

RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI KEMATANGAN BUAH KELAPA SAWIT BERDASARKAN DETEKSI WARNA MENGGUNAKAN ALGORITMA K-NN

Ade Chandra Saputra^{a,1,*}, Enny Dwi Oktaviani^{b,2}

^{a,b} Universitas Palangka Raya, Kampus UPR Tunjung Nyaho Jl. Yos Sudarso

¹ adechandra@it.upr.ac.id; ² enny@it.upr.ac.id;

* corresponding author

ARTICLE INFO

Keywords

palm oil
K-NN algorithm
design and development

ABSTRACT

The rapid growth of the palm oil industry has made it increasingly important to develop applications that can detect the maturity level of oil palm fruit. This paper presents the design and development of an application for detecting the maturity level of oil palm fruit based on color composition using the K-NN algorithm. The K-NN algorithm is used to classify the oil palm fruit based on the color composition that is related to its maturity level.

The application uses image processing technology to measure the qualitative and quantitative parameters of various maturity indicators, such as color, size, and texture. Different color compositions of the oil palm fruit indicate different maturity levels, and using the K-NN algorithm, the fruit can be classified based on its maturity level. The application helps reduce production costs and losses caused by errors in harvesting the fruit.

The application is designed to be user-friendly and accessible to farmers and plantation managers. The user interface is simple and intuitive, allowing users to easily input the image of the oil palm fruit and get a quick analysis of its maturity level. The results are displayed in a clear and understandable way, making it easy for users to make informed decisions about when to harvest the fruit.

In conclusion, the application for detecting the maturity level of oil palm fruit based on color composition using the K-NN algorithm is a useful tool in the palm oil industry. It helps farmers and plantation managers determine the optimal time for harvesting the fruit, reducing production costs and increasing productivity. The user-friendly interface makes it accessible to a wider range of users and facilitates informed decision-making.

1. Pendahuluan

Aplikasi pendeteksian tingkat kematangan buah kelapa sawit berdasarkan komposisi warna menggunakan algoritma K-NN menjadi semakin penting dengan pertumbuhan industri buah kelapa sawit yang pesat. Aplikasi ini memungkinkan petani dan pengusaha untuk memetik buah buah kelapa sawit pada waktu yang tepat, yang akan meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil produksi.

Algoritma K-NN (K-Nearest Neighbor) adalah algoritma pembelajaran mesin yang umum digunakan untuk klasifikasi data. Dalam konteks aplikasi pendeteksian tingkat kematangan buah kelapa sawit, algoritma K-NN digunakan untuk mengklasifikasikan buah buah kelapa sawit berdasarkan komposisi warna yang terkait dengan tingkat kematangan buah tersebut.

Deteksi tingkat kematangan buah kelapa sawit berdasarkan komposisi warna dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi pemrosesan citra. Teknologi ini memungkinkan pengukuran kualitatif dan kuantitatif dari berbagai parameter kematangan buah sawit, seperti warna, ukuran, dan tekstur.

Komposisi warna buah buah kelapa sawit yang berbeda menunjukkan tingkat kematangan yang berbeda, sehingga dengan menggunakan algoritma K-NN, buah buah kelapa sawit dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat kematangannya.

Aplikasi pendeteksian tingkat kematangan buah kelapa sawit berdasarkan komposisi warna menggunakan algoritma K-NN juga membantu dalam mengurangi biaya produksi dan kerugian yang disebabkan oleh kesalahan dalam memetik buah. Dengan mengetahui kapan waktu yang tepat untuk memetik, petani dan pengusaha dapat menghindari pemborosan waktu dan biaya yang terkait dengan memetik buah terlalu dini atau terlalu lambat.

Selain itu, aplikasi pendeteksian tingkat kematangan buah kelapa sawit berdasarkan komposisi warna menggunakan algoritma K-NN juga memungkinkan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam proses produksi. Dengan teknologi ini, proses pemilihan dan sortir buah buah kelapa sawit dapat dilakukan secara otomatis dan akurat, sehingga mengurangi kebutuhan tenaga kerja manusia dan meningkatkan efisiensi produksi secara keseluruhan.

Penelitian oleh Muchammad Arief (2019) dengan judul “Klasifikasi Kematangan Buah Jeruk Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan Metode SVM”. Pada Penelitian ini peneliti menggunakan metode SVM dengan hasil buah tersebut sudah matang atau masih mentah. Dari hasil penelitian diperoleh akurasi kecocokan dengan presentase 80% dari data sebanyak 100 citra jeruk. Penelitian oleh Dian Novianto dan Tri Sugihartono (2020) dengan judul “Sistem Deteksi Kualitas Buah Jambu Air Berdasarkan Warna Kulit Menggunakan Algoritma Principal Component Analysis (PCA) dan K-Nearest Neighbor (K-NN)”. Pada penelitian ini peneliti menggunakan Algoritma Principal Component Analysis (PCA) dan K-Nearest Neighbor (K-NN) dengan hasil dari sistem ini adalah sistem mampu menghasilkan keluaran berupa pengklasifikasian kualitas dari buah jambu air secara otomatis. Penelitian oleh Duwen Imantata Muhammad, Ermatita, Noor Falih (2021) dengan judul “Penggunaan K-Nearest Neighbor (KNN) untuk Mengklasifikasi Citra Belimbing Berdasarkan Fitur Warna” Penelitian ini peneliti menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN) dengan hasil menggunakan algoritma KNN didapatkan akurasi sebesar 93.33% pada percobaan dengan menggunakan nilai K=7.

Penelitian oleh Yusuf Eka Yana, Nur Nafi'iyah (2021) dengan judul “Klasifikasi Jenis Pisang Berdasarkan Fitur Warna, Tekstur, Bentuk Citra Menggunakan SVM dan KNN” Penelitian ini peneliti menggunakan metode SVM dan KNN dengan Hasil ujicoba menunjukkan algoritma SVM nilai akurasi mengklasifikasi jenis Pisang secara berturut-turut dari fitur warna, tekstur, bentuk adalah 41,67%, 33,3%, 8,3%. Dan hasil klasifikasi jenis Pisang dengan algoritma KNN, nilai K terbaik adalah 2 pada fitur warna 55,95%, fitur tekstur 58,33%, dan fitur bentuk 45,24%. Penelitian oleh Anita Sindar M. Sinaga (2020) dengan judul “Implementasi Teknik Thresholding Pada Segementasi Citra Digital” Pada penelitian ini, peneliti mendapatkan hasil metode segmentasi mengasumsikan setiap objek cenderung memiliki warna yang homogen dan terletak pada kisaran keabuan tertentu. Setiap komponen warna menggunakan 8 bit (nilainya berkisar antara 0 sampai dengan 255). Proses thresholding mengkonversi citra warna menjadi hitam dan putih sehingga mempermudah mendeteksi objek.

1.1 Karakteristik Buah Sawit

Berikut adalah beberapa karakteristik buah buah kelapa sawit:

1. Ukuran dan Bentuk: Buah buah kelapa sawit memiliki ukuran yang bervariasi, tergantung pada varietasnya. Buah buah kelapa sawit yang matang biasanya memiliki panjang sekitar 3-5 cm, diameter sekitar 1-2 cm, dan berbentuk oval atau bulat.
2. Warna: Buah buah kelapa sawit yang matang memiliki warna coklat atau merah kehitaman. Warna ini dapat berbeda-beda tergantung pada varietasnya.

3. **Tekstur:** Kulit buah buah kelapa sawit tergolong keras dan tebal dengan permukaan yang berpori-pori. Sementara itu, daging buah buah kelapa sawit yang matang memiliki tekstur lembut dan kaya akan minyak.
4. **Rasa dan Aroma:** Buah buah kelapa sawit yang matang memiliki rasa manis dan kaya akan minyak. Aroma yang dihasilkan juga khas dan kuat.
5. **Kandungan Nutrisi:** Buah buah kelapa sawit mengandung lemak sebanyak 40-65%, protein sebanyak 4-6%, dan air sebanyak 20-25%. Buah buah kelapa sawit juga kaya akan vitamin dan mineral seperti vitamin E, vitamin K, magnesium, dan kalium.
6. **Waktu Panen:** Buah buah kelapa sawit dapat dipanen setelah berusia sekitar 3-4 tahun. Namun, waktu panen yang tepat tergantung pada tingkat kematangan buah dan varietasnya.
7. **Penggunaan:** Buah buah kelapa sawit digunakan untuk menghasilkan minyak buah kelapa sawit yang digunakan dalam berbagai produk makanan, kosmetik, dan industri. Selain itu, biji buah kelapa sawit juga dapat digunakan untuk menghasilkan pakan ternak.

Secara umum, terdapat beberapa gambaran tingkat kematangan buah buah kelapa sawit, yaitu:

1. **Buah Buah kelapa sawit Mentah:** Buah buah kelapa sawit yang masih mentah memiliki warna hijau dan daging buahnya masih keras. Buah buah kelapa sawit yang masih mentah biasanya digunakan untuk menghasilkan minyak buah kelapa sawit mentah atau minyak goreng sawit.
2. **Buah Buah kelapa sawit Masak:** Buah buah kelapa sawit yang sudah matang memiliki warna cokelat atau merah kehitaman. Daging buahnya sudah lembut dan kaya akan minyak. Buah buah kelapa sawit yang sudah matang digunakan untuk menghasilkan minyak buah kelapa sawit mentah dan produk turunannya seperti margarin, sabun, dan kosmetik.
3. **Buah Buah kelapa sawit Busuk:** Buah buah kelapa sawit yang sudah melewati masa panennya dan tidak dipanen dalam waktu yang tepat, akan mengalami pembusukan. Buah buah kelapa sawit yang sudah busuk memiliki warna hitam dan mengeluarkan aroma busuk yang sangat kuat. Buah buah kelapa sawit yang sudah busuk tidak dapat digunakan untuk menghasilkan minyak buah kelapa sawit dan produk turunannya.

1.2 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan Citra Digital (digital image processing) adalah suatu proses yang dilakukan pada citra digital dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas citra atau ekstraksi informasi dari citra tersebut. Proses pengolahan citra digital meliputi beberapa tahapan, seperti akuisisi citra, pra-pemrosesan citra, ekstraksi ciri citra, segmentasi citra, dan klasifikasi citra. Dalam proses akuisisi citra, citra direkam atau diambil dengan menggunakan perangkat seperti kamera atau scanner. Setelah itu, citra akan diproses dengan melakukan pra-pemrosesan citra untuk memperbaiki kualitas citra, seperti penghilangan noise dan penajaman citra. Setelah dilakukan pra-pemrosesan citra, tahap selanjutnya adalah ekstraksi ciri citra, yaitu proses untuk mengambil informasi penting dari citra, seperti tekstur, bentuk, dan warna. Ciri ini nantinya akan digunakan sebagai masukan dalam proses segmentasi dan klasifikasi citra. Segmentasi citra adalah proses untuk membagi citra menjadi beberapa bagian atau region, yang masing-masing merepresentasikan obyek atau fitur tertentu dalam citra. Sedangkan, klasifikasi citra adalah proses untuk mengelompokkan citra ke dalam kategori atau kelas tertentu berdasarkan ciri-ciri yang telah diekstraksi sebelumnya. Pengolahan citra digital memiliki banyak aplikasi di berbagai bidang, seperti pengolahan citra medis untuk mendeteksi penyakit, pengolahan citra satelit untuk analisis bumi dan cuaca, pengolahan citra keamanan untuk deteksi wajah atau pelat kendaraan, dan masih banyak lagi.

Berdasarkan permasalahan dan penelitian sebelumnya yang terkait sehingga muncul ide untuk melakukan penelitian mengenai klasifikasi kematangan buah sawit menggunakan algoritma KNearest Neighbor (K-NN) dan menggunakan ekstraksi ciri berupa warna. Dengan adanya penelitian ini diharapkan aplikasi pendeteksian tingkat kematangan buah kelapa sawit berdasarkan komposisi warna

menggunakan algoritma K-NN menjadi semakin penting dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi dalam industri buah kelapa sawit yang semakin berkembang.

2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam rancang bangun aplikasi pendeteksian tingkat kematangan buah kelapa sawit berdasarkan komposisi warna menggunakan algoritma K-NN adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur: Dilakukan studi literatur untuk memahami dasar teori tentang kematangan buah buah kelapa sawit, pemrosesan citra, dan algoritma K-NN.
2. Pengumpulan data: Data citra buah buah kelapa sawit yang diambil dari kebun buah kelapa sawit diolah untuk menghasilkan data yang digunakan dalam pelatihan dan pengujian algoritma K-NN.

Berikut adalah beberapa langkah untuk melakukan pengumpulan data training:

- Tentukan jenis kematangan yang ingin dideteksi. Tingkat Kematangan Buah Kelapa Sawit di berikan label matang, setengah matang, dan mentah.
- Ambil contoh buah kelapa sawit dari kebun buah kelapa sawit yang berbeda-beda untuk mewakili variasi komposisi warna yang mungkin terjadi pada buah kelapa sawit.
- Ambil gambar buah kelapa sawit menggunakan kamera atau alat pengambil gambar lainnya. Pastikan gambar cukup jelas dan memiliki resolusi yang tinggi.
- Identifikasi daerah buah kelapa sawit pada gambar yang menunjukkan komposisi warna yang mewakili kematangan yang ditargetkan. Misalnya, jika Anda ingin mendeteksi buah kelapa sawit matang, cari daerah pada gambar yang menunjukkan warna coklat kehitaman.
- Ekstraksi fitur dari gambar. Dalam hal ini, Anda dapat menggunakan metode ekstraksi fitur yang sesuai seperti pengolahan citra digital atau metode ekstraksi fitur lainnya.
- Tambahkan label kelas pada setiap contoh buah kelapa sawit yang sudah diambil berdasarkan jenis kematangan yang ingin dideteksi. Misalnya, jika Anda ingin mendeteksi buah kelapa sawit matang, label kelasnya adalah "matang".
- Bagi data training menjadi dua bagian yaitu data training dan data validasi. Data training digunakan untuk melatih model K-NN, sedangkan data validasi digunakan untuk mengevaluasi performa model.
- Ulangi langkah-langkah di atas untuk setiap jenis kematangan yang ingin dideteksi.



Gambar 1. Tingkat Kematangan Buah Kelapa Sawit Berdasarkan Object Warna

3. Pengolahan data: Citra buah buah kelapa sawit diproses menggunakan teknik pemrosesan citra untuk mengekstrak fitur warna. Selanjutnya, fitur warna dijadikan data input untuk melatih algoritma K-NN.
4. Pelatihan algoritma K-NN: Data fitur warna dari citra buah buah kelapa sawit digunakan untuk melatih algoritma K-NN. Proses pelatihan ini dilakukan dengan membagi data ke dalam dua bagian yaitu data latih dan data validasi.

5. Validasi algoritma K-NN: Setelah proses pelatihan, dilakukan validasi algoritma K-NN menggunakan data validasi untuk mengevaluasi performa algoritma. Hasil evaluasi digunakan untuk melakukan tuning parameter pada algoritma.
6. Implementasi aplikasi: Setelah algoritma K-NN dioptimalkan, dilakukan implementasi pada aplikasi yang dikembangkan. Aplikasi ini mampu mengambil citra buah buah kelapa sawit dan melakukan analisis untuk mengklasifikasikan buah buah kelapa sawit berdasarkan tingkat kematangannya.
7. Pengujian aplikasi: Aplikasi yang dikembangkan diuji dengan mengambil citra buah buah kelapa sawit dari kebun buah kelapa sawit dan melakukan analisis untuk mengklasifikasikan buah buah kelapa sawit berdasarkan tingkat kematangannya. Hasil pengujian aplikasi dievaluasi untuk mengevaluasi performa aplikasi.

Dalam penelitian ini, pengolahan data citra dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB dan implementasi aplikasi menggunakan bahasa pemrograman Python dengan menggunakan library OpenCV dan scikit-learn. Proses pelatihan dan validasi algoritma K-NN dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Python.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan rancang bangun aplikasi pendeteksian tingkat kematangan buah kelapa sawit berdasarkan komposisi warna menggunakan algoritma K-NN adalah sebagai berikut:

3.1. Hasil Perancangan

Aplikasi yang dikembangkan mampu mengambil citra buah buah kelapa sawit dan melakukan analisis untuk mengklasifikasikan buah buah kelapa sawit berdasarkan tingkat kematangannya. Pengujian aplikasi dilakukan dengan menggunakan citra buah buah kelapa sawit yang telah disiapkan. Aplikasi mampu mengklasifikasikan buah buah kelapa sawit ke dalam empat tingkat kematangan yang berbeda yaitu matang, setengah matang, masak muda, dan muda dengan tingkat akurasi sebesar 86 % dengan nilai $K = 6$.

ID	Gambar TRS	R	G	B	Label
1		152.0625	138.65340909091	80.732954545455	Matang
2		126.89488636364	105.23295454545	106.78977272727	Matang
3		106.02871363636	88.823663636364	81.889204545455	Matang
4		144.08806818182	123.64772727273	122.30397272727	Matang
5		109.54829545455	88.278409090909	77.235795454545	Matang

Gambar 1. Hasil Training Buah Kelapa Sawit

3.2. Hasil Pengujian

Berikut adalah hasil pengujian rancang bangun sistem deteksi kematangan buah kelapa sawit berdasarkan deteksi warna menggunakan algoritma K-NN:

1. Akurasi: Sistem deteksi memiliki akurasi sebesar 86%. Hal ini berarti bahwa sistem berhasil mengenali 86% buah kelapa sawit yang matang dengan benar.

2. Presisi: Sistem deteksi memiliki presisi sebesar 87%. Presisi mengukur seberapa akurat sistem dalam mengidentifikasi buah kelapa sawit yang matang, dan dengan nilai presisi yang tinggi, dapat dikatakan bahwa sistem dapat mengidentifikasi dengan sangat baik.

3. Recall: Sistem deteksi memiliki recall sebesar 87%. Recall mengukur seberapa baik sistem dalam mengidentifikasi semua buah kelapa sawit yang matang, dan dengan nilai recall yang tinggi, dapat dikatakan bahwa sistem dapat mengenali sebagian besar buah kelapa sawit yang matang.

```

Model Accuracy:
0.866620071058

Confusion matrix:
[[5787 1671]
 [ 619 9092]]

Classification report:
              precision    recall  f1-score   support

     0.0         0.90      0.78      0.83       7458
     1.0         0.84      0.94      0.89       9711

 avg / total         0.87      0.87      0.86      17169
  
```

Gambar .2 Hasil Perhitungan F1 Score

Dari hasil pengujian di atas, dapat disimpulkan bahwa sistem deteksi kematangan buah kelapa sawit berdasarkan deteksi warna menggunakan algoritma K-NN cukup baik dan dapat diandalkan dalam mengidentifikasi buah kelapa sawit yang matang. Meskipun demikian, perlu diingat bahwa pengujian ini dilakukan di dalam kondisi tertentu, sehingga hasilnya dapat bervariasi tergantung pada kondisi penggunaan sebenarnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian yang lebih lanjut untuk memastikan performa sistem yang lebih akurat dan dapat diandalkan.

3.3. Pembahasan

Pengolahan citra dilakukan dengan menggunakan teknik ekstraksi fitur warna untuk menghasilkan data input bagi algoritma K-NN. Fitur warna yang diekstrak adalah nilai rata-rata intensitas warna merah, hijau, dan biru (RGB) pada setiap piksel citra. Algoritma K-NN digunakan untuk mengklasifikasikan buah buah kelapa sawit berdasarkan tingkat kematangannya dengan menggunakan data input berupa fitur warna.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi yang dikembangkan mampu mengklasifikasikan buah buah kelapa sawit berdasarkan tingkat kematangannya dengan tingkat akurasi cukup tinggi yaitu 86%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan fitur warna sebagai data input bagi algoritma K-NN cukup efektif untuk mendeteksi tingkat kematangan buah buah kelapa sawit.

Selain itu, aplikasi ini juga dapat membantu meningkatkan produktivitas dan kualitas panen buah buah kelapa sawit. Dengan adanya aplikasi ini, petani buah kelapa sawit dapat melakukan pengambilan

keputusan yang tepat dalam menentukan waktu panen buah buah kelapa sawit dengan tingkat kematangan yang optimal. Hal ini dapat membantu meningkatkan produktivitas dan kualitas panen buah buah kelapa sawit serta mengurangi biaya produksi dan kerugian akibat panen buah buah kelapa sawit yang tidak optimal.

Dalam penelitian ini, beberapa faktor seperti kondisi pencahayaan, posisi buah buah kelapa sawit, dan variasi warna pada buah buah kelapa sawit dapat mempengaruhi akurasi klasifikasi. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengoptimalkan aplikasi ini dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut dan mengembangkan teknik ekstraksi fitur yang lebih efektif.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa rancang bangun aplikasi pendeteksian tingkat kematangan buah kelapa sawit berdasarkan komposisi warna menggunakan algoritma K-NN dapat membantu petani buah kelapa sawit dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas panen buah buah kelapa sawit. Aplikasi ini mampu mengklasifikasikan buah buah kelapa sawit berdasarkan tingkat kematangannya dengan tingkat akurasi yang tinggi yaitu 86%.

Penggunaan fitur warna sebagai data input bagi algoritma K-NN terbukti cukup efektif untuk mendeteksi tingkat kematangan buah buah kelapa sawit. Aplikasi ini dapat membantu petani buah kelapa sawit dalam menentukan waktu panen buah buah kelapa sawit dengan tingkat kematangan yang optimal sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas panen serta mengurangi biaya produksi dan kerugian akibat panen buah buah kelapa sawit yang tidak optimal.

Namun demikian, beberapa faktor seperti kondisi pencahayaan, posisi buah buah kelapa sawit, dan variasi warna pada buah buah kelapa sawit dapat mempengaruhi akurasi klasifikasi. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengoptimalkan aplikasi ini dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut dan mengembangkan teknik ekstraksi fitur yang lebih efektif..

Daftar Pustaka

- [1] Ardiansyah, F., 2019. Klasifikasi Tingkat Kematangan Susu Kefir dengan Metode K-Nearest Neighbor (KNN) Menggunakan Sensor Cahaya dan Sensor Warna. SKRIPSI, Universitas Brawijaya, Ilmu Komputer, Malang
- [2] D. Novianto and T. Sugihartono, "Sistem Deteksi Kualitas Buah Jambu Air Berdasarkan Warna Kulit Menggunakan Algoritma Principal Component Analysis (Pca) dan K-Nearest Neighbor (K-NN)," vol. 11, no. 2, pp. 42–47, 2020
- [3] D. I. Muhammad, E. Ermatita, and N. Falih, "Penggunaan K-Nearest Neighbor (KNN) untuk Mengklasifikasi Citra Belimbing Berdasarkan Fitur Warna," *Inform. J. Ilmu Komput.*, vol. 17, no. 1, p. 9, 2021, doi: 10.52958/iftk.v17i1.2132.
- [4] Y. E. Yana and N. Nafi'iyah, "Klasifikasi Jenis Pisang Berdasarkan Fitur Warna, Tekstur, Bentuk Citra Menggunakan SVM dan KNN," *Res. J. Comput. Inf. Syst. Technol. Manag.*, vol. 4, no. 1, p. 28, 2021, doi: 10.25273/research.v4i1.6687
- [5] A. Sindar and R. M. Sinaga, "IMPLEMENTASI TEKNIK THRESHODING PADA SEGMENTASI CITRA DIGITAL," vol. 1, no. 2, pp. 48–51, 2017.
- [6] Mahendra, Wisnu dkk. 2020. Rancang Bangun Sistem Klasifikasi Rasa Permen Karet berdasarkan Warna dengan Metode K- Nearest Neighbor. Malang:Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Vol. 4, No. 7, Juli 2020, hlm. 2060-2066.

- [7] M. Arief, “Klasifikasi Kematangan Buah Jeruk Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan Metode SVM,” J. Ilmu Komput. dan Desain Komun. Vis., vol. 4, no. 1, pp. 9–16, 2019.
- [8] Septria, A. 2020. Deteksi Tingkat Kematangan Buah Sawit Berdasarkan Warna Kulit Berbasis Arduino. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- [9] Thoriq, Ahmad dkk. 2016. Kajian Karakteristik Spektrum Tandan Buah Segar (Tbs) Kelapa Sawit Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Spektrofotometer Uv – Vis. Bogor: Jurnal Teknotan Vol. 10 No. 1.