

Deteksi Kematangan Buah Melon dengan Algoritma Support Vector Machine Berbasis Ekstraksi Fitur GLCM

Rizal Amegia Saputra¹, Diah Puspitasari², Taufik Baidawi³

¹Sistem Informasi Akuntansi, Universitas Bina Sarana Informatika, Sukabumi
e-mail: ¹rizal.rga@bsi.ac.id

^{2,3}Sistem Informasi, Universitas Bina Sarana Informatika, Jakarta
e-mail: ²diah.dps@bsi.ac.id, ³taufik.tfb@bsi.ac.id

Diterima	Direvisi	Disetujui
18-11-2022	21-11-2022	30-11-2022

Abstrak - Melon merupakan tanaman buah yang termasuk kedalam suku labu-labuan, banyak petani di negara tropis khususnya Indonesia mengembangkan budidaya buah melon. Kematangan buah melon menjadi salah satu tolak ukur keberhasilan panen pertanian melon, namun terdapat permasalahan dalam menentukan kualitas kematangan buah melon karena panen buah melon lebih awal akan menyebabkan rendahnya kualitas sedangkan panen melebihi waktu panen akan menyebabkan pendeknya umur penyimpanan. Analisa berdasarkan tekstur perlu dilakukan dalam menentukan kematangan buah melon, teknik GLCM akan menjadi solusi dalam Analisa tekstur berdasarkan citra digital, pada penelitian ini mengkomparasi 4 arah sudut dan 8 arah sudut pada GLCM. Selain Analisa tektur, pada penelitian ini akan menerapkan algoritma Support Vector Machine (SVM), SVM mampu mengatasi klasifikasi citra digital, ada empat fungsi kernel pada algoritma SVM yang akan digunakan yaitu linear, polynomial, sigmoid dan RBF. Dengan jumlah data sebanyak 650 citra buah melon yang terbagi kedalam 250 citra matang, 200 citra setengah matang dan 200 citra tidak matang dan pengujian data citra dibagi menjadi dua bagian yaitu 80% untuk data training sedangkan 20% untuk data testing, didapat hasil pengujian dalam percobaan dua sudut GLCM dan empat fungsi kernel SVM. Didapat nilai akurasi, *recall* dan *precision* yang paling baik nilainya yaitu pada fungsi kernel linier dan pada delapan sudut GLCM dengan nilai akurasi 80%, Precision 81% recall 80 %.

Kata Kunci: Kematangan Melon, Ekstraksi Fitur, GLCM, SVM

Abstract - Melon is a fruit plant that belongs to the pumpkin tribe, many farmers in tropical countries, especially Indonesia, develop melon cultivation. The maturity of melons is one of the benchmarks for the success of harvesting melon farming, but there are problems in determining the quality of ripening melons because harvesting melons early will lead to lower quality, while harvesting beyond harvesting time will cause short storage life. Analysis based on texture needs to be carried out in determining the ripeness of melons, the GLCM technique will be a solution in texture analysis based on digital images, in this study we compare the 4 angles and 8 angles in GLCM. In addition to texture analysis, this study will apply the Support Vector Machine (SVM) algorithm, SVM can handle digital image classification, and there are four kernel functions in the SVM algorithm that will be used, namely linear, polynomial, sigmoid and RBF. With a total data of 650 images of melons which are divided into 250 ripe images, 200 half-ripe images and 200 immature images the image data testing is divided into two parts, namely 80% for training data while 20% for testing data, the test results obtained in the experiment two GLCM corners and four SVM kernel functions. The best values for accuracy, recall and precision were obtained for the linear kernel function and at eight GLCM angles with an accuracy value of 80%, Precision of 81%, and recall of 80%.

Keywords: Melon Maturity, Feature Extraction, GLCM, SVM

PENDAHULUAN

Buah melon merupakan salah satu komoditas hortikultura yang bernilai ekonomi tinggi (Ginting, Sitawati, & Heddy, 2015). Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya hasil produksi melon dalam kurun 3

tahun terakhir sebanyak 16,4% dari total produksi tahun 2018 (Badan Pusat Statistik, 2021).

Berdasarkan data dari badan pusat statistik Indonesia pada tahun 2021 tercatat nilai ekspor buah melon mencapai US \$106.649.759,18 dengan code 08 buah melon yang menjadi salah satu buah yang

berkontribusi dalam kegiatan perdagangan dunia (Badan Pusat Statistik, 2021). Namun, seiring dengan meningkatnya produksi dan permintaan terhadap buah melon ternyata belum diimbangi dengan penanganan panen dan pascapanen yang optimal (Prayoga, Tawakal, & Aldiansyah, 2018), serta monitoring kematangan buah melon agar memiliki kualitas yang baik (Hadiwijaya, Kusumiyati, & Munawar, 2020).

Terdapat beberapa jenis varietas melon yang ditanam, diindonesia salah satunya yang paling banyak di tanam yaitu melon berjenis Sky Rocket (Himawan, Maulana, & Utamingrum, 2022), jenis sky rocket memiliki keunggulan yaitu dari rasa yang manis, bedaging tebal dan tahan terhadap berbagai penyakit (Daryono & Maryanto, 2018) (Himawan et al., 2022). Memiliki daging tebal jenis sky rocket menjadi salah satu faktor cukup sulit menentukan kematangan buah berdasarkan kulit, untuk itu para petani menentukan kematangan buah melon dapat diukur berdasarkan umur pada buah melon itu sendiri (Ahmad & Sabihah, 2018), namun proses tanam dan hasil panen serempak yang masih dilakukan secara manual, menyebabkan keberagaman tingkat kematangan dengan tampilan fisik dan kualitas rasa yang berbeda (W. D. Widodo, Suketi, & Rahardjo, 2019). Oleh karena itu, diperlukan suatu teknik untuk menanggulangi permasalahan yang saat ini dihadapi dengan memanfaatkan suatu teknologi komputasi yang dapat mengklasifikasi berdasarkan tekstur citra digital kematangan buah melon sehingga hasil panen yang diperoleh menjadi lebih optimal.

Tekstur pada citra gambar merupakan sebuah pola yang teratur maupun acak (Schwartz & Pedrini, 2006), tekstur merupakan salah satu fitur terpenting dalam analisis sebuah citra gambar, dimana hasil Analisa sebuah tekstur hasilnya dapat memberikan informasi tentang susunan struktur permukaan, perubahan intensitas atau kecerahan warna (Roberti de Siqueira, Robson Schwartz, & Pedrini, 2013). Gray-Level Co-occurrence matrix (GLCM) merupakan metode ekstraksi tekstur yang telah terbukti sangat efektif sebagai deskriptor fitur dalam mewakili tekstur karakteristik suatu gambar (Roberti de Siqueira et al., 2013) (Praseptiyana, Widodo, & Rahman, 2019), metode ini akan membantu mengatasi masalah analisa tekstur berdasarkan citra (Neneng, Adi, & Isnanto, 2016).

Machine learning merupakan model komputasi yang saat ini banyak digunakan diberbagai bidang (Gao et al., 2020), khususnya pada bidang pertanian sudah banyak menggunakan model tersebut (Heryandi Suradiradja, Pamulang, Raya Puspipitek, Pamulang, & Tangerang Selatan, 2021), banyak

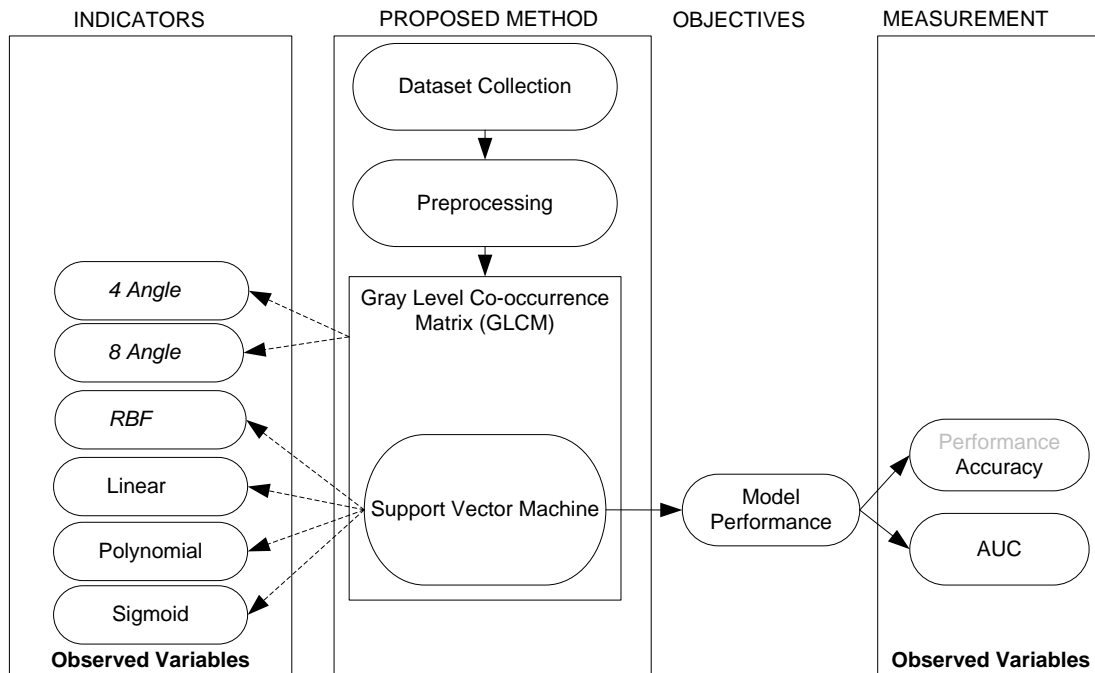
algoritma yang terdapat pada model machine learning, salah satunya yang sering digunakan dan memiliki akurasi sangat baik dalam memecahkan permasalahan klasifikasi citra digital yaitu algoritma Support Vector Machine (Yana & Nafi'iyah, 2021), SVM memiliki keunggulan dibandingkan metode machine learning lainnya yaitu berasal dari kemampuan metode ini dalam menerapkan pemisahan linear pada input data non linear berdimensi besar, dan ini diperoleh dengan menggunakan fungsi kernel yang diperlukan (Mulyana, Akbar, & Zikri, 2022).

Penelitian kematangan buah melon menggunakan algoritma machine learning sudah ada yang melakukan seperti penelitian (Himawan et al., 2022) menggunakan algoritma Decision Tree dan GLCM untuk mengukur tingkat kemanisan buah melon, dengan jumlah dataset 435 citra, menunjukkan tingkat akurasi 80% tingkat kemanisan tinggi, 73% tingkat kemasin sedang dan 80% tingkat kemanisan rendah. Penelitian (Abidzar Tawakal & Prayoga, 2019) menggunakan algoritma SVM dan Analisa tekstur Histogram Of Oriented Gradients (HOG) dalam mengukur kematangan melon, didapat hasil akurasi sebesar 78,67%. Penelitian (Ahmad & Sabihah, 2018) menggunakan Spektroskopi Near Infra-red untuk mengukur parameter kematangan buah melon, didapat hasil bahwa metode tersebut dapat digunakan untuk memprediksi kematangan buah melon dari berbagai umur dari kekerasan daging buah. Penelitian (Prayoga et al., 2018) menggunakan algoritma SVM dan ekstraksi ciri statistik, didapat hasil akurasi sebesar 76%. Penelitian (Agusta & Ahmad, 2016) Membahas tentang tingkat kematangan buah melon menggunakan parameter sinyal suara, hasil penelitian menunjukkan analisis diskriminan, parameter gelombang suara yang mampu membedakan kematangan buah melon dengan baik adalah frekuensi, short term energy.

Berdasarkan beberapa penelitian diatas, maka kontribusi dalam penelitian yang akan dilakukan yaitu penerapan algoritma Support Vector Machine dengan menggunakan Fitur Ekstraksi GLCM dengan 2 percobaan yaitu 4 sudut dan 8. Pada algoritma SVM menggunakan kernel functions yaitu RBF, Linear, Polynomial, Sigmoid.

METODE PENELITIAN

Pada tahapan metode penelitian menjelaskan metode algoritma yang digunakan dan teknik yang diusulkan, berikut kerangka penelitian yang digunakan dalam penelitian ini:



Sumber : penelitian (2022)

Gambar 1. Kerangka Penelitian

Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat bahwa :

- Pertama mengumpulkan dataset citra gambar yang didapat dari hasil penelitian, total data yang di kumpulkan sebanyak 650 citra gambar, yang terdiri dari 250 citra matang, 200 citra setengah matang dan 200 citra tidak matang.
- Selanjutnya tahap preprocessing, pada tahap ini dataset citra diberikan label yang terdiri dari citra matang, citra setengah matang dan citra tidak matang, setelah itu data citra melon dilakukan proses *cropping* yang berfokus pada buahnya saja, dan data citra dibagi kedalam dua bagian yaitu 80% data training dan 20% data testing.
- Tahap selanjutnya menerapkan metode GLCM untuk Analisa tekstur ciri citra gambar, dengan menggunakan dua jenis sudut yaitu empat sudut dan delapan sudut,
- Selanjutnya proses penerapan model, model terdiri dari beberapa fungsi kernel dari algoritma SVM yaitu RBF, Linear, Sigmoid dan polynomial,
- Dan tahap terakhir yaitu membandingkan hasil akurasi tiap fungsi kernel dengan mencari nilai akurasi, presesi dan recall yang terbaik.

1. Gray-Level Co-occurrence matrix (GLCM)

Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) adalah metode yang digunakan untuk analisis ekstraksi tekstur/fitur, matriks dalam GLCM akan menggambarkan frekuensi dengan munculnya dua pasangan piksel dengan intensitas tertentu pada jarak dan arah tertentu pada gambar (R. Widodo, Widodo, & Supriyanto, 2018)(R A Saputra et al., 2020). Koordinat pasangan piksel memiliki jarak d dan

orientasi sudut Θ (R. Widodo et al., 2018). Terdapat beberapa Orientasi sudut dalam menggunakan model GLCM, pada penelitian ini membandingkan hasil empat arah sudut untuk klasifikasi gambar seperti penelitian (Neneng et al., 2016)(Himawan et al., 2022)(Ayu & Utamingrum, 2021)(Alqoria & Utamingrum, 2021)(Rizal Amegia Saputra, Puspitasari, Wahyudi, Ramdhani, & Ramanda, n.d.) dengan delapan arah sudut seperti penelitian (Simanjuntak, Suwilo, & Sembiring, 2019) dan jarak antar piksel sebesar 1 piksel.

GLCM memiliki beberapa fitur, pada penelitian ini digunakan 6 fitur diantaranya:

$$\text{Correlation} = \sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{(i-\mu)(j-\mu)}{\sigma^2} \quad (1)$$

$$\text{Homogeneity} = \sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{P_{ij}}{1+(j-i)^2} \quad (2)$$

$$\text{Contrast} = \sum_{i,j=0}^{N-1} P_{ij}(i-j)^2 \quad (3)$$

$$\text{ASM} = \sum_{i,j=0}^{\text{levels}-1} (P_{ij})^2 \quad (4)$$

$$\text{Energy} = \sum_{i,j=0}^{n-1} (P_{ij})^2 \quad (5)$$

i, j adalah koordinat piksel dalam matriks GLCM, sedangkan levels adalah interval skala keabuan, 0-255(level = 256) pada citra digital, dan $P_{i,j}$ adalah nilai piksel pada koordinat i, j dari matriks GLCM (I. Ruth Simatupang, Bambang. H, 2015)(Purwandari, Hasibuan, & Andreswari, 2018).

2. Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) adalah metode pembelajaran mesin yang bekerja sesuai dengan prinsip *Structural Risk Minimization* (Arifianto, Sunaryo, & Moonlight, 2022), dimana tujuannya yaitu untuk menemukan *hyperplane* terbaik yang memisahkan dua kelas dalam ruang

input(Praghakusma & Charibaldi, 2021). Pada penelitian ini algoritma SVM digunakan untuk mengklasifikasikan citra melon yang matang, setengah matang dan tidak matang. Dimulai dari memanggil hasil ekstraksi dari proses GLCM, selanjutnya diuji setiap kernel untuk mendapatkan hasil yang terbaik, berikut enam kernel yang digunakan(Awasthi, 2020):

- b. Linear Kernel
 $F(x, x_j) = \text{sum}(x, x_j) \quad (6)$
- c. Polynomial Kernel
 $F(x, x_j) = (x, x_j + 1)^d \quad (7)$
- d. Gaussian Radial Basis Function (RBF)
 $F(x, x_j) = \exp(-\gamma * \|x - x_j\|^2) \quad (8)$
- e. Sigmoid Kernel
 $F(x, x_j) = \tanh(ax + c) \quad (9)$

3. Confusion Matrix

Analisa dalam pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui performa sebuah algoritma, evaluasi kinerja dalam penelitian ini menggunakan *Confusion Matrix*. Teknik ini merupakan matriks prediksi (Ainurrohmah, 2021) diukur berdasarkan nilai *true positive (TP)*, *true negative (TN)*, *false positive (FP)*, dan *false negative (FN)*(Liyantoko, Candradewi, & Harjoko, 2019). Ada 3 confusion matrix yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu:

$$\text{Akurasi} = (TP + TN) / (TP + FP + FN + TN) \quad (10)$$

$$\text{Presisi} = (TP) / (TP + FP) \quad (11)$$

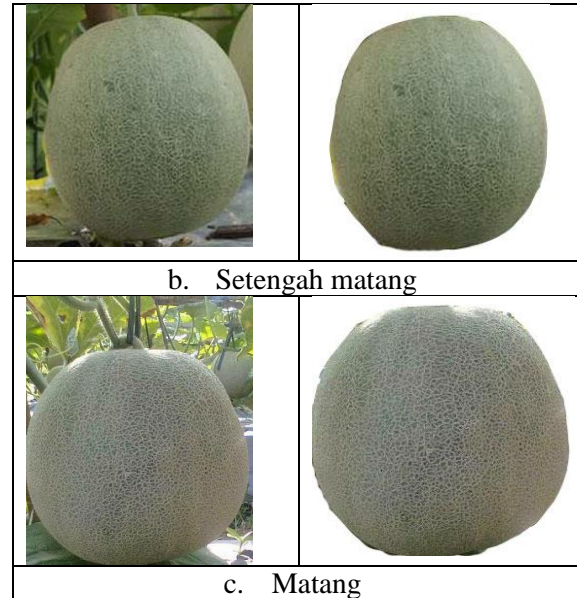
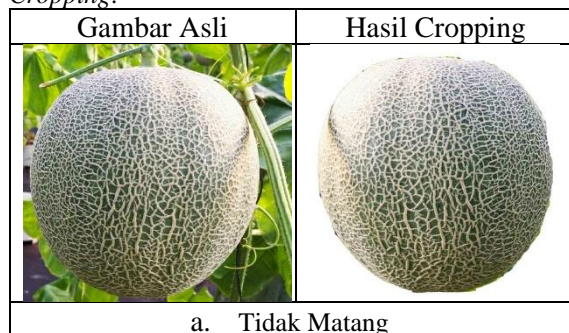
$$\text{Recall} = (TP) / (TP + FN) \quad (12)$$

$$\text{F1 Score} = 2 * (\text{Recall} * \text{Precision}) / (\text{Recall} + \text{Precision}) \quad (13)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Dataset

Data citra didapat dari perkebunan melon yang berada di kota Sukabumi, tepatnya di kampung melon desa Sukajaya Sukabumi, didapat total data citra 650 yang terdiri dari 250 citra matang, 200 citra setengah matang dan 200 citra tidak matang. Untuk memfokuskan Analisa tekstur digunakan Teknik *cropping image* seperti yang dilakukan oleh (Zheng et al., 2019)(Abidzar Tawakal & Prayoga, 2019), Berikut hasil gambar setelah melalui proses *Cropping*:



Sumber : penelitian (2022)

Gambar 2. Jenis Citra Berdasarkan Kematangan

2. Evaluasi Hasil Proses

a. Akurasi

Pengukuran akurasi sangat penting dilakukan untuk mengukur kernel SVM mana yang terbaik dan jenis sudut GLCM mana yang terbaik, berikut tabel hasil perbandingan antara fungsi kernel algoritma SVM:

Tabel 1. Tabel 4 sudut orientasi GLCM

	GLCM 4 Sudut Orientasi			
	Akurasi	Presisi	Recall	F1-Score
RBF	66%	66%	66%	65%
Linear	78%	78%	78%	78%
Polynomial	56%	59%	56%	48%
Sigmoid	34%	40%	34%	35%

Sumber : penelitian (2022)

Tabel 2. Tabel 8 sudut orientasi GLCM

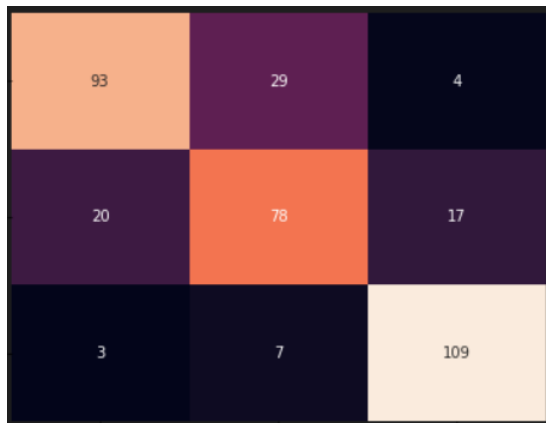
	GLCM 8 Sudut Orientasi			
	Akurasi	Presisi	Recall	F1-Score
RBF	66%	66%	66%	65%
Linear	80%	81%	80%	80%
Polynomial	56%	59%	56%	48%
Sigmoid	34%	39%	34%	35%

Sumber : penelitian (2022)

Pada tabel 1 dengan 4 sudut orientasi GLCM dapat disimpulkan bawah hasil pengujian terbaik didapat oleh fungsi kernel linier dengan akurasi 78%, presisi 78%, recall 78% dan F1-Score 78%.

Sementara pada tabel 2 dengan 8 sudut orientasi GLCM nilai akurasi terbaik masih pada kernel linier dengan akurasi 80%, presisi 81%, Recall 80% dan F1-Score 80%. Dapat disimpulkan bahwa dengan 8 sudut GLCM fungsi kernel lebih baik nilai akurasi dibandingkan dengan kernel linier 4 sudut.

b. Confusion Matrix



a) 4 Sudut

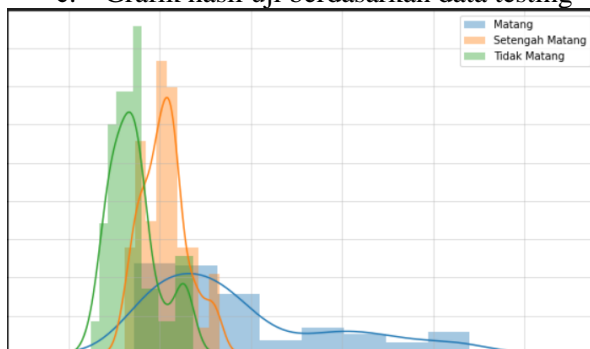


b) 8 Sudut

Sumber : penelitian (2022)

Gambar 3. Perbandingan Confusion Matrix

c. Grafik hasil uji berdasarkan data testing



Sumber : penelitian (2022)

Gambar 4. Garfik hasil uji berdasarkan data testing

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang didapat pada penelitian ini, menunjukkan bahwa delapan sudut orientasi model GLCM yaitu 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° dan 315° dengan fungsi kernel algoritma SVM linear memiliki nilai akurasi yang sangat baik dibandingkan dengan kernel-kernel lainnya, yaitu didapat hasil akurasi sebesar 80% dengan presesi 81% dan nilai recall 80%.

REFERENSI

Abidzar Tawakal, H., & Prayoga, A. (2019). The Development of Methods for Detecting Melon Maturity Level Based on Fruit Skin Texture Using the Histogram of Oriented Gradients and the Support Vector Machine. *Proceedings of 2019 4th International Conference on Informatics and Computing, ICIC 2019*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICIC47613.2019.8985953>

Agusta, W., & Ahmad, U. (2016). Study on Golden Apollo Melon Ripeness Level Using Acoustic Impulse Parameters. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 04(2), 1–8. <https://doi.org/10.19028/jtep.04.2.195-202>

Ahmad, U., & Sabihah, . (2018). Prediction of Ripeness Parameters of Melon Fruit Using Near Infra-red Spectroscopy. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 23(3), 183–189. <https://doi.org/10.18343/jipi.23.3.183>

Ainurrohmah. (2021). Akurasi Algoritma Klasifikasi pada Software Rapidminer dan Weka. *Prisma*, 4, 493–499. Retrieved from <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/prisma/>

Alqoria, N. T., & Utaminingrum, F. (2021). Rancang Bangun Sistem Deteksi Kemanisan Buah Melon Menggunakan Gray Level Co-occurrence Matrix dan Support Vector Machine. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 5(6), 2472–2477. Retrieved from <http://j-ptiik.ub.ac.id>

Arifianto, T., Sunaryo, S., & Moonlight, L. S. (2022). Penggunaan Metode Support Vector Machine (Svm) Pada. *Jurnal Jteknik Informatika Dan Teknologi Informasi*, 2(2), 3–6.

Awasthi, S. (2020). Seven Most Popular SVM Kernels. Retrieved from [dataaspirant.com](https://dataaspirant.com/svm-kernels/)

Ayu, K. S., & Utaminingrum, F. (2021). Rancang Bangun Sistem Tingkat Kemanisan Buah Sky Rocket Melon menggunakan Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix dan Backpropagation Neural Network. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 5(8), 3349–3355. Retrieved from

- <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Badan Pusat Statistik. (2021). Produksi Tanaman Buah-Buahan 2021. Retrieved from <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/1/produksi-tanaman-buah->
- Daryono, B. S., & Maryanto, S. D. (2018). *Keanekaragaman dan potensi sumber daya genetik melon*. Yogyakarta: UGM Press.
- Gao, K., Mei, G., Piccialli, F., Cuomo, S., Tu, J., & Huo, Z. (2020). Julia language in machine learning: Algorithms, applications, and open issues. *Computer Science Review*, 37, 100254. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100254>
- Ginting, R. R., Sitawati, S., & Heddy, Y. B. S. (2015). Efikasi Zat Pengatur Tumbuh Etefon Untuk Mempercepat Pemasakan Buah Melon (Cucumis Melo L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. Retrieved from <http://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/184>
- Hadiwijaya, Y., Kusumiyati, K., & Munawar, A. A. (2020). PREDIKSI TOTAL PADATAN TERLARUT BUAH MELON GOLDEN (Cucumis melo L.) MENGGUNAKAN VIS-SWNIRS DAN ANALISIS MULTIVARIAT. *Jurnal Penelitian Sainstek*, 25(2), 103–114. <https://doi.org/10.21831/jps.v25i2.34487>
- Heryandi Suradiradja, K., Pamulang, U., Raya Puspipetek, J., Pamulang, K., & Tangerang Selatan, K. (2021). Algoritme Machine Learning Multi-Layer Perceptron dan Recurrent Neural Network untuk Prediksi Harga Cabai Merah Besar di Kota Tangerang. *Faktor Exacta*, 14(4), 1979–276. <https://doi.org/10.30998/faktorexacta.v14i4.10376>
- Himawan, K., Maulana, E., & Utaminigrum, F. (2022). *Rancang Bangun Sistem Deteksi Tingkat Kemanisan Buah Melon (Sky Rocket) dengan Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) dan Decision Tree*. 6(2), 923–928. Retrieved from <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- I. Ruth Simatupang, Bambang, H. S. (2015). Deteksi Pulpitis Melalui Periapikal Radiograph Pada Domain Spasial Dengan Metode Glcm Dan Klasifikasi Fuzzy K-Nearest Neighbour Berbasis Android Detection of Pulpitis Via Radiograph Periapical Based on Android in Spatial Domain Using Glcm Method and Fuzzy. *E-Proceeding of Engineering*, 2(2), 2809–2816.
- Liyantoko, A. N., Candradewi, I., & Harjoko, A. (2019). Klasifikasi Sel Darah Putih dan Sel Limfoblas Menggunakan Metode Multilayer Perceptron Backpropagation. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 9(2), 173. <https://doi.org/10.22146/ijeis.49943>
- Mulyana, D. I., Akbar, A., & Zikri, M. (2022). *Optimasi Klasifikasi Buah Anggur Menggunakan Data Augmentasi dan Convolutional Neural Network*. 11(2), 148–161.
- Neneng, N., Adi, K., & Isnanto, R. (2016). Support Vector Machine Untuk Klasifikasi Citra Jenis Daging Berdasarkan Tekstur Menggunakan Ekstraksi Ciri Gray Level Co-Occurrence Matrices (GLCM). *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.21456/vol6iss1pp1-10>
- Praghakusma, A. Z., & Charibaldi, N. (2021). Komparasi Fungsi Kernel Metode Support Vector Machine untuk Analisis Sentimen Instagram dan Twitter (Studi Kasus : Komisi Pemberantasan Korupsi). *JSTIE (Jurnal Sarjana Teknik Informatika) (E-Journal)*, 9(2), 88. <https://doi.org/10.12928/jstie.v9i2.20181>
- Praseptiyana, W. I., Widodo, A. W., & Rahman, M. A. (2019). Pemanfaatan Ciri Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) Untuk Deteksi Melasma Pada Citra Wajah. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(11), 10402–10409.
- Prayoga, A., Tawakal, H. A., & Aldiansyah, R. (2018). Pengembangan Metode Deteksi Tingkat Kematangan Buah Melon Berdasarkan Tekstur Kulit Buah Dengan Menggunakan Metode Ekstraksi Ciri Statistik Dan Support Vector Machine (Svm). *Jurnal Teknologi Terpadu*, 4(1), 24–30. <https://doi.org/10.54914/jtt.v4i1.112>
- Purwandari, E. P., Hasibuan, R. U., & Andreswari, D. (2018). Identifikasi Jenis Bambu Berdasarkan Tekstur Daun dengan Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix dan Gray Level Run Length Matrix. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 6(4), 146–151. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.6.4.2018.146-151>
- Roberti de Siqueira, F., Robson Schwartz, W., & Pedrini, H. (2013). Multi-scale gray level co-occurrence matrices for texture description. *Neurocomputing*, 120, 336–345. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2012.09.042>
- Saputra, R A, Suharyanto, Wasdiyanti, S., Saefudin, D. F., Supriyatna, A., & Wibowo, A. (2020). Rice Leaf Disease Image Classifications Using KNN Based On GLCM Feature Extraction. *Journal of Physics: Conference Series*, 1641, 012080. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1641/1/012080>
- Saputra, Rizal Amegia, Puspitasari, D., Wahyudi, M., Ramdhani, S., & Ramanda, K. (n.d.). *Optimization the Naive Bayes Algorithm Using*

- Particle Swarm Optimization Feature Selection and Bagging Techniques for Detection of Alzheimer 's Disease.*
- Schwartz, W. R., & Pedrini, H. (2006). Textured Image Segmentation Based on Spatial Dependence using a Markov Random Field Model. *2006 International Conference on Image Processing*, 2449–2452. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2006.312772>
- Simanjuntak, T. I., Suwilo, S., & Sembiring, R. W. (2019). Analysis of Detection of Drow and Entire Co-Occurrence Matrix GLCM Method on The Classification of Image. *Journal of Physics: Conference Series*, 1361(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1361/1/012028>
- Widodo, R., Widodo, A. W., & Supriyanto, A. (2018). Pemanfaatan Ciri Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) Citra Buah Jeruk Keprok (*Citrus reticulata* Blanco) untuk Klasifikasi Mutu. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(11), 5769–5776. Retrieved from <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/3420>
- Widodo, W. D., Suketi, K., & Rahardjo, R. (2019). Evaluasi Kematangan Pascapanen Pisang Barangan untuk Menentukan Waktu Panen Terbaik Berdasarkan Akumulasi Satuan Panas. *Buletin Agrohorti*, 7(2), 162–171. <https://doi.org/10.29244/agrob.7.2.162-171>
- Yana, Y. E., & Nafi'iyah, N. (2021). Klasifikasi Jenis Pisang Berdasarkan Fitur Warna, Tekstur, Bentuk Citra Menggunakan SVM dan KNN. *RESEARCH: Journal of Computer, Information System & Technology Management*, 4(1), 28. <https://doi.org/10.25273/research.v4i1.6687>
- Zheng, Y. Y., Kong, J. L., Jin, X. B., Wang, X. Y., Su, T. L., & Zuo, M. (2019). Cropdeep: The crop vision dataset for deep-learning-based classification and detection in precision agriculture. *Sensors (Switzerland)*, 19(5). <https://doi.org/10.3390/s19051058>