

## **Digital Image Processing to Detect Cracks in Buildings Using Naïve Bayes Algorithm (Case Study: Faculty of Engineering, Halu Oleo University)**

Pengolahan Citra Digital Untuk Mendeteksi Retakan Pada Bangunan Menggunakan Algoritma Naïve Bayes (Studi Kasus: Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo)

**Waode Siti Nurul Hassanah<sup>1</sup>, Yunda Puji Lestari<sup>2</sup>, Rizal Adi Saputra<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Informatika, Universitas Halu Oleo, Indonesia

<sup>1</sup>nurulhassanah250302@gmail.com, <sup>2</sup>yundapujilestari9@gmail.com,

<sup>3</sup>rizaladisaputra@uho.ac.id

\*: *Penulis korespondensi (corresponding author)*

### **Informasi Artikel**

*Received: January 2023*

*Revised: January 2023*

*Accepted: January 2023*

*Published: February 2023*

### **Abstract**

*Purpose: To detect cracks in the walls of buildings using digital image processing and the Naïve Bayes Algorithm.*

*Design/methodology/approach: Using the YCbCr color model for the segmentation process and the HSV color model for the feature extraction process. This study also uses the Naïve Bayes Algorithm to calculate the probability of feature similarity between testing data and training data.*

*Findings/result: Detecting cracks is an important task to check the condition of the structure. Manual testing is a recognized method of crack detection. In manual testing, crack sketches are prepared by hand and deviation states are recorded. Because the manual approach relies heavily on the knowledge and experience of experts, it lacks objectivity in quantitative analysis. In addition, the manual method takes quite a lot of time. Instead of the manual method, this research proposes digital-based crack detection by utilizing image processing. This study uses an intelligent model based on image processing techniques that have been processed in the HSV color space. In addition, this study also uses the YcbCr color space for feature extraction and classification using the Naïve Bayes Algorithm for crack detection analysis on building walls. The accuracy of the research test data reached 88.88888888888890%, while the training data achieved an accuracy of 93.33333333333330%.*

*Originality/value/state of the art: This study has the same focus as previous research, namely detecting cracks in building walls, but has different methods and is implemented in case studies.*

*Keywords: Cracks; Cracks Detection; HSV; YCbCr; Thresholding Method; Naïve Bayes Algorithm*

**Kata kunci:** Retakan; Deteksi Retakan; HSV; YCbCr; Metode Thresholding; Algoritma Naïve Bayes

---

## Abstrak

**Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi retakan pada dinding bangunan dengan menggunakan pengolahan citra digital dan Algoritma Naïve Bayes.

**Perancangan/metode/pendekatan:** Menggunakan model ruang warna YCbCr untuk proses segmentasi dan model ruang warna HSV untuk proses ekstraksi fitur. Penelitian ini juga menggunakan Algoritma Naïve Bayes untuk menghitung peluang kesamaan fitur antara data uji dan data latih.

**Hasil:** Mendeteksi retakan merupakan tugas penting untuk memeriksa kondisi struktur. Pengujian manual adalah metode deteksi retakan yang diakui. Dalam pengujian manual, sketsa retakan disiapkan dengan tangan dan keadaan penyimpangan dicatat. Karena pendekatan manual bergantung sepenuhnya pada pengetahuan dan pengalaman para ahli, maka pendekatan ini kurang objektif dalam analisis kuantitatif. Selain itu, metode manual memakan waktu yang cukup banyak. Sebagai ganti metode manual melalui penelitian ini mengusulkan deteksi retakan berbasis digital dengan memanfaatkan pengolahan citra. Penelitian ini menggunakan model cerdas berdasarkan teknik pemrosesan citra yang telah diolah dalam ruang warna HSV. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan ruang warna YcbCr untuk ekstraksi fitur dan dilakukan klasifikasi dengan menggunakan Algoritma Naïve Bayes untuk analisis deteksi retakan pada dinding bangunan. Akurasi dari data uji penelitian ini mencapai 88.88888888888890%, sedangkan untuk data latih mencapai akurasi yaitu 93.33333333333330%.

**Keaslian/ state of the art:** Penelitian ini memiliki fokus sama dengan penelitian sebelumnya yaitu mendeteksi retakan pada dinding bangunan, namun memiliki metode dan diimplementasikan pada studi kasus yang berbeda.

---

## 1. Pendahuluan

Ada banyak bangunan di sekitar lingkungan sehari – hari manusia. Mulai dari yang sederhana sampai bangunan dengan banyak lantai. Tak terhindarkan bahwa bangunan yang telah berdiri cukup lama akan mengalami retakan. Baik retakan alami yang penyebabnya karena kondisi alam seperti bencana alam maupun faktor internal terkait dengan kualitas beton bangunan itu sendiri.

Dalam rangka untuk menjaga stabilitas dan keamanan bangunan dilakukan deteksi retakan sejak dini. Deteksi retakan dilakukan dengan menilai seberapa besar retakan, menilai kondisi tanah, dan beberapa prosedur lainnya. Penguji yang melakukan deteksi retakan kebanyakan menggunakan cara manual yang sangat memakan waktu, dan juga hasil akhir laporan deteksi retakan akan bersifat subjektif sesuai dengan pengalaman penguji. Hasil ini akan sangat mempengaruhi pemeliharaan bangunan [3]. Pada dasarnya retakan merupakan tanda awal dari penyimpangan struktur atau kerusakan struktur. [4] Retak juga menunjukkan sesuatu tentang perilaku beban bangunan. Retak terbagi menjadi dua jenis menurut polanya sebagai berikut :

### 1.1. Retak Struktural

Retak struktural merupakan indikator kondisi bangunan yang paling rentan. Retak struktural dapat disebabkan oleh pembengkokan, pemotongan, dan puntiran. Kondisi seperti ini dapat ditemukan pada komponen seperti balok, kolom dan pelat. Retak dengan luas terlalu besar akan membuat bidang penampang mengalami kebocoran, yang bisa menimbulkan korosi tulangan dan menurunkan mutu beton secara berkala. Fraksi retakan pada penampang mengurangi area penahan penampang, sehingga akan mereduksi inersia penampang. Dalam hal ini, kekakuan lentur beton juga turun tajam.

### 1.2. Retak Non – Struktural

Menurut Hidayat (2009), dua jenis retakan non struktural yang pertama adalah *crazing* yang disebabkan oleh banyaknya kandungan serpihan pasir halus pada dinding bangunan dan juga terlalu banyaknya gesekan dengan plester. Cara mengatasi retakan ini sangat sederhana yaitu dengan mengikis retakan dan menutupinya dengan dempul. Retakan ini memiliki beberapa ciri diantaranya membuat jaringan yang patah halus dan independen, membentuk pola heksagonal dengan celah 5 sampai 75 mm, muncul setelah beberapa jam menerapkan tamalan (plester), retakan sulit dilihat sampai debu atau uap air mengungkapkannya retakan tersebut.

Jenis retakan yang kedua adalah *Map Cracking* yang mana retakan ini disebabkan karena penggunaan semen yang banyak. Selain itu, plester yang cepat kering akibat kehabisan air yang eksekutif dapat menjadi faktor lain munculnya *map cracking*. Kehabisan air bisa ditimbulkan oleh evaporasi. Ini berlaku ketika dinding tidak terlindung dari sinar ultraviolet dan angin, sehingga menembus dinding. Sebuah retakan peta dicirikan oleh jaringan retakan seperti peta yang membentuk pola heksagonal dengan jarak mencapai 200 mm.

Penelitian ini dilakukan untuk mendeteksi retak pada dinding bangunan baik itu jenis retakan struktural dan non-struktural dengan menggunakan ruang warna YCbCr dan HSV serta Algoritma *Naïve Bayes*. Ruang warna YCbCr atau dikenal juga sebagai ruang warna CCIR 601 (Komite Konsultatif Radio Internasional). Skema warna ini dikembangkan secara proaktif untuk pengembangan data berbasis video, akibatnya acuan ini banyak dipakai dalam video digital. Skema warna ini sering disebut sebagai bagian dari mode penyebaran video dan televisi. Skema lainnya yang menyamai YCbCr, yaitu YUV dan YIQ. Hal yang membedakan terletak pada sistem warnanya. YCbCr menggunakan sistem warna digital dengan skema warna yang membagi nilai RGB ke dalam data *luminance* dan *chrominance* [2].

Sedangkan untuk program bentuk warna HSV mengartikan warna berdasarkan rona, saturasi, dan nilai. Rona (hue) mewakili warna yang semestinya yaitu merah, ungu dan kuning. Komponen Hue digunakan untuk membedakan spektrum antar warna seperti tingkat kemerahan, kehijauan dan sebagainya. Hue mengacu pada jauhnya gelombang cahaya. Saturasi

menunjukkan kepekatan warna, yang menunjukkan intensitas warna putih yang terdapat pada spektrum warna. Value merupakan komponen yang mewakili tingkat intensitas cahaya yang diterima oleh mata, tanpa memandang warna [5].

Komponen HSV tersebut nantinya akan dikolaborasikan dengan Algoritma Naïve Bayes, yaitu klasifikasi dipelopori oleh ilmuwan Inggris Thomas Bayes merupakan model classifier yang menggunakan perhitungan peluang dan pengolahan data untuk memprediksi suatu kejadian yang akan datang berdasarkan data kejadian yang telah berlalu.

Ruang warna YCbCr dan HSV digunakan dalam proses yang berbeda dimana, dalam penggunaannya menggabungkan dengan metode dasar *thresholding*. *Thresholding* ditujukan untuk membagi histogram dari citra keabuan menjadi dua atau lebih area terpisah. *Basic thresholding* atau dengan nama lain *global thresholding* hanya memiliki sebuah nilai. Metode ini sering digunakan untuk memisahkan citra dengan intensitas latar belakang dan latar depan yang kontras. Penentuan *thresholding* pada penelitian ini dilakukan secara manual dengan analisis histogram citra data latih. Histogram digunakan untuk menentukan jumlah piksel untuk setiap tingkat keabuan.

## 2. Metode/Perancangan

### 2.1. Analisa Kebutuhan Data

Citra retakan bangunan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo diambil sebanyak kurang lebih 33 citra untuk mendukung penelitian ini. Data citra yang digunakan ini terdiri dari citra berbagai bentuk retakan, dinding bersih, dan juga dinding dengan coretan serta citra dinding dengan permukaan yang terkelupas.

### 2.2. Pengumpulan Data

Pengambilan data dilaksanakan pada hari Rabu 14 Desember 2022 di Gedung Teknik Informatika lantai 3 Universitas Halu Oleo Kendari. Jarak dari objek gambar ke kamera yaitu 30 cm. Berikut beberapa sampel citra retakan dinding bangunan dan citra *noise* serta citra dinding yang bersih yang digunakan pada penelitian ini ditampilkan pada **Tabel 1** dibawah ini.

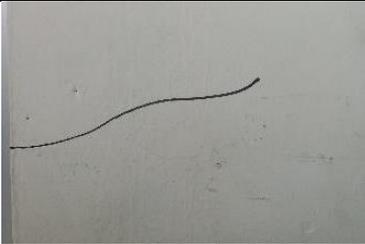
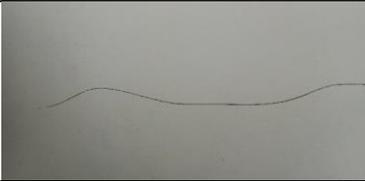
**Tabel 1.** Sampel Citra

No.	Citra	Keterangan
1.		Retakan

---

2.		Retakan
3.		Retakan
4.		Retakan
5.		Retakan
6.		Bersih
7.		Bersih

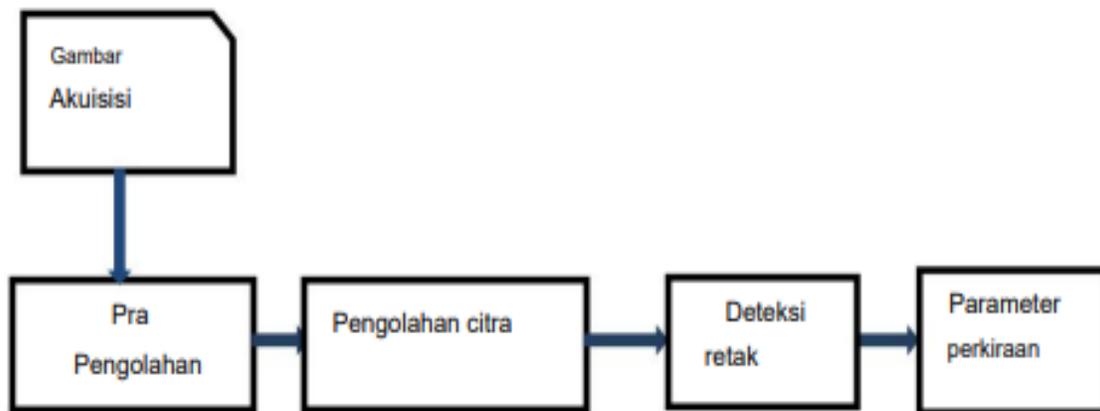
---

8.		Coretan
9.		Coretan
10.		Coretan

Pada **Tabel 1**, dimasukkan 10 citra dari data katih dan data uji dari total 44 citra yang di dapatkan. Citra tersebut terbagi lagi menjadi 3 jenis citra yaitu citra dengan retakan, citra dengan coretan dan sejenisnya serta citra dinding yang bersih.

### 2.3. Image Processing

Pada tahap *processing* ini gambar akan diolah menjadi gambar dalam ruang warna YCbCr ini akan memudahkan untuk mengeksekusi gambar dengan menggunakan metode *basic thresholding*. Berikut tahapan dari image processing yang divisualisasikan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Tahapan Image Processing

Tahap pertama terdapat gambar akuisisi yaitu proses memetakan tampilan menjadi citra dalam bentuk digital dengan menggunakan sensor. Kemudian dilakukan proses pra pengolahan atau *pre-processing* yang merupakan tahap yang paling krusial dalam melakukan pengolahan citra. Pada proses ini dilakukan tahapan penghilangan noise dan segmen yang tidak dibutuhkan dalam citra. Proses pengolahan citra dilakukan untuk memodifikasi dan mentransformasikan citra agar

didapatkan kualitas yang cukup baik. Pada proses deteksi retakan dilakukan teknik tertentu seperti melakukan segmentasi dengan ruang warna yang telag disepakati dan mengubah citra menjadi citra biner. Setelahnya akan diterapkan teknik tertentu seperti model ruang warna untuk mendapatkan parameter perkiraan untuk proses klasifikasi.

## 2.4. Klasifikasi

Model Algoritma Naïve Bayes yang digunakan dalam deteksi retakan pada dinding bangunan, dirumuskan sebagai berikut:

$$P(H|X) = \frac{P(X|H).P(H)}{P(X)} \quad (1)$$

Keterangan:

$P(H|X)$  = Peluang terjadinya H dengan syarat X terjadi lebih dahulu

$P(X|H)$  = Peluang terjadinya X dengan syarat H terjadi lebih dahulu

$P(H)$  = Peluang munculnya H

$P(X)$  = Peluang munculnya X

## 3. Hasil dan Pembahasan

Deteksi retakan bangunan dilakukan dengan mengklasifikasikan ciri yang diperoleh dari ekstraksi fitur citra data latih yang kemudian akan diterapkan algoritma naïve bayes untuk menghitung peluang kesamaan fitur dari data uji. Dengan menggunakan dua model ruang warna yaitu YCbCr dalam melakukan tahapan segmentasi dan ruang warna HSV untuk ekstraksi fitur citra dengan menghitung komponen Hue, Saturation dan Value, maka didapatkan model untuk mendeteksi retakan dan menghitung luasnya dalam ukuran piksel. Adapun ciri dari data latih dicantumkan dalam **Tabel 2** berikut.

**Tabel 2.** Nilai Ekstraksi Fitur Data Latih

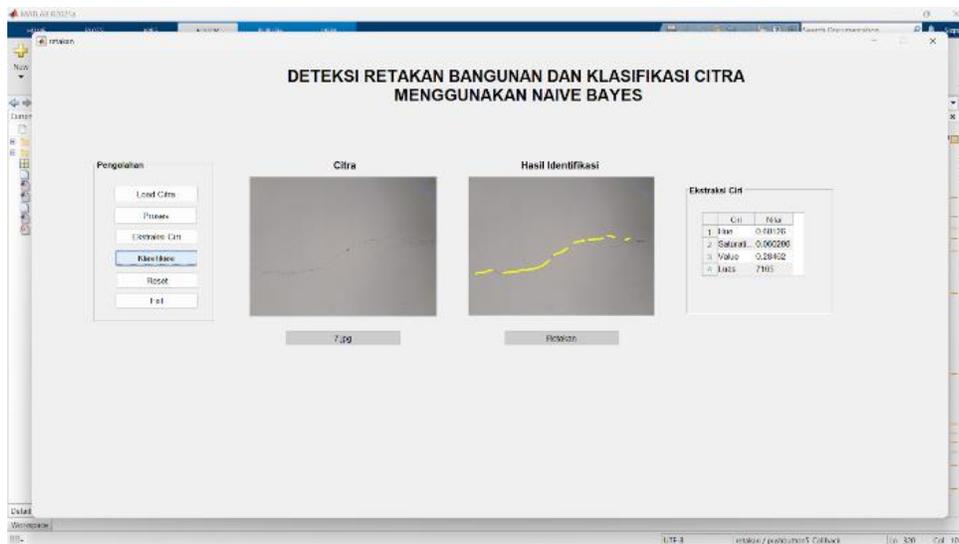
No.	Hue	Saturation	Value	Luas
1.	0.0852	0.0402	0.5865	4194017
2.	0.1531	0.0452	0.5826	5316707
3.	0.0800	0.0557	0.5919	3723719
4.	0.2722	0.0415	0.6038	5273056
5.	0.3956	0.0197	0.5866	6057773
6.	0.5802	0.0257	0.5590	3982987
7.	0.6787	0.0207	0.5903	5748289
8.	0.2804	0.0369	0.4899	1920953
9.	0.4294	0.0139	0.5500	5159181
10.	0.3419	0.0095	0.5081	3691100

**Tabel 2** diatas adalah tabel nilai ekstraksi fitur dari data latih. Angka mewakili hue, saturasi, value, dan luas. Sedangkan untuk huruf mewakili citra data latih yang terdiri dari beberapa data sampel pada tabel sebelumnya yaitu **Tabel 1**. Adapun hasil ekstraksi fitur untuk data uji ditampilkan pada **Tabel 3** dibawah ini.

**Tabel 3.** Nilai Ekstraksi Fitur Data Uji

No.	Hue	Saturation	Value	Luas
1.	0.0950	0.0476	0.5887	4981649
2.	0.1098	0.0478	0.5675	5248147
3.	0.4509	0.0320	0.5568	3696507
4.	0.6900	0.1526	0.1673	57823
5.	0.7181	0.1832	0.1774	45615
6.	0.2631	0.0420	0.6251	8035361
7.	0.1418	0.0403	0.5425	2803491
8.	0.1032	0.0411	0.5834	4500099
9.	0.0608	0.0492	0.5794	5108070
10.	0.2111	0.0257	0.6005	5028118

**Tabel 3** sama dengan **Tabel 2**. **Tabel 3** adalah tabel yang menampilkan ekstraksi nilai untuk data uji. Tahapan selanjutnya merupakan pelabelan secara manual pada data latih untuk membandingkan fitur antar sampel data kemudian akan dilakukan tahapan pelabelan data uji. Pengecekan akurasi dari pelabelan data uji dengan Naïve Bayes akan dilakukan selanjutnya. Akurasi dari data uji didapatkan sebesar 88.88888888888890 dengan mempertimbangkan terdapat 1 pelabelan yang tidak tepat. Sedangkan untuk data latih akurasi yang didapatkan sebesar 93.33333333333330. Berikut merupakan tampilan *interface* dari aplikasi deteksi retakan bangunan yang ditampilkan pada **Gambar 2** dan pada **Gambar 3** merupakan tampilan hasil deteksi retakan serta **Tabel 4** merupakan nilai ekstraksi fitur dari sampel citra data uji yang dimasukkan.



**Gambar 2.** GUI Aplikasi

**Gambar 2** merupakan tampilan interface deteksi retakan pada dinding bangunan yang dibuat dengan menggunakan software Matlab. Dalam interface sistem terdapat *axes* citra asli dan citra hasil deteksi. Kemudian terdapat juga menu pengolahan untuk melakukan load citra, segmentasi (proses), ekstraksi fitur dan klasifikasi.



**Gambar 3.** Hasil Deteksi Retakan

**Gambar 3** merupakan hasil deteksi retakan oleh sistem yang telah dibuat. Terdapat garis kuning yang menunjukkan terdapat retakan didalamnya. Jika sistem tidak mendeteksi adanya retakan maka citra hasil deteksi akan menampilkan citra tanpa garis didalamnya (jika citra masukkan merupakan citra dinding bersih) dan sistem akan menampilkan citra dengan garis merah didalamnya yang berarti terdapat *noise* atau terdapat unsur yang bukan termasuk retakan didalam citra (coretan dan sebagainya).

**Tabel 4.** Nilai Ekstraksi Fitur

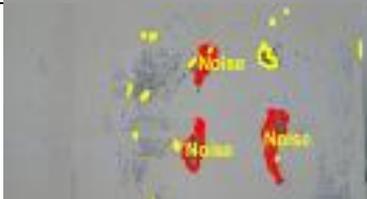
No.	Volume dan Nomor	Bulan Terbit
1.	Hue	0.60126
2.	Saturation	0.060286
3.	Value	0.28462
4.	Luas	7165

**Tabel 4** diatas merupakan hasil klasifikasi dengan ekstraksi fitur dari komponen HSV.

Secara umum proses klasifikasi citra retakan akan dimulai dengan memasukkan citra data latih kemudian akan dilakukan proses segmentasi yang nantinya akan menghasilkan citra biner. Setelah proses segmentasi dilakukan kemudian akan dilakukan ekstraksi fitur dengan menggunakan komponen Hue, Saturation, Value dan Luas dari citra yang dipilih lalu dilakukan pencocokan nilai komponen tersebut terhadap data ekstraksi fitur semua data latih. Citra yang mempunyai nilai Hue, Saturation, Value dan Luas yang sama akan dihitung probabilitasnya per label atau kelas yaitu retakan dan tidak termasuk retakan. Hasil dari perhitungan ini nantinya akan di kalikan dengan nilai probabilitas label lalu hasilnya akan dilakukan perbandingan untuk menemukan nilai yang lebih besar antara kedua kelas yang telah ditentukan. Nilai perbandingan akan menandakan bahwa citra terkait akan masuk ke dalam label dengan nilai perbandingan yang lebih besar. Adapun beberapa citra output klasifikasi dari sistem yang telah dibuat, di tampilkan pada **Tabel 5** berikut.

**Tabel 5.** Hasil Klasifikasi

No.	Hasil Deteksi Retakan	Hasil Klasifikasi
1.	 A grayscale image of a concrete surface with a horizontal crack. The crack is highlighted in yellow.	Retakan
2.	 A grayscale image of a concrete surface with a horizontal crack. The crack is highlighted in yellow.	Retakan
3.	 A grayscale image of a concrete surface with a horizontal crack. The crack is highlighted in yellow.	Retakan
4.	 A grayscale image of a concrete surface with a horizontal crack. The crack is highlighted in yellow.	Retakan
5.	 A grayscale image of a concrete surface with a diagonal crack. The crack is highlighted in yellow.	Retakan

6.		Retakan
7.		Tidak Termasuk Retakan
8.		Tidak Termasuk Retakan
9.		Tidak Termasuk Retakan
10.		Tidak Termasuk Retakan

Dari **Tabel 3** diatas terdapat 3 jenis citra yaitu citra retakan, citra dinding yang mengelupas dan citra dinding coretan yang dideteksi sebagai noise kemudian yang terakhir terdapat citra dinding bersih tanpa retakan dan coretan. Dari sepuluh sampel yang dimasukkan ke dalam jurnal ini dapat dideteksi atau diklasifikasi semua oleh sistem yang telah dibuat.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Proses deteksi retakan pada bangunan dengan menggunakan 2 model ruang warna YCbCr dan HSV serta algoritma naïve bayes untuk melakukan klasifikasi terbukti berhasil. Jumlah data sampel yang digunakan yaitu 33 sampel citra data latih yang didalamnya terdapat 27 citra

retakan, 3 citra bersih tanpa retakan dan 3 citra dinding yang didalamnya terdapat coretan dan permukaan yang terkelupas serta 11 sampel data uji yang di dalamnya terdapat 7 sampel citra retakan, 2 sampel citra bersih tanpa retakan dan 2 sampel citra permukaan dinding yang terdapat coretan dan permukaan yang terkelupas.

Berdasarkan dari hasil kesimpulan sebelumnya, penulis menyarankan beberapa hal untuk penelitian selanjutnya yaitu menyamakan ruang warna pada saat segmentasi dan ekstraksi fitur dan para Insinyur melakukan terobosan untuk menghitung retakan pada bangunan dengan cara yang lebih modern.

## Daftar Pustaka

- [1] Suparyanto dan Rosad (2015, “濟無No Title No Title No Title,” *Suparyanto dan Rosad (2015*, vol. 5, no. 3, pp. 248–253, 2020.
- [2] Hermantoro, A. P. Suryotomo, A. I. Uktoro, and R. A. Renjani, “Unmanned Aerial Vehicle Application for Plantation Mapping and Automatic Oil Palm Trees Counting on Oil Palm Plantation Management,” in *International Conference on the Role of Agricultural Engineering for Sustainable Agriculture Production*, 2016, no. December, pp. 47–50.
- [3] S. Saifullah and V. A. Permadi, “Comparison of Egg Fertility Identification based on GLCM Feature Extraction using Backpropagation and K-means Clustering Algorithms,” in *Proceeding - 2019 5th International Conference on Science in Information Technology: Embracing Industry 4.0: Towards Innovation in Cyber Physical System, ICSITech 2019*, Oct. 2019, pp. 140–145. doi: 10.1109/ICSITech46713.2019.8987496.
- [4] Awang Hendrianto Pratomo, W. Kaswidjanti, and S. Mu’arifah, “Implementasi Algoritma Region of Interest ( ROI ) Untuk Meningkatkan Performa Algoritma Deteksi Dan Klasifikasi Kendaraan,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 155–162, 2020, doi: 10.25126/jtiik.202071718.
- [5] S. P. Tahalea, “Identifikasi Peran Hero DOTA2 Menggunakan Social Network Analysis,” *TEKNOMATIKA*, vol. 12, no. 2, pp. 81–86, 2020.
- [6] S. P. Tahalea and A. SN, “Central Actor Identification of Crime Group using Semantic Social Network Analysis,” *Indones. J. Inf. Syst.*, vol. 2, no. 1, p. 24, 2019, doi: 10.24002/ijis.v2i1.2354.
- [7] I. Setiawan, W. Dewanta, H. A. Nugroho, and H. Supriyono, “Pengolah Citra Dengan Metode Thresholding Dengan Matlab R2014A,” *J. Media Infotama*, vol. 15, no. 2, 2019, doi: 10.37676/jmi.v15i2.868.
- [8] D. Yulianto, R. N. Whidhiasih, and M. Maimunah, “Klasifikasi Tahap Kematangan Pisang Ambon Berdasarkan Warna Menggunakan Naive Bayes,” *PIKSEL Penelit. Ilmu Komput. Sist. Embed. Log.*, vol. 5, no. 2, pp. 60–67, 2018, doi: 10.33558/piksel.v5i2.268.
- [9] A. Ciputra, D. R. I. M. Setiadi, E. H. Rachmawanto, and A. Susanto, “Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Apel Manalagi Dengan Algoritma Naive Bayes Dan Ekstraksi Fitur Citra Digital,” *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 465–472, 2018, doi: 10.24176/simet.v9i1.2000.
- [10] M. R. Saputra, A. S. R. Ansori, and R. E. Saputra, “Deteksi Kulit Manusia Pada Gambar Menggunakan Algoritma RGB dan HSV,” vol. 8, no. 1, pp. 484–491, 2021.
- [11] A. Mohan and S. Poobal, “Crack detection using image processing: A critical review and analysis,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 57, no. 2, pp. 787–798, 2018, doi: 10.1016/j.aej.2017.01.020.
- [12] M. S. Nasution and N. Fadillah, “Deteksi Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Warna Buah dengan Menggunakan Metode YCbCr,” *InfoTekJar (Jurnal Nas. Inform. dan Teknol. Jaringan)*, vol. 3, no. 2, pp. 147–150, 2019, doi: 10.30743/infotekjar.v3i2.1059.

- [13] N. D. Hoang, “Detection of Surface Crack in Building Structures Using Image Processing Technique with an Improved Otsu Method for Image Thresholding,” *Adv. Civ. Eng.*, vol. 2018, 2018, doi: 10.1155/2018/3924120.
- [14] R. Susun, S. Sewa, C. Pemeliharaan, and D. A. N. Perawatan, “Cara Pemeliharaan Dan Perawatan Material Fasad Vertikal Non Struktural Pada Bangunan Rumah Susun,” *Jur. Arsitektur, Fak. Tek. Sipil dan Perenc. Inst. Teknol. Nas. Email*, pp. 1–9, 2015.
- [15] P. Nabilla, M. F. Saputra, and R. A. Saputra, “Perbandingan Ruang Warna RGB, HSV Dan YCbCr Untuk Segmentasi Citra Ikan Kembang Menggunakan K-Means Clustering,” *J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 476–481, 2022.