

Turnitin LLCC

Eka Andy Yulianta-Skripsi

 TI-18

Document Details

Submission ID

trn:oid::2945:396182280

Submission Date

Jun 29, 2026, 2:36 PM GMT+7

Download Date

Jun 29, 2026, 2:47 PM GMT+7

File Name

Skripsi.docx

File Size

1.2 MB

68 Pages

12,057 Words

79,486 Characters

26% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography

Top Sources

- 14%  Internet sources
- 9%  Publications
- 21%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 14% Internet sources
- 9% Publications
- 21% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	jurnal.ikhafi.or.id	1%
2	Publication	Rizal Rudiansyah, Asril Adi Sunarto, Didik Indrayana. "IMPLEMENTASI ALGORITM...	1%
3	Internet	eprints.unisla.ac.id	1%
4	Student papers	Konsorsium PTS Batch 5 on 2026-06-25	<1%
5	Internet	jisai.mercubuana-yogya.ac.id	<1%
6	Internet	digilib.unimed.ac.id	<1%
7	Student papers	Universitas Pamulang on 2026-06-22	<1%
8	Internet	ejurnal.stmik-budidarma.ac.id	<1%
9	Student papers	Perpustakaan on 2025-08-07	<1%
10	Internet	jurnal.polbangtanmanokwari.ac.id	<1%
11	Internet	123dok.com	<1%

12	Student papers	Telkom University on 2026-05-04	<1%
13	Student papers	Universitas Islam Riau on 2026-06-18	<1%
14	Student papers	Universitas Khairun on 2026-05-05	<1%
15	Student papers	FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM on 2026-06-09	<1%
16	Internet	jurnal.umj.ac.id	<1%
17	Student papers	Konsorsium PTS Batch 5 on 2026-06-24	<1%
18	Student papers	Saddleback High School on 2026-01-26	<1%
19	Student papers	FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM on 2026-06-09	<1%
20	Internet	ejurnal.ung.ac.id	<1%
21	Publication	Rifai Maulana Muzzaki, Denny Irawan. "RANCANG BANGUN ALAT INKUBATOR JA...	<1%
22	Student papers	Universitas Islam Riau on 2026-06-10	<1%
23	Student papers	FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM on 2025-12-31	<1%
24	Student papers	Universitas Muhammadiyah Jember on 2026-04-16	<1%
25	Student papers	Universitas Airlangga-1 on 2026-03-15	<1%

26	Student papers	Universitas Putera Batam on 2026-02-03	<1%
27	Student papers	Universitas Sanata Dharma on 2026-06-09	<1%
28	Internet	kc.umh.ac.id	<1%
29	Internet	repository.its.ac.id	<1%
30	Student papers	Universitas Khairun on 2026-05-20	<1%
31	Student papers	Konsorsium Perguruan Tinggi Swasta Indonesia II on 2026-06-26	<1%
32	Student papers	SDM Universitas Gadjah Mada on 2021-10-08	<1%
33	Publication	Murtiwiayati Murtiwiayati, Rischia Fitriawhalia Arini, Leli Safitri, Santi Widiyanti, Iwa...	<1%
34	Student papers	Boston University on 2026-05-13	<1%
35	Student papers	UPN Veteran Yogyakarta on 2026-06-05	<1%
36	Student papers	Universitas Khairun on 2026-05-11	<1%
37	Internet	adoc.pub	<1%
38	Student papers	Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang on 2026-06-29	<1%
39	Internet	eprints.umg.ac.id	<1%

40	Student papers	FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM on 2026-04-06	<1%
41	Student papers	UNIVERSITAS BUDI LUHUR on 2025-08-07	<1%
42	Student papers	UPN Veteran Yogyakarta on 2025-10-01	<1%
43	Student papers	Universitas Sebelas Maret on 2018-12-19	<1%
44	Internet	id.scribd.com	<1%
45	Student papers	FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM on 2026-04-07	<1%
46	Student papers	Universitas Islam Riau on 2026-06-19	<1%
47	Internet	docplayer.info	<1%
48	Internet	journal.nurulfikri.ac.id	<1%
49	Internet	publikasiilmiah.ums.ac.id	<1%
50	Student papers	FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM on 2026-06-09	<1%
51	Student papers	Sriwijaya University on 2019-07-23	<1%
52	Student papers	UPN Veteran Yogyakarta on 2026-04-30	<1%
53	Internet	jurnal.compartdigital.com	<1%

54	Student papers	Houston Community College on 2022-03-06	<1%
55	Student papers	Universitas Gunadarma on 2026-01-04	<1%
56	Student papers	Universitas Muhammadiyah Palembang on 2026-04-23	<1%
57	Student papers	Universitas Sangga Buana YPKP on 2026-04-04	<1%
58	Student papers	itera on 2025-07-30	<1%
59	Student papers	Universitas Trunojoyo on 2025-11-07	<1%
60	Student papers	Universitas Malikussaleh on 2026-01-05	<1%
61	Internet	eprints.unm.ac.id	<1%
62	Internet	journal.idscipub.com	<1%
63	Student papers	UIN Raden Intan Lampung on 2026-06-21	<1%
64	Student papers	Universitas Islam Riau on 2025-12-08	<1%
65	Student papers	Universitas Maritim Raja Ali Haji on 2025-07-14	<1%
66	Publication	Anggita Silviana Awalia Putri, Khotimatul Alimah, Sarida Sofiani Arasidah. "Siste...	<1%
67	Publication	Muhammad Rafi Nugraha, Dimas Galih, Ria Rezkika, Wasis Haryono. "RANCANG ...	<1%

68	Publication	Syaparuddin Syaparuddin, Dearmi Artis, Mujli Zamzami. "Analisis pengaruh infra...	<1%
69	Student papers	Telkom University on 2026-01-30	<1%
70	Student papers	Universitas Islam Riau on 2026-05-11	<1%
71	Internet	garuda.kemdikbud.go.id	<1%
72	Internet	informatika.unpkediri.ac.id	<1%
73	Internet	jurnal.itg.ac.id	<1%
74	Publication	Cucu Suhery, Ikhwan Ruslianto. "Identifikasi Wajah Manusia untuk Sistem Monit...	<1%
75	Publication	Nien Dhyita Maryama, Delpiah Wahyuningsih. "Perbandingan Metode Decision Tr...	<1%
76	Student papers	Sriwijaya University on 2020-09-08	<1%
77	Publication	Syahril Ramadhan Salman Noor, Jumadil Nangi, Bambang Pramono, Muhammad ...	<1%
78	Student papers	Universitas Brawijaya on 2016-11-21	<1%
79	Student papers	Universitas Budi Luhur on 2026-01-31	<1%
80	Student papers	Universitas Negeri Padang on 2026-06-17	<1%
81	Student papers	Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya on 2026-06-05	<1%

82	Student papers	Universitas Pendidikan Indonesia on 2026-01-28	<1%
83	Student papers	Universitas Sangga Buana YPKP on 2026-02-13	<1%
84	Internet	catatanteknisi.com	<1%
85	Internet	eprints.upj.ac.id	<1%
86	Internet	journal.lppmunindra.ac.id	<1%
87	Internet	pepadun.fmipa.unila.ac.id	<1%
88	Internet	scholar.unand.ac.id	<1%
89	Internet	text-id.123dok.com	<1%
90	Student papers	IAIN Kediri on 2024-06-05	<1%
91	Publication	Maryogi Yanto, Alda Cendekia Siregar, Asrul Abdullah. "Klasifikasi Penyakit Daun ...	<1%
92	Publication	Rony Heri Irawan, Rizki Dwi Febrian, Risa Helilintar. "Implementation of the K-N...	<1%
93	Student papers	Sriwijaya University on 2019-07-22	<1%
94	Student papers	Surabaya University on 2019-06-17	<1%
95	Student papers	UIN Sultan Syarif Kasim Riau on 2020-06-02	<1%

96	Student papers	UPN Veteran Yogyakarta on 2026-05-25	<1%
97	Student papers	Universitas Brawijaya on 2018-07-18	<1%
98	Student papers	Universitas Islam Riau on 2026-01-21	<1%
99	Student papers	Universitas Islam Riau on 2026-04-02	<1%
100	Student papers	Universitas Putera Batam on 2026-02-03	<1%
101	Student papers	Universitas Tarumanagara on 2025-12-24	<1%
102	Internet	id.123dok.com	<1%
103	Internet	media.neliti.com	<1%
104	Internet	www.berotak.com	<1%
105	Student papers	Politeknik Negeri Bandung on 2017-08-04	<1%
106	Publication	Richo Richo. "ANALISIS KOMPARATIF KINERJA MINICPM-V2.6 SEBAGAI LLM MULTI...	<1%
107	Publication	Ririn Anugerah Ikasatya, Cahya Apriliani, Fathir Jannatul Firdaus, Gede Yogi Prata...	<1%
108	Student papers	UM Surabaya on 2025-06-30	<1%
109	Student papers	Universitas Brawijaya on 2021-07-20	<1%

110	Student papers	Universitas Islam Indonesia on 2021-04-21	<1%
111	Student papers	Universitas Muhammadiyah Sukabumi on 2025-08-03	<1%
112	Student papers	Universitas Muria Kudus on 2017-02-03	<1%
113	Student papers	Universitas Prima Indonesia on 2025-06-14	<1%
114	Internet	cogito.unklab.ac.id	<1%
115	Internet	electrician.unila.ac.id	<1%
116	Internet	es.scribd.com	<1%
117	Internet	repository.iainkerinci.ac.id	<1%
118	Internet	repository.ub.ac.id	<1%
119	Internet	riset.unisma.ac.id	<1%
120	Internet	scholar.archive.org	<1%
121	Publication	Dedy Kurniadi, Andre Sugiyono, Linggar Alfithna Wardaya. "Pattern Recognition ...	<1%
122	Student papers	FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM on 2026-01-02	<1%
123	Publication	Lailia Rahmawati, Jani Kusant. "ANALISIS DAMPAK PENGGUNAAN ALGORITMA DE...	<1%

124	Publication	Penerbit FKIP USK, Mukhlis Hidayat. "Prosiding Seminar Internasional Teknologi I...	<1%
125	Student papers	Sriwijaya University on 2019-05-16	<1%
126	Student papers	UPN Veteran Yogyakarta on 2026-01-06	<1%
127	Student papers	UPN Veteran Yogyakarta on 2026-05-11	<1%
128	Student papers	Universitas Brawijaya on 2017-07-15	<1%
129	Student papers	Universitas Brawijaya on 2018-07-18	<1%
130	Student papers	Universitas Brawijaya on 2023-09-01	<1%
131	Student papers	Universitas Diponegoro on 2016-11-11	<1%
132	Student papers	Universitas Islam Riau on 2025-12-04	<1%
133	Student papers	Universitas Jember on 2020-07-23	<1%
134	Student papers	Universitas Muslim Indonesia on 2026-01-02	<1%
135	Student papers	Universitas Negeri Semarang on 2026-04-13	<1%
136	Student papers	Universitas Negeri Surabaya on 2026-06-25	<1%
137	Student papers	Universitas Pamulang on 2025-07-10	<1%

138	Student papers	Universitas Pancasila on 2026-03-05	<1%
139	Student papers	Universitas Putera Batam on 2026-02-03	<1%
140	Student papers	Universitas Sebelas Maret on 2026-06-15	<1%
141	Student papers	Universiti Malaysia Pahang on 2016-11-09	<1%
142	Publication	Vivi Suwanti, Tatik Retno Murniasih. "Penentuan Jenis Intervensi Sense Pecahan ...	<1%
143	Internet	digilib.uinsby.ac.id	<1%
144	Internet	doku.pub	<1%
145	Internet	ejournal.itn.ac.id	<1%
146	Internet	es.slideshare.net	<1%
147	Internet	etheses.uin-malang.ac.id	<1%
148	Student papers	iGroup on 2019-07-30	<1%
149	Internet	ojs.uajy.ac.id	<1%
150	Internet	repositori.usu.ac.id	<1%
151	Internet	thepythoncode.com	<1%

152	Internet	www.slideshare.net	<1%
153	Student papers	FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM on 2026-06-09	<1%
154	Student papers	Indonesia Police Academy - University of Police Science on 2025-11-22	<1%
155	Student papers	Universitas Airlangga-1 on 2026-03-15	<1%
156	Student papers	Universitas Brawijaya on 2020-07-05	<1%
157	Student papers	Defense University on 2024-07-04	<1%
158	Student papers	FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM on 2026-01-02	<1%
159	Student papers	Konsorsium PTS Batch 5 on 2026-06-24	<1%
160	Publication	Noviyanti P., Kusrini Kusrini, Mei P. Kurniawan. "SEGMENTASI CITRA IKAN ARWAN..."	<1%
161	Student papers	Perpustakaan on 2025-08-17	<1%
162	Student papers	Rogers State University on 2023-02-15	<1%
163	Student papers	Telkom University on 2026-05-06	<1%
164	Student papers	UIN Raden Intan Lampung on 2026-03-31	<1%
165	Student papers	UIN Raden Intan Lampung on 2026-04-14	<1%

166	Student papers	Universitas Brawijaya on 2019-04-23	<1%
167	Student papers	Universitas Islam Riau on 2025-09-10	<1%
168	Student papers	Universitas Muslim Indonesia on 2024-11-21	<1%
169	Student papers	Universitas Putera Batam on 2025-07-28	<1%
170	Student papers	Universitas Putera Batam on 2026-01-31	<1%
171	Student papers	Universitas Tarumanagara on 2025-12-12	<1%
172	Internet	zombiedoc.com	<1%

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Aglaonema merupakan salah satu tanaman hias yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak diminati masyarakat karena keindahan warna serta bentuk daunnya (Maulidda et al., 2025). Namun, penentuan mutu atau kualitas tanaman aglonema selama ini masih dilakukan secara manual berdasarkan pengamatan visual oleh manusia. Proses penilaian tersebut bersifat subjektif, tergantung pengalaman dan persepsi individu, sehingga berpotensi menimbulkan ketidakkonsistenan dan perbedaan standar mutu antar petani maupun pelaku pasar (Gusadha, n.d.).

Penilaian kualitas tanaman aglaonema saat ini belum memiliki acuan visual yang jelas, seperti tingkat kecerahan warna daun, bentuk daun, dan tingkat kerusakan di bagian tepi daun. Karena itu, penilaian kualitas biasanya hanya bergantung pada pendapat pribadi, sehingga menyebabkan ketidakseragaman dalam menentukan kualitas dan harga jual tanaman. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem yang mampu melakukan penilaian mutu tanaman aglonema secara otomatis, akurat, dan konsisten (Wirayudhana, 2021).

Pada era digital dan revolusi industri, penggunaan teknologi pengolahan citra digital menjadi salah satu cara cerdas untuk menganalisis objek secara visual. Teknologi ini memungkinkan pengambilan informasi dari gambar, seperti warna, bentuk, dan tekstur, secara objektif dengan cara komputasional (Marpaung et al., 2022a). Dalam penelitian ini, metode grayscale dan deteksi tepi digunakan untuk menganalisis ciri-ciri visual tanaman, termasuk warna daun, tingkat kerusakan, dan bentuk tepi daun (Pete, 2025). Selanjutnya, metode logika *fuzzy* diterapkan untuk mengelompokkan kualitas aglonema ke dalam tiga kategori, yaitu kualitas rendah, kualitas sedang, dan kualitas tinggi, berdasarkan parameter citra yang telah diproses (Putra et al., 2025).

Dengan adanya sistem deteksi mutu tanaman aglonema berbasis citra digital ini, diharapkan dapat membantu petani dan pelaku usaha dalam melakukan penilaian kualitas secara lebih objektif dan efisien. Selain meningkatkan keakuratan dalam proses klasifikasi mutu, sistem ini juga berpotensi meningkatkan nilai jual tanaman, mendorong produktivitas petani, serta memperkuat daya saing produk aglonema lokal di pasar nasional maupun internasional.

Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk dilakukan sebagai upaya penerapan teknologi kecerdasan komputasional dalam bidang pertanian hortikultura, khususnya untuk mendukung peningkatan ekonomi petani melalui inovasi berbasis teknologi.

B. Identifikasi Masalah

1. Penilaian mutu tanaman aglaonema masih bersifat manual dan subjektif.
2. Tidak adanya standar digital yang dapat digunakan untuk mengukur kualitas aglaonema secara konsisten.
3. Petani kesulitan menentukan harga jual yang sesuai dengan mutu tanaman.
4. Belum diterapkannya sistem klasifikasi mutu berbasis pengolahan citra dan logika *fuzzy*.

C. Rumusan Masalah

1. Bagaimana menerapkan metode *grayscale* dan deteksi tepi pada citra tanaman aglaonema untuk memperoleh fitur visual?
2. Bagaimana merancang sistem logika *fuzzy* untuk mengklasifikasikan mutu aglaonema menjadi kategori bawah, tengah, dan atas?
3. Seberapa akurat sistem yang dikembangkan dalam menentukan mutu tanaman aglaonema?

D. Batasan Masalah

1. Objek penelitian terbatas pada tanaman aglonema dengan kondisi visual yang dapat ditangkap melalui citra (gambar).

2. Metode pengolahan citra yang digunakan adalah *grayscale* dan deteksi tepi (misalnya *Sobel* atau *Canny*).
3. Klasifikasi mutu menggunakan metode logika *fuzzy* dengan tiga kategori: mutu bawah, mutu tengah, dan mutu atas.
4. Pengujian sistem hanya difokuskan pada akurasi klasifikasi berdasarkan citra daun aglaonema.

E. Tujuan Penelitian

1. Menerapkan pengolahan citra digital menggunakan metode *grayscale* dan deteksi tepi untuk ekstraksi fitur tanaman aglaonema.
2. Merancang dan membangun sistem klasifikasi mutu aglaonema menggunakan logika *fuzzy*.
3. Mengevaluasi tingkat akurasi sistem dalam menentukan mutu aglaonema secara otomatis.

F. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

- a. Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengolahan citra dan kecerdasan buatan khususnya dalam bidang pertanian digital (*smart agriculture*).
- b. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam klasifikasi tanaman berbasis citra digital dan *fuzzy logic*.

2. Manfaat Praktis

- a. Membantu petani aglaonema dalam menentukan mutu tanaman secara objektif dan cepat.
- b. Meningkatkan nilai jual dan daya saing tanaman aglaonema melalui proses klasifikasi mutu yang terstandar.
- c. Mendukung digitalisasi sektor pertanian guna meningkatkan ekonomi masyarakat.

72

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Teori dan Penelitian Terdahulu

1. Landasan Teori

A. Tanaman Aglaonema

Aglaonema merupakan sebuah tanaman hias yang populer di Indonesia, Aglaonema sendiri berasal dari bahasa Yunani dari kata aglaos dan kata nema. Kata aglaos memiliki arti terang dan nema memiliki arti benang sedangkan di Indonesia tanaman aglaonema sering dikenal dengan tanaman sri rezeki(Muhammad & Wibowo, 2021).

Tanaman Aglaonema dikelompokkan menjadi 2, yaitu Aglaonema alami dan juga Aglaonema hibrida. Aglaonema alami umumnya memiliki daun dengan dominasi hijau sementara itu Aglaonema hibrida memiliki warna dan pola daun yang beragam karena merupakan hasil dari persilangan(Rudiansyah et al., 2024).

Aglaonema termasuk dalam tanaman hias yang dapat dijadikan sebagai produk unggulan seperti harga pada aglaonema yang relative stabil dan memiliki peluang pasar yang baik di dalam dan luar negeri. Selain dapat diperbanyak untuk kebutuhan jual beli, aglaonema juga untuk diremajakan agar dapat terlihat cantik dan bagus. Jika tidak diremajakan, maka dapat menyebabkan daun dan batangnya tumbuh tidak beraturan(Wulandari & Widyawati, 2023).



Gambar 2. 1 Gambar Tanaman Aglaonema

B. Atribut Visual dalam Penilaian Mutu Tanaman Aglaonema

Atribut visual merupakan karakteristik visual yang digunakan sebagai indikator dalam menilai mutu tanaman aglaonema. Atribut-atribut ini dipilih karena secara umum digunakan oleh manusia dalam melakukan penilaian mutu tanaman secara visual. Dalam penelitian ini, atribut visual difokuskan pada kondisi daun aglaonema karena daun merupakan bagian tanaman yang paling dominan dan berpengaruh terhadap nilai estetika serta nilai jual tanaman.

Atribut visual yang digunakan dalam penilaian mutu tanaman aglaonema meliputi beberapa aspek utama sebagai berikut:

1. Intensitas Warna Daun

Intensitas warna daun menggambarkan tingkat kecerahan dan kesegaran warna daun aglaonema. Tanaman dengan mutu tinggi umumnya memiliki warna daun yang cerah, merata, dan tidak kusam. Sebaliknya, warna daun yang pucat, gelap berlebihan, atau tidak merata dapat menunjukkan mutu tanaman yang lebih rendah. Dalam sistem yang dikembangkan, intensitas warna daun direpresentasikan melalui nilai intensitas grayscale hasil konversi citra berwarna menjadi citra keabuan. Nilai ini digunakan sebagai indikator kuantitatif untuk menilai kualitas visual warna daun.

2. Keutuhan dan Kerapian Tepi Daun

Keutuhan tepi daun merupakan atribut visual penting dalam penilaian mutu tanaman aglaonema. Daun dengan tepi yang utuh, halus, dan tidak rusak menunjukkan mutu tanaman yang baik. Kerusakan pada tepi daun, seperti sobekan atau bentuk tepi yang tidak teratur, dapat menurunkan nilai estetika tanaman. Atribut ini dianalisis menggunakan metode deteksi tepi untuk memperoleh informasi mengenai kepadatan dan keteraturan tepi daun. Semakin teratur dan utuh tepi daun, semakin tinggi mutu tanaman yang dihasilkan oleh sistem.

3. Bentuk dan Keteraturan Daun

Bentuk daun mencerminkan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Tanaman aglaonema dengan mutu tinggi umumnya memiliki bentuk daun yang simetris dan proporsional. Bentuk daun yang tidak simetris atau mengalami deformasi dapat menjadi indikator mutu yang lebih rendah. Dalam penelitian ini, keteraturan bentuk daun dianalisis secara tidak langsung melalui hasil deteksi tepi dan pola kontur daun, yang menggambarkan kesimetrisan dan kerapian bentuk daun.

4. Konsistensi Visual Daun

Konsistensi visual daun mencakup keseragaman warna dan bentuk pada permukaan daun. Daun dengan mutu tinggi memiliki tampilan visual yang konsisten tanpa perbedaan mencolok pada bagian tertentu. Konsistensi ini penting untuk menjaga nilai estetika tanaman. Atribut konsistensi visual membantu sistem dalam membedakan tanaman dengan mutu sedang dan mutu tinggi, terutama pada kondisi daun yang tidak mengalami kerusakan signifikan tetapi memiliki perbedaan visual halus.

C. Pengolahan Citra Digital

Pemrosesan dan pengolahan citra adalah metode untuk melakukan beberapa operasi pada gambar, untuk mendapatkan gambar yang disempurnakan atau untuk mengekstrak beberapa informasi yang berguna di dalamnya. Merupakan jenis pemrosesan sinyal di mana input adalah gambar dan output dapat berupa gambar atau karakteristik / fitur yang terkait dengan gambar itu. Saat ini, pemrosesan gambar adalah salah satu teknologi yang berkembang pesat dan membentuk area penelitian inti dalam disiplin ilmu teknik dan ilmu komputer (Marpaung et al., 2022b). Tahapan umum dalam pengolahan citra digital meliputi akuisisi citra, pra-proses (preprocessing), ekstraksi fitur, dan analisis atau klasifikasi.

D. Grayscale

Metode *Grayscale* adalah teknik yang digunakan untuk mengatur tingkat kecerahan dan kontras gambar dengan mengulangi siklus antara gambar *grayscale* asli dan gambar dengan kecerahan dan kontras yang telah disesuaikan. Teknik ini dapat diterapkan menggunakan algoritma atau perangkat lunak pengolahan gambar yang mendukung modifikasi kecerahan dan kontras *Grayscale* merupakan proses konversi citra berwarna (RGB) menjadi citra keabuan yang hanya memiliki satu kanal intensitas. Nilai intensitas *grayscale* biasanya berada pada rentang 0 hingga 255, dari hitam hingga putih (Hasan et al., 2020). Penggunaan *grayscale* bertujuan untuk menyederhanakan data citra dan memudahkan proses analisis, terutama dalam mendeteksi struktur dan pola objek.

E. Deteksi Tepi

Deteksi tepi adalah salah satu teknik yang paling sering digunakan dalam pengolahan citra digital. *Edge detection* (deteksi tepi) merupakan salah satu pra-pengolahan teknik penting dalam analisis citra. Tepi mencirikan batas-batas permukaan suatu objek dan deteksi tepi adalah salah satu tugas paling sulit dalam pengolahan citra. Maka, deteksi tepi merupakan dasar yang paling penting dalam pengolahan citra. *Morphology erosion mask disk* disini bertujuan untuk menghaluskan noise (derau) yang terdapat pada bagian tengah citra. Lalu dengan menggunakan *morphology erosion mask disk*, kita bisa menghilangkan noise (derau) pada citra dan menghasilkan citra baru dengan kualitas lebih halus. Analisis deteksi tepi pada pengolahan citra digital sangat penting sekali dilakukan untuk menuju tahapan yang lebih jauh. Untuk melakukan analisis pada deteksi tepi ini perlu dilakukan penelitian yang terstruktur dengan cara melakukan pengujian terhadap citra digital yang akan menjadi masukan data, kemudian data tersebut akan dianalisis dan diolah sehingga didapatkanlah hasil yang diinginkan. Hasil yang ingin didapatkan dalam penelitian ini adalah meningkatkan hasil segmentasi citra digital *edge detection* dengan menggunakan metode *morphology erosion mask disk* (Wijaya & Franata, 2020).

F. Logika *Fuzzy*

1. Konsep Dasar Logika *Fuzzy*

Logika fuzzy merupakan cabang dari kecerdasan buatan yang digunakan untuk memodelkan penalaran manusia dalam menghadapi kondisi yang bersifat tidak pasti, samar, atau ambigu. Berbeda dengan logika klasik (crisp) yang hanya mengenal dua nilai kebenaran, yaitu benar (1) dan salah (0), logika fuzzy memungkinkan suatu nilai memiliki derajat kebenaran di antara 0 dan 1. Konsep utama dalam logika fuzzy adalah derajat keanggotaan (membership degree), yang menyatakan tingkat keterkaitan suatu elemen terhadap suatu himpunan. Dengan pendekatan ini, suatu kondisi tidak harus diklasifikasikan secara tegas ke dalam satu kategori tertentu, melainkan dapat berada pada beberapa kategori dengan tingkat keanggotaan yang berbeda. Logika fuzzy banyak digunakan pada sistem pengambilan keputusan yang melibatkan penilaian subjektif, seperti penilaian kualitas, klasifikasi kondisi, dan evaluasi berbasis persepsi manusia. Hal ini menjadikan logika fuzzy sesuai untuk diterapkan pada penilaian mutu tanaman aglaonema, yang secara alami dilakukan oleh manusia berdasarkan pengamatan visual dan pertimbangan linguistik, seperti baik, cukup, dan buruk. (Wahyuni, 2021).

2. Sistem Inferensi Fuzzy Mamdani

Sistem inferensi fuzzy Mamdani merupakan salah satu metode fuzzy yang paling umum digunakan dalam sistem pengambilan keputusan. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani dan dikenal karena struktur aturannya yang sederhana serta mudah dipahami. Ciri utama dari sistem fuzzy Mamdani adalah penggunaan aturan berbentuk IF–THEN dengan variabel linguistik pada bagian antecedent (IF) dan consequent (THEN). Contoh bentuk aturan Mamdani adalah sebagai berikut:

IF kondisi A tinggi AND kondisi B baik THEN hasil C tinggi

Sistem fuzzy Mamdani bekerja dengan menggabungkan beberapa aturan fuzzy untuk menghasilkan suatu keputusan berdasarkan tingkat keaktifan setiap aturan. Keputusan akhir diperoleh melalui proses inferensi dan defuzzifikasi. Metode Mamdani banyak digunakan dalam sistem evaluasi dan klasifikasi

karena mampu merepresentasikan pengetahuan pakar dalam bentuk aturan linguistik. Selain itu, metode ini fleksibel dan mudah dikembangkan sesuai kebutuhan sistem. Oleh karena itu, fuzzy Mamdani sering digunakan dalam penelitian yang berkaitan dengan penilaian mutu, klasifikasi kualitas, dan sistem pendukung keputusan.

3. Fuzzifikasi, Inferensi, dan Defuzzifikasi

a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses mengubah nilai input tegas (crisp) menjadi nilai fuzzy. Nilai input yang bersifat numerik dipetakan ke dalam himpunan fuzzy dengan menggunakan fungsi keanggotaan tertentu. Hasil dari proses fuzzifikasi adalah derajat keanggotaan suatu nilai input terhadap masing-masing himpunan fuzzy, dengan nilai antara 0 dan 1. Fungsi keanggotaan yang umum digunakan antara lain fungsi segitiga dan fungsi trapesium, karena bentuknya sederhana dan mudah diimplementasikan.

b. Inferensi Fuzzy

Inferensi fuzzy merupakan proses pengambilan keputusan berdasarkan aturan fuzzy yang telah ditentukan. Pada tahap ini, nilai derajat keanggotaan hasil fuzzifikasi digunakan untuk menentukan tingkat keaktifan setiap aturan fuzzy. Proses inferensi melibatkan operator logika fuzzy, seperti operator AND dan OR, untuk mengombinasikan beberapa kondisi dalam aturan. Hasil dari inferensi berupa himpunan fuzzy keluaran yang merupakan gabungan dari seluruh aturan yang aktif.

c. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses akhir dalam sistem fuzzy yang bertujuan untuk mengubah hasil fuzzy menjadi nilai tegas (crisp). Nilai crisp ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan keputusan akhir sistem. Beberapa metode defuzzifikasi yang umum digunakan antara lain metode centroid, metode maksimum, dan metode rata-rata tertimbang. Metode centroid sering digunakan karena mampu menghasilkan nilai yang representatif dari keseluruhan himpunan fuzzy keluaran.

2. Kajian Pustaka

No	Penulis & Tahun	Metode yang Digunakan	Hasil Utama/Temuan	Keterbatasan & Celah Penelitian (Gap)
1	Nurul Syahidan, Seri Rati, Sakdiani Lubis, Nurul Fadillah, (2020)	Menggunakan Fitur Ekstraksi Gray Level CoOccurrence Matrix Dan K-Nearest Neighbor	Hasil pengujian dalam klasifikasi aglaonema dengan 4 kelas yaitu Syngonium, Tri Colour, Dieffenbachia, Commutatum memberikan hasil yang berbeda-beda untuk percobaan pada empat sudut, Hasil ekstraksi fitur GLCM dengan sudut 0 menunjukkan tiga kelas yang benar dan satu kelas yang salah maka dari percobaan dengan sudut 0 menghasilkan tingkat akurasi sebesar 75%, selanjutnya pada percobaan dengan sudut 45 menunjukkan dua kelas yang benar dan dua kelas yang salah maka dari percobaan dengan sudut 45 menghasilkan	Berdasarkan kajian terhadap penelitian sebelumnya, dapat diketahui bahwa penelitian yang ada masih berfokus pada klasifikasi jenis tanaman Aglaonema menggunakan metode ekstraksi tekstur dan algoritma klasifikasi konvensional. Namun, penelitian tersebut belum mengarah pada penilaian mutu tanaman yang bersifat objektif

3

			tingkat akurasi sebesar 50%, pada percobaan dengan sudut 90 menunjukkan keempat kelas yang benar maka tingkat akurasi yang didapatkan sebesar 100%, pada percobaan dengan sudut 135 menunjukkan tiga kelas yang benar dan satu kelas salah maka dari percobaan dengan sudut ini menghasilkan tingkat akurasi sebesar 75%	dan terstandarisasi.
2	Irawan, Y. P., & Susilawati, I. (2022).	Klasifikasi Jenis Aglaonema Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN).	Berdasarkan beberapa tahap pengujian yang telah dilakukan, perancangan sistem klasifikasi jenis Aglaonema menggunakan metode Convolutional Neural Network dapat berjalan sesuai dengan yang seharusnya. Implementasi sistem klasifikasi jenis aglaonema menggunakan	Berdasarkan penelitian sebelumnya, sistem klasifikasi tanaman aglaonema umumnya masih berfokus pada identifikasi jenis menggunakan metode deep learning seperti Convolutional Neural

5

53

5

			metode Convolutional Neural Network ini dapat berjalan optimal. Optimizer dan jumlah epoch berpengaruh dalam proses training berdasarkan pengujian yang dilakukan. Adapun konfigurasi yang dapat menghasilkan nilai terbaik yakni sebesar 98,00 % adalah menggunakan jaringan Alexnet dengan nilai epoch 15, dan menggunakan optimizer Adam serta nilai learning rate sebesar 0.0001. Adapun hasil pengujian sistem menggunakan 10 citra acak pada setiap jenisnya, menghasilkan	Network. Namun, penelitian tersebut belum mengkaji aspek penilaian mutu tanaman yang bersifat subjektif dan berdampak langsung pada nilai ekonomi. Selain itu, metode deep learning cenderung bersifat black box sehingga sulit diinterpretasikan oleh petani. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mengembangkan sistem penilaian mutu tanaman aglaonema berbasis pengolahan citra
--	--	--	---	---

123

			rata-rata nilai akurasi sebesar 96%	digital dan logika fuzzy yang lebih objektif, transparan, dan aplikatif.
2	3	Rudiansyah, R., Sunarto, A. A., & Indrayana, D. (2024).	IMPLEMENTASI ALGORITMA YOLO UNTUK IDENTIFIKASI JENIS TANAMAN AGLAONEMA. Algoritma You Only Look Once v8 (YOLOv8) merupakan salah satu algoritma dalam bidang computer vision yang dapat digunakan untuk mendeteksi objek dengan nilai akurasi yang cukup tinggi. Dengan adanya web untuk mendeteksi jenis dan juga harga Aglaonema, akan membantu para penggemar tanaman aglaonema untuk mengenal 13 jenis tanaman aglaonema. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan algoritma yang lebih baru dan juga lebih efisien agar mendapatkan hasil yang lebih baik. Penambahan dataset juga dapat	Pada penelitian sebelumnya berfokus pada identifikasi jenis. Ketergantungan tinggi pada dataset berlabel besar. Model bersifat black box dan tidak mengakomodasi logika fuzzy. Kebutuhan komputasi relative tinggi.

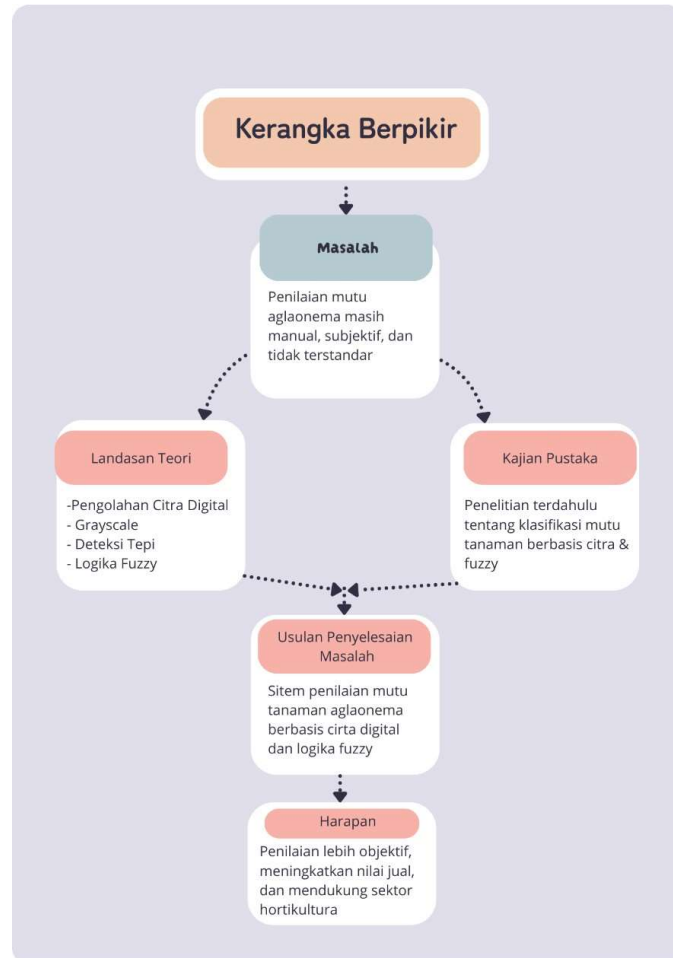
2

20

39

			dilakukan agar jenis aglaonema yang dapat diidentifikasi lebih beragam	
4	Lahay, I. H., Hasanuddin, H., Giu, J. D., & Bawole, M. G. (2023)	Penentuan Grade Kopra Dengan Penerapan Metode Logika Fuzzy.	Sistem pengujian pada penelitian ini memanfaatkan software matlab dengan lisensi student, setelah dilakukan pengujian terdapat perbedaan pengukuran dari 2 sampel yang dihasilkan oleh matlab dan perusahaan, sehingga dapat dikatakan sistem ini memiliki tingkat akurasi 95%.	Berfokus pada penentuan Grade Kopra. Tidak digunakan untuk penentuan mutu pada tanaman.

B. Kerangka Berpikir



Gambar 2. 2 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir penelitian ini menggambarkan alur pemecahan masalah penilaian mutu tanaman aglonema yang masih dilakukan secara manual, bersifat subjektif, dan belum terstandar. Permasalahan tersebut dianalisis melalui landasan teori yang mencakup pengolahan citra digital, metode grayscale, deteksi tepi, dan logika fuzzy, serta diperkuat oleh kajian pustaka dari penelitian terdahulu mengenai klasifikasi mutu tanaman berbasis citra dan fuzzy. Berdasarkan fondasi tersebut, diusulkan pengembangan sistem penilaian mutu aglonema berbasis pengolahan citra digital dan logika fuzzy untuk mengklasifikasikan kualitas tanaman secara otomatis. Penerapan sistem ini diharapkan mampu menghasilkan penilaian yang lebih objektif dan konsisten, meningkatkan nilai jual tanaman aglonema, serta mendukung pengembangan sektor hortikultura berbasis teknologi.

43

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian pengembangan (Research and Development/R&D). Penelitian pengembangan bertujuan untuk merancang, membangun, dan mengevaluasi suatu produk atau sistem sehingga dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tertentu (Okpatrioka, 2023). Dalam penelitian ini, produk yang dikembangkan berupa sistem penilaian mutu tanaman aglonema berbasis pengolahan citra digital dan logika *fuzzy*. Pendekatan pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengembangan Prototype.

Model *prototype* dipilih karena memungkinkan pengembangan sistem dilakukan secara bertahap melalui pembuatan rancangan awal (*prototype*) yang dapat dievaluasi dan diperbaiki hingga diperoleh sistem yang sesuai dengan kebutuhan (Fitriyadi & Senubekti, 2024). Model *prototype* sangat sesuai digunakan pada penelitian ini karena proses penilaian mutu tanaman aglonema bersifat subjektif dan tidak memiliki batasan yang tegas, sehingga diperlukan penyesuaian berulang terhadap parameter pengolahan citra maupun aturan logika *fuzzy*.

B. Instrumen Penelitian

1. Perangkat Keras (Hardware)

a. Laptop:

Prosesor : 11th Gen Intel(R) Core(TM) i3-1115G4 3.00GHz

Ram : 4 GB

Penyimpanan : 256 GB SSD

GPU : Intel UHD Graphics

b. Smartphone:

Chipset: Apple A12 Bionic (Hexa-core)

RAM: 3 GB

Penyimpanan Internal: 128 GB

Kamera Belakang: 12 MP (wide) dengan f/1.8,

OIS, Smart HDR, mode Potret Kamera Depan:

7 MP TrueDepth (f/2.2)

2. Perangkat Lunak (Software)

4

117

69

63

64

84

29

a. Sistem Operasi

Sistem operasi Windows digunakan sebagai platform pengembangan dan pengujian sistem.

b. Bahasa Pemrograman

Bahasa pemrograman Python (atau MATLAB – sesuaikan jika perlu) digunakan untuk mengimplementasikan proses pengolahan citra digital dan logika *fuzzy*.

c. Library / Toolbox Pendukung

1. OpenCV untuk pengolahan citra digital
2. NumPy untuk pengolahan data numerik
3. Library *fuzzy* (misalnya *scikit-fuzzy*) untuk implementasi sistem inferensi *fuzzy*

3. Dataset Penelitian

Dataset penelitian berupa citra daun tanaman aglonema yang diperoleh melalui proses pengambilan gambar secara langsung. Dataset ini digunakan sebagai data input untuk pengujian sistem yang dikembangkan.

Karakteristik dataset dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Data berupa citra digital daun tanaman aglonema
- b. Citra diambil dalam kondisi pencahayaan normal
- c. Dataset mencerminkan variasi mutu tanaman, mulai dari kondisi kurang baik hingga kondisi sangat baik
- d. Dataset digunakan untuk menguji kemampuan sistem dalam mengklasifikasikan mutu tanaman

Citra-citra tersebut selanjutnya diproses melalui tahap praproses, ekstraksi fitur, dan klasifikasi menggunakan logika *fuzzy*.

4. Analisis Hasil Penelitian

Analisis hasil penelitian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem yang telah dikembangkan dalam menilai mutu tanaman aglonema. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi sistem dengan penilaian mutu yang telah ditentukan sebelumnya.

Tahapan analisis hasil meliputi:

a. Analisis Kualitatif

Mengamati kesesuaian hasil klasifikasi sistem dengan kondisi visual daun tanaman aglonema.

b. Analisis Kuantitatif

Menghitung tingkat akurasi sistem berdasarkan hasil klasifikasi mutu tanaman.

c. Evaluasi Kinerja Sistem

Menilai keandalan sistem dalam menghasilkan klasifikasi mutu yang konsisten dan objektif.

Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar dalam penarikan kesimpulan serta untuk mengetahui apakah sistem penilaian mutu tanaman aglonema yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian.

C. Jadwal Penelitian

Kegiatan	Bln 1	Bln 2	Bln 3	Bln 4	Bln5	Bln6
Analysis Kebutuhan Awal						
Bangun Prototipe v1						
Evaluasi pengguna v1						
Perbaikan & Bangun v2						
Evaluasi pengguna v2						
Finalisasi Produk						

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian

Gambar gantt chart menunjukkan jadwal penelitian disusun untuk menggambarkan tahapan pelaksanaan penelitian secara sistematis dan terencana dalam rentang waktu tertentu. Penelitian ini direncanakan berlangsung selama empat bulan, dengan pembagian kegiatan yang disesuaikan dengan tahapan model pengembangan prototype

D. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan tahapan pelaksanaan penelitian yang dilakukan secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian. Prosedur penelitian ini disusun berdasarkan model pengembangan *prototype*, mulai dari tahap analisis hingga pengujian sistem.

Tahapan prosedur penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan dengan mengambil citra daun tanaman aglonema menggunakan kamera digital atau kamera pada smartphone. Citra diambil dalam kondisi pencahayaan yang cukup dan posisi pengambilan yang relatif seragam agar kualitas citra dapat dianalisis dengan baik. Data citra yang diperoleh digunakan sebagai dataset penelitian.

2. Praproses Citra

Citra berwarna (RGB) yang didapatkan kemudian diproses pada tahap pra-pengolahan. Tahap pertama dalam pra-pengolahan adalah mengubah citra RGB menjadi citra berbentuk skala gelap-terang. Tujuan dari proses ini adalah menyederhanakan informasi warna menjadi satu nilai kecerahan, sehingga memudahkan analisis visual. Setelah proses konversi ke skala gelap-terang, dilakukan pengambilan tepi daun dengan metode *Sobel* atau *Canny*. Tujuan utama dari proses ini adalah mengekstrak informasi batas dan bentuk daun, khususnya untuk mengenali tingkat keutuhan atau kerusakan pada tepi daun aglaonema.

3. Ekstraksi Fitur

Dari hasil pemrosesan awal gambar, dilakukan pengestrakan fitur visual yang digunakan sebagai acuan untuk menilai kualitas tanaman. Fitur visual yang diperoleh terdiri dari:

- a. Rata-rata intensitas *grayscale*, yang menunjukkan tingkat kecerahan warna daun. Nilai ini berguna untuk menilai kesehatan dan kualitas visual daun, di mana daun yang berkualitas baik biasanya memiliki intensitas *grayscale* yang lebih seragam dan stabil.
- b. Tingkat kepadatan tepi daun, yang didapatkan dari hasil deteksi tepi. Nilai kepadatan tepi ini digunakan untuk menggambarkan bentuk daun dan tingkat kerusakan di sepanjang tepi. Daun yang bentuknya utuh dan rapat

cenderung memiliki pola tepi yang lebih teratur dibandingkan daun yang mengalami kerusakan.

4. Transformasi Fitur ke Sistem *Fuzzy*

Nilai fitur hasil ekstraksi citra selanjutnya digunakan sebagai input pada sistem inferensi fuzzy. Pada tahap ini, nilai numerik intensitas grayscale dan kepadatan tepi daun diubah menjadi variabel linguistik melalui proses fuzzifikasi. Setiap variabel input memiliki fungsi keanggotaan, misalnya rendah, sedang, dan tinggi, yang disesuaikan dengan karakteristik data citra daun aglaonema.

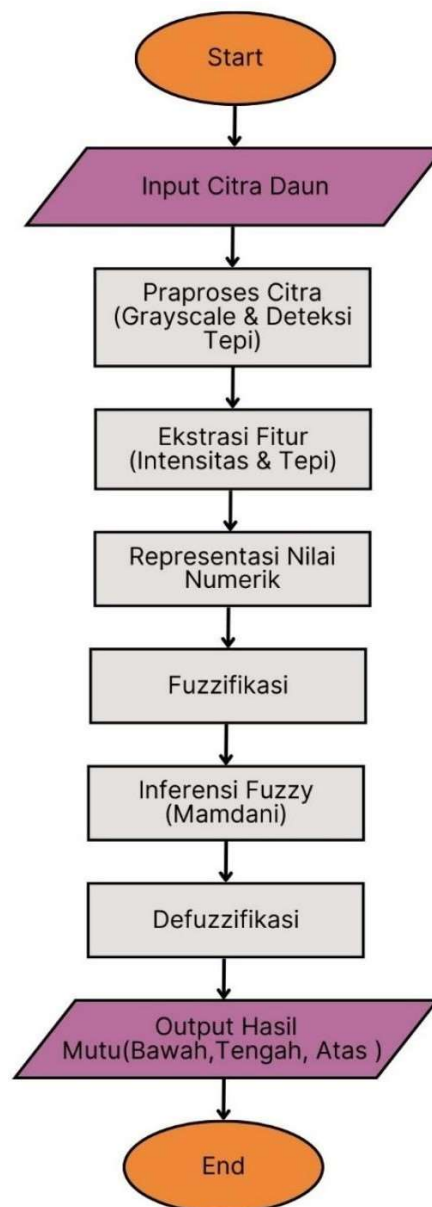
5. Inferensi dan Penentuan Mutu Tanaman

Sistem inferensi fuzzy yang digunakan adalah metode Mamdani. Pada tahap inferensi, sistem menerapkan aturan fuzzy (rule base) yang menghubungkan kombinasi ciri visual daun dengan kategori mutu tanaman. Sebagai contoh, daun dengan intensitas grayscale tinggi dan kepadatan tepi yang baik akan diklasifikasikan sebagai mutu atas, sedangkan daun dengan intensitas rendah dan kerusakan tepi tinggi akan masuk ke dalam kategori mutu bawah. Hasil inferensi kemudian diproses melalui tahap defuzzifikasi untuk menghasilkan output akhir berupa kategori mutu tanaman aglaonema, yaitu mutu bawah, mutu tengah, atau mutu atas.

E. Teknik Analisis Data

1. Desain Sistem

Desain sistem pada penelitian ini menggunakan pendekatan Structured Systems Analysis and Design (SSAD). Pendekatan SSAD dipilih karena sistem yang dikembangkan berfokus pada alur proses pengolahan data citra, mulai dari input citra daun aglaonema hingga menghasilkan output berupa klasifikasi mutu tanaman.



Gambar 3. 2Desain Sistem

Proses-proses pada Desain sistem:

a. Akuisisi Citra Daun Aglaonema

Tahap pertama merupakan proses pengambilan citra daun aglaonema menggunakan kamera smartphone. Citra yang dihasilkan berfungsi sebagai data mentah (raw data) yang merepresentasikan kondisi visual daun tanaman. Pada tahap ini, citra belum dapat digunakan secara langsung untuk penilaian mutu karena masih mengandung informasi visual yang kompleks.

b. Ekstraksi Ciri Visual Daun

Citra daun yang telah diperoleh selanjutnya diproses menggunakan metode pengolahan citra digital. Proses ini meliputi praproses citra, seperti konversi grayscale dan deteksi tepi, untuk mengekstraksi ciri visual daun. Hasil dari tahap ini berupa ciri-ciri visual daun yang relevan dengan penilaian mutu, seperti tingkat kecerahan warna daun dan kondisi tepi daun.

c. Representasi Visual dalam Bentuk Numerik

Ciri visual yang diperoleh dari hasil pengolahan citra kemudian direpresentasikan dalam bentuk nilai numerik. Representasi ini bertujuan untuk mengubah informasi visual menjadi data kuantitatif yang dapat diproses lebih lanjut. Nilai numerik ini menjadi jembatan antara hasil pengolahan citra digital dengan sistem inferensi fuzzy, sehingga sistem tidak bekerja langsung pada citra mentah.

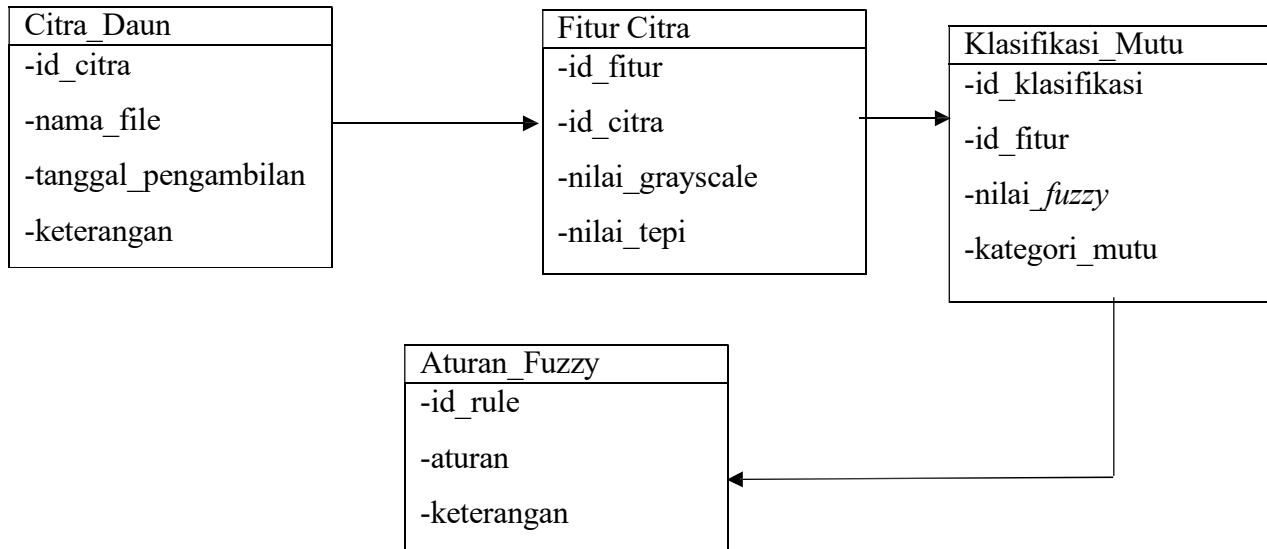
d. Pemrosesan Menggunakan Sistem Inferensi Fuzzy

Nilai numerik hasil representasi visual selanjutnya digunakan sebagai input pada sistem inferensi fuzzy. Pada tahap ini dilakukan proses fuzzifikasi untuk mengubah nilai numerik menjadi variabel linguistik, seperti rendah, sedang, dan tinggi. Sistem fuzzy tipe Mamdani kemudian menerapkan aturan fuzzy (rule base) untuk menentukan hubungan antara ciri visual daun dengan kategori mutu tanaman.

e. Penentuan Output Mutu Tanaman

Tahap akhir dari arsitektur sistem adalah penentuan output berupa kategori mutu tanaman aglaonema. Output dihasilkan melalui proses defuzzifikasi dan diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu mutu bawah, mutu tengah, dan mutu atas. Hasil ini ditampilkan kepada pengguna melalui antarmuka sistem dan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan terkait kualitas tanaman aglaonema.

2. Desain Database

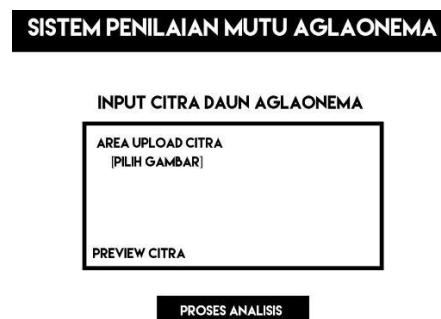


Gambar 3. 3 Desain Database

Desain database pada penelitian ini digunakan untuk mendukung penyimpanan dan pengelolaan data pada sistem penilaian mutu tanaman aglonema secara terstruktur. Database dirancang menggunakan basis data relasional yang mencerminkan alur proses sistem, mulai dari penyimpanan citra daun sebagai data input, penyimpanan hasil ekstraksi fitur citra, hingga penyimpanan hasil klasifikasi mutu tanaman menggunakan logika *fuzzy*. Setiap entitas saling terhubung untuk memastikan keterkaitan antara data citra, data fitur, dan hasil klasifikasi, sehingga database mampu mendukung proses analisis, pengujian, serta evaluasi sistem secara efektif.

3. Desain Antarmuka (UI/UX Design)

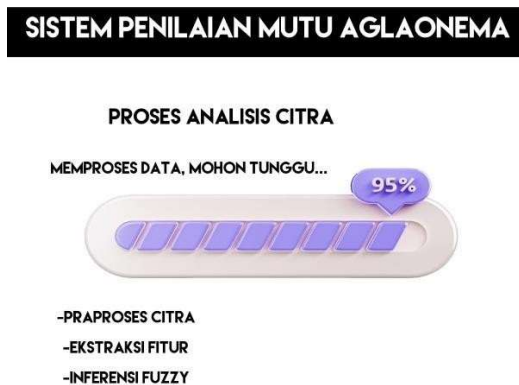
a. Halaman Input Citra



Gambar 3. 4 Halaman Input Citra

Gambar menunjukkan tampilan input citra. Area upload citra untuk menginputkan gambar daun aglaonema dan preview citra. Terakhir ada tombol proses analisis untuk memproses gambar yang sudah di inputkan.

b. Halaman Proses Analisis



Gambar 3. 5 Halaman Proses Analisis

Gambar menunjukkan proses analisis citra atau memproses data, prosesnya meliputi Praproses Citra, Ekstraksi Fitur, Inferensi *Fuzzy*.

c. Halaman Klasifikasi



Gambar 3. 6 Halaman Klasifikasi Mutu

Gambar menunjukkan hasil klasifikasi kategori mutu bawah, tengah, atau atas. Pada gambar diatas menunjukkan mutu atas setelah dilakukan proses klasifikasi. Ada tombol analisis ulang untuk mengulang proses gambar tersebut, dan input baru untuk menginputkan gambar daun baru.

F. Input dan Output Ssitem

1. Input Sistem

Input sistem pada penelitian ini berupa citra digital daun tanaman aglaonema yang digunakan sebagai data awal dalam proses penilaian mutu. Citra diperoleh melalui pengambilan gambar menggunakan kamera smartphone dengan ketentuan sebagai berikut:

a. Format Citra

Citra daun aglaonema disimpan dalam format gambar digital umum, yaitu JPG atau PNG, sehingga mudah diproses menggunakan perangkat lunak pengolahan citra.

b. Kondisi Pencahayaan

Pengambilan citra dilakukan pada kondisi pencahayaan normal, tidak terlalu gelap dan tidak terlalu terang. Hal ini bertujuan untuk menjaga kestabilan nilai intensitas warna daun agar proses ekstraksi fitur dapat menghasilkan data yang akurat.

c. Sudut dan Posisi Pengambilan

Sudut pengambilan citra diusahakan tegak lurus terhadap daun dengan jarak yang relatif sama. Posisi ini dipilih agar bentuk daun dan kondisi tepi daun dapat terekam dengan jelas serta mengurangi distorsi bentuk pada citra.

2. Output Sistem

Output sistem merupakan hasil akhir penilaian mutu tanaman aglaonema yang diperoleh setelah seluruh tahapan pengolahan citra dan inferensi *fuzzy* dilakukan. Output yang dihasilkan oleh sistem meliputi:

a. Kategori Mutu Tanaman

Sistem mengklasifikasikan mutu tanaman aglaonema ke dalam tiga kategori, yaitu:

1. Mutu Bawah, menunjukkan kondisi daun dengan kualitas visual rendah.
2. Mutu Tengah, menunjukkan kondisi daun dengan kualitas visual sedang.
3. Mutu Atas, menunjukkan kondisi daun dengan kualitas visual baik dan optimal.

b. Nilai Hasil Inferensi *Fuzzy*

Selain kategori mutu, sistem juga dapat menampilkan nilai hasil inferensi fuzzy berupa nilai numerik hasil defuzzifikasi. Nilai ini berfungsi sebagai informasi pendukung untuk menunjukkan tingkat keanggotaan atau tingkat mutu tanaman secara kuantitatif. Output sistem ditampilkan melalui antarmuka pengguna dan dapat disimpan dalam basis data sebagai dokumentasi hasil penilaian mutu tanaman aglaonema.

G. Perancangan Sistem *Fuzzy*

Perancangan sistem *fuzzy* pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan mutu tanaman aglaonema berdasarkan ciri visual daun yang diperoleh dari proses pengolahan citra digital. Sistem *fuzzy* digunakan sebagai mekanisme pengambilan keputusan karena mampu menangani ketidakpastian dan ambiguitas dalam penilaian mutu visual tanaman. Sistem inferensi *fuzzy* yang digunakan adalah *fuzzy* Mamdani, dengan input berupa ciri visual daun dan output berupa kategori mutu tanaman.

1. Variabel Input dan Output *Fuzzy*

Variabel *fuzzy* yang digunakan dalam sistem terdiri dari variabel input dan variabel output. Variabel input diperoleh dari hasil ekstraksi fitur citra daun aglaonema, sedangkan variabel output merepresentasikan mutu tanaman.

Variabel input sistem fuzzy meliputi:

a. Intensitas *Grayscale* Daun

Variabel ini merepresentasikan tingkat kecerahan warna daun yang diperoleh dari rata-rata nilai intensitas grayscale citra daun. Nilai ini digunakan sebagai indikator kesehatan visual daun

b. Kondisi Tepi Daun

Variabel ini merepresentasikan tingkat keutuhan atau kerusakan tepi daun yang diperoleh dari hasil deteksi tepi. Nilai kepadatan tepi digunakan untuk menggambarkan kualitas bentuk dan kondisi fisik daun.

Variabel output sistem *fuzzy* adalah:

Mutu Tanaman Aglaonema, yang diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu mutu bawah, mutu tengah, dan mutu atas. Variabel-variabel tersebut digunakan sebagai dasar dalam proses fuzzifikasi dan inferensi *fuzzy* untuk menghasilkan keputusan mutu tanaman.

2. Himpunan dan Fungsi Keanggotaan

Setiap variabel *fuzzy* direpresentasikan dalam beberapa himpunan *fuzzy* yang menggambarkan kondisi linguistik tertentu. Himpunan *fuzzy* ini digunakan untuk memetakan nilai numerik ke dalam bentuk linguistik melalui fungsi keanggotaan.

Himpunan *fuzzy* variabel input:

- a. Intensitas *Grayscale* Daun: rendah, sedang, tinggi
- b. Kondisi Tepi Daun: buruk, cukup, baik

Himpunan *fuzzy* variabel output:

Mutu Tanaman: mutu bawah, mutu tengah, mutu atas

Fungsi keanggotaan yang digunakan pada penelitian ini berbentuk segitiga dan trapesium. Pemilihan bentuk fungsi keanggotaan ini didasarkan pada kesederhanaan dan kemudahan dalam merepresentasikan perubahan nilai input secara gradual. Fungsi keanggotaan digunakan pada tahap fuzzifikasi untuk menentukan derajat keanggotaan masing-masing nilai input terhadap setiap himpunan *fuzzy* dengan rentang nilai antara 0 dan 1.

3. Aturan *Fuzzy* (Rule Base)

Aturan *fuzzy* disusun dalam bentuk pernyataan *IF-THEN* yang menghubungkan kondisi variabel input dengan mutu tanaman sebagai variabel output. Aturan ini mencerminkan pengetahuan pakar dalam menilai mutu tanaman berdasarkan ciri visual daun. Karena sistem memiliki dua variabel input dengan masing-masing tiga himpunan

45 *fuzzy*, maka terbentuk sembilan aturan *fuzzy* yang mencakup seluruh kombinasi kondisi input. Aturan *fuzzy* yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. IF intensitas grayscale rendah AND kondisi tepi daun buruk THEN mutu tanaman bawah
- b. IF intensitas grayscale rendah AND kondisi tepi daun cukup THEN mutu tanaman bawah
- c. IF intensitas grayscale rendah AND kondisi tepi daun baik THEN mutu tanaman tengah
- d. IF intensitas grayscale sedang AND kondisi tepi daun buruk THEN mutu tanaman bawah
- e. IF intensitas grayscale sedang AND kondisi tepi daun cukup THEN mutu tanaman tengah
- f. IF intensitas grayscale sedang AND kondisi tepi daun baik THEN mutu tanaman atas
- g. IF intensitas grayscale tinggi AND kondisi tepi daun buruk THEN mutu tanaman tengah
- h. IF intensitas grayscale tinggi AND kondisi tepi daun cukup THEN mutu tanaman atas
- i. IF intensitas grayscale tinggi AND kondisi tepi daun baik THEN mutu tanaman atas

12 Aturan-aturan ini digunakan sebagai dasar dalam proses inferensi *fuzzy* untuk menentukan mutu tanaman berdasarkan kombinasi ciri visual daun.

9 4. Inferensi Mamdani dan Defuzzifikasi

15 Proses inferensi fuzzy dilakukan menggunakan metode Mamdani. Pada tahap ini, nilai derajat keanggotaan hasil fuzzifikasi digunakan untuk menentukan tingkat keaktifan setiap aturan fuzzy. Operator logika fuzzy AND digunakan untuk mengombinasikan kondisi pada bagian antecedent dari setiap aturan. Hasil inferensi berupa himpunan fuzzy keluaran yang merupakan agregasi dari seluruh aturan yang aktif. Selanjutnya, dilakukan proses defuzzifikasi untuk mengubah hasil fuzzy tersebut

18

9

menjadi nilai tegas (crisp). Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode centroid, karena mampu menghasilkan nilai representatif dari keseluruhan himpunan fuzzy keluaran. Nilai hasil defuzzifikasi kemudian digunakan untuk menentukan kategori mutu tanaman aglaonema, yaitu mutu bawah, mutu tengah, atau mutu atas, sebagai output akhir sistem.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian merupakan keluaran dari proses pengembangan sistem penilaian mutu tanaman aglaonema berbasis pengolahan citra digital dan logika fuzzy Mamdani yang telah dilakukan sesuai dengan tahapan penelitian pada BAB III. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan Prototype yang bertujuan menghasilkan suatu sistem yang mampu melakukan penilaian mutu tanaman aglaonema secara otomatis berdasarkan karakteristik visual daun. Pengembangan sistem dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu analisis kebutuhan sistem, perancangan prototype, implementasi sistem, pengujian sistem, serta evaluasi hasil pengujian. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan teknik pengolahan citra digital untuk memperoleh informasi visual daun aglaonema berupa nilai mean grayscale dan edge density. Kedua fitur tersebut selanjutnya digunakan sebagai input pada sistem inferensi fuzzy Mamdani untuk menentukan kategori mutu tanaman. Hasil dari penelitian ini berupa aplikasi penilaian mutu tanaman aglaonema yang mampu melakukan proses klasifikasi mutu secara otomatis ke dalam tiga kategori, yaitu mutu bawah, mutu tengah, dan mutu atas. Selain menghasilkan kategori mutu, sistem juga mampu menampilkan nilai hasil ekstraksi fitur dan nilai hasil inferensi fuzzy sebagai informasi pendukung dalam proses pengambilan keputusan.

1. Implementasi Desain Sistem

Implementasi sistem dilakukan berdasarkan desain proses, desain antarmuka, dan alur kerja sistem yang telah dirancang sebelumnya. Aplikasi yang dibangun terdiri dari beberapa modul utama, yaitu modul input citra, preprocessing citra, ekstraksi fitur, inferensi fuzzy, klasifikasi mutu, dan penyajian hasil. Setiap modul memiliki fungsi yang saling terintegrasi untuk mengolah citra daun aglaonema hingga menghasilkan kategori mutu tanaman berupa mutu bawah, mutu tengah, atau mutu atas.

a. Dataset Penelitian

(Tabel 4.1. Jumlah Dataset)

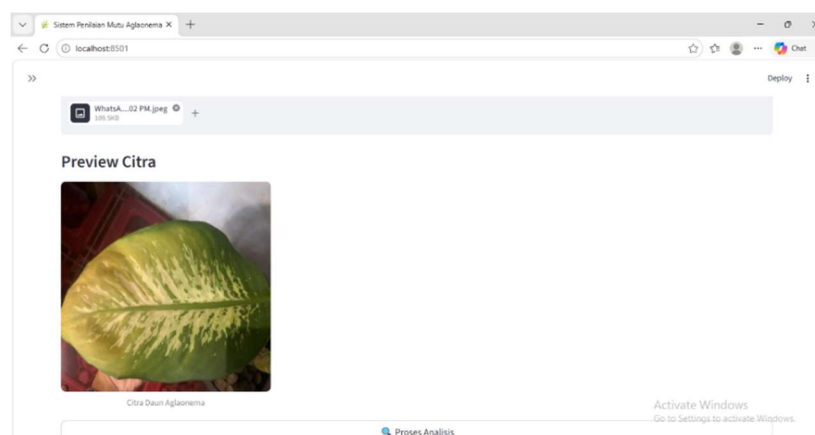
Kategori	Jumlah
Mutu Atas	113 Data
Mutu Tengah	117 Data
Mutu Bawah	20 Data

Dataset yang digunakan untuk penelitian sebanyak 250 gambar daun aglaonema dengan 3 Kategori mutu yang telah ditentukan yaitu mutu atas berjumlah 113 data, mutu tengah berjumlah 117 data, dan mutu bawah berjumlah 20 data .

b. Input Citra



Gambar 4.1. Halaman Input Citra



Gambar 4.2. Halaman Preview Citra

Berdasarkan Gambar 4.1, modul input citra terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu area unggah gambar, preview citra, dan tombol analisis. Area unggah gambar digunakan untuk memilih file citra dari perangkat pengguna. Setelah gambar berhasil dipilih, sistem akan menampilkan preview citra sehingga pengguna dapat

memastikan bahwa gambar yang dipilih sudah sesuai sebelum dilakukan proses analisis.

Selain itu, sistem menerapkan validasi format file untuk memastikan bahwa hanya file gambar dengan format yang didukung, seperti JPG, JPEG, dan PNG, yang dapat diproses oleh sistem. Apabila pengguna mengunggah file dengan format yang tidak sesuai, sistem akan menampilkan pesan kesalahan dan meminta pengguna memilih file yang valid. Modul input citra dirancang dengan antarmuka yang sederhana sehingga memudahkan pengguna dalam mengunggah citra daun tanpa memerlukan pengetahuan teknis mengenai pengolahan citra digital maupun logika fuzzy.

c. Preprocessing Citra

Preprocessing citra merupakan tahapan awal dalam pengolahan citra digital yang bertujuan untuk mempersiapkan citra sebelum dilakukan proses ekstraksi fitur dan klasifikasi mutu tanaman. Tahap preprocessing dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra serta menyederhanakan informasi visual sehingga lebih mudah dianalisis oleh sistem. Pada penelitian ini, preprocessing citra terdiri dari beberapa tahapan, yaitu resize citra, konversi grayscale, dan deteksi tepi daun. Tahapan-tahapan tersebut dilakukan secara berurutan agar sistem dapat memperoleh fitur visual daun secara lebih optimal.

1. Resize Citra

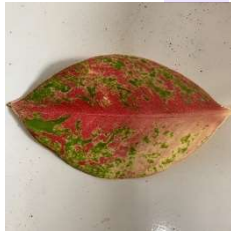
Tahap pertama pada preprocessing adalah proses resize citra. Proses ini dilakukan untuk menyeragamkan ukuran seluruh citra daun aglaonema yang digunakan dalam penelitian. Penyeragaman ukuran citra bertujuan agar proses pengolahan data menjadi lebih konsisten dan mempercepat proses komputasi sistem.

Implementasi resize citra dilakukan menggunakan library OpenCV dengan fungsi `cv2.resize()`. Pada penelitian ini, seluruh citra diubah menjadi ukuran yang sama sebelum dilakukan proses pengolahan lebih lanjut.

Contoh implementasi resize citra:

```
# Resize
img = cv2.resize(img, (300, 300))
```

Hasil resize citra:



Gambar 4.3. Hasil Resize Citra



Gambar 4.4. Hasil Resize Citra

Hasil resize citra menunjukkan bahwa seluruh gambar memiliki dimensi yang seragam sehingga mempermudah proses analisis citra pada tahap berikutnya.

2. Grayscale

Setelah proses resize dilakukan, tahap berikutnya adalah konversi citra RGB menjadi citra grayscale. Proses grayscale bertujuan untuk menyederhanakan informasi warna pada citra menjadi satu kanal intensitas keabuan. Dengan proses ini, sistem dapat lebih mudah menganalisis tingkat kecerahan dan struktur visual daun.

Konversi grayscale dilakukan menggunakan fungsi `cv2.cvtColor()` dari library OpenCV. Pada proses ini, citra berwarna diubah menjadi citra dengan rentang intensitas antara 0 hingga 255, di mana nilai 0 merepresentasikan warna hitam dan nilai 255 merepresentasikan warna putih.

Rumus grayscale yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Gray = \frac{R+G+B}{3} \quad (\text{Rumus 4.1. Grayscale})$$

Keterangan:

R = nilai warna merah (Red)

G = nilai warna hijau (Green)

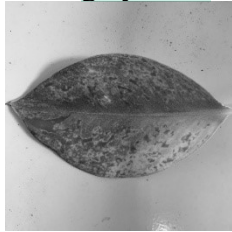
B = nilai warna biru (Blue)

Contoh implementasi grayscale:

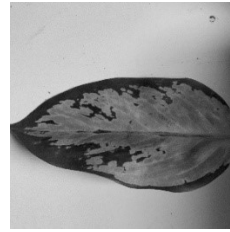
```
gray = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
```

```
# Grayscale
gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
```

Hasil grayscale:



Gambar 4.5. Hasil Grayscale Citra



Gambar 4.6. Hasil Grayscale Citra

Hasil implementasi grayscale menunjukkan bahwa citra menjadi lebih sederhana namun tetap mempertahankan informasi bentuk dan intensitas daun yang diperlukan dalam proses ekstraksi fitur.

3. Deteksi Tepi Canny

Tahap preprocessing berikutnya adalah deteksi tepi daun menggunakan metode Canny Edge Detection. Deteksi tepi dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai bentuk dan kondisi tepi daun aglaonema. Informasi tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat keutuhan atau kerusakan pada bagian tepi daun.

Metode Canny dipilih karena mampu menghasilkan deteksi tepi yang lebih jelas dan stabil dibandingkan metode lainnya. Implementasi deteksi tepi dilakukan menggunakan fungsi `cv2.Canny()` pada library OpenCV.

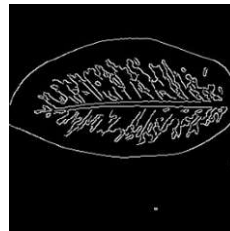
Contoh implementasi deteksi tepi:

```
# Edge detection
edges = cv2.Canny(blur, 100, 200)
```

Hasil deteksi tepi:



Gambar 4.7. Hasil Deteksi Tepi Citra



Gambar 4.8. Hasil Deteksi Tepi Citra

Pada proses ini, sistem menghasilkan citra biner yang menunjukkan pola tepi objek daun. Area berwarna putih menunjukkan bagian tepi daun yang berhasil terdeteksi, sedangkan area hitam menunjukkan bagian non-tepi.

Hasil deteksi tepi digunakan untuk menghitung nilai edge density yang menjadi salah satu parameter input dalam sistem inferensi fuzzy. Daun dengan kondisi baik umumnya menghasilkan pola tepi yang lebih utuh dan teratur dibandingkan daun yang mengalami kerusakan.

Tahapan preprocessing menghasilkan citra yang telah disederhanakan dan siap digunakan pada proses ekstraksi fitur. Hasil preprocessing berupa citra grayscale dan citra deteksi tepi digunakan sebagai dasar dalam menghitung nilai mean grayscale dan edge density daun aglaonema. Melalui tahapan preprocessing ini, sistem mampu memperoleh informasi visual daun secara lebih optimal sehingga proses klasifikasi mutu tanaman dapat dilakukan dengan lebih akurat.

d. Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur merupakan tahapan yang dilakukan setelah proses preprocessing citra. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh informasi penting dari citra daun aglaonema dalam bentuk data numerik yang dapat digunakan sebagai input pada sistem inferensi fuzzy. Pada penelitian ini, fitur yang digunakan terdiri dari nilai mean grayscale dan edge density. Kedua fitur tersebut dipilih karena mampu merepresentasikan kondisi visual daun yang berhubungan dengan mutu tanaman.

1. Ekstraksi Fitur Mean Grayscale

Mean grayscale merupakan nilai rata-rata intensitas piksel pada citra grayscale. Nilai ini digunakan untuk menggambarkan tingkat kecerahan warna daun aglaonema. Daun dengan kondisi sehat dan memiliki kualitas visual yang baik umumnya memiliki distribusi intensitas yang lebih stabil dibandingkan daun yang mengalami kerusakan atau penurunan kualitas.

Perhitungan mean grayscale dilakukan dengan menghitung rata-rata seluruh nilai piksel pada citra grayscale. Nilai yang dihasilkan berada pada rentang 0 hingga 255, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan citra yang lebih terang, sedangkan nilai yang lebih rendah menunjukkan citra yang lebih gelap.

Rumus perhitungan mean grayscale adalah sebagai berikut:

$$\mu_{gray} = \frac{\sum_{i=1}^N I_i}{N} \text{ (Rumus 4.2. Mean Grayscale)}$$

Keterangan:

μ_{gray} = nilai rata-rata grayscale

I_i = intensitas piksel ke-i

N = jumlah total piksel citra

Implementasi perhitungan mean grayscale dilakukan menggunakan library NumPy dengan menghitung rata-rata seluruh piksel pada citra grayscale.

Contoh implementasi:

```
mean_gray = np.mean(gray)
```

Hasil perhitungan mean grayscale digunakan sebagai indikator kualitas visual warna daun dan menjadi salah satu variabel input pada sistem fuzzy.

2. Ekstraksi Fitur Edge Density

Edge density merupakan fitur yang digunakan untuk menggambarkan tingkat kepadatan tepi pada citra daun hasil deteksi tepi. Nilai ini menunjukkan banyaknya piksel tepi yang terdeteksi dibandingkan dengan jumlah seluruh piksel pada citra. Pada penelitian ini, edge density digunakan untuk merepresentasikan kondisi bentuk dan keutuhan tepi daun. Daun yang memiliki bentuk utuh dan tepi yang teratur cenderung menghasilkan pola tepi yang berbeda dibandingkan daun yang mengalami kerusakan, sobekan, atau cacat pada bagian pinggir daun. Perhitungan edge density dilakukan dengan menghitung jumlah piksel tepi yang bernilai putih pada citra hasil deteksi tepi, kemudian membaginya dengan jumlah seluruh piksel citra.

Rumus edge density adalah sebagai berikut:

$$EdgeDensity = \frac{Jumlah \text{ Piksel Edge}}{Total \text{ Piksel Citra}} \quad (\text{Rumus 4.3. Ekstraksi Fitur Edge Density})$$

Keterangan:

Jumlah Piksel Edge = jumlah piksel hasil deteksi tepi

Total Piksel Citra = jumlah keseluruhan piksel pada citra

Implementasi perhitungan edge density dilakukan menggunakan citra hasil deteksi tepi metode Canny.

```
edge_density = np.sum(edges > 0) / edges.size
```

Nilai edge density yang diperoleh digunakan sebagai indikator kondisi fisik daun dan menjadi variabel input kedua dalam sistem fuzzy.

e. Inferensi fuzzy

Setelah proses ekstraksi fitur selesai dilakukan, nilai mean grayscale dan edge density digunakan sebagai input pada sistem inferensi fuzzy Mamdani. Metode fuzzy dipilih karena mampu menangani ketidakpastian dalam penilaian mutu tanaman yang umumnya dilakukan berdasarkan persepsi visual manusia. Sistem inferensi fuzzy

pada penelitian ini terdiri dari tiga tahapan utama, yaitu fuzzifikasi, inferensi aturan (rule evaluation), dan defuzzifikasi.

1. Variabel Fuzzy Input dan Output

Sistem fuzzy yang digunakan memiliki dua variabel input dan satu variabel output. Nilai input diperoleh dari hasil ekstraksi fitur citra daun aglaonema, sedangkan output berupa kategori mutu tanaman yang dihasilkan oleh sistem fuzzy.

Variabel Input:

- a. Mean Grayscale (G)
 1. Rendah
 2. Sedang
 3. Tinggi
- b. Edge Density (E)
 1. Buruk
 2. Cukup
 3. Baik

Variabel Output:

- a. Mutu Tanaman (M)
 1. Mutu Bawah
 2. Mutu Tengah
 3. Mutu Atas

Nilai input diperoleh dari hasil ekstraksi fitur citra daun aglaonema, sedangkan output berupa kategori mutu tanaman yang dihasilkan oleh sistem fuzzy.

2. Fungsi Keanggotaan Mean Grayscale dan Mean Edge Density

a. Grayscale

Variabel mean grayscale memiliki rentang nilai 0–255 dan dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy, yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

Himpunan rendah:

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 100 \\ \frac{150-x}{150-100}, & 100 < x < 150 \\ 0, & x \geq 150 \end{cases} \quad (\text{Rumus 4.4. Mean Grayscale Rendah})$$

Himpunan sedang:

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 100 \\ \frac{x-100}{150-100}, & 100 < x < 150 \\ \frac{200-x}{200-150}, & 150 \leq x < 200 \\ 0, & x \geq 200 \end{cases} \quad (\text{Rumus 4.5. Mean Grayscale Sedang})$$

Himpunan tinggi:

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 150 \\ \frac{x-150}{200-150}, & 150 < x < 200 \\ 0, & x \geq 200 \end{cases} \text{ (Rumus 4.6. Mean Grayscale Tinggi)}$$

b. Edge Density

Variabel edge density memiliki rentang nilai 0–1 dan dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy, yaitu buruk, cukup, dan baik.

Himpunan buruk:

$$\mu_{buruk}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 0,25 \\ \frac{0,40-x}{0,40-0,25}, & 0,25 < x < 0,40 \\ 0, & x \geq 0,40 \end{cases} \text{ (Rumus 4.7. Edge buruk)}$$

Himpunan cukup:

$$\mu_{cukup}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,25 \\ \frac{x-0,25}{0,40-0,25}, & 0,25 < x < 0,40 \\ \frac{0,55-x}{0,55-0,40}, & 0,40 \leq x < 0,55 \\ 0, & x \geq 0,55 \end{cases} \text{ (Rumus 4.9. Edge cukup)}$$

Himpunan baik:

$$\mu_{baik}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,40 \\ \frac{x-0,40}{0,55-0,40}, & 0,40 < x < 0,55 \\ 1, & x \geq 0,55 \end{cases} \text{ (Rumus 4.10. Edge baik)}$$

3. Basis Aturan (Rule Base)

Sistem fuzzy menggunakan sembilan aturan yang diperoleh dari pengetahuan mengenai hubungan antara kualitas warna daun dan kondisi tepi daun terhadap mutu tanaman.

- IF intensitas grayscale rendah AND kondisi tepi daun buruk THEN mutu tanaman bawah
- IF intensitas grayscale rendah AND kondisi tepi daun cukup THEN mutu tanaman bawah
- IF intensitas grayscale rendah AND kondisi tepi daun baik THEN mutu tanaman tengah
- IF intensitas grayscale sedang AND kondisi tepi daun buruk THEN mutu tanaman bawah
- IF intensitas grayscale sedang AND kondisi tepi daun cukup THEN mutu tanaman tengah

- f. IF intensitas grayscale sedang AND kondisi tepi daun baik THEN mutu tanaman atas
- g. IF intensitas grayscale tinggi AND kondisi tepi daun buruk THEN mutu tanaman tengah
- h. IF intensitas grayscale tinggi AND kondisi tepi daun cukup THEN mutu tanaman atas
- i. IF intensitas grayscale tinggi AND kondisi tepi daun baik THEN mutu tanaman atas

8 4. Proses Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses mengubah nilai input tegas (crisp) menjadi derajat keanggotaan pada setiap himpunan fuzzy.

$$grayscale = 165$$

$$Edge\ Density = 0,42$$

4 Maka sistem menghitung derajat keanggotaan terhadap seluruh fungsi keanggotaan yang telah ditentukan.

Hasil fuzzifikasi berupa nilai keanggotaan dengan rentang:

$$0 \leq \mu(x) \leq 1 \text{ (Rumus 4.11. fuzzifikasi)}$$

Nilai tersebut menunjukkan tingkat keterkaitan suatu data terhadap masing-masing himpunan fuzzy.

12 5. Inferensi Mamdani

Tahap inferensi dilakukan menggunakan operator MIN untuk proses AND pada setiap aturan fuzzy.

Nilai aktivasi aturan dihitung menggunakan persamaan:

$$a_i = (\mu A(x), \mu B(y)) \text{ (Rumus 4.12. Inferensi Mamdani)}$$

4 Keterangan:

a_i = nilai firing strength aturan ke-i

$\mu A(x)$ = derajat keanggotaan input pertama

$\mu B(y)$ = derajat keanggotaan input kedua

Sebagai contoh:

$$\mu_{sedang}(165) = 0,70$$

$$\mu_{baik}(0,42) = 0,13$$

Maka:

$$a = \min 0.70, 0.13$$

$$a = 0,13$$

Seluruh aturan yang aktif kemudian digabungkan menggunakan operator MAX sehingga menghasilkan himpunan fuzzy output.

$$\mu_{output}(z) = \max a_1, a_2, a_3, \dots, a_n \text{ (Rumus 4.12. Operator MAX)}$$

6. Defuzzifikasi Metode Centroid

Tahap terakhir adalah defuzzifikasi menggunakan metode centroid untuk memperoleh nilai output tegas (crisp).

Metode centroid dihitung menggunakan persamaan:

$$Z^* = \frac{\int z \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz} \text{ (Rumus 4.13. Defuzzifikasi Metode Centroid)}$$

Keterangan:

Z^* = nilai hasil defuzzifikasi

z = nilai domain output

$\mu(z)$ = derajat keanggotaan output

Nilai crisp yang diperoleh kemudian digunakan untuk menentukan kategori mutu tanaman. Berdasarkan proses inferensi dan defuzzifikasi yang dilakukan, sistem dapat menghasilkan keputusan mutu tanaman secara otomatis berdasarkan karakteristik visual daun yang diperoleh dari proses pengolahan citra digital.

f. Implementasi Klasifikasi Mutu

Tahap klasifikasi mutu merupakan tahap akhir dalam proses penilaian mutu tanaman aglaonema. Pada tahap ini, sistem menggunakan nilai hasil defuzzifikasi yang diperoleh dari proses inferensi fuzzy Mamdani untuk menentukan kategori mutu tanaman. Klasifikasi dilakukan secara otomatis berdasarkan rentang nilai mutu

yang telah ditentukan sebelumnya.

Tujuan dari proses klasifikasi adalah mengubah nilai numerik hasil defuzzifikasi menjadi informasi yang lebih mudah dipahami oleh pengguna dalam bentuk kategori mutu tanaman. Dengan demikian, pengguna tidak hanya memperoleh nilai fuzzy, tetapi juga mendapatkan keputusan akhir mengenai kualitas tanaman yang dianalisis.

1. Penentuan Kategori Mutu

Output sistem fuzzy berupa nilai crisp hasil defuzzifikasi yang berada pada rentang 0 sampai 100. Nilai tersebut kemudian dipetakan ke dalam tiga kategori mutu tanaman, yaitu mutu bawah, mutu tengah, dan mutu atas.

Tabel berikut menunjukkan rentang klasifikasi mutu yang digunakan pada sistem.

(Tabel 4.1. Penentuan Kategori Mutu)

Nilai Defuzzifikasi	Grayscale
0-40	Mutu Bawah
41-70	Mutu Tengah
70-100	Mutu Atas

Proses klasifikasi dilakukan menggunakan aturan keputusan sederhana berdasarkan interval nilai output fuzzy.

Secara matematis proses klasifikasi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Mutu = \begin{cases} Mutu Bawah, & 0 \leq Z \leq 40 \\ Mutu Tengah, & 40 < Z \leq 70 \\ Mutu Atas, & 70 < Z \leq 100 \end{cases}$$

Keterangan:

(Z) = nilai hasil defuzzifikasi

Mutu Bawah = kualitas tanaman rendah

Mutu Tengah = kualitas tanaman sedang

Mutu Atas = kualitas tanaman tinggi

2. Implementasi Klasifikasi pada Sistem

Implementasi klasifikasi mutu dilakukan menggunakan struktur

percabangan pada bahasa pemrograman Python. Sistem akan membaca nilai hasil defuzzifikasi, kemudian membandingkannya dengan batas interval kategori mutu yang telah ditentukan.

Contoh implementasi program:

```
if hasil < 40:
    kategori = "mutu_bawah"
elif hasil < 70:
    kategori = "mutu_tengah"
else:
    kategori = "mutu_atas"
```

Hasil klasifikasi kemudian disimpan ke dalam basis data dan ditampilkan pada halaman hasil analisis aplikasi.

3. Contoh Hasil Klasifikasi

Sebagai contoh, suatu citra daun menghasilkan nilai:

$$\text{grayscale} = 165$$

$$\text{Edge Density} = 0,42$$

Setelah melalui proses fuzzifikasi, inferensi Mamdani, dan defuzzifikasi centroid, diperoleh nilai output:

$$Z = 8,25$$

Karena nilai tersebut berada pada rentang:

$$71 \leq Z \leq 100$$

maka sistem memberikan keputusan:

$$\text{Kategori} = \text{Mutu Atas}$$

Output Hasil:

(Tabel 4.2. Output Hasil)

No	Mean Grayscale	Edge Density	Nilai Defuzzifikasi	Kategori Mutu
1	165,23	0,42	82,5	Mutu Atas
2	148,75	0,37	63,2	Mutu Tengah
3	120,41	0,28	38,7	Mutu Bawah
4	172,56	0,45	86,1	Mutu Atas
5	134,62	0,31	55,4	Mutu Tengah

Berdasarkan implementasi yang telah dilakukan, sistem mampu mengklasifikasikan mutu tanaman aglaonema secara otomatis berdasarkan karakteristik visual daun. Nilai mean grayscale dan edge density yang diperoleh dari proses pengolahan citra berhasil diterjemahkan menjadi kategori mutu yang mudah dipahami pengguna.

Hasil klasifikasi ini menjadi output utama sistem dan digunakan sebagai dasar penilaian kualitas tanaman aglaonema. Dengan adanya proses klasifikasi otomatis, penilaian mutu tanaman dapat dilakukan secara lebih objektif, konsisten, dan efisien dibandingkan dengan penilaian manual yang bergantung pada persepsi manusia.

2. Keterkaitan Antar Lembar Kerja

Struktur alur sistem menggambarkan urutan proses yang dilakukan oleh aplikasi dalam melakukan penilaian mutu tanaman aglaonema. Alur sistem dimulai dari proses input citra daun oleh pengguna hingga menghasilkan output berupa kategori mutu tanaman. Setiap tahapan saling terhubung untuk memastikan proses klasifikasi dapat berjalan secara otomatis dan konsisten.



Gambar 4.9. Proses penelian mutu tanaman aglaonema

Berdasarkan Gambar 4.2, proses penilaian mutu tanaman aglaonema dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut

a. Input Citra Daun

Tahap pertama dimulai ketika pengguna mengunggah citra daun tanaman aglaonema melalui antarmuka aplikasi. Citra yang diinputkan menjadi data awal yang akan diproses oleh sistem. Format citra yang digunakan berupa file gambar digital seperti JPG atau PNG.

b. Preprocessing Citra

Setelah citra berhasil dimasukkan ke dalam sistem, dilakukan proses preprocessing untuk mempersiapkan citra sebelum dianalisis lebih lanjut. Tahapan preprocessing meliputi:

1. Resize citra untuk menyeragamkan ukuran gambar.
2. Konversi citra RGB menjadi grayscale.
3. Deteksi tepi menggunakan metode Canny Edge Detection.

Hasil dari tahap ini berupa citra grayscale dan citra tepi yang siap digunakan untuk proses ekstraksi fitur.

c. Ekstraksi Fitur

Pada tahap ekstraksi fitur, sistem mengambil informasi penting dari citra hasil preprocessing. Fitur yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Mean Grayscale, yaitu nilai rata-rata intensitas piksel grayscale yang menggambarkan tingkat kecerahan daun.
2. Edge Density, yaitu tingkat kepadatan tepi daun yang menggambarkan kondisi bentuk dan ketuhan tepi daun.

Hasil ekstraksi fitur berupa nilai numerik yang akan digunakan sebagai input sistem fuzzy.

d. Proses Fuzzifikasi

Nilai mean grayscale dan edge density yang diperoleh kemudian dikonversi ke dalam bentuk linguistik menggunakan fungsi keanggotaan fuzzy. Setiap nilai input akan memiliki derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy yang telah ditentukan.

Variabel grayscale diklasifikasikan menjadi:

1. Rendah
2. Sedang
3. Tinggi

Variabel edge density diklasifikasikan menjadi:

1. Buruk
2. Cukup
3. Baik

e. Inferensi Fuzzy Mamdani

Setelah proses fuzzifikasi selesai dilakukan, sistem mengevaluasi seluruh aturan fuzzy yang telah dirancang. Setiap aturan dihitung menggunakan operator MIN untuk memperoleh nilai firing strength.

Hasil seluruh aturan kemudian digabungkan menggunakan operator MAX sehingga menghasilkan himpunan fuzzy output yang mewakili mutu tanaman.

f. Defuzzifikasi

Tahap berikutnya adalah defuzzifikasi menggunakan metode centroid. Pada tahap ini himpunan fuzzy output diubah menjadi nilai numerik tunggal (crisp value) yang digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Nilai hasil defuzzifikasi berada pada rentang 0 hingga 100.

g. Klasifikasi Mutu Tanaman

Nilai crisp hasil defuzzifikasi selanjutnya diklasifikasikan ke dalam kategori mutu tanaman yang telah ditentukan. Kategori mutu yang digunakan terdiri dari:

1. Mutu Bawah
2. Mutu Tengah
3. Mutu Atas

Proses klasifikasi dilakukan berdasarkan interval nilai output fuzzy yang telah ditetapkan pada sistem.

h. Menampilkan Hasil

Tahap terakhir adalah menampilkan hasil analisis kepada pengguna. Sistem menampilkan:

1. Nilai mean grayscale.
2. Nilai edge density.
3. Nilai hasil defuzzifikasi.

4. Kategori mutu tanaman.

Informasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar penilaian kualitas tanaman aglaonema secara objektif dan konsisten.

Berdasarkan alur sistem yang telah diimplementasikan, seluruh proses penilaian mutu tanaman dapat dilakukan secara otomatis mulai dari input citra hingga menghasilkan keputusan akhir berupa kategori mutu tanaman. Integrasi antara pengolahan citra digital dan logika fuzzy memungkinkan sistem memberikan hasil penilaian yang lebih terstandarisasi dibandingkan metode penilaian manual.

3. Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fungsi yang terdapat pada sistem penilaian mutu tanaman aglaonema dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan pada tahap perancangan sistem. Pengujian ini berfokus pada validasi fungsi utama aplikasi tanpa memperhatikan aspek performa maupun efisiensi sistem.

Metode pengujian yang digunakan adalah Black Box Testing, yaitu metode pengujian yang dilakukan dengan menguji fungsi-fungsi sistem berdasarkan masukan (input) dan keluaran (output) yang dihasilkan. Pengujian dilakukan pada setiap fitur utama aplikasi, mulai dari proses unggah citra, pengolahan citra, ekstraksi fitur, inferensi fuzzy, hingga penampilan hasil klasifikasi mutu tanaman.

Hasil pengujian fungsional digunakan untuk mengetahui apakah seluruh fitur sistem telah berjalan sesuai dengan rancangan dan kebutuhan pengguna

a. Skenario Pengujian Fungsional

Skenario pengujian disusun berdasarkan fitur-fitur utama yang terdapat pada aplikasi. Setiap fitur diuji dengan memberikan masukan tertentu dan kemudian membandingkan hasil yang diperoleh dengan hasil yang diharapkan.

Tabel 4.3 Skenario Pengujian Fungsional

No	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan
1	Upload Citra	Mengunggah file selain JPG/PNG	Citra berhasil diunggah dan ditampilkan
2	Preview Citra	Menjalankan proses analisis	Preview citra tampil pada aplikasi
3	Validasi File	Mengunggah file selain JPG/PNG	Sistem menolak file dan menampilkan pesan kesalahan
4	Grayscale	Menjalankan proses analisis	Sistem menghasilkan citra grayscale
5	Deteksi Tepi	Menjalankan proses analisis	Sistem menghasilkan citra hasil deteksi tepi
6	Ekstraksi Fitur	Memproses citra daun	Nilai mean grayscale dan edge density berhasil dihitung
7	Inferensi Fuzzy	Memproses nilai fitur	Sistem menghasilkan nilai fuzzy dan defuzzifikasi
8	Klasifikasi Mutu	Menjalankan proses klasifikasi	Sistem menampilkan kategori mutu tanaman
9	Tampilkan Hasil	Analisis selesai dilakukan	Sistem menampilkan hasil analisis secara lengkap

b. Hasil Pengujian Fungsional

Berdasarkan skenario pengujian yang telah dilakukan, seluruh fitur pada aplikasi berhasil berjalan sesuai dengan fungsi yang dirancang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menerima citra masukan, melakukan pengolahan citra, menghitung nilai fitur, menjalankan inferensi fuzzy, serta menampilkan hasil klasifikasi mutu tanaman dengan baik.

92

Tabel 4.4 Skenario Pengujian Fungsional

No	Fitur yang Diuji	Citra berhasil diunggah	Hasil yang Diharapkan	Status
1	Upload Citra	Mengunggah file selain JPG/PNG	Berhasil diunggah	Berhasil
2	Preview Citra	Preview tampil	Preview tampil	Berhasil
3	Validasi File	File tidak valid ditolak	File ditolak	Berhasil
4	Grayscale	Citra grayscale muncul	Citra grayscale muncul	Berhasil
5	Deteksi Tepi	Hasil deteksi tepi muncul	Hasil deteksi tepi muncul	Berhasil
6	Ekstraksi Fitur	Nilai fitur tampil	Nilai fitur tampil	Berhasil
7	Inferensi Fuzzy	Nilai fuzzy tampil	Nilai fuzzy tampil	Berhasil
8	Klasifikasi Mutu	Kategori mutu tampil	Kategori mutu tampil	Berhasil
9	Tampilkan Hasil	Hasil analisis tampil	Hasil analisis tampil	Berhasil

Berdasarkan Tabel 4.4, seluruh fitur yang diuji memperoleh status berhasil, sehingga tingkat keberhasilan pengujian fungsional dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Presentase keberhasilan} &= \frac{\text{Jumlah Fitur Berhasil}}{\text{Jumlah Fitur Diuji}} \times 100\% \\
 &= \frac{9}{9} \times 100\% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

31

83

Hasil tersebut menunjukkan bahwa seluruh fungsi pada sistem penilaian mutu tanaman aglaonema telah berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Dengan demikian, sistem dinyatakan layak untuk digunakan pada tahap pengujian non fungsional dan evaluasi performa sistem.

c. Kesimpulan Pengujian Fungsional

Berdasarkan hasil pengujian fungsional yang telah dilakukan menggunakan metode Black Box Testing, seluruh fitur utama aplikasi dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan rancangan sistem. Fitur upload citra, preprocessing citra, ekstraksi fitur, inferensi fuzzy, klasifikasi mutu, dan penyajian hasil berhasil dijalankan tanpa ditemukan kesalahan fungsi. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 100%, sehingga sistem dinyatakan telah memenuhi kebutuhan fungsional yang ditetapkan dalam penelitian ini.

4. Pengujian Non Fungsional

Pengujian non fungsional dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam menjalankan proses penilaian mutu tanaman aglaonema. Berbeda dengan pengujian fungsional yang berfokus pada keberhasilan fungsi-fungsi aplikasi, pengujian non fungsional bertujuan untuk mengukur kualitas hasil yang dihasilkan oleh sistem, khususnya kemampuan sistem dalam melakukan pengolahan citra, inferensi fuzzy, dan klasifikasi mutu tanaman.

Pada penelitian ini, pengujian non fungsional dilakukan dengan menggunakan dataset citra daun aglaonema yang telah memiliki label mutu. Pengujian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pengujian hasil pengolahan citra, pengujian hasil perhitungan fuzzy, serta pengujian performa klasifikasi sistem menggunakan parameter evaluasi seperti confusion matrix, accuracy, precision, recall, dan F1-score.

Hasil pengujian non fungsional digunakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan metode pengolahan citra digital dan logika fuzzy Mamdani dalam mengidentifikasi mutu tanaman aglaonema. Selain itu, pengujian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi kelebihan dan keterbatasan sistem yang telah dikembangkan sehingga dapat menjadi bahan evaluasi dan pengembangan pada penelitian selanjutnya.

Pada bagian berikut akan dipaparkan hasil pengujian non fungsional yang meliputi hasil pengolahan citra, hasil perhitungan fuzzy, serta hasil evaluasi performa sistem berdasarkan data pengujian yang digunakan dalam penelitian.

a. Hasil Pengolahan Citra

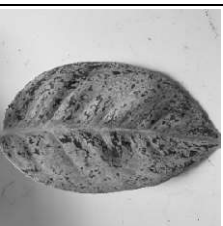
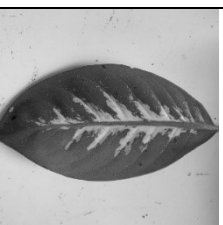
Tahap pengolahan citra dilakukan untuk memperoleh karakteristik visual daun aglaonema yang dapat digunakan sebagai dasar penilaian mutu tanaman. Pada penelitian ini, proses pengolahan citra terdiri dari dua tahap utama, yaitu konversi citra ke grayscale dan deteksi tepi menggunakan metode Canny Edge Detection.

Hasil dari kedua proses tersebut kemudian digunakan untuk menghitung nilai mean grayscale dan edge density sebagai fitur input pada sistem inferensi fuzzy.

b. Hasil Grayscale

Proses grayscale dilakukan dengan mengubah citra berwarna (RGB) menjadi citra keabuan (grayscale). Tujuan dari proses ini adalah menyederhanakan informasi warna sehingga sistem dapat lebih mudah melakukan analisis tingkat kecerahan daun.

Tabel 4.5. Perbandingan Hasil Citra Asli dan Grayscale

Gambar citra asli	Hasil grayscale
	
	
	

Berdasarkan Gambar 4.3, proses grayscale berhasil mengubah citra RGB menjadi citra keabuan tanpa menghilangkan informasi bentuk daun. Perbedaan tingkat kecerahan pada setiap bagian daun masih dapat terlihat dengan jelas sehingga

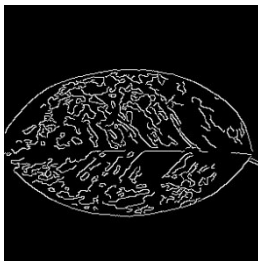
dapat digunakan untuk menghitung nilai mean grayscale.

Nilai grayscale yang dihasilkan berada pada rentang 0 sampai 255, dimana nilai yang mendekati 0 menunjukkan warna yang lebih gelap dan nilai yang mendekati 255 menunjukkan warna yang lebih terang.

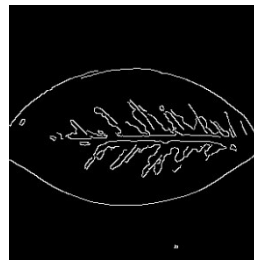
Secara visual, daun dengan kualitas yang lebih baik cenderung menghasilkan distribusi intensitas grayscale yang lebih merata dibandingkan daun yang mengalami kerusakan atau perubahan warna.

c. Hasil Deteksi Tepi

Setelah proses grayscale dilakukan, tahap berikutnya adalah deteksi tepi menggunakan metode Canny Edge Detection. Tujuan dari proses ini adalah memperoleh informasi mengenai bentuk daun dan kondisi tepi daun yang menjadi salah satu indikator mutu tanaman.



Gambar 4.10. Hasil Deteksi Tepi



Gambar 4.11. Hasil Deteksi Tepi

Berdasarkan Gambar 4.10 dan Gambar 4.11, metode Canny berhasil mendeteksi batas objek daun secara jelas. Pixel berwarna putih menunjukkan area tepi yang terdeteksi, sedangkan area hitam menunjukkan bagian yang bukan tepi.

Hasil deteksi tepi digunakan untuk menghitung nilai edge density yang menggambarkan tingkat kepadatan tepi daun. Daun dengan kondisi tepi yang utuh dan teratur menghasilkan pola tepi yang berbeda dibandingkan daun yang mengalami kerusakan atau sobekan pada bagian pinggir daun. Informasi tersebut menjadi salah satu parameter penting dalam proses klasifikasi mutu tanaman menggunakan logika fuzzy.

d. Hasil Ekstraksi Fitur Mean Grayscale

Setelah proses grayscale selesai dilakukan, sistem menghitung nilai rata-rata intensitas grayscale pada setiap citra daun. Nilai ini digunakan untuk menggambarkan tingkat kecerahan visual daun.

Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan mean grayscale beberapa sampel citra daun aglaonema.

Tabel 4.6 Hasil Ekstraksi Fitur Mean Grayscale

No	Nama_File	Grayscale
1	daun1.jpg	145.6642111
2	daun3.jpg	151.7925111
3	daun5.jpg	151.1476
4	daun7.jpg	151.8865111
5	daun9.jpg	164.5885

Berdasarkan Tabel 4.6, dapat diketahui bahwa setiap citra memiliki nilai mean grayscale yang berbeda. Perbedaan tersebut menunjukkan variasi tingkat kecerahan daun yang menjadi salah satu indikator dalam penentuan mutu tanaman.

Semakin tinggi nilai mean grayscale, maka tingkat kecerahan daun cenderung semakin tinggi. Sebaliknya, nilai mean grayscale yang rendah menunjukkan citra daun yang lebih gelap.

e. Hasil Perhitungan Edge Density

Nilai edge density diperoleh dari hasil deteksi tepi yang telah dilakukan sebelumnya. Nilai ini dihitung berdasarkan perbandingan jumlah piksel tepi yang terdeteksi terhadap jumlah seluruh piksel pada citra.

Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan edge density pada beberapa sampel citra daun aglaonema.

Tabel 4.7 Hasil Ekstraksi Fitur Mean Deteksi Tepi

No	Nama_File	Edge density
1	daun2.jpg	0.024822222
2	daun4.jpg	0.010922222
3	daun6.jpg	0.009544444
4	daun8.jpg	0.004511111
5	daun10.jpg	0.026633333

Berdasarkan Tabel 4.7, terlihat bahwa nilai edge density berbeda pada setiap citra daun. Nilai yang lebih tinggi menunjukkan jumlah tepi yang terdeteksi lebih banyak, sedangkan nilai yang lebih rendah menunjukkan jumlah tepi yang lebih sedikit.

Pada penelitian ini, nilai edge density digunakan sebagai representasi kondisi bentuk dan keutuhan tepi daun. Nilai tersebut kemudian digunakan bersama nilai mean grayscale sebagai input pada sistem inferensi fuzzy Mamdani untuk menentukan kategori mutu tanaman.

Secara keseluruhan, hasil pengolahan citra menunjukkan bahwa metode grayscale dan deteksi tepi berhasil menghasilkan fitur numerik yang dapat digunakan dalam proses klasifikasi mutu tanaman aglaonema. Fitur mean grayscale dan edge density yang diperoleh menjadi dasar dalam proses inferensi fuzzy pada tahap selanjutnya.

f. Hasil Perhitungan Fuzzy

Setelah diperoleh nilai mean grayscale dan edge density dari proses ekstraksi fitur, langkah berikutnya adalah melakukan proses inferensi fuzzy Mamdani untuk menentukan mutu tanaman aglaonema. Proses fuzzy terdiri dari tahap fuzzifikasi, evaluasi aturan (rule evaluation), inferensi, dan defuzzifikasi.

Pada penelitian ini digunakan satu sampel data untuk menunjukkan proses perhitungan fuzzy secara rinci.

1. Perhitungan mean grayscale dan mean edge density
 - a. Perhitungan mean grayscale
 Nilai grayscale diperoleh dari rata-rata seluruh piksel citra grayscale

menggunakan persamaan:

$$\mu_{gray} = \frac{\sum_{i=1}^N I_i}{N}$$

Keterangan:

μ_{gray} = nilai rata-rata grayscale

I_i = intensitas piksel ke- i

N = jumlah total piksel citra

Contoh:

Misalkan sebuah citra memiliki total nilai intensitas piksel sebesar 14.812.965 dan jumlah piksel sebanyak 90.000 (300×300 piksel), maka:

$$\mu_{gray} = \frac{14.812.965}{90.0000}$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa citra memiliki tingkat kecerahan yang relatif tinggi.

b. Perhitungan edge density

Nilai edge density diperoleh dari perbandingan jumlah piksel tepi terhadap jumlah seluruh piksel citra.

$$EdgeDensity = \frac{Jumlah\ Piksel\ Edge}{Total\ Piksel\ Citra}$$

Keterangan:

Jumlah Piksel Edge = jumlah piksel hasil deteksi tepi

Total Piksel Citra = jumlah keseluruhan piksel pada citra

Contoh:

Misalkan hasil deteksi tepi menghasilkan 2.367 piksel edge dari total 90.000 piksel citra:

$$EdgeDensity = \frac{2367}{90.000}$$

$$EdgeDensity = 0,0263$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa jumlah tepi yang terdeteksi relatif kecil sehingga kondisi daun cenderung baik.

2. Proses Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses mengubah nilai tegas (crisp) menjadi nilai linguistik yang memiliki derajat keanggotaan pada setiap himpunan fuzzy.

a. Fuzzifikasi Mean Grayscale

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \geq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x < c \\ 0, & x \geq c \end{cases}$$

Keterangan:

a = batas bawah

b = titik tengah

c = batas atas

x = nilai input

Berdasarkan fungsi keanggotaan grayscale:

Rendah = [132, 132, 151]

Sedang = [132, 151, 172]

Tinggi = [151, 172, 172]

Nilai grayscale $x=164,59$

Karena berada pada kategori sedang dan tinggi, maka:

Derajat keanggotaan sedang:

$$\mu(x) = \begin{cases} \mu_{sedang}(164,59) = \frac{172 - 164,59}{172 - 151} \\ \mu_{sedang}(164,59) = \frac{7,41}{21} \\ \mu_{sedang}(164,59) = 0,35 \end{cases}$$

Derajat keanggotaan tinggi:

$$\mu(x) = \begin{cases} \mu_{tinggi}(164,59) = \frac{164,59 - 151}{172 - 151} \\ \mu_{tinggi}(164,59) = \frac{13,59}{21} \\ \mu_{tinggi}(164,59) = 0,65 \end{cases}$$

b. Fuzzifikasi Mean Edge density

Berdasarkan fungsi keanggotaan edge density:

$$\text{Baik} = [0,005 ; 0,005 ; 0,045]$$

$$\text{Cukup} = [0,005 ; 0,045 ; 0,085]$$

$$\text{Buruk} = [0,045 ; 0,085 ; 0,085]$$

Nilai edge density $x=0,0263$

Derajat keanggotaan baik:

$$\mu(x) \begin{cases} \mu_{\text{baik}}(0,0263) = \frac{0,045 - 0,0263}{0,045 - 0,005} \\ \mu_{\text{baik}}(0,0263) = \frac{0,0187}{0,04} \\ \mu_{\text{baik}}(0,0263) = 0,47 \end{cases}$$

Derajat keanggotaan cukup:

$$\mu(x) \begin{cases} \mu_{\text{cukup}}(0,0263) = \frac{0,0263 - 0,005}{0,045 - 0,005} \\ \mu_{\text{cukup}}(0,0263) = \frac{0,0213}{0,04} \\ \mu_{\text{cukup}}(0,0263) = 0,53 \end{cases}$$

3. Inferensi Rule

Rule yang aktif:

Rule 1

IF grayscale tinggi AND edge baik THEN mutu atas

$$a1 = \min(\mu_{\text{Tinggi}}(x), \mu_{\text{Baik}}(y))$$

$$a1 = \min(0,65; 0,47)$$

$$a1 = 0,47$$

Rule 2

IF grayscale sedang AND edge cukup THEN mutu Tengah

$$a2 = \min(\mu_{\text{Sedang}}(x), \mu_{\text{Cukup}}(y))$$

$$a2 = \min(0,35; 0,53)$$

$$a2 = 0,35$$

4. Defuzzifikasi

Hasil inferensi fuzzy kemudian dilakukan proses defuzzifikasi menggunakan metode centroid untuk memperoleh nilai output akhir.

Persamaan defuzzifikasi centroid ditunjukkan sebagai berikut:

$$z^* = \frac{\int z\mu(z)dz}{\int \mu(z)dz}$$

Keterangan:

z^* = nilai output defuzzifikasi

$\mu(z)$ = derajat keanggotaan output fuzzy

z = domain output fuzzy

Nilai hasil defuzzifikasi kemudian digunakan untuk menentukan kategori mutu tanaman, yaitu mutu bawah, mutu tengah, atau mutu atas.

Berdasarkan hasil agregasi rule diperoleh nilai output:

$$z^* = 58,4$$

Karena: $35 \leq 58,4 < 65$

Maka: Prediksi = Mutu Tengah

Berdasarkan nilai grayscale sebesar 164,59 dan edge density sebesar 0,0263, sistem fuzzy Mamdani menghasilkan nilai output sebesar 58,4 sehingga citra daun diklasifikasikan ke dalam kategori Mutu Tengah. Hasil ini sesuai dengan proses inferensi fuzzy yang mempertimbangkan tingkat kecerahan daun dan kondisi tepi daun secara bersamaan.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode fuzzy Mamdani mampu mengolah karakteristik visual daun yang diperoleh dari proses pengolahan citra digital menjadi keputusan mutu tanaman yang lebih objektif dan terstandarisasi.

g. Hasil Pengujian

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan sistem dalam mengklasifikasikan mutu tanaman aglaonema berdasarkan citra daun.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi yang dihasilkan sistem dengan label mutu asli yang terdapat pada dataset. Dataset yang digunakan terdiri dari 250 citra daun aglaonema yang telah memiliki label mutu, yaitu mutu bawah, mutu tengah, dan mutu atas.

1. Hasil Prediksi Sistem

Proses pengujian menghasilkan prediksi mutu untuk seluruh data uji. Hasil prediksi kemudian dibandingkan dengan label asli untuk menentukan tingkat keberhasilan sistem.

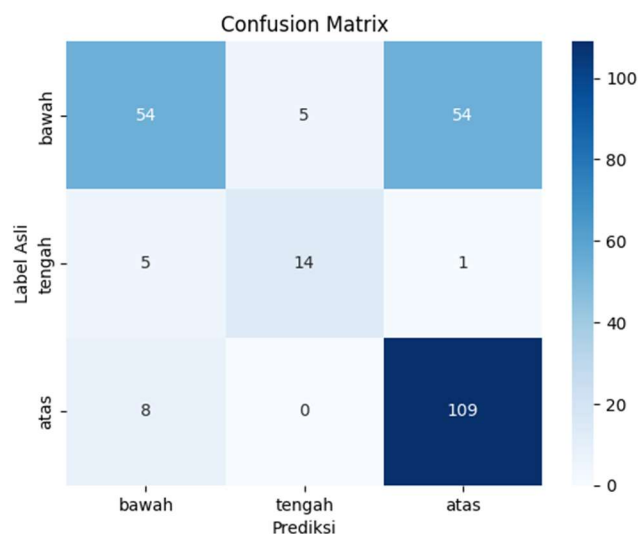
Tabel 4.8 Hasil Prediksi Sistem

No	Nama_File	Label Asli	Prediksi Sistem	Status
1	daun6.jpg	mutu_tengah	mutu_tengah	Benar
2	daun7.jpg	mutu_tengah	mutu_atas	Salah
3	daun8.jpg	mutu_atas	mutu_tengah	Salah
4	daun9.jpg	mutu_atas	mutu_atas	Benar
5	Daun1.jpg	mutu_atas	mutu_atas	Benar

Tabel 4.8 hanya menampilkan sebagian data hasil pengujian. Data hasil pengujian secara lengkap sebanyak 250 data citra dapat dilihat pada Lampiran A. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh 177 data yang berhasil diklasifikasikan dengan benar dan 73 data yang mengalami kesalahan klasifikasi.

2. Hasil Pengujian Akurasi Sistem

a. Confusion Matrix



Evaluasi sistem dilakukan menggunakan confusion matrix dan perhitungan akurasi dengan membandingkan hasil prediksi sistem terhadap label asli dataset. Berdasarkan hasil pengujian, confusion matrix menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan klasifikasi dengan cukup baik pada kategori mutu atas. Pada Gambar 3.4. terlihat dari jumlah prediksi benar pada kelas atas yang mencapai 109 data. Pada kategori mutu bawah, sistem berhasil mengklasifikasikan 54 data dengan benar, namun masih terdapat beberapa kesalahan prediksi ke kategori mutu atas. Sementara itu, pada kategori mutu tengah terdapat 14 data yang berhasil diprediksi dengan benar.

b. Perhitungan Akurasi

Akurasi digunakan untuk mengukur tingkat ketepatan sistem dalam melakukan klasifikasi.

Persamaan akurasi:

$$Accuracy = \frac{Jumlah\ Prediksi\ Benar}{Jumlah\ Seluruh\ Data} \times 100\%$$

Diketahui:

$$Jumlah\ Prediksi\ Benar = 177$$

$$Jumlah\ Seluruh\ Data = 250$$

Maka:

$$Accuracy = \frac{177}{250} \times 100\%$$

$$Accuracy = 70,8\%$$

Berdasarkan pengujian memperoleh nilai akurasi sebesar 70,8%. akurasi didapat dari hasil perbandingan prediksi dengan label seluruh dataset, dengan perbandingan 177 data benar dan 73 data salah. Akurasi sistem dipengaruhi oleh kualitas dataset, kondisi pencahayaan citra, serta kesesuaian fungsi keanggotaan fuzzy terhadap karakteristik data.

c. Perhitungan Precision

Precision menunjukkan tingkat ketepatan sistem dalam memberikan prediksi pada setiap kelas mutu.

Tabel 4.9 Perhitungan Precision

Kelas Mutu	Precision
Mutu Atas	81%
Mutu Bawah	74%
Mutu Tengah	66%

Berdasarkan hasil pengujian, kelas Mutu Atas memiliki nilai precision tertinggi sebesar 81%, yang menunjukkan bahwa sebagian besar data yang diprediksi sebagai Mutu Atas memang termasuk kategori tersebut.

d. Perhitungan Recall

Recall digunakan untuk mengukur kemampuan sistem dalam mengenali seluruh data yang benar-benar termasuk dalam suatu kelas.

Tabel 4.10 Perhitungan Recall

Kelas Mutu	Precision
Mutu Atas	48%
Mutu Bawah	70%
Mutu Tengah	93%

Hasil recall menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan terbaik dalam mengenali kategori Mutu Tengah dengan nilai recall sebesar 93%.

e. Perhitungan F1-Score

F1-Score merupakan rata-rata harmonis antara precision dan recall.

Tabel 4.11 Perhitungan F1 Score

Kelas Mutu	Precision
Mutu Atas	60%
Mutu Bawah	72%
Mutu Tengah	78%

Nilai F1-Score tertinggi diperoleh pada kategori Mutu Tengah sebesar 78%, yang menunjukkan keseimbangan yang baik antara precision dan recall pada kelas tersebut.

f. Ringkasan Hasil Pengujian

Tabel 4.12 Perhitungan Recall

Parameter	Nilai
Jumlah Data Uji	250
Prediksi Benar	177
Prediksi Salah	173
Accuracy	70,8%
Precision Macro Average	74%
Recall Macro Average	70%
F1-Score Macro Average	70%

Analisis Hasil Pengujian:

Berdasarkan hasil pengujian, sistem penilaian mutu tanaman aglaonema berbasis pengolahan citra digital dan logika fuzzy Mamdani mampu mencapai tingkat akurasi sebesar 70,8%. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi fitur mean grayscale dan edge density cukup efektif dalam membedakan kategori mutu tanaman.

Kelas Mutu Tengah memiliki performa terbaik dengan nilai recall sebesar 93%, yang menunjukkan bahwa sebagian besar data pada kategori tersebut berhasil dikenali oleh sistem. Sebaliknya, kategori Mutu Atas memiliki nilai recall yang lebih rendah, yaitu 48%, yang mengindikasikan masih terdapat data Mutu Atas yang diklasifikasikan sebagai Mutu Tengah.

Kesalahan klasifikasi yang terjadi kemungkinan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain variasi pencahayaan saat pengambilan citra, kemiripan karakteristik visual antar kategori mutu, serta keterbatasan jumlah fitur yang digunakan. Penelitian ini hanya menggunakan dua fitur utama, yaitu mean grayscale dan edge density, sehingga masih terdapat peluang untuk meningkatkan performa sistem dengan menambahkan fitur warna, tekstur, atau bentuk daun pada penelitian selanjutnya.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa metode pengolahan citra digital dan logika fuzzy Mamdani mampu digunakan sebagai pendekatan yang cukup baik untuk melakukan penilaian mutu tanaman aglaonema secara otomatis dan lebih objektif dibandingkan metode penilaian manual.

B. Pembahasan

1. Pembahasan Implementasi Sistem

Berdasarkan hasil implementasi yang telah dilakukan, sistem penilaian mutu tanaman aglaonema berhasil dibangun sesuai dengan rancangan yang telah disusun pada BAB III. Sistem mampu mengintegrasikan proses pengolahan citra digital dan logika fuzzy Mamdani ke dalam satu aplikasi yang dapat digunakan untuk melakukan penilaian mutu tanaman secara otomatis. Implementasi sistem terdiri atas beberapa modul utama, yaitu modul input citra, preprocessing citra, ekstraksi fitur, inferensi fuzzy, klasifikasi mutu, dan penyajian hasil analisis.

Hasil implementasi menunjukkan bahwa seluruh modul dapat saling terintegrasi dengan baik. Pengguna hanya perlu mengunggah citra daun aglaonema, kemudian sistem secara otomatis melakukan pengolahan citra hingga menghasilkan kategori mutu tanaman. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk mengembangkan sistem penilaian mutu tanaman aglaonema berbasis pengolahan citra digital dan logika fuzzy Mamdani telah berhasil direalisasikan dalam bentuk aplikasi yang dapat digunakan secara langsung.

2. Pembahasan Hasil Pengujian Fungsional

Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa seluruh fitur yang terdapat pada sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan menggunakan metode Black Box Testing dengan menguji setiap fungsi utama aplikasi, meliputi upload citra, preview citra, proses grayscale, deteksi tepi, ekstraksi fitur, inferensi fuzzy, dan klasifikasi mutu tanaman.

Berdasarkan hasil pengujian, seluruh fitur memperoleh status berhasil. Sistem mampu menerima citra masukan dengan format yang sesuai, menampilkan hasil

56 preprocessing citra, menghitung nilai mean grayscale dan edge density, menjalankan
73 proses inferensi fuzzy, serta menampilkan hasil klasifikasi mutu tanaman dengan baik.
Tingkat keberhasilan pengujian fungsional mencapai 100%, yang menunjukkan bahwa
seluruh fungsi sistem telah berjalan sesuai dengan rancangan dan kebutuhan pengguna.

161 Hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi yang dikembangkan telah memenuhi
aspek fungsional dan siap digunakan untuk melakukan proses penilaian mutu tanaman
aglaonema secara otomatis.

97 3. Pembahasan Hasil Pengujian Non Fungsional

Pengujian non fungsional dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam
melakukan klasifikasi mutu tanaman aglaonema berdasarkan karakteristik visual daun.
Pengujian ini meliputi analisis hasil ekstraksi fitur, proses inferensi fuzzy, dan evaluasi
performa sistem.

Pada tahap ekstraksi fitur, sistem berhasil memperoleh nilai mean grayscale dan
edge density dari setiap citra daun. Nilai mean grayscale digunakan untuk
merepresentasikan tingkat kecerahan daun, sedangkan edge density digunakan untuk
menggambarkan kondisi dan keutuhan tepi daun. Kedua fitur tersebut terbukti mampu
memberikan informasi yang cukup representatif dalam membedakan mutu tanaman
aglaonema.

65 Selanjutnya, nilai hasil ekstraksi fitur diproses menggunakan metode fuzzy
Mamdani. Sistem berhasil melakukan proses fuzzifikasi, evaluasi aturan fuzzy, inferensi,
dan defuzzifikasi untuk menghasilkan kategori mutu tanaman. Penggunaan logika fuzzy
memungkinkan sistem mengakomodasi ketidakpastian dalam penilaian mutu tanaman
yang sebelumnya dilakukan secara subjektif oleh manusia.

27 Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem memperoleh tingkat akurasi sebesar
7 70,8%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar data berhasil diklasifikasikan
dengan benar oleh sistem. Meskipun demikian, masih terdapat sejumlah data yang
mengalami kesalahan klasifikasi.

Kesalahan klasifikasi yang terjadi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pertama, variasi
pencahayaan saat pengambilan citra dapat memengaruhi nilai grayscale yang dihasilkan.

22 Kedua, kemiripan karakteristik visual antara kategori mutu tengah dan mutu atas menyebabkan sistem mengalami kesulitan dalam membedakan kedua kelas tersebut secara konsisten. Ketiga, penelitian ini hanya menggunakan dua fitur utama, yaitu mean grayscale dan edge density, sehingga informasi visual yang digunakan masih terbatas. Selain itu, jumlah aturan fuzzy yang digunakan juga memengaruhi kemampuan sistem dalam mengakomodasi variasi kondisi daun yang lebih kompleks.

Meskipun masih terdapat keterbatasan, hasil pengujian menunjukkan bahwa metode pengolahan citra digital dan logika fuzzy Mamdani cukup efektif digunakan untuk melakukan penilaian mutu tanaman aglaonema secara otomatis.

4. Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya

143 Untuk mengetahui posisi penelitian yang dilakukan, hasil penelitian ini dibandingkan dengan beberapa penelitian terdahulu yang memiliki topik serupa.

131 Berdasarkan Tabel 4.5, penelitian yang menggunakan metode CNN memperoleh akurasi yang lebih tinggi dibandingkan penelitian ini. Hal tersebut disebabkan karena CNN mampu mempelajari karakteristik citra secara lebih kompleks melalui proses deep learning. Namun demikian, metode CNN membutuhkan jumlah dataset yang besar, spesifikasi perangkat keras yang lebih tinggi, serta proses pelatihan yang lebih kompleks.

Sementara itu, penelitian ini menggunakan pendekatan yang lebih sederhana dengan memanfaatkan fitur mean grayscale dan edge density yang diproses menggunakan logika fuzzy Mamdani. Meskipun akurasi yang diperoleh lebih rendah, metode yang digunakan memiliki beberapa keunggulan.

Pertama, sistem lebih mudah dipahami (interpretable) karena proses pengambilan keputusan dilakukan melalui aturan fuzzy yang dapat dijelaskan secara logis. Kedua, sistem tidak membutuhkan dataset dalam jumlah besar seperti metode deep learning. Ketiga, aturan fuzzy yang digunakan dapat disesuaikan dengan pengetahuan pakar dalam melakukan penilaian mutu tanaman. Keempat, kebutuhan komputasi relatif ringan sehingga sistem dapat dijalankan pada perangkat dengan spesifikasi yang lebih rendah.

Dengan demikian, penelitian ini tetap memiliki kontribusi yang relevan dalam pengembangan sistem penilaian mutu tanaman berbasis pengolahan citra digital.

5. Keunggulan dan Keterbatasan Sistem

a. Keunggulan Sistem

Sistem yang dikembangkan memiliki beberapa keunggulan. Pertama, proses penilaian mutu tanaman dilakukan secara otomatis sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap penilaian manual. Kedua, sistem menghasilkan penilaian yang lebih objektif dan konsisten karena menggunakan parameter yang terukur. Ketiga, aplikasi dirancang dengan antarmuka yang sederhana sehingga mudah digunakan oleh pengguna. Keempat, sistem memanfaatkan citra digital sebagai sumber data sehingga proses analisis dapat dilakukan dengan cepat dan praktis.

b. Keterbatasan Sistem

Selain memiliki keunggulan, sistem juga memiliki beberapa keterbatasan. Penelitian ini hanya menggunakan dua fitur utama, yaitu mean grayscale dan edge density, sehingga informasi visual yang digunakan masih terbatas. Sistem juga cukup sensitif terhadap kondisi pencahayaan saat proses pengambilan citra. Perbedaan intensitas cahaya dapat memengaruhi nilai grayscale yang dihasilkan dan berdampak pada hasil klasifikasi. Selain itu, tingkat akurasi yang diperoleh masih sebesar 70,8%, sehingga masih terdapat peluang untuk meningkatkan performa sistem melalui penambahan fitur citra maupun pengembangan metode klasifikasi yang lebih kompleks.

6. Kesimpulan Pembahasan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metode grayscale dan deteksi tepi berhasil diterapkan untuk mengekstraksi karakteristik visual daun aglaonema berupa mean grayscale dan edge density. Fitur-fitur tersebut selanjutnya dapat diolah menggunakan metode fuzzy Mamdani untuk menghasilkan klasifikasi mutu tanaman ke dalam kategori mutu bawah, mutu tengah, dan mutu atas.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan dengan baik dan sistem mampu melakukan klasifikasi mutu tanaman secara otomatis dengan tingkat akurasi sebesar 70,8%. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk mengembangkan sistem penilaian mutu tanaman aglaonema berbasis pengolahan citra digital dan logika fuzzy Mamdani telah berhasil tercapai, meskipun masih terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan lebih lanjut pada penelitian berikutnya.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Metode pengolahan citra digital menggunakan grayscale dan deteksi tepi berhasil diterapkan pada citra daun aglaonema untuk memperoleh fitur visual yang digunakan dalam proses penilaian mutu. Fitur yang dihasilkan berupa nilai mean grayscale yang merepresentasikan tingkat kecerahan daun dan nilai edge density yang merepresentasikan kondisi tepi daun. Kedua fitur tersebut mampu digunakan sebagai parameter dalam proses klasifikasi mutu tanaman.
2. Sistem logika fuzzy Mamdani berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk mengklasifikasikan mutu tanaman aglaonema ke dalam tiga kategori, yaitu mutu bawah, mutu tengah, dan mutu atas. Sistem fuzzy menggunakan dua variabel input, yaitu mean grayscale dan edge density, serta sembilan aturan fuzzy (rule base) yang disusun berdasarkan karakteristik visual daun aglaonema. Proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi centroid dapat menghasilkan keputusan mutu tanaman secara otomatis.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu melakukan klasifikasi mutu tanaman aglaonema dengan tingkat akurasi sebesar 70,8%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kombinasi metode pengolahan citra digital dan logika fuzzy Mamdani dapat digunakan sebagai pendekatan untuk membantu penilaian mutu tanaman secara lebih objektif dan konsisten dibandingkan penilaian manual.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil mencapai tujuan yang telah ditetapkan, yaitu mengembangkan sistem penilaian mutu tanaman aglaonema berbasis pengolahan citra digital dan logika fuzzy Mamdani yang mampu melakukan klasifikasi mutu tanaman secara otomatis.

B. Saran

1. Menambahkan fitur citra yang lebih beragam, seperti fitur warna, tekstur, bentuk daun, atau fitur statistik lainnya sehingga informasi visual yang digunakan dalam proses klasifikasi menjadi lebih lengkap dan dapat meningkatkan akurasi sistem.
2. Menggunakan jumlah dataset yang lebih banyak dan lebih bervariasi agar sistem mampu mempelajari karakteristik mutu tanaman aglaonema secara lebih baik serta

menghasilkan model klasifikasi yang lebih representatif.

3. Melakukan pengembangan metode klasifikasi dengan mengombinasikan logika fuzzy dengan metode kecerdasan buatan lainnya, seperti K-Nearest Neighbor (KNN), Support Vector Machine (SVM), Random Forest, atau Convolutional Neural Network (CNN) untuk memperoleh performa klasifikasi yang lebih tinggi.
4. Mengembangkan aplikasi ke dalam platform mobile berbasis Android atau iOS sehingga dapat digunakan secara lebih praktis oleh petani, kolektor, maupun pelaku usaha tanaman hias.
5. Menambahkan fitur pengambilan citra secara langsung melalui kamera perangkat serta melakukan standarisasi kondisi pencahayaan agar hasil ekstraksi fitur menjadi lebih konsisten dan tidak terlalu dipengaruhi oleh faktor lingkungan.
6. Mengembangkan sistem agar tidak hanya melakukan klasifikasi mutu tanaman, tetapi juga mampu memberikan rekomendasi perawatan tanaman berdasarkan kondisi visual daun yang terdeteksi.

Dengan adanya pengembangan tersebut, diharapkan sistem penilaian mutu tanaman aglaonema dapat menjadi lebih akurat, adaptif, dan bermanfaat dalam mendukung digitalisasi sektor hortikultura di masa mendatang.

