JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jite> DOI : 10.31289/jite.v5i2.6214

Received: 30 November 2021

Accepted: 05 January 2022

Published: 25 January 2022

Shafiyatul Amaliyyah School Student Face Absence Using Principal Component Analysis and K – Nearest Neighbor

Aripin Rambe1), Juliansyah Putra Tanjung2) & Muhathir3)*

1)Prodi Teknologi Informasi, Fakultas Teknologi, Universitas Battuta, Indonesia

2)Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi dan Informasi Universitas Prima Indonesia, Indonesia

2) Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

*Corresponding Email: Muhathirbangdes@gmail.com

Abstrak

Pengenalan pola (pattern recognition) adalah salah satu ilmu yang digunakan untuk mengklasifikasikan sesuatu berdasarkan pengukuran kuantitatif fitur (ciri) atau sifat utama dari suatu obyek. Pengenalan pola telah banyak digunakan dalam berbagai bidang penelitian. Salah satu pengenalan pola yang sering dibahas adalah pengenalan wajah. Wajah merupakan salah satu biometrik manusia yang sering digunakan sebagai informasi utama dari seseorang. Pengenalan wajah merupakan suatu bidang penelitian dengan banyak penerapannya pada aplikasi seperti absensi, pendataan penduduk, sistem keamanan dan lain-lain. Penelitian memanfaatkan ekstraksi fitur PCA (Principal Component Analysis), dan K-NN (K – Nearest Neighbor) dengan variasi rumus jarak dengan menerapkan absensi pengenalan wajah di Sekolah Safiatul Amaliyah. Penelitian ini diharapkan akan mendapatkan hasil yang akurat dalam mendeteksi, mengenali, dan membandingkan wajah seseorang dengan tingkat kesalahan yang kecil. Rumus jarak dengan tingkat akurasi disajikan dengan persamaan Cityblock < Euclidian < Minkowski < Chebychev. Pengaruh penerapan variasi rumus jarak terhadap kinerja model pengenalan absensi wajah tidak terlalu besar, akan tetapi sudah lebih baik.

Kata Kunci: Wajah, PCA, K-NN, Rumus Jarak.

Abstract

Pattern recognition is one of the sciences used to classify things based on quantitative measurements of the main features or properties of an object. Pattern recognition has been widely used in various fields of research. One of the pattern recognition that is often discussed is facial recognition. The face is one of the human biometrics that is often used as the main information of a person. Face recognition is a field of research with many applications in applications such as attendance, population data collection, security systems, and others. The research utilizes feature extraction of PCA (Principal Component Analysis), and K-NN (K – Nearest Neighbor) with variations of the distance formula by applying facial recognition attendance at the Safiatul Amaliyah School. This research is expected to get accurate results in detecting, recognizing, and comparing a person's face with a small error rate. The distance formula with accuracy level is presented with the equation Cityblock < Euclidian < Minkowski < Chebychev. The effect of applying the variation of the distance formula on the performance of the facial attendance recognition model is not too big, but it is better.

Keywords: Wajah, PCA, K-NN, Distance Formula.

How to Cite: Rambe, A., Tanjung, J. P., & Muhathir, M. (2022). Shafiyatul Amaliyyah School Student Face Absence Using Principal Component Analysis and K – Nearest Neighbor. *JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)*, 5(2), 414–422.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan zaman, teknologi yang ada juga ikut berkembang. Teknologi digunakan dalam mengatasi berbagai masalah yang muncul disekitar, dengan menggunakan pemikiran yang kreatif dan inovatif para pakar teknologi terus berusaha untuk menciptakan karya – karya baru yang sangat berguna dimasa depan. Karya – karya yang dihasilkan pastinya akan menyesuaikan sesuai kebutuhan manusia saat

ini, yang semakin meningkat, dan semakin menyadarkan manusia betapa pentingnya teknologi (Ardiansyah, 2013). Menurut artikel (Yodha & Kurniawan, 2014) pengenalan pola merupakan salah satu ilmu dalam bidang kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) yang bertujuan untuk mengklasifikasikan sesuatu pola berdasarkan pengukuran fiturnya (Yodha & Kurniawan, 2014).

Pengenalan pola adalah salah satu ilmu yang dimanfaatkan untuk mengkategorikan sesuatu berdasarkan pengukuran kuantitatif fitur (ciri) atau sifat utama dari suatu objek (Muhathir, 2018). Sedangkan pola itu sendiri adalah suatu entitas/atribut yang dapat diidentifikasi contoh : sidik jari, tanda tangan, telapak tangan, wajah dan lain sebagainya (Tanjung & Muhathir, 2020). Pengenalan pola telah banyak digunakan dalam berbagai bidang penelitian (Yodha & Kurniawan, 2014). Salah satu pengenalan pola yang sering dibahas adalah pengenalan wajah. Wajah merupakan biometrik manusia yang sering digunakan sebagai informasi utama dari seseorang.

Biometrik adalah karakteristik manusia yang biasanya dimanfaatkan untuk membedakan antara kebiasaan orang yang satu dengan yang lainnya. Salah satu pemanfaatan karakter/organ tubuh pada setiap manusia yang digunakan untuk identifikasi adalah pola wajah (Kurniawan & Hidayat, 2008). Biometrik dibagi menjadi dua model, pertama model biometrik berdasarkan perilaku seseorang seperti gaya berjalan, ritme mengetik, kedua model biometrik berdasarkan fisiologis seperti sidik jari, telapak tangan, identifikasi wajah, pengenalan suara, iris, dan tanda tangan. Pengenalan wajah hingga saat ini masih menjadi bahan penelitian sejak tahun 1960 dengan cakupan ruang yang luas untuk terus dilakukan penyempurnaan (Zufar & Setiyono, 2016).

Pengenalan wajah merupakan suatu bidang penelitian dengan banyak aplikasi yang menerapkannya (Maryana et al., 2012) seperti absensi, pendataan penduduk, sistem keamanan dan lain-lain (Wuryandari & Afrianto, 2012). Sistem pengenalan wajah digunakan untuk membandingkan satu pola wajah masukan dengan suatu database pola wajah serta menghasilkan wajah yang paling cocok dengan citra masukan. Pendekatan yang paling umum digunakan dalam penelitian pengenalan wajah didasarkan pada bentuk dan penempatan atribut wajah, seperti; mata beserta alis, hidung, bibir dan dagu serta kaitan antara atribut tersebut sehingga secara keseluruhan akan menghadirkan wajah sebagai suatu kombinasi dari sejumlah wajah kanonik (Kusmaryanto, 2014).

Penelitian mengenai pengenalan wajah sudah banyak diteliti oleh peneliti – peneliti lain. Pada kesempatan kali ini pengenalan wajah akan diteliti dengan menggunakan algoritma PCA (*Principal Component Analysis*), dan K-NN (*K – Nearest Neighbor*), metode K-NN yang digunakan memiliki beberapa variasi rumus jarak yaitu : Cityblock, Euclidian, Minkowski dan Chebychev. PCA (*Principal Component Analysis*) sendiri merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi sejumlah kecil komponen umum ataupun komponen utama yang secara efektif (Ait-Sahalia & Xiu, 2019) menyederhanakan atau pengurangan kompleksitas dalam data dimensi (Lever et al., 2017).

PCA menyediakan informasi tentang struktur umum laten yang mungkin ada di kumpulan data (Ait-Sahalia & Xiu, 2019). Sebagai alat analisis data eksplorasi PCA melibatkan set data dengan pengamatan pada variabel numerik (Jolliffe & Cadima, 2016). Pada penelitian ini algoritma PCA akan digunakan untuk mengekstraksi fitur citra wajah. Algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN) adalah metode untuk mengklasifikasikan objek berdasarkan data pembelajaran dengan jarak terdekat pada objek tertentu. Data pembelajaran diproyeksikan ke dalam beberapa ruang dimensi, yang masing-masing dimensinya mewakili fitur data (Muhathir et al, 2020). Dalam penelitian kali ini kami mengembangkan dan menguji 4 rumus jarak pada *K-Nearest Neighbor* (KNN). Dengan memanfaatkan rumus jarak tersebut penelitian pengenalan wajah ini sebagai media absensi di Sekolah Saifiatul Amaliyah ini akan mendapatkan hasil yang akurat dalam mendeteksi, mengenali, dan membandingkan wajah seseorang dengan tingkat kesalahan yang kecil.

II. STUDI PUSTAKA

A. Pengenalan Pola

Sistem pengenalan pola merupakan komponen penting dalam proses peniruan cara kerja sistem manusia (Nurmila et al., 2010). Saat ini banyak manfaat yang diperoleh dari perkembangan teknologi pengenalan pola. Ilmu pengenalan pola umumnya bertujuan mengenali suatu objek dengan cara mengekstraksi informasi penting yang terdapat pada suatu objek (Ardiansyah, 2013). Perkembangan

penelitian pengenalan pola sudah diterapkan di berbagai bidang seperti; pengenalan wajah, finger knuckle, finger print, pola batik, nomor kendaraan dan wayang (Yodha & Kurniawan, 2014).

B. Pengenalan Wajah

Material antenna mempengaruhi performa dan kualitas antenna, seperti dimensi antenna, rugi-rugi radiasi, gain, dan bandwidth. Pada penelitian ini, material utama dalam perancangan antenna menggunakan susbtrat Epoxy FR-4, sedangkan patch dan ground menggunakan tembaga. Pada saluran pencatu, metode yang digunakan yaitu microstrip line dengan penghubung konektor tipe SMA dengan nilai impedansi sebesar 50 Ohm. Karakteristik material antenna dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Material Antena

Karakteristik Material	Nilai
Konstanta dielektrik (ϵ_r)	4,6
Loss tangen ($\tan\delta$)	0,02
Ketebalan substrat	1,6 mm
Ketebalan tembaga	0,035 mm

C. PCA (Principal Component Analysis)

Principal Component Analysis (PCA) adalah salah satu metode yang populer digunakan untuk mereduksi dimensi citra (Vidal et al., 2018)(Rahmawan, 2020)(Andrian, 2019) dari ruang citra sehingga basis baru dapat menggambarkan model yang khas/unik dari citra tersebut (Yuliana & Nurhaida, 2018). PCA diciptakan pada 1901 oleh Karl Pearson (Vidal et al., 2018) (Ait-Sahalia & Xiu, 2019).

Principal Component Analysis adalah teknik yang sering digunakan dalam proses pengenalan pola wajah (Vidal et al., 2018). Principal Component Analysis terkadang dikenal sebagai analisa komponen utama adalah salah satu fitur ekstraksi (reduksi) variabel yang banyak digunakan. Bisa dikatakan principal component analysis merupakan metode analisa tertua dan paling terkenal dari teknik statistika multivariate (Jolliffe & Cadima, 2016). Prosedur kunci dalam PCA didasarkan pada tranformasi Karhunen-Loeve. Principal Component Analysis diaplikasikan pada variabel prediksi saja dengan mengabaikan variabel target (Rahmawan, 2020). Principal Component Analysis sering digunakan dalam mereduksi data. Akan tetapi, Principal Component Analysis menjadi tidak optimal jika terdapat banyak fitur yang tidak relevan dalam dataset (Widagdo et al., 2020).

Merujuk artikel ilmiah (Lever et al., 2017) Analisis Komponen Utama (PCA) menyederhanakan kompleksitas dalam data berdimensi tinggi sekaligus mempertahankan kecendrungan dan pola. Memang ini mengubah data menjadi dimensi yang lebih sedikit, yang berfungsi sebagai ringkasan fitur. Hal ini juga diketahui bahwa PCA adalah metode tanpa pengawasan dan metode tanpa pengawasan penting dalam aplikasi praktis (Yi et al., 2017). PCA adalah metode pengurangan dimensi klasik. Karena sederhana dan mudah dimengerti dan prosesnya benar-benar bebas parameter. PCA dapat mengungkapkan struktur sederhana yang tersembunyi di balik data yang kompleks, mengurangi korelasi linier antara data, dan mendapatkan deskripsi terbaik dari keadaan kesalahan (Zhao et al., 2019).

D. K-Nearest Neighbor (KNN)

Metode K-Nearest Neighbor (KNN) merupakan metode klasifikasi klasik yang paling sederhana (Wiyono & Abidin, 2018). Metode KNN sering juga disebut dengan Instance Based Learning (Zhang et al., 2018), KNN melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan jarak (Muhathir et al, 2020) antara objek tersebut dengan objek lain (Siringoringo, 2018). KNN memiliki beberapa kelebihan, diantaranya adalah pelatihan sangat cepat, sederhana (Zhang et al., 2018)(Li et al., 2016) dan mudah dipelajari(Tan, 2018), serta tahan terhadap data training yang memiliki derau, dan efektif jika data pelatihan tergolong besar. Sedangkan, kekurangan dari KNN adalah nilai k bias, komputasi kompleks, keterbatasan memori (Moldagulova & Sulaiman, 2017), dan mudah tertipu dengan atribut yang tidak relevan. Metode KNN menggunakan prinsip ketetanggaan (Neighbor) untuk memprediksi kelas yang baru (Siringoringo, 2018) (Pariyandani et al, 2019).

Algoritma KNN bekerja dengan mengkategorikan data melalui input yang berhubungan dengan output yang serupa. Dalam arti, saat menghadapi algoritma yang tidak diketahui, ia menyelidiki contoh serupa dari set pelatihan (Saçlı et al., 2019). Prinsip algoritma KNN adalah bahwa sampel yang paling mirip

milik kelas yang sama memiliki probabilitas tinggi. Umumnya, algoritma KNN pertama-tama menemukan k tetangga terdekat dari permintaan dalam pelatihan dataset, lalu memprediksi permintaan dengan kelas utama di k tetangga terdekat (Sandy et al, 2019). Oleh karena itu, baru-baru ini telah dipilih sebagai salah satu dari 10 algoritma teratas dalam data mining (Zhang et al., 2018).

Algoritma KNN termasuk dalam kategori algoritma terawasi. Perbedaan antara pembelajaran terawasi dan pembelajaran tanpa pengawasan adalah bahwa pembelajaran terawasi bertujuan untuk menemukan pola baru dalam data dengan menghubungkan pola data training dengan data baru. Sedangkan pembelajaran tanpa pengawasan adalah sekumpulan data yang belum terpolakan sehingga data mendapatkan polanya sendiri. KNN juga merupakan salah satu algoritma lazy learning (Leidiyana, 2013) (Larasati & Muhathir, 2021).

III. METODE PENELITIAN

A. Dataset

Pada penelitian ini dataset diambil secara langsung menggunakan kamera SLR di kelas SMA Shafiatul Amaliyah dengan jumlah siswa 10 orang, untuk setiap sampel wajah siswa diambil sebanyak 33 citra wajah dari berbagai sudut. Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 330 sampel.

B. Arsitektur Penelitian

Gambar 1. Arsitektur Penelitian (Tanjung & Wijaya, 2020)

Pada gambar 1 mengilustrasikan proses pengenalan sampel wajah absen menggunakan metode klasifikasi K-NN dengan variasi rumus jarak serta PCA sebagai ekstraksi fiturnya, cara kerja penelitian ini dengan memberikan input wajah ke dalam sistem akan otomatis diekstraksi dengan PCA dan diklasifikasikan dengan algoritma K-NN dengan variasi rumus jarak berdasarkan bobot fitur wajah yang telah disediakan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sampel Wajah

Dalam penelitian ini sampel yang digunakan adalah sampel wajah siswa SMA di sekolah Shafiatul Amaliyah, berikut beberapa sampel wajah:

Gambar 2. Sampel Wajah
Sumber : (Tanjung & Wijaya, 2020)

B. Hasil Absensi Wajah

Pengujian penelitian ini dengan memanfaatkan beberapa rumus jarak kedalam algoritma K-NN, hasil pengenalan absensi wajah dengan variasi rumus jarak memperoleh hasil akurasi yang berbeda. Lihat tabel 1 Hasil pengenalan absensi wajah dengan rumus jarak, tabel 2 Hasil pengenalan absensi wajah dengan rumus jarak Euclidian, tabel 3 Hasil pengenalan absensi wajah dengan rumus jarak Minkowski dan tabel 4 Hasil pengenalan absensi wajah dengan rumus jarak Chebychev.

Tabel 1. Hasil pengenalan absensi wajah dengan rumus jarak Cityblock

	Siswa 1	Siswa 2	Siswa 3	Siswa 4	Siswa 5	Siswa 6	Siswa 7	Siswa 8	Siswa 9	Siswa 10
Siswa 1	28	0	2	0	1	2	0	0	0	0
Siswa 2	0	25	4	0	2	1	0	0	0	1
Siswa 3	0	0	31	0	1	1	0	0	0	0
Siswa 4	0	1	4	21	3	1	1	0	0	2
Siswa 5	0	0	12	0	21	0	0	0	0	0
Siswa 6	1	0	1	0	1	30	0	0	0	0
Siswa 7	0	0	4	0	1	2	26	0	0	0
Siswa 8	0	0	8	0	2	1	0	21	1	0
Siswa 9	0	0	2	0	0	0	0	2	29	0
Siswa 10	0	0	3	0	1	0	0	0	1	28

Tabel 2. Hasil pengenalan absensi wajah dengan rumus jarak Euclidian

	Siswa 1	Siswa 2	Siswa 3	Siswa 4	Siswa 5	Siswa 6	Siswa 7	Siswa 8	Siswa 9	Siswa 10
Siswa 1	26	0	0	0	0	5	2	0	0	0
Siswa 2	0	25	3	1	2	0	1	0	0	1
Siswa 3	0	0	31	0	1	1	0	0	0	0
Siswa 4	0	2	1	19	3	1	2	0	3	2
Siswa 5	0	0	11	0	22	0	0	0	0	0
Siswa 6	1	0	2	0	1	29	0	0	0	0
Siswa 7	0	0	4	0	1	1	27	0	0	0
Siswa 8	0	0	8	0	2	1	0	21	1	0
Siswa 9	0	0	1	0	0	0	0	3	29	0
Siswa 10	0	0	2	0	1	0	0	0	2	28

Tabel 3. Hasil pengenalan absensi wajah dengan rumus jarak Minkowski

	Siswa 1	Siswa 2	Siswa 3	Siswa 4	Siswa 5	Siswa 6	Siswa 7	Siswa 8	Siswa 9	Siswa 10

Siswa 1	25	0	1	0	0	6	1	0	0	0
Siswa 2	0	25	2	2	1	1	1	0	0	1
Siswa 3	0	0	30	0	2	1	0	0	0	0
Siswa 4	0	3	1	20	2	1	2	0	2	2
Siswa 5	0	1	10	0	22	0	0	0	0	0
Siswa 6	0	0	3	0	0	29	1	0	0	0
Siswa 7	0	1	4	1	0	1	25	1	0	0
Siswa 8	0	0	8	0	3	1	0	20	1	0
Siswa 9	0	0	1	0	0	0	0	3	29	0
Siswa 10	0	0	1	0	1	0	0	0	2	29

Tabel 4. Hasil pengenalan absensi wajah dengan rumus jarak Chebychev

	Siswa 1	Siswa 2	Siswa 3	Siswa 4	Siswa 5	Siswa 6	Siswa 7	Siswa 8	Siswa 9	Siswa 10
Siswa 1	21	1	2	0	0	4	4	0	1	0
Siswa 2	0	20	1	3	0	1	5	0	0	3
Siswa 3	0	0	28	0	2	1	1	0	0	1
Siswa 4	1	8	3	15	0	1	2	0	1	2
Siswa 5	0	1	11	0	17	0	2	0	0	2
Siswa 6	2	0	2	0	0	26	3	0	0	0
Siswa 7	1	2	2	2	0	1	21	1	2	1
Siswa 8	0	0	6	0	4	1	1	18	0	3
Siswa 9	0	1	0	0	1	0	0	3	28	0
Siswa 10	1	0	1	1	1	0	0	0	1	28

C. Pembahasan

Berdasarkan Hasil absensi wajah diatas masih tergolong banyak wajah yang masih keliru dalam mengenalannya. Hasil akurasi, presisi, recall dan f1-score disajikan pada tabel 5 dan gambar 3 sebagai penyajian menggunakan grafik.

Tabel 5. Matrik evaluasi

Algoritma	Formula jarak	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
KNN	CityBlock	0.7879	0.85042	0.7879	0.80041
	Euclidian	0.77881	0.82115	0.77881	0.78422
	Minkowski	0.76972	0.80552	0.76972	0.77437
	Chebychev	0.67275	0.69562	0.67275	0.67072

Gambar 5. Hasil perbandingan matrik evaluasi formula jarak pada K-NN

V. SIMPULAN

Hasil pengenalan absensi wajah di sekolah Syafiyatul Amaliyah menggunakan algoritma K-NN dan variasi rumus jarak serta ekstraksi fitur PCA diperoleh tingkat akurasi dibawah 95%. sehingga metode K-NN dan variasi rumus jarak serta PCA belum optimal untuk diimplementasikan sebagai wajah absensi di sekolah Syafiatul Amaliyah. Rumus jarak Cityblock dengan akurasi 78.79%, Rumus jarak Euclidian sebesar 77.88%, rumus jarak Minkowski sebesar 76.97%, dan rumus jarak Chebychev dengan akurasi terendah 67.27%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ait-Sahalia, Y., & Xiu, D. (2019). Principal Component Analysis of High-Frequency Data. *Journal of the American Statistical Association*, 114(525), 287–303. <https://doi.org/10.1080/01621459.2017.1401542>
- Alfere, S., & Maghari, A. Y. A. (2018). Prediction of Student ' s Performance Using Modified KNN Classifiers. 1st International Conference on Engineering & Future Technology (ICEFT 2018), May, 143–150.
- Andrian, A. (2019). Perancangan Perangkat Lunak Kompresi Citra Menggunakan Transformasi Wavelet dan PCA. *Algoritma : Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.30829/algoritma.v3i1.4430>
- Ardiansyah, R. F. (2013). Pengenalan Pola Tanda Tangan Dengan Menggunakan Metode Principal Component Analysis (PCA). *Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dian Nuswantoro*, 2, 14 pages.
- Boutell, C. (1865). Milton. *Notes and Queries*, s3-VII(182), 504. <https://doi.org/10.1093/nq/s3-VII.182.504a>
- Fitriatien, S. R. (2017). Pengolahan Dataset Awal Minat Belajar Mahasiswa melalui Algoritma Principle Component Analysis (PCA). 5, 208–215.
- Johnson, J. M., & Yadav, A. (2018). Fault Detection and Classification Technique for HVDC Transmission Lines Using KNN. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 10, 245–253. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3920-1_25
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: A review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065). <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Kurniawan, H., & Hidayat, T. (2008). Perancangan Program Pengenalan Wajah Menggunakan Fungsi Jarak Metode Euclidean Pada Matlab. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2008 (SNATI 2008)* Yogyakarta, 21 Juni 2008, Vol 1(Snati), 15–18.
- Kusmaryanto, S. (2014). Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk Pengenalan Wajah Metode Ekstraksi Fitur Berbasis Histogram. *Jurnal EECCIS* Vol. 8, No. 2, Desember 2014, 8(2), 193–198.
- Larasati, D. A., & Muhathir, M. (2021). Application of the K-NN Method and GLCM Feature Extraction in Classifying Formalin Fish Images. *Journal Of Research Computer Science*, 1(1), 1–13.

- Leidiyana, H. (2013). Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor Untuk Penentuan Resiko Kredit Kepemilikan Kendaraan Bermotor. *Jurnal Penelitian Ilmu Komputer, System Embedded & Logic*, 1(1), 65–76.
- Lever, J., Krzywinski, M., & Altman, N. (2017). Points of Significance: Principal component analysis. *Nature Methods*, 14(7), 641–642. <https://doi.org/10.1038/nmeth.4346>
- Li, N., Kong, H., Ma, Y., Gong, G., & Huai, W. (2016). Human performance modeling for manufacturing based on an improved KNN algorithm. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84(1–4), 473–483. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8418-6>
- Maryana, S., Karlitasari, L., & Qur'ania, A. (2012). Pemanfaatan K-Nearest Neighbor (Knn) Pada Pengenalan Wajah Dengan Praproses Transformasi Wavelet. *Komputasi*, 9(1), 35–44.
- Moldagulova, A., & Sulaiman, R. B. (2017). Using KNN algorithm for classification of textual documents. *ICIT 2017 - 8th International Conference on Information Technology, Proceedings*, 665–671. <https://doi.org/10.1109/ICITECH.2017.8079924>
- Muhathir, M. (2018). Klasifikasi Ekspresi Wajah Menggunakan Bag of Visual Words. *JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)* Available, 1(2).
- Muhathir, M., Sibarani, T. T., & Al-Khowarizmi, A.-K. (2020, May). Analysis K-Nearest Neighbors (KNN) in Identifying Tuberculosis Disease (Tb) By Utilizing Hog Feature Extraction. *Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIOCSIT)*, 1(1), 33–38
- Nurmila, N., Sugiharto, A., & Sarwoko, E. A. (2010). Algoritma Back Propagation Neural Network Untuk Pengenalan Pola Karakter Huruf Jawa. *Jurnal Masyarakat Informatika*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.14710/jmasif.1.1>
- Pariyandani, A., Larasati, D. A., Wanti, E. P., & Muhathir, M. (2019). Klasifikasi Citra Ikan Berformalin Menggunakan Metode K-NN dan GLCM. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informatika*, 2(1), 42–47.
- Rahmawan, H. (2020). Penentuan Rekomendasi Pelatihan Pengembangan Diri Bagi Pegawai Negeri Sipil Menggunakan Algoritma C4.5 Dengan Principal Component Analysis. *Jurnal TEKNO KOMPAK*, 14(1), 5–10.
- Saçlı, B., Aydınalp, C., Cansız, G., Joof, S., Yilmaz, T., Çayören, M., Önal, B., & Akduman, I. (2019). Microwave dielectric property based classification of renal calculi: Application of a kNN algorithm. *Computers in Biology and Medicine*, 112(January). <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2019.103366>
- Sandy, B., Siahaan, J. K., Permana, P., & Muhathir, M. (2019). Klasifikasi Citra Wayang Dengan Menggunakan Metode k-NN & GLCM. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informatika*, 2(1), 71–77.
- Siringoringo, R. (2018). Klasifikasi Data Tidak Seimbang Menggunakan Algoritma SMOTE dan k-Nearest Neighbor. *Jurnal ISD*, 3(1), 44–49.
- Tan, Y. (2018). An Improved KNN Text Classification Algorithm Based on K-Medoids and Rough Set. *Proceedings - 2018 10th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, IHMSC 2018*, 1, 109–113. <https://doi.org/10.1109/IHMSC.2018.00032>
- Tanjung, J. P., & Wijaya, B. A. (2020). Facial Recognition Implementation using K-NN and PCA Feature Extraction in Attendance System. *Sinkron*, 5(1), 43–50. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v5i1.10612>
- Tanjung, J. P., & Muhathir, M. (2020). Classification of facial expressions using SVM and HOG. *JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING*, 3(2), 210–215. <https://doi.org/10.31289/jite.v3i2.3182>
- Vidal, R. E., Iii, B. A. B., Penelitian, M., Sukmawati, S., Sriwijaya, U., Borjy, A., Baradaran, V., Zandi, P., Taheri, M., Nanja, M., Purwanto, P., Syaliman, K. U., Zufahmi, M., Nababan, A. A., Berdasarkan, K., Gs, P., Tengah, P. J., Tengah, J., Cilacap, K., ... Wiyono, A. R. (2018). MATH unesa COMPONENT ANALYSIS (PCA) DAN EXTREME LEARNING MACHINE (ELM). *Rekursif*, 6(2), 2–6. <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v2i1.166>
- Widagdo, K. A., Adi, K., & Gernowo, R. (2020). Kombinasi Feature Selection Fisher Score dan Principal Component Analysis (PCA) untuk Klasifikasi Cervix Dysplasia. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 7(3), 565. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2020702987>
- Wiyono, S., & Abidin, T. (2018). Implementation of K-Nearest Neighbour (Knn) Algorithm To Predict Student'S Performance. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 9(2), 873–878. <https://doi.org/10.24176/simet.v9i2.2424>
- Yi, S., Lai, Z., He, Z., Cheung, Y. ming, & Liu, Y. (2017). Joint sparse principal component analysis. *Pattern Recognition*, 61, 524–536. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2016.08.025>
- Yodha, J. W., & Kurniawan, A. W. (2014). Perbandingan Penggunaan Deteksi Tepi Dengan Metode Laplace, Sobel Dan Prewit Dan Canny Pada Pengenalan Pola. *Techno.COM*, 13(3), 189–197.

- Yuliana, Y., & Nurhaida, I. (2018). Rancang Bangun Aplikasi Pengenalan Wajah menggunakan Metode Viola-Jones dan Algoritma PCA. *Jurnal Telekomunikasi Dan Komputer*, 8(3), 196. <https://doi.org/10.22441/incomtech.v8i3.3385>
- Zhang, S., Cheng, D., Deng, Z., Zong, M., & Deng, X. (2018). A novel kNN algorithm with data-driven k parameter computation. *Pattern Recognition Letters*, 109, 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2017.09.036>
- Zhao, H., Zheng, J., Xu, J., & Deng, W. (2019). Fault Diagnosis Method Based on Principal Component Analysis and Broad Learning System. *IEEE Access*, 7, 99263–99272. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2929094>
- Zufar, M., & Setiyono, B. (2016). Convolutional Neural Networks Untuk Pengenalan Wajah Secara Real-time. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 5(2), 128862.