakarta sebagai ibu kota Indonesia memiliki populasi penyandang tunarungu sebanyak 1.488 jiwa, berada pada urutan keempat di antara provinsi-provinsi di Indonesia (Azteria, 2020).

Tunarungu membawa berbagai dampak pada pembentukan kepribadian individu, seperti yang diidentifikasi oleh Arthur Boothroyd (2005), meliputi masalah dalam persepsi auditori, bahasa, komunikasi, kemampuan intelektual, kognitif, pendidikan, aspek sosial, emosional, bahkan potensi karir (Kemenkes RI, 2019). Berdasarkan hasil *survey* yang dilakukan terdapat bahwa penyandang tunarungu cenderung malu dengan kondisinya atau dengan kata lain merasa tidak sejahtera secara psikologis (*Psychological well-being* rendah). Ditambah lagi dengan penilaian masyarakat yang seringkali merendahkan penyandang tunarungu dan tidak dapat menerima kehadirannya (Azteria, 2020).

Dikarenakan hal tersebut, pemerintahan Indonesia menyediakan sarana pendidikan Sekolah Luar Biasa (SLB) yang harapannya penyandang tunarungu mendapatkan pendidikan yang setara (Azteria, 2020). Project ini melakukan survey

di salah satu SLB serta menjalankan wawancara dengan narasumber. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan data yang relevan, khususnya kebutuhan individu dalam hal komunikasi dan aksesibilitas informasi. Narasumber (Ibu Retna) merupakan salah satu pendidik di SLB Karnnamanohara yang memiliki populasi sebanyak 87 siswa, terbagi dalam tiga tingkatan pendidikan (PAUD: 6 Siswa, TK: 14 Siswa dan SD: 67 Siswa). Dalam sesi wawancara, narasumber menyampaikan bahwa penyandang tunarungu memiliki karakteristik unik, sehingga menggunakan pendekatan alat bantu visual untuk penyampaian informasi secara utuh, namun hal ini tetap tidak secara keseluruhan mampu membantu penyandang tunarungu untuk berkomunikasi dengan lancar dengan masyarakat umum, karena masih banyak masyarakat umum yang tidak memahami bahasa yang mereka gunakan.

Hand gesture merupakan sarana berkomunikasi yang mengandalkan gerak tangan untuk berkomunikasi bagi individu penyandang tunarungu. Penggunaan *hand gesture* sangat efektif untuk menyampaikan sebuah kata atau kalimat (Yolanda et al., 2020). Pengenalan *hand gesture* secara *real-time* telah menjadi aspek penting pada suatu sistem karena mampu memenuhi respon yang dibutuhkan oleh pengguna secara efisien dan cepat (Yolanda et al., 2020). Penggunaan *hand gesture* diperuntukan agar terjadinya interaksi antara *human* dan *machine* dengan pendekatan *Artificial Intelligence* (AI). Selain itu, menggunakan metode *K-Nearest Neighbors* (KNN) dan *Principal Component Analysis* (PCA). KNN adalah algoritma yang digunakan untuk klasifikasi terhadap objek-objek dalam pengenalan *hand gesture*. Algoritma ini mengandalkan *data training* serta beroperasi dengan mengukur jarak antara objek yang telah diklasifikasikan dengan objek-objek dari

data training yang telah ditentukan sebelumnya (Kurniadi et al., 2021) dan PCA adalah sebuah teknik analisis data multivariat yang berguna dalam mengurangi dimensi pada data yang bertujuan untuk mereduksi kompleksitas data dengan mengkonversi serangkaian variabel yang terkait menjadi komponen utama (Ahsan & Khusna, 2018).

Pada tahap pengambilan dataset untuk pengenalan hand gesture menggunakan metode *K-Nearest Neighbors* (KNN) dan *Principal Component Analysis* (PCA), langkah pertama adalah mengumpulkan data gambar hand gesture dengan memastikan variasi yang mencakup situasi nyata. Gambar-gambar tersebut harus memiliki resolusi memadai dan pencahayaan yang cukup untuk menghindari ambiguitas. Setelah akuisisi data, langkah selanjutnya adalah *preprocessing*, di mana gambar dibersihkan dari *noise*, dinormalisasi, disegmentasi, dan latar belakang yang tidak relevan dihapus. Ekstraksi fitur dilakukan untuk membedakan *hand gesture*, termasuk fitur-fitur seperti bentuk, warna, dan tekstur. Selanjutnya, dataset dibagi menjadi *training set* dan *testing set* dengan memastikan representasi kelas yang seimbang. Penggunaan *Principal Component Analysis* (PCA) membantu mereduksi dimensi fitur, mengoptimalkan efisiensi model. Setelah itu, model *K-Nearest Neighbors* (KNN) dilatih dengan menggunakan *training set* yang telah diproses dan direduksi dimensinya. Evaluasi model dilakukan pada *testing set* untuk mengukur performa keseluruhan dan memastikan kemampuan model dalam mengenali *hand gesture*. Terakhir, proses optimasi parameter KNN dan PCA dapat dilakukan untuk meningkatkan akurasi model. Validasi model menggunakan teknik seperti validasi silang untuk memastikan kehandalan model terhadap data yang

belum pernah dilihat sebelumnya. Dengan mengikuti langkah-langkah ini, dapat dikembangkan sistem pengenalan *hand gesture* yang efektif dan akurat menggunakan metode KNN dan PCA.

Berdasarkan latar belakang tersebut, *project* mengusulkan pengembangan sebuah aplikasi berbasis android yang dapat mendeteksi *hand gesture* berdasarkan hasil *input* dari *data training hand gesture* abjad huruf Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) dengan menggunakan metode Algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN) dan *Principal Component Analysis* (PCA) dengan *output* berupa huruf yang dihasilkan secara *real-time*. *Output* dari *project* ini berupa sebuah aplikasi android yang dapat digunakan untuk membantu masyarakat dan lingkungan berkomunikasi dengan penyandang tunarungu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan di *capstone project* ini yaitu tidak banyak masyarakat mengetahui *hand gesture* abjad huruf SIBI yang dapat digunakan sebagai sarana berkomunikasi dengan penyandang tunarungu. Selain itu, terbatasnya aplikasi yang mendukung sarana komunikasi langsung antara masyarakat dan lingkungan dengan penyandang tunarungu.

1.3 Analisis Terhadap Batasan (Constraint)

Dalam pembuatan *capstone project* ini, solusi terhadap batasan masalah yang diajukan untuk mengetahui pola *hand gesture* yang terdeteksi objek dari data training yang telah ditentukan sebelumnya, serta memudahkan masyarakat dan

lingkungan untuk mengetahui maksud dari *hand gesture* yang disampaikan penyandang tunarungu.

1.3.1 Analisis Dari Aspek Ekonomis

Pada *capstone project* ini memiliki analisis terhadap aspek ekonomis berdasarkan *survey* dan hasil wawancara yang dilakukan, berikut rincian dalam tabel 1.1

Tabel 1.1 Rincian aspek ekonomis hasil *survey*

No	Survey	Harga
1.	Deaf Art Community/Bawayang	Rp 1.000.000
2.	SLB Karnnamanohara	Rp 1.000.000
3.	SLB Negeri 1 Bantul	Rp 1.800.000
4.	SLB Negeri 2 Bantul	Rp 1.000.000
5.	SLB-B Karya Ibu	Rp 1.500.000

Aspek ekonomis dari sisi pengembangan aplikasi. Dalam pengembangannya berupa *prototype* perangkat lunak berbasis Android. Tools yang mendukung untuk pembuatan *prototype* meliputi Figma, Android Studio, Visual Studio Code (VSCode), *server* Rumah Web untuk terhubung dengan *Application Programming Interface* (API) yang dikembangkan, dan Google Collab Pro. Rincian biaya untuk pengembangan aplikasi selama 2,5 bulan ditunjukkan pada tabel 1.2.

Tabel 1.2 Tools pembuatan *prototype* beserta harga

No	Tools	Harga
1.	Figma	Free
2.	Android Studio	Free
3.	Visual Studio Code	Free
4.	Rumah Web (<i>Server</i>)	Rp.50.000 / bulan
5.	Google Collab Pro	Rp.160.000 / bulan
Total		Rp.630.000

Pada tabel 1.2 terlampir rincian dari spesifikasi cloud hosting yang digunakan pada Rumah Web sebagai penghubung API kepada *prototype* aplikasi yang dikembangkan.

Tabel 1.3 Spesifikasi Rumah Web (Server)

No	Spesifikasi	Nilai
1.	<i>CPU</i>	0.75 - 1 vCPU
2.	<i>RAM</i>	4 GB
3.	<i>Entry Process</i>	30
4.	<i>NPROC</i>	60
5.	<i>SSD Storage</i>	30 GB

Selain itu, dari pengembangan *prototype* ini peneliti melakukan *survey* kepada narasumber terkait perkiraan tarif dari pengembangan aplikasi ini. Estimasi biaya yang diberikan dari narasumber berkisar Rp. 2.000.000, dengan catatan biaya tersebut hanya biaya untuk perangkat lunaknya, tanpa biaya maintenance penyewaan layanan *hosting* untuk kebutuhan API.

1.3.2 Analisis Dari Aspek Manufaktur

Pada *capstone project* ini, peneliti memiliki analisis terhadap aspek manufakturabilitas dari sisi pengembangan aplikasi. Proses pengembangan ini melibatkan berbagai tahapan, termasuk pembuatan *prototype* perangkat lunak yang kemudian diuji oleh beberapa narasumber. Peneliti fokus pada bagaimana setiap tahap pengembangan dapat meningkatkan efisiensi manufakturabilitas dan memastikan bahwa aplikasi yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan. Dalam pengembangannya, peneliti mendapatkan *feedback* dari hasil wawancara dengan narasumber yang telah menggunakan *prototype* perangkat lunak yang terdapat pada tabel 1.4.

Tabel 1.4 Analisis Aspek Manufakturabilitas dari Sudut Pandang Pengguna

No	Aspek	Deaf Art Community	SLB B Karnnamanohara	SLB Negeri 1 Bantul	SLB Negeri 2 Bantul	SLB-B Karya Ibu
1	Kemudahan penggunaan <i>prototype</i> dari aspek UI/UX (2 minggu)	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
2	Respon <i>prototype</i> dalam mendeteksi <i>hand gesture</i> (6 minggu)	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
3	Responsif <i>prototype</i> dalam membaca <i>hand gesture</i> secara <i>real-time</i> (2 Minggu)	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya

1.3.3 Analisis Dari Aspek Sustainibilitas

Pada *capstone project* ini, peneliti memiliki analisis terhadap karakteristik solusi dari sisi pengembangan aplikasi. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi berbagai aspek teknis dan fungsional yang terkait dengan pengembangan aplikasi, guna memastikan bahwa solusi yang diusulkan dapat memenuhi kebutuhan pengguna dan mencapai tujuan yang diinginkan. Hasil dari analisis tersebut kemudiandidetailkan dalam tabel 1.5.

Tabel 1.5 Analisis Aspek sustainabilitas dari Sudut Pandang Pengguna

Aspek	Deaf Art Community	SLB B Karnnamanohara	SLB Negeri 1 Bantul	SLB Negeri 2 Bantul	SLB-B Karya Ibu
Perangkat lunak dapat mengenai <i>hand gesture</i> secara <i>real time</i>	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya

1.4 Analisis Terhadap Karakteristik Solusi

Pada *capstone project* ini, peneliti memiliki analisis terhadap karakteristik solusi dari sisi pengembangan aplikasi. Dalam tabel 1.6 terdapat penjelasan mendetail terkait *traceability* setiap fungsi dari *prototype* perangkat lunak yang dikembangkan.

Tabel 1.6 Analisis Terhadap Karakteristik Masalah dan Fungsi

No	Masalah	Fungsi
1	Masyarakat dan lingkungan tidak dapat berbahasa SIBI untuk berkomunikasi dengan penyandang tunarungu	<i>Prototype</i> perangkat lunak yang dibuat mampu menerjemahkan <i>hand gesture</i> secara <i>real-time</i>
2	Dalam penggunaan <i>prototype</i> , masyarakat dan lingkungan membutuhkan <i>smartphone</i>	Perangkat lunak yang digunakan dapat dijalankan pada <i>mobile platform</i> berbasis Android

1.5 Pemilihan Solusi dan Teknik

Penelitian yang dilakukan oleh (Tri Hayati Ririd et al., 2018) menggunakan metode *Learning Vector Quantization* yang mampu mengenali 24 huruf Bahasa isyarat memiliki hasil akurasi 88.75%. Penelitian yang dilakukan oleh (Wulandari, 2019) menggunakan metode *Backpropagation Neural Network* dengan fitur citra tepi menggunakan Sobel dengan akurasi tertinggi 82.61%.

Penelitian yang dilakukan oleh (Alvin et al., 2021) mendeteksi *American Sign Language* menggunakan *classifier* KNN dengan framework *mediapipe* untuk mendeteksi *gesture* tangan, penelitian ini memiliki akurasi 94.40%. Penelitian yang dilakukan oleh (Alksasbeh et al., 2021) mengembangkan pendeteksi gestur tangan pintar untuk kebutuhan pelabelan video, sistem menggunakan fitur bentuk seperti orientasi, *centorid*, posisi jempol dan tingkat kelengkungan jari tangan di posisi tertentu dengan *classifier* KNN. Penelitian menghasilkan rata-rata tingkat pendeteksian sebesar 97%. Penelitian yang dilakukan oleh (Utamingrum & Maulana, 2021) mengembangkan sistem yang mampu mengenali gestur tangan untuk kebutuhan mengubah *switch saklar*, ekstraksi fitur yang digunakan adalah deteksi tepi dengan *canny* dengan *classifier* KNN menghasilkan akurasi sebesar 80%.

Solusi terhadap *capstone project* yang diangkat penulis dapat mengimplementasikan ilmu *Artificial Intelligence* (AI) dan *Machine Learning* dengan menggunakan algoritma KNN. Data training yang sudah diimputkan akan diseleksi menggunakan teknik PCA untuk mempercepat proses komputasi dan mempertahankan performa model dengan baik. Dimana *Principal Component Analysis* (PCA) merupakan algoritma yang digunakan untuk mereduksi dimensi data dengan cara mengekstrak ciri-ciri penting dari suatu dataset, tanpa kehilangan informasi yang signifikan. Cara kerja PCA melibatkan normalisasi data untuk menyamakan skala, perhitungan matriks kovarian untuk mengukur penyebaran pola gambar, dan penentuan vektor eigen dan nilai eigen yang menggambarkan ciri pola. Selanjutnya, vektor eigen diurutkan berdasarkan penurunan nilai eigen.

Setelah memilih beberapa komponen utama yang signifikan, dibuat matriks vektor baru yang disebut *feature vector*. Setelah itu, data disusun ulang sepanjang sumbu komponen utama. Dengan langkah-langkah ini, PCA memberikan pemahaman yang lebih baik terhadap struktur data yang kompleks.

Dalam pemilihan solusi ini, peneliti menggunakan referensi penelitian sebelumnya (Borman & Priyopradono, 2018) yang menggunakan teknik PCA untuk menerjemahkan bahasa isyarat dalam bentuk *capture image* secara *real-time* yang dibuat dalam sebuah aplikasi. Selain itu (Suryadi, 2016) menggunakan teknik ICA untuk mengidentifikasi pengenalan wajah pada aplikasi presensi serta penelitian (Rattanasak et al., 2022) menggunakan algoritma KNN untuk mengolah *data training* yang ada agar dapat memprediksi fasa langkah secara *real-time* untuk pengendalian prostetik.

Dari ketiga referensi penelitian sebelumnya, maka penulis memilih kombinasi algoritma KNN dan teknik PCA karena dalam *capstore project* ini membuat sebuah aplikasi berbasis Android yang dapat mengolah hasil *input hand gesture* secara *real-time*. Setelah itu hasil dari deteksi *hand gesture* berdasarkan data training yang sudah diolah sebelumnya akan menerjemahkan hasil *output* dalam bentuk huruf secara *real-time* melalui aplikasi. Dalam hal ini, teknik PCA yang peneliti pilih karena PCA berfokus pada mereduksi dimensi dari *data training* yang memiliki banyak *variable* (*noise* yang tinggi), menghasilkan komponen yang disusun berdasarkan varian serta efisiensi komputasi. Selain itu, Algoritma KNN memungkinkan untuk diimplementasikan dalam machine learning serta dapat mengatur parameter K sesuai data.

1.6 Skenario Pemanfaatan Produk oleh Stakeholder

Pada *capstone project* ini, perangkat lunak yang dibuat oleh peneliti adalah aplikasi yang peruntukannya *hand gesture recognition* berdasarkan hasil *input* dari *data training hand gesture* abjad huruf Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI). Aplikasi ini nanti dijalankan melalui *smartphone* dan menggunakan sistem operasi Android. Selain itu, aplikasi yang sudah terpasang pada *smartphone* diletakan dengan jarak tertentu untuk mengidentifikasi inputan yang diberikan oleh *hand gesture*.

1.7 Tujuan

Tujuan dari *capstone project* ini untuk mempermudah masyarakat dan lingkungan yang tidak memahami bahasa SIBI untuk berkomunikasi dengan penyandang tunarungu. Project ini menghasilkan sebuah perangkat lunak berbasis Android yang kemudian perangkat lunak tersebut dipasang ke *smartphone* pengguna. *Data training hand gesture* abjad huruf SIBI menggunakan metode Algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN) dan *Principal Component Analysis* (PCA) untuk menerjemahkan huruf yang dihasilkan secara *real-time*

DAFTAR PUSTAKA

- Ahsan, M., & Khusna, H. (2018). Evaluasi Performa dari Diagram Kontrol Multivariat berbasis Independen Principal Component Analysis (PCA). *Inferensi*, 1(2), 89. <https://doi.org/10.12962/j27213862.v1i2.6733>
- Alksasbeh, M. Z., Al-Omari, A. H., Alqaralleh, B. A. Y., Abukhalil, T., Abukarki, A., Alshalabi, I. A., & Alkaseasbeh, A. (2021). Smart hand gestures recognition using K-NN based algorithm for video annotation purposes. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 21(1), 242–252. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v21.i1.pp242-252>
- Alvin, A., Shabrina, N. H., Ryo, A., & Christian, E. (2021). Hand Gesture Detection for Sign Language using Neural Network with Mediapipe. *Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer*, 13(2), 57–62. <https://doi.org/10.31937/sk.v13i2.2109>
- Azteria, V. (2020). *Universitas esa unggul 2019-2020*. Kml 366, 0–9.
- Borman, R. I., & Priyopradono, B. (2018). Implementasi Penerjemah Bahasa Isyarat Pada Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO) Dengan Metode Principal Component Analysis (PCA). *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 3(1), 103–108. <https://doi.org/10.30591/jpit.v3i1.631>
- Borman, R. I., Priyopradono, B., & Syah, A. R. (2018). Klasifikasi Objek Kode Tangan pada Pengenalan Isyarat Alphabet Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). *Seminar Nasional Informatika Dan Aplikasinya (SNIA)*, September, 1–4.
- Dewi, A. M., Rusdinar, A., & Pangaribuan, P. (2018). Perancangan Sistem Penerjemah Bahasa Isyarat. *E-Proceeding of Engineering*, 5(3), 4195–4202.
- Kemenkes RI. (2019). Disabilitas Rungu. In *Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI*.
- Kurniadi, D., Sugiyono, A., & Wardaya, L. A. (2021). Pattern Recognition of Human Face With Photos Using KNN Algorithm. *Jurnal Transformatika*, 19(1), 17. <https://doi.org/10.26623/transformatika.v19i1.3581>
- Rattanasak, A., Uthansakul, P., Uthansakul, M., Jumphoo, T., Phapatanaburi, K., Sindhupakorn, B., & Rooppakhun, S. (2022). Real-Time Gait Phase Detection Using Wearable Sensors for Transtibial Prosthesis Based on a kNN Algorithm. *Sensors*, 22(11). <https://doi.org/10.3390/s22114242>

- Sholawati, M., Auliasari, K., & Ariwibisono, F. (2022). Pengembangan Aplikasi Pengenalan Bahasa Isyarat Abjad Sibi Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (Cnn). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(1), 134–144. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i1.4507>
- Statista. (2023). *Market share of mobile operating systems in Indonesia*. <https://www.statista.com/statistics/262205/market-share-held-by-mobile-operating-systems-in-indonesia/>
- Suryadi, S. (2016). Sistem Pengenalan Wajah Pada Absensi Dengan Metode Independent Component Analysis. *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 11(01), 1503–1506. <https://doi.org/10.47398/iltek.v11i01.407>
- Tri Hayati Ririd, A. R., Yunhasnawa, Y., & Buata, Y. G. (2018). Sistem Pengenalan Huruf Bahasa Isyarat Menggunakan Adaptive Learning Vector Quantization. *Jurnal Informatika Polinema*, 4(2), 145. <https://doi.org/10.33795/jip.v4i2.163>
- Utaminingrum, F., & Maulana, R. (2021). *Pengenalan Gesture Tangan Untuk Otomatisasi Switching Saklar Menggunakan Metode KNN Berbasis Raspberry Pi*. 5(5), 1838–1843. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Wulandari, C. (2019). *Penerapan Metode Freeman Chain Code dan Backpropagation untuk Pengenalan Kode Tangan Statis Bahasa Isyarat*.
- Yolanda, D., Gunadi, K., & Setyati, E. (2020). Pengenalan Alfabet Bahasa Isyarat Tangan Secara Real-Time dengan Menggunakan Metode Convolutional Neural Network dan Recurrent Neural Network. *Jurnal Infra*, 8(1), 203–208. <https://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-informatika/article/view/9791>