

Algoritma Klasifikasi pada Pengenalan Pola Citra

Prayoga Bagas Ariya Wibawa, Aji Prasetya Wibawa*

Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia

*Penulis korespondensi, Surel: aji.prasetya.ft@um.ac.id

Paper received: 06-12-2022; revised: 15-12-2022; accepted: 29-12-2022

Abstract

The classification algorithm is a technique in the field of machine learning and data mining that is used to group test data based on previously mapped training data. Pattern recognition can also be classified, but not all classification algorithms can perform pattern recognition. An algorithm or classification method that can perform image recognition is that in the Artificial Neural Network method there is a Learning Vector Quantization algorithm which has the advantage of being able to summarize the data set into small and the disadvantages are that it requires calculation of all attributes and Fuzzy Neural Network which has, in Lazy Learner is K-Nearest Neighbor which has the advantage of being tough against noise and the disadvantage of needing to determine the value of k and the Template Matching method which is the simplest method, has high accuracy but has the disadvantage of large computational costs if the templates used are quite diverse. With the advantages and disadvantages of the methods previously mentioned, the researcher chose to compare the algorithms or methods of Learning Vector Quantization and Template Matching to be able to see how much accuracy and computational level to recognize a research object.

Keywords: lvq; nn; matching templates; pattern recognition; classification

Abstrak

Algoritma klasifikasi adalah salah satu teknik pada bidang machine learning dan data mining yang digunakan untuk mengelompokkan data uji berdasarkan data latih yang sebelumnya sudah dipetakan. Pengenalan pola juga bisa di klasifikasikan tetapi tidak semua algoritma klasifikasi dapat melakukan pengenalan pola. Algoritma atau metode klasifikasi yang dapat melakukan pengenalan citra adalah pada metode Jaringan Syaraf Tiruan terdapat algoritma Learning Vector Quantization yang memiliki kelebihan mampu meringkas data set menjadi kecil dan kekurangan diperlukan perhitungan seluruh atribut dan Fuzzy Neural Network dimana mempunyai, pada Lazy Learner adalah K-Nearest Neighbor yang mempunyai kelebihan tangguh terhadap noise dan kekurangan perlu menentukan nilai k dan metode Template Matching yang merupakan metode paling simpel, memiliki akurasi yang tinggi tetapi memiliki kekurangan biaya komputasi yang besar jika template yang digunakan cukup beragam. Dengan kelebihan dan kekurangan dari metode – metode yang telah disebutkan sebelumnya, peneliti memilih membandingkan algoritma atau metode dari Learning Vector Quantization dan Template Matching untuk dapat melihat berapa besar akurasi dan tingkat komputasi untuk mengenali sebuah objek penelitian.

Kata kunci: lvq; knn; tempalte matching; pengenalan pol; klasifikasi

1. Pendahuluan

Klasifikasi adalah salah satu teknik yang berada pada bidang *machine learning* dan *data mining* yang mempunyai tujuan untuk menentukan model perilaku sampel baru dan memprediksi nilai dari variabel yang terkait dengan sampel. Metode Klasifikasi ini dibuat semudah mungkin untuk dimengerti dan diimplementasikan. Klasifikasi dibagi menjadi dua tahap yaitu, tahap belajar dan tahap pengujian. Pada tahap belajar sebagian data yang diketahui kelas datanya dikelompokkan dan digunakan untuk perkiraan, dan tahap tes yaitu data yang terbentuk kemudian diuji untuk mengetahui akurasi (Bahri & Maliki, 2012). Klasifikasi akan membagi data latih menjadi beberapa dimensi, lalu mengelompokkan data uji dan meletakkannya sama dengan data latih dan membandingkan antara data latih dan data uji untuk melihat kelas yang benar dari setiap *query* (Kim et al., n.d.).

Sampai saat ini telah banyak peneliti yang melakukan penelitian pada pengenalan pola citra. Pola adalah objek atau fenomena dimana anggotanya hampir sama dengan anggota yang dibandingkan dengan melihat dari beberapa cara (Sharma & Kaur, 2013). Pengenalan pola dipelajari dalam beberapa bidang, termasuk psikologi, psikiatri, etnologi, dan ilmu komputer. Pengenalan pola termasuk pada bidang *machine learning*, dan juga merujuk pada identifikasi dari wajah, objek, kata, musik, dll. (Kocaleva et al., 2016), (Sharma & Kaur, 2013).

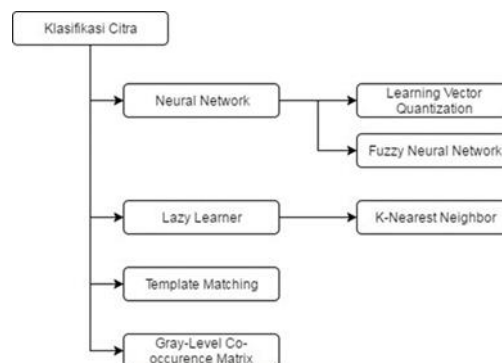
Pengenalan pola citra sendiri adalah proses menganalisis citra, memperbaiki kualitas citra agar lebih mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin (Z & S, 2014). Banyak metode yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah pengenalan pola citra, dengan cara memetakan fitur yang merupakan ciri mayoritas suatu objek kesuatu kelas yang sesuai (Pandeiroot et al., 2013). Pengenalan pola akan lebih efektif dan efisien dalam komputasi maka dilakukan tahap *preprocessing* untuk menghilangkan gangguan. Dan juga di dalam pengenalan pola terdapat tahap untuk mengolah citra seperti segmentasi dan hubungan struktur ekstrasi (Fu & Rosenfeld, 1976). Secara umum tahap dalam melakukan klasifikasi citra dibagi menjadi lima (Rangkuti, 2013), yaitu :

1. Pengumpulan dan seleksi data citra
2. Preprocessing citra
3. Ekstraksi ciri Tekstur
4. Klasifikasi citra
5. Basis peraturan

Beberapa metode pengenalan pola yang dapat digunakan untuk mengklasifikasi pola citra adalah *Learning Vector Quantization* (Afriandi, 2016; Bashyal & Venayagamoorthy, 2008; Heranurweni et al., n.d.; Jing et al., 2011; Pandeiroot et al., 2013; Purwanti & S, 2013; Wahyono & Ernastuti, 2012), *Fuzzy Neural Network* (Rangkuti, 2013), *K-Nearest Neighbor* (Aulia et al., 2015; Kim et al., n.d.; R et al., 2015) dan *Template Matching* (Fu & Rosenfeld, 1976; Leksono et al., 2011; Nagy, 1968; Sharma & Kaur, 2013). Pada paper review ini peneliti akan menjelaskan tentang metode-metode klasifikasi pengenalan citra mulai dari cara kerja sampai kelebihan dan kekurangan dari setiap metode.

2. Metode

Metode Klasifikasi citra memiliki cara pengertian yang sama dengan metode klasifikasi pada umumnya yaitu untuk mengumpulkan data yang memiliki ciri yang sama, tetapi tidak semua metode klasifikasi dapat mengenali dan mengelompokkan citra. Metode – metode yang dapat digunakan untuk mengenali pola antara lain dituliskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Algoritma Klasifikasi Citra.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Learning Vector Quantization

Learning Vector Quantization yang dibuat oleh Kohonen adalah salah satu algoritma yang berada pada metode Neural Network (Jaringan Saraf Tiruan), dimana LVQ merupakan algoritma pembelajaran kompetitif versi terawasi (supervised) (Jing et al., 2011) dari algoritma Self-Organizing Map (SOM) (Heranurweni et al., n.d.)(I. Wijayanto, 2011)(Purwanti & S, 2013). Learning Vector Quantization terdiri dari 3 bagian yaitu (Gauri, 2010) :

3.1.1. Lapisan masukan (input layer)

Lapisan dimana tidak ada informasi pengolahan hanya lapisan yang memasukkan pola ke dalam jaringan.

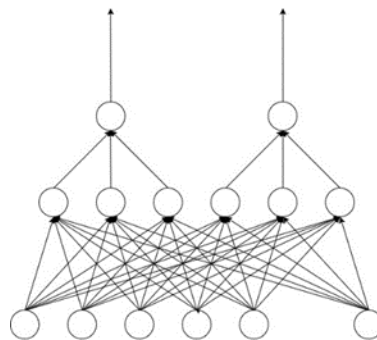
3.1.2. Lapisan Kompetitif (hidden layer)

Lapisan Kompetitif atau disebut hidden layer ini adalah lapisan dimana tempat pemrosesan informasi.

3.1.3. Lapisan Keluaran (output layer)

Lapisan ini adalah hasil dari pengelompokan dari pola yang telah dimasukkan.

Satu lapisan kompetitif akan belajar untuk mengklasifikasikan vektor masukan. Kelas-kelas yang didapatkan dari lapisan kompetitif hanya tergantung pada jarak antar vektor masukan. Jika terdapat 2 vektor yang hampir sama maka vektor masukan tersebut akan digolongkan pada kelas yang sama (Dessy & Irawan, 2012)(Purwanti & S, 2013). Arsitektur jaringannya adalah sebagai berikut.



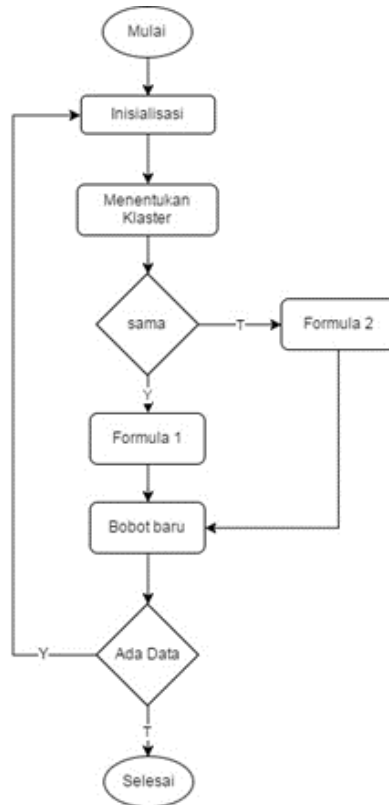
Gambar 2. Arsitektur Learning Vector Quantization

Untuk membangun sistem dari LVQ meliputi beberapa langkah yaitu (Gauri, 2010)(Prabowo et al., 2006) :

1. Mendesain stuktur jaringan (melihat berapa banyak input dan ouput, nilai vektor setiap hasil keluaran kategori dan juga learning rate)
2. Inisialisasi nilai dari vektor referensi
3. Memberikan vektor input dari data uji.
4. Menghitung jarak antara vektor masukan dan vektor referensi

5. Mengubah nilai dari vektor referensi terdekat tergantung dari aturan pembelajaran
6. Mengulang langkah 3 sampai 5 sampai semua pola telah selesai dan benar di klasifikasikan atau dengan membatasi nilai iterasi.

Pendeteksian dilakukan berdasarkan jarak terdekat antara vektor uji dan vektor referensi. Algoritma pendeteksiannya seperti berikut (Harjunowibowo, 2010).



Gambar 3. Algoritma LVQ

Dimana Formula 1 adalah

$$w_j(\text{baru}) = w_j(\text{lama}) + \alpha(x - w_j(\text{lama}))$$

Dan Formula 2 adalah jika pengelompokan kelas tidak sesuai maka menggunakan.

$$w_j(\text{baru}) = w_j(\text{lama}) - \alpha(x - w_j(\text{lama}))$$

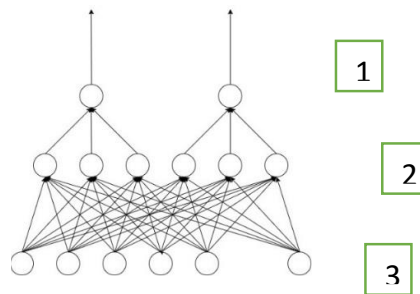
dan untuk melakukan pengelompokan kelas berdasarkan jarak terpendek digunakan perhitungan :

$$\|X - W_2\| < \|X - W_1\|$$

3.2. Fuzzy Neural Network

Fuzzy Neural Network adalah gabungan antara 2 algoritma, yaitu algoritma Fuzzylogic dan Neural Network yang disebut juga dengan Neuro Fuzzy. FNN merupakan suatu model yang proses pembelajarannya menggunakan jaringan syaraf, akan tetapi strukturnya

dwakilkan dengan sekelompok aturan fuzzy(Whidhiasih et al., n.d.-a). Proses dari FNN sama dengan Neural Network yang lainnya.(Rangkuti, 2013) yaitu



Gambar 4. Arsitektur FNN

Pada pemodelan FNN sebelum proses pembelajaran, pada nomor 3 adalah inputan dari objek harus dilakukan adalah pemberian nilai awal pada output yang nantinya akan menjadi pola keluaran dari fuzzy yang berada pada nomor 2. (Rangkuti, 2013). Nilai keluaran dari fuzzy ini digunakan sebagai nilai untuk proses pembelajaran pada jaringan (Nugroho Whidhiasih, Retno Guritman & Tri Suprio, 2012; Whidhiasih et al., n.d.-a). Dan yang terakhir nomor 1 adalah keluaran dari proses pembelajaran dan hasil dari klasifikasi objek.

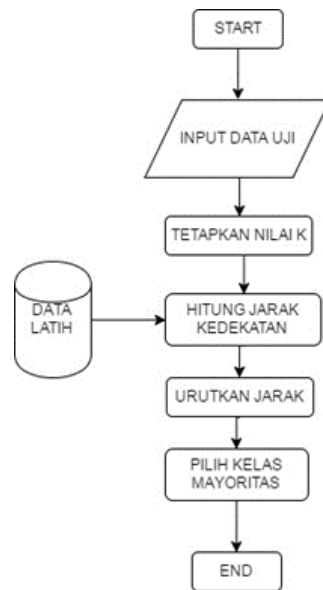
3.3. K-Nearest Neighbor

K-Nearest Neighbor (KNN) adalah metode yang menggunakan algoritma supervised (Sikki, 2009) dan memiliki tujuan mengklasifikasikan objek baru berdasarkan atribut dan data training (Kim et al., n.d.)(Syafitri, 2010) dan kelompok mayoritas dari k buah tetangga terdekat. Cara klasifikasinya dari metode ini adalah dengan melihat hasil voting terbanyak dan terdekat diantara klasifikasi dari k (Lestari, 2014)(Aulia et al., 2015)(H. Wijayanto, n.d.). Ketepatan algoritma ini sangat dipengaruhi oleh fitur-fitur untuk setiap citra yang akan dikenali (Bahri & Maliki, 2012).

Jika hanya terdapat 2 kelas yang akan dibandingkan maka nilai dari k haruslah bernilai ganjil (Kim et al., n.d.). Untuk menghitung jarak ketetangga, dihitung dengan persamaan jarak KNN yaitu (R et al., 2015)(Lestari, 2014)(Yodha & Kurniawan, 2014).

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_i - x_y)^2}$$

- d = Jarak
- p = Dimensi data
- xi = Sampel data
- xy= Data Uji
- i = Variabel Data



Gambar 5. Algoritma K-NN

Tahapan dari algoritma KNN adalah (Lestari, 2014).

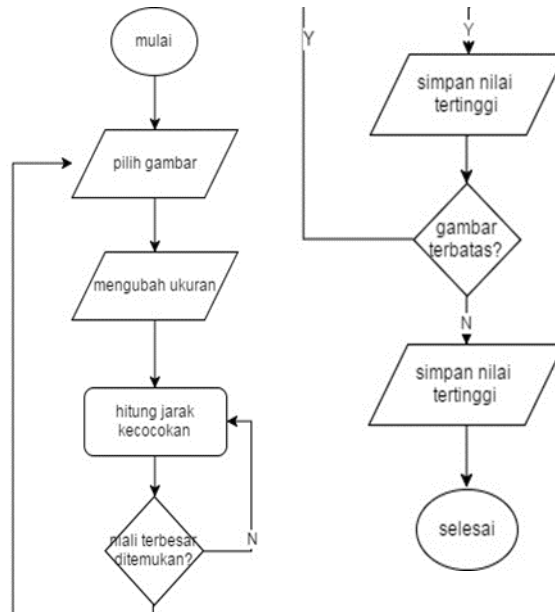
1. Menentukan nilai K
2. Menghitung jarak antara data yang akan dievaluasi
3. Mengurutkan data yang terbentuk
4. Menentukan jarak terdekat sampai urutan K
5. Menempatkan pada kelas yang sesuai

Mencari kelas dari tetangga yang terdekat dan menetapkan kelas tersebut sebagai kelas yang dievaluasi

Untuk menghitung kedekatan tetangganya dapat dengan cara menggunakan algoritma pencarian jarak seperti Manhattan Distance, Eucledian Distance (Yodha & Kurniawan, 2014).

3.4. Template Matching

Template Matching adalah salah satu metode dalam pengolahan citra dan salah satu metode yang dapat menjelaskan otak mengenali kembali bentuk atau pola dan untuk menemukan bagian-bagian kecil dari suatu gambar yang cocok dengan template gambar (Leksono et al., 2011). Template matching sering diimplementasikan pada operasi linier dimana tingkat kecocokan diukur dengan kombinasi dari tingkat keabu-abuan dari tetangganya (Fu & Rosenfeld, 1976). Setiap pixel dari template dicocokkan dengan gambar masukan selama melihat posisi yang mungkin dari gambar masukan, setiap kemungkinan perputaran dan perubahan ukuran itu sendiri, setiap template dibandingkan dengan cara memaksimalkan cross-correlation atau dengan meminimalisir jarak gambar masukan (Sharma & Kaur, 2013). Algoritma dari Template Matching sebagai berikut.



Gambar 6. Algoritma Template Matfching

Cross correlation adalah metode untuk menemukan pola 2D pada gambar (Ahuja & Tuli, 2013) yang diukur dengan perbandingan dari dua bentuk sinyal yang digunakan sebagai fungsi dari jarak waktu. Untuk fungsi yang berulang f dan g , cross-correlation di definisikan dengan (Rajithkumar et al., 2014)

$$(f * g)(\tau) = \int f(t)g(t + \tau)dt$$

Dan untuk menghitung tingkat kecocokan menggunakan perhitungan (Leksono et al., 2011)

$$\frac{\sum_i \sum_j w_{ij} w'_{ij}}{\sum_i \sum_j [w_{ij}]^2}$$

- w_{ij} = piksel citra template
- w'_{ij} = piksel citra
- i, j = elemen citra

Semakin hasilnya mendekati 100% maka semakin cocok citra tersebut.

3.5. Analisis Perbandingan Algoritma Klasifikasi Citra

Kelebihan dan kelemahan dari masing - masing metode yang telah disebutkan sebelumnya adalah sebagai berikut.

Tabel 1.

Analisis Perbandingan Algoritma Klasifikasi Citra Algoritma	Kelebihan	Kekurangan
Learning Vector Quantization	<p>Nilai <i>error</i> yang kecil (I. Wijayanto, 2011)</p> <p>Mampu meringkas data set yang besar menjadi vektor berukuran kecil (I. Wijayanto, 2011)</p> <p>Model dapat diperbaharui secara bertahap (I. Wijayanto, 2011)</p> <p>Akurasi tinggi (Prabowo et al., 2006)</p>	<p>Diperlukan perhitungan jarak seluruh atribut (I. Wijayanto, 2011)</p> <p>Akurasi yang bergantung pada inisialisasi model parameter yang digunakan (I. Wijayanto, 2011)</p> <p>Akurasi yang juga dipengaruhi distribusi kelas pada data training (I. Wijayanto, 2011)</p>
Fuzzy Neural Network	<p>Dapat menerjemahkan pengetahuan dari pakar (Mujilawati & Sulistiono, 2016)</p> <p>Dapat mengetahui tiap kelas dengan lebih halus (Whidhiasi et al., n.d.-b)</p>	<p>Perbedaan interpretasi (Rangkuti, 2013)</p> <p>Membutuhkan waktu lama untuk menetapkan fungsi keanggotaan (Mujilawati & Sulistiono, 2016)</p>
K-Nearest Neighbor	<p>Tangguh terhadap noisy (Bahri & Maliki, 2012)</p> <p>Efektif jika data template besar (Bahri & Maliki, 2012)</p> <p>Sangat sederhana (Sikki, 2009)</p>	<p>Perlunya menentukan nilai parameter k (Bahri & Maliki, 2012)</p> <p>Biaya komputasi cukup tinggi (Bahri & Maliki, 2012)</p> <p>Sulit menentukan atribut terbaik (Lestari, 2014)</p> <p>Tidak jelas atribut apa yang diperlukan (Lestari, 2014)</p>
Template Matching	<p>Metode yang sangat simpel (Rajithkumar et al., 2014)</p> <p>Sederhana untuk diimplementasikan (Hartanto et al., 1999)</p> <p>Kecepatan komputasi tinggi (Dedgaonkar et al., 2012)</p> <p>Akurasi Tinggi (Hartanto et al., 1999)(Rajithkumar et al., 2014)(Qatran, 2011)(Putri et al., 2014)</p> <p>Efektif (Qatran, 2011)</p>	<p>Jika ukuran template berbeda maka membutuhkan ruang penyimpanan lebih (Bahri & Maliki, 2012)</p> <p>Semakin beragam pola semakin lamban (Bahri & Maliki, 2012)</p>

4. Simpulan

Dengan melihat cara kerja, kelebihan dan kekurangan dari setiap metode. Metode Learning Vector Quantization dan Template Matching mempunyai kelebihan lebih banyak dan mempunyai akurasi yang lebih tinggi dari pada metode lainnya dan juga memiliki kekurangan yang sedikit. Karena itu peneliti mengharapkan kedua metode tersebut akan memiliki akurasi dan komputasi yang tinggi untuk mengenali objek penelitian yang lain.

Daftar Rujukan

Afriandi, E. (2016). *Identifikasi Telapak Tangan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Learning Vector Quantization (LVQ)*. 8(2), 107-114.

- Ahuja, K., & Tuli, P. (2013). Object Recognition by Template Matching Using Correlations and Phase Angle Method. *International Journal of Advanced Research in ...*, 2(3), 1368-1373.
- Aulia, S., Hadiyoso, S., & Ramadan, D. N. (2015). Analisis Perbandingan KNN dengan SVM untuk Klasifikasi Penyakit Diabetes Retinopati berdasarkan Citra Eksudat dan Mikroaneurisma. *Jurnal ELKOMIKA -Teknik Elektro Itenas - ISSN: 2338-8323*, 3(1), 75-90.
- Bahri, R. S., & Maliki, I. (2012). Perbandingan Algoritma Template Matching dan Feature Extraction Pada Optical Character Recognition. *Jurnal Komputer Dan Informatika (KOMPUTA)*, 1(1).
- Bashyal, S., & Venayagamoorthy, G. K. (2008). Recognition of facial expressions using Gabor wavelets and learning vector quantization. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 21(7), 1056-1064. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2007.11.010>
- Dedgaonkar, S., Chandavale, A., & Sapkal, A. (2012). Survey of Methods for Character Recognition. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 1(5), 180-189.
- Dessy, W. M., & Irawan, A. (2012). Perbandingan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Dan Learning Vector Quantization Pada Pengenalan Wajah. *Jurnal Komputer Dan Informatika*, 1(1), 45-51.
- Fu, K.-S., & Rosenfeld, A. (1976). Pattern recognition and Image Processing. *Ieee Transactions on Computers*, C-25(12), 1336. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2012.09.015>
- Gauri, S. K. (2010). Control chart pattern recognition using feature-based learning vector quantization. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 48(3), 1061-1073. <https://doi.org/10.1007/s00170-009-2354-7>
- Harjunowibowo, D. (2010). Perangkat Lunak Deteksi Uang Palsu Berbasis Lvq Memanfaatkan Ultraviolet. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi FKIP UNS, November 2004*, 342-352.
- Hartanto, S., Sugiharto, A., & Endah, S. N. (1999). *Optical Character Recognition Menggunakan Algoritma Template Matching Correlation*. 5, 1-12.
- Heranurweni, S., Teknik, J., & Universitas, E. (n.d.). *Pengenalan wajah menggunakan learning vector quantization (lvq)*. 66-74.
- Jing, J., Wang, J., Li, P., & Li, Y. (2011). Automatic classification of woven fabric structure by using learning vector quantization. *Procedia Engineering*, 15, 5005-5009. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.08.930>
- Kim, J., Kim, B., Savarese, S., & Arbor, A. (n.d.). *Comparing Image Classification Methods: K-Nearest-Neighbor and Support-Vector-Machines*. 133-138.
- Kocaleva, M., Stojanov, D., Stojanovik, I., & Zdravev, Z. (2016). *Pattern Recognition and Natural Language Processing: State of the Art*. 5(2), 236-240. <https://doi.org/10.18421/TEM52-18>
- Leksono, B., Hidayatno, A., & Isnanto, R. R. (2011). Aplikasi Metode Template Matching untuk Klasifikasi Sidik Jari. *Transmisi*, 13(1), 1-6.
- Lestari, M. E. I. (2014). *Penerapan Algoritma Klasifikasi Nearest Neighbor (K-Nn) Untuk Mendeteksi Penyakit Jantung*. 7(September 2010), 366-371.
- Mujilawati, S., & Sulistiono, E. (2016). Pemanfaatan Neural Fuzzy dalam Pemilihan Hotel di Kota Surabaya Berbasis Android. *JOUTICA Press*, 4, 28-32.
- Nagy, G. (1968). State of the Art in Pattern Recognition. *Proceedings of the IEEE*, 56(5), 836-857. <https://doi.org/10.1109/PROC.1968.6414>
- Nugroho Whidhiasih, Retno Guritman, S., & Tri Suprio, P. (2012). Identifikasi tahap kematangan buah manggis berdasarkan warna menggunakan. *Teknologi Industri Pertanian*, 22(2), 82-91.
- Pandeiroot, K. a, Santoso, A. J., & Julianto, E. (2013). Pengembangan aplikasi mobile untuk pengenalan pola kain bertenan dengan learning vector quantization. *Snti*, 3-8.
- Prabowo, A., Adi, E., & Er, D. (2006). *Perbandingan Antara Metode Kohonen Neural Network dengan Metode Learning Vector Quantization Pada Pengenalan Pola Tandatangan*. 14, 147-153.
- Purwanti, E., & S, F. C. a. (2013). *Desain Sistem Klasifikasi Kelainan Jantung menggunakan Learning Vector Quantization*. 57-62.
- Putri, D. N., Rafmadhanty, F., Megantara, I. P., Jayanti, I. N., & Hapsari, K. D. (2014). *Klasifikasi Huruf Korea (Hangul) dengan Metode Template Matching Correlation*. 1-5.

- Qatran, M. A. (2011). Template Matching Method for Recognition Musnad Characters Based on Correlation Analysis. *Image (Rochester, N.Y.)*, 1–4.
- R, Y., Irawan, B., & Osmond, A. B. (2015). Aplikasi Identifikasi Motif Batik Menggunakan Metode Ekstraksi Fitur Gray Level Co-Occurrence Matrix (GlcM) Berbasis Android Batik 'S Pattern Identification Through Feature Extraction Method, Gray Level Co – Occurrence Matrix (Glcm), Based on Androi.
- Rajithkumar, B. K., Mohana, H. S., Shivakumar, M., & Ravishankar, K. C. (2014). Template Matching Method for Recognition of Stone Inscribed Kannada Characters of Different Time Frames based on Correlation Analysis. *3(3)*, 127–132.
- Rangkuti, H. (2013). Klasifikasi Motif Batik Berbasis Kemiripan Ciri Dengan Wavelet Transform Dan Fuzzy Neural Network. *9*, 361–372.
- Sharma, P., & Kaur, M. (2013). Classification in Pattern Recognition: A Review. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, *3(4)*, 2277–128.
- Sikki, M. I. (2009). Pengenalan wajah menggunakan K-Nearest Neighbour dengan Praproses Transformasi Wavelet. *Jurnal Paradigma*, *X (2)*, 159–172.
- Syafitri, N. (2010). Vol. 2 No. 1 September 2010. *Teknologi Informasi Dan Pendidikan*, *2(1)*, 42–53.
- Wahyono, E., & Ernastuti. (2012). Identifikasi Nomor Polisi Mobil Menggunakan Metode Jaringan Saraf Buatan Learning Vector Quantization. *Universitas Gunadarma*, 1–13.
- Whidhiasih, R. N., Guritman, S., & Suprio, P. T. R. I. (n.d.-a). Klasifikasi Kematangan Buah Manggis Ekspor dan Lokal Berdasarkan Warna dan Tekstur Menggunakan Fuzzy Neural Network Classification of Export and Local Mangosteen Maturity Based on Color and Texture Based using Fuzzy Neural Network. *1*.
- Whidhiasih, R. N., Guritman, S., & Suprio, P. T. R. I. (n.d.-b). Klasifikasi Kematangan Buah Manggis Ekspor dan Lokal Berdasarkan Warna dan Tekstur Menggunakan Fuzzy Neural Network Classification of Export and Local Mangosteen Maturity Based on Color and Texture Based using Fuzzy Neural Network.
- Wijayanto, H. (n.d.). Klasifikasi Batik Menggunakan Metode K-Nearest Neighbour Berdasarkan Gray Level Co-Occurrence Matrices (Glcm). *5*.
- Wijayanto, I. (2011). Deteksi dan Idenfitikasi Plat Nomor Kendaraan Mobil menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Learning Vector Quantization (LVQ) Berbasis Video. *Telkom University*.
- Yodha, J. W., & Kurniawan, A. W. (2014). Pengenalan Motif Batik Menggunakan Deteksi Tepi Canny Dan K-Nearest Neighbor. *Techno.COM*, *13(4, November)*, 251–262.
- Z, A. G., & S, D. R. (2014). Identifikasi Cacat Peluru dengan Menggunakan Pengolahan Citra Digital Berbasis Learning Vector Quantization (LVQ). *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, *2(1)*, 1–6.