

CEK TURNITIN

SKRIPSI MUHAMMAD RIZKAN SI

 SATSET DIGITAL 3

Document Details

Submission ID

trn:oid:::3618:151106008

Submission Date

Sep 9, 2026, 3:05 PM GMT+7

Download Date

Sep 9, 2026, 3:13 PM GMT+7

File Name

SKRIPSI MUHAMMAD RIZKAN SI.pdf

File Size

4.2 MB

115 Pages

18,487 Words

123,696 Characters

36% Overall Similarity

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

Filtered from the Report

- Bibliography

Top Sources

- 26%  Internet sources
- 19%  Publications
- 30%  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

- 26% Internet sources
- 19% Publications
- 30% 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	repository.unisi.ac.id	2%
2	Internet	repository.uin-suska.ac.id	1%
3	Internet	ejurnal.undana.ac.id	<1%
4	Internet	jurnal.itg.ac.id	<1%
5	Internet	jkomtekinfo.org	<1%
6	Student papers	Universitas Putera Batam on 2026-07-25	<1%
7	Internet	www.journals.gesociety.org	<1%
8	Student papers	Universitas Islam Riau on 2026-08-07	<1%
9	Internet	ojs.jurnaltechne.org	<1%
10	Internet	doaj.org	<1%
11	Internet	rumahjurnal.or.id	<1%

12	Student papers	Universitas Hayam Wuruk Perbanas on 2026-06-11	<1%
13	Internet	ejournal.unsrat.ac.id	<1%
14	Student papers	STKIP Sumatera Barat on 2026-08-24	<1%
15	Internet	ejournal.sagita.or.id	<1%
16	Publication	Salsabila Aprilia, Ria Agustin, Marthalena Marthalena, Viktor Handrius Pranatawij...	<1%
17	Internet	ejournal.techcart-press.com	<1%
18	Internet	repository.uigm.ac.id	<1%
19	Student papers	Universitas Putera Batam on 2026-01-30	<1%
20	Publication	Marliyah Marliyah, Abdul Muni, Fitri Yunita. "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit pad...	<1%
21	Internet	jurnalteknik.unisla.ac.id	<1%
22	Student papers	Universitas Sangga Buana YPKP on 2026-07-15	<1%
23	Internet	eprints.sinus.ac.id	<1%
24	Student papers	Universitas Muhammadiyah Buton on 2026-08-28	<1%
25	Internet	digilib.uinsa.ac.id	<1%

26	Student papers	UPN Veteran Jakarta on 2026-07-24	<1%
27	Student papers	Universitas Pancasila on 2026-03-04	<1%
28	Internet	repository.ub.ac.id	<1%
29	Student papers	Universitas Amikom on 2023-05-26	<1%
30	Student papers	Universitas Putera Batam on 2026-07-25	<1%
31	Internet	e-journals.unmul.ac.id	<1%
32	Internet	sipora.polije.ac.id	<1%
33	Student papers	UIN Sultan Syarif Kasim Riau on 2020-12-03	<1%
34	Internet	elibrary.almaata.ac.id	<1%
35	Student papers	Universitas Pamulang on 2025-07-10	<1%
36	Publication	Uma Fadhila Dina Puspita, Adhika Pramita Widyassari. "Implementasi Metode Ce...	<1%
37	Student papers	Universitas Muhammadiyah Palembang on 2026-04-30	<1%
38	Internet	jurnal.goretanpena.com	<1%
39	Internet	jurnal.polibatam.ac.id	<1%

40	Publication	Scheryl Pongantung, Marline Sofiana Paendong, Luther Alexander Latumakulita. ...	<1%
41	Student papers	Universitas Bengkulu on 2024-05-27	<1%
42	Student papers	Universitas Putera Batam on 2026-01-30	<1%
43	Internet	eprints3.upgris.ac.id	<1%
44	Internet	publikasi.hawari.id	<1%
45	Internet	repository.upnjatim.ac.id	<1%
46	Internet	123dok.com	<1%
47	Internet	journal.stmikjayakarta.ac.id	<1%
48	Internet	jurnal-itsi.org	<1%
49	Internet	digilib.unimed.ac.id	<1%
50	Internet	hostjournals.com	<1%
51	Internet	repository.pnj.ac.id	<1%
52	Student papers	UIN Raden Intan Lampung on 2026-06-30	<1%
53	Student papers	Universitas Sangga Buana YPKP on 2026-08-01	<1%

54	Student papers	Universiti Putra Malaysia on 2023-08-21	<1%
55	Student papers	Universitas Putra Batam on 2019-11-14	<1%
56	Student papers	Universitas Putra Batam on 2026-07-27	<1%
57	Student papers	Universitas Brawijaya on 2017-01-24	<1%
58	Student papers	UIN Raden Intan Lampung on 2025-11-17	<1%
59	Student papers	Universitas Pembangunan Panca Budi on 2026-08-03	<1%
60	Internet	liberezmoussa.fr	<1%
61	Internet	repositori.usu.ac.id	<1%
62	Student papers	Institut Teknologi Sumatera on 2026-09-07	<1%
63	Student papers	Konsorsium Perguruan Tinggi Swasta Indonesia II on 2026-03-13	<1%
64	Student papers	STKIP Sumatera Barat on 2026-08-29	<1%
65	Student papers	UPN Veteran Yogyakarta on 2026-07-03	<1%
66	Publication	Widiastuti, Heni. "Manajemen Pembiayaan Pendidikan Perspektif Teori Resource ...	<1%
67	Publication	Doni Hermawan, Aldi Hikmah Maulana, Nanda Zahira Shofa, Afiani Agus Abdillah....	<1%

68	Publication	Ika Yusnita Sari, Imam Adlin Sinaga, Elvika Rahmi, Khairunnisa Khairunnisa. "Desi...	<1%
69	Student papers	Universitas Brawijaya on 2017-09-25	<1%
70	Internet	jurnal.unidha.ac.id	<1%
71	Student papers	UIN Raden Intan Lampung on 2026-05-24	<1%
72	Student papers	Universitas Djuanda on 2025-08-06	<1%
73	Student papers	Universitas Islam Negeri Raden Fatah on 2026-05-29	<1%
74	Internet	journal.fkpt.org	<1%
75	Internet	smart.stmikplk.ac.id	<1%
76	Student papers	STT PLN on 2023-07-21	<1%
77	Student papers	UIN Raden Intan Lampung on 2026-05-20	<1%
78	Student papers	Universitas Islam Negeri Raden Fatah on 2026-06-02	<1%
79	Student papers	Universitas Muslim Indonesia on 2026-07-08	<1%
80	Internet	lab.tik.pnj.ac.id	<1%
81	Internet	proceeding.unpkediri.ac.id	<1%

82	Internet	repository.unim.ac.id	<1%
83	Student papers	Sultan Agung Islamic University on 2024-08-20	<1%
84	Publication	Syafa, Muhammad Aldia. "Praktik Price Fixing Oleh Tengkulak Dalam Jual Beli Sal...	<1%
85	Student papers	Universitas Bengkulu on 2024-05-22	<1%
86	Student papers	Universitas Brawijaya on 2016-05-10	<1%
87	Student papers	Universitas Mulawarman on 2021-08-25	<1%
88	Student papers	Universitas Putera Batam on 2022-08-10	<1%
89	Student papers	Universitas Putera Indonesia YPTK Padang on 2020-09-20	<1%
90	Student papers	Universitas Riau on 2022-08-26	<1%
91	Internet	e-journal.polnes.ac.id	<1%
92	Internet	ejournal.unuja.ac.id	<1%
93	Internet	journal.aptii.or.id	<1%
94	Internet	jurnal.rister.unipol.ac.id	<1%
95	Internet	repository.ubharajaya.ac.id	<1%

96	Internet	ejournal.gunadarma.ac.id	<1%
97	Internet	www.ejournal.itn.ac.id	<1%
98	Student papers	Boston University on 2026-05-13	<1%
99	Student papers	Universitas Brawijaya on 2017-08-21	<1%
100	Student papers	Universitas Putera Batam on 2026-07-25	<1%
101	Internet	www.hostjournals.com	<1%
102	Internet	www.jsisfotek.org	<1%
103	Publication	Alfino Wahyu Pramudya, Risa Helilintar, Intan Nur Farida. "Sistem Pakar Diagno...	<1%
104	Publication	Fabelina Agsaria, M. Yamin, Laode Muhammad Golok Jaya, L.M. Fid Aksara, Isnaw...	<1%
105	Publication	Padang Wardoyo, Komarudin Umar. "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tanaman ...	<1%
106	Student papers	Universitas Muhammadiyah Purwokerto on 2025-12-12	<1%
107	Student papers	Universitas Mulawarman on 2026-06-08	<1%
108	Student papers	Universitas Pendidikan Ganesha on 2023-02-01	<1%
109	Internet	ejournal.upbatam.ac.id	<1%

110	Internet	ejurnal.politeknikpratama.ac.id	<1%
111	Internet	informa.poltekindonusa.ac.id	<1%
112	Internet	repository.unib.ac.id	<1%
113	Student papers	UIN Sjech M.Djamil Djambek Bukittinggi on 2026-06-15	<1%
114	Student papers	UPN Veteran Yogyakarta on 2026-07-03	<1%
115	Student papers	Universitas Islam Riau on 2026-04-07	<1%
116	Student papers	Universitas Pendidikan Ganesha on 2022-10-15	<1%
117	Student papers	poltekssn on 2025-07-16	<1%
118	Internet	repository.uinsu.ac.id	<1%
119	Publication	N Nelis Febriani SM, Riswan Fauzan, Robby Maududy. "Sistem Pakar Diagnosa Pe...	<1%
120	Publication	Pradana Ananda Raharja, Amalia Beladinna Arifa, Iffan Ahmad Nasrulloh. "SISTE...	<1%
121	Student papers	STKIP Sumatera Barat on 2026-08-25	<1%
122	Student papers	Universitas Muhammadiyah Palembang on 2026-05-05	<1%
123	Student papers	Universitas Pembangunan Panca Budi on 2026-08-03	<1%

124	Internet	atikadiyantiii.blogspot.com	<1%
125	Internet	infotanam.blogspot.com	<1%
126	Internet	senafti.budiluhur.ac.id	<1%
127	Publication	Pamungkas, Yudi Ribut. "Dampak pembangunan Abdul Rasyid Tower terhadap p...	<1%
128	Student papers	STT PLN on 2020-09-07	<1%
129	Student papers	UIN Maulana Malik Ibrahim Malang on 2019-09-17	<1%
130	Student papers	Universitas Wijaya Kusuma Surabaya on 2026-07-21	<1%
131	Publication	Meiwarti Kurniasih , Tursina , Tedy Rismawan. "DIAGNOSIS PENYAKIT TROPIS BER...	<1%
132	Publication	Putri Taqwa Prasetyaningrum, Juwita Juwita. "IMPLEMENTASI SISTEM PAKAR BER...	<1%
133	Student papers	UIN Raden Intan Lampung on 2026-09-07	<1%
134	Student papers	UIN Syarif Hidayatullah Jakarta on 2018-04-02	<1%
135	Student papers	Universitas Putera Batam on 2019-05-23	<1%
136	Student papers	Universitas Sangga Buana YPKP on 2026-08-10	<1%
137	Publication	Ajie, Alfian Nur Satrio. "Peran knowledge sharing dan keterlibatan karyawan terh...	<1%

138	Student papers	LL DIKTI IX Turnitin Consortium Part II on 2023-08-06	<1%
139	Student papers	UIN Raden Intan Lampung on 2026-05-14	<1%
140	Student papers	UPN Veteran Yogyakarta on 2026-01-05	<1%
141	Student papers	UPN Veteran Yogyakarta on 2026-05-18	<1%
142	Student papers	Universitas Bengkulu on 2024-06-28	<1%
143	Student papers	Universitas Muhammadiyah Palembang on 2026-05-03	<1%
144	Student papers	Universitas Muria Kudus on 2017-03-06	<1%
145	Student papers	Universitas Putera Batam on 2025-07-24	<1%
146	Internet	archive.umsida.ac.id	<1%
147	Internet	karyatulisilmiah.com	<1%
148	Student papers	poltekssn on 2025-07-16	<1%
149	Internet	repo.undiksha.ac.id	<1%
150	Internet	repository.unej.ac.id	<1%
151	Publication	Bayu Adhi Pamungkas, Apriade Voutama, Betha Nurina Sari, Susilawati Susilawat...	<1%

152	Student papers	STIKOM Surabaya on 2013-09-17	<1%
153	Student papers	UIN Sjech M.Djamil Djambek Bukittinggi on 2026-07-01	<1%
154	Student papers	Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya on 2019-01-29	<1%
155	Student papers	Universitas Brawijaya on 2019-06-19	<1%
156	Student papers	Universitas Jember on 2020-11-27	<1%
157	Student papers	Universitas Muhammadiyah Purwokerto on 2024-07-25	<1%
158	Student papers	Universitas Muria Kudus on 2018-01-03	<1%
159	Student papers	Universitas Nasional on 2019-03-14	<1%
160	Student papers	Universitas Putera Batam on 2026-01-29	<1%
161	Student papers	Universitas Wijaya Kusuma Surabaya on 2026-07-21	<1%
162	Student papers	University of Nairobi on 2020-08-04	<1%
163	Internet	ejournal.unitomo.ac.id	<1%
164	Internet	eprints.upj.ac.id	<1%
165	Internet	sistempakarsim.blogspot.com	<1%

166	Student papers	LL Dikti IX Turnitin Consortium on 2026-01-22	<1%
167	Student papers	UPN Veteran Yogyakarta on 2026-07-06	<1%
168	Student papers	Universitas Bengkulu on 2024-05-27	<1%
169	Student papers	Universitas Islam Riau on 2026-06-17	<1%
170	Student papers	Universitas Muria Kudus on 2016-03-22	<1%
171	Student papers	Universitas Pelita Harapan	<1%
172	Student papers	Universitas Putera Batam on 2026-07-27	<1%
173	Student papers	Universitas Putera Indonesia YPTK Padang on 2020-06-02	<1%
174	Internet	epub.imandiri.id	<1%
175	Internet	repository.ar-raniry.ac.id	<1%
176	Internet	samudrabibit.net	<1%
177	Internet	widuri.raharja.info	<1%
178	Internet	www.biotifor.or.id	<1%
179	Student papers	Bellevue Public School on 2021-06-28	<1%

180	Student papers	Forum Perpustakaan Perguruan Tinggi Indonesia Jawa Timur on 2022-04-02	<1%
181	Student papers	UIN Raden Intan Lampung on 2026-05-18	<1%
182	Student papers	Universitas Brawijaya on 2017-07-17	<1%
183	Student papers	Universitas Diponegoro on 2018-01-29	<1%
184	Student papers	Universitas Muhammadiyah Palembang on 2025-08-29	<1%
185	Student papers	Universitas Putera Batam on 2019-11-23	<1%
186	Publication	Wawan Kurnawan. "PENERAPAN METODE FORWARD CHAINING PADA SISTEM PAK...	<1%
187	Internet	library.polmed.ac.id	<1%
188	Internet	repo.unikadelasalle.ac.id	<1%
189	Student papers	Fakultas Teknik on 2025-07-16	<1%
190	Student papers	Forum Perpustakaan Perguruan Tinggi Indonesia Jawa Timur on 2022-09-25	<1%
191	Student papers	Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung on 2026-07-09	<1%
192	Student papers	Politeknik Negeri Jember on 2018-07-27	<1%
193	Student papers	Politeknik Negeri Jember on 2026-07-22	<1%

194	Publication	Ranty Deviana Siahaan. "SISTEM PAKAR DIAGNOSIS PENYAKIT KULIT MENGGUNA...	<1%
195	Student papers	SDM Universitas Gadjah Mada on 2021-10-08	<1%
196	Student papers	STT PLN on 2022-03-08	<1%
197	Student papers	UIN Raden Intan Lampung on 2025-07-17	<1%
198	Publication	Umiyah, Inarotul. "Implementasi Etnomatematika Pada Pembelajaran Matemati...	<1%
199	Student papers	Universitas Brawijaya on 2016-12-19	<1%
200	Student papers	Universitas Brawijaya on 2017-07-28	<1%
201	Student papers	Universitas Brawijaya on 2019-08-26	<1%
202	Student papers	Universitas Esa Unggul on 2025-07-28	<1%
203	Student papers	Universitas Indraprasta PGRI on 2026-03-01	<1%
204	Student papers	Universitas Islam Riau on 2025-07-25	<1%
205	Student papers	Universitas Katolik Widya Mandala on 2021-12-19	<1%
206	Student papers	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara on 2020-09-17	<1%
207	Student papers	Universitas Negeri Manado on 2024-12-01	<1%

208	Student papers	Universitas Pamulang on 2025-07-11	<1%
209	Student papers	Universitas Pembangunan Panca Budi on 2026-08-03	<1%
210	Student papers	Universitas Sangga Buana YPKP on 2026-07-24	<1%
211	Student papers	Universitas Sangga Buana YPKP on 2026-07-24	<1%
212	Publication	Winda Cahyanti, Raissa Amanda Putri. "SISTEM PAKAR BIMBINGAN DAN KONSELI..."	<1%
213	Internet	dspace.uui.ac.id	<1%
214	Internet	ejournal.uin-suska.ac.id	<1%
215	Internet	eprints.uty.ac.id	<1%
216	Student papers	iGroup on 2014-02-17	<1%
217	Internet	id.123dok.com	<1%
218	Internet	journal.trunojoyo.ac.id	<1%
219	Internet	jurnal.amikom.ac.id	<1%
220	Internet	jurnal.unmuhjember.ac.id	<1%
221	Internet	mmt.its.ac.id	<1%

222	Internet	repository.mercubuana.ac.id	<1%
223	Internet	repository.unpar.ac.id	<1%
224	Internet	www.ijjswiratama.org	<1%
225	Publication	Hafizhah Mardivta. "Penerapan metode forward chaining dan certainty factor un...	<1%
226	Publication	Herlan Sutisna, Reza Fattahurrijal, Tuti Alawiyah, Ai Ilah Warnilah. "IMPLEMENTA...	<1%
227	Publication	Ignatius Juan Hartantiko, Ratih Kumalasari Niswatin, Ahmad Bagus Setiawan. "Id...	<1%
228	Student papers	Institut Teknologi Sumatera on 2026-08-18	<1%
229	Publication	Muhammad Alfian, Winda Aprianti, Herfia Rhomadhona, Jaka Permadi. "Sistem P...	<1%
230	Publication	Muslimin B, Putu Sugiartawan. "IMPLEMENTASI METODE CERTAINTY FACTOR DAL...	<1%
231	Student papers	Sriwijaya University on 2023-03-13	<1%
232	Student papers	UPN Veteran Yogyakarta on 2026-03-02	<1%
233	Student papers	Universitas Brawijaya on 2017-11-03	<1%
234	Student papers	Universitas Brawijaya on 2018-01-04	<1%
235	Student papers	Universitas Brawijaya on 2021-06-04	<1%

236	Student papers	Universitas Brawijaya on 2021-11-25	<1%
237	Student papers	Universitas Budi Luhur on 2022-01-25	<1%
238	Student papers	Universitas Budi Luhur on 2023-07-08	<1%
239	Student papers	Universitas Muslim Indonesia on 2026-06-25	<1%
240	Student papers	Universitas Pamulang on 2022-01-04	<1%
241	Student papers	Universitas Putera Batam on 2020-02-13	<1%
242	Student papers	Universitas Putera Batam on 2022-01-27	<1%
243	Student papers	Universitas Putera Batam on 2025-02-12	<1%
244	Student papers	Universitas Putera Batam on 2025-07-29	<1%
245	Student papers	Universitas Respati Indonesia on 2026-04-30	<1%
246	Student papers	Universitas Tarumanagara on 2025-12-27	<1%
247	Publication	Zaki Maulana Iskhak, Eko Darmanto, Syafiul Muzid. "Integrasi Sistem Pakar Forw...	<1%
248	Internet	amartakarya.co.id	<1%
249	Internet	e-jurnal.pnl.ac.id	<1%

250	Internet	eprints.amikom.ac.id	<1%
251	Internet	hiadayat.blogspot.com	<1%
252	Student papers	iGroup on 2017-04-21	<1%
253	Internet	jurnal.fikom.umi.ac.id	<1%
254	Internet	marudur07.wordpress.com	<1%
255	Internet	repositori.unibos.ac.id	<1%
256	Internet	repository.upiypk.ac.id	<1%
257	Internet	www.alomedika.com	<1%
258	Internet	www.researchgate.net	<1%
259	Publication	Bobby Anggara Azhari, Neni Mulyani, Andy Sapta. "Forward Chaining: Metode un...	<1%
260	Publication	Cendrowska, Jadzia. "Knowledge Acquisition for Expert Systems: Inducing Modul...	<1%
261	Publication	Nugroho Setyo Wibowo, Wenny Dhamayanthi, Restu Aji Prasetyo Saputra, Dian Ri...	<1%
262	Student papers	SDM Universitas Gadjah Mada on 2021-10-08	<1%
263	Student papers	STT PLN on 2020-04-03	<1%

264	Student papers	Sriwijaya University on 2019-12-23	<1%
265	Student papers	UIN Sjech M.Djamil Djambek Bukittinggi on 2026-07-01	<1%
266	Student papers	UIN Sultan Syarif Kasim Riau on 2020-08-31	<1%
267	Student papers	UPN Veteran Yogyakarta on 2026-05-04	<1%
268	Student papers	Universitas Brawijaya on 2016-05-30	<1%
269	Student papers	Universitas Putera Batam on 2025-07-29	<1%
270	Publication	Ahmad Fahrurrohman, Sri Siswanti, Bebas Widada. "METODE CERTAINTY FACTOR U...	<1%
271	Publication	Awwaluddin Abdul Qohhar, Moh Noor Al Azam. "WEBSITE SISTEM PAKAR DIAGNO...	<1%
272	Student papers	East Union High School on 2026-07-02	<1%
273	Student papers	Fakultas Teknik on 2025-08-13	<1%
274	Publication	Fikry Haykhal. "RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI TAKU UNTUK PENGAJUAN...	<1%
275	Student papers	Forum Komunikasi Perpustakaan Perguruan Tinggi Kristen Indonesia (FKPPTKI) o...	<1%
276	Student papers	Konsorsium PTS Batch 5 on 2026-06-25	<1%
277	Publication	Muhammad Maulana Akbar, Moh. Dasuki, Miftahur Rahman. "Optimasi Metode C...	<1%

278	Student papers	Perpustakaan on 2025-09-02	<1%
279	Publication	Rohana Yola Parastika Hutasoit, Rahmadden Rahmadden, Erlin Erlin, Muhamma...	<1%
280	Student papers	Sogang University on 2024-01-10	<1%
281	Student papers	Sriwijaya University on 2022-08-23	<1%
282	Student papers	UIN Raden Intan Lampung on 2026-05-11	<1%
283	Student papers	Universitas Brawijaya on 2017-03-22	<1%
284	Student papers	Universitas Brawijaya on 2017-08-14	<1%
285	Student papers	Universitas Brawijaya on 2018-07-09	<1%
286	Student papers	Universitas Muhammadiyah Palembang on 2026-04-23	<1%
287	Student papers	Universitas Muria Kudus on 2017-03-09	<1%
288	Student papers	Universitas Muria Kudus on 2024-04-26	<1%
289	Student papers	Universitas Putera Batam on 2019-11-23	<1%
290	Student papers	Universitas Putera Batam on 2019-11-26	<1%
291	Student papers	Universitas Putera Batam on 2025-02-05	<1%

292	Student papers	
Universitas Putera Batam on 2025-02-12		<1%
293	Student papers	
Universitas Tidar on 2023-05-22		<1%
294	Internet	
tugasdenny.wordpress.com		<1%

154

**SISTEM PAKAR DIAGNOSIS PENYAKIT TANAMAN
PINANG MENGGUNAKAN METODE *FORWARD CHAINING*
DAN *CERTAINTY FACTOR***

1

TUGAS AKHIR



Disusun oleh:

MUHAMMAD RIZKAN
403221010011

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS ISLAM INDRAGIRI
TEMBILAHAN
2026**

96

**SISTEM PAKAR DIAGNOSIS PENYAKIT TANAMAN
PINANG MENGGUNAKAN METODE *FORWARD CHAINING*
DAN *CERTAINTY FACTOR***

*Expert System for Areca Nut Plant Disease Diagnosis Using
Forward Chaining and Certainty Factor Methods*

1

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat Sarjana SI



Disusun oleh:

MUHAMMAD RIZKAN
403221010011

**PROGRAM STUDI SISTEM INFORMASI
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS ISLAM INDRAGIRI
TEMBILAHAN
2026**

PERNYATAAN

28 Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa, skripsi yang berjudul "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tanaman Pinang Menggunakan Metode Forward Chaining dan Certainty Factor" ini merupakan hasil karya saya sendiri (ASLI), dan seluruh isi di dalamnya tidak mengandung karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di institusi pendidikan tinggi mana pun. Sepanjang pengetahuan saya, juga tidak terdapat karya atau pendapat orang lain yang pernah ditulis maupun diterbitkan, kecuali yang dikutip secara tertulis dalam naskah ini dan telah dicantumkan dalam daftar pustaka.

1

Segala hal yang berkaitan dengan naskah dan karya yang telah saya buat, sepenuhnya menjadi tanggung jawab pribadi saya.

Tembilahan, 23 Juli 2026

Muhammad Rizkan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tanaman Pinang Berbasis Progressive Web App Menggunakan Metode Forward Chaining dan Certainty Factor" dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Islam Indragiri.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan penyusunan tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, yang telah memberikan doa, dukungan moral, serta motivasi yang tiada henti selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. H. Najamudin, Lc., MA., selaku Rektor Universitas Islam Indragiri, yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas kepada penulis untuk menempuh pendidikan di Universitas Islam Indragiri.
3. Bapak Dr. Bayu Rianto, S.Si., M.Kom., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Islam Indragiri, atas dukungan dan kebijakan yang diberikan selama proses perkuliahan.
4. Ibu Fitri Yunita, S.Si., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sistem Informasi, yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan

5. Bapak Dr. Bayu Rianto, S.Si., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Muh Rasyid Ridha, S.Si., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga dalam penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Penguji yang telah memberikan saran, kritik, dan masukan yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini.
7. Ibu Supatmi, S.P., selaku pakar dari Dinas Perkebunan Kabupaten Indragiri Hilir, yang telah meluangkan waktu dan memberikan pengetahuan serta data yang menjadi dasar pembentukan basis pengetahuan sistem.
8. Seluruh dosen Program Studi Sistem Informasi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Islam Indragiri, yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman selama masa perkuliahan.
9. Teman-teman seperjuangan Program Studi Sistem Informasi, yang telah memberikan dukungan, motivasi, serta kebersamaan selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan penelitian ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam penerapan sistem pakar untuk mendukung kemandirian petani dalam mendiagnosis penyakit tanaman pinang.

Tembilahan, 13 Juli 2026

Muhammad Rizkan

DAFTAR ISI

COVER

HALAMAN JUDUL

PERSETUJUAN

PENGESAHAN

PERNYATAAN i

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI iii

DAFTAR TABEL vi

DAFTAR GAMBAR vii

ABSTRAK ix

ABSTRACT x

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Batasan Penelitian 4

1.4 Tujuan Penelitian 4

1.5 Manfaat Penelitian 5

1.6 Sistematika Penulisan 6

BAB I PENDAHULUAN 6

BAB II LANDASAN TEORI 6

BAB III METODE PENELITIAN 6

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 7

BAB V PENUTUP 7

BAB II TINJAUAN LITERATUR 8

2.1 Tanaman Pinang 8

2.3 Penyakit Tanaman Pinang 9

2.4 Sistem Pakar 12

2.5 Metode Forward Chaining 13

2.6 Metode Certainty Factor 13

2.7 Progressive Web App (PWA) 15

2.8 Penelitian Terdahulu 16

2.9 Rangkuman 20

2.10 Kesimpulan 30

127	BAB III METODE PENELITIAN	32
	3.1 Kerangka Penelitian	32
	3.2 Teknik Pengumpulan Data	34
87	3.3 Perancangan Basis Pengetahuan	36
	3.4 Perancangan Sistem	38
	3.5 Implementasi Sistem	38
	3.6 Pengujian Sistem	39
18	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
	4.1 Hasil Pengumpulan Data	42
	4.2 Perancangan Basis Pengetahuan	46
225	4.2.1 Pembentukan Rule dengan Metode Forward Chaining	46
	4.2.2 Penentuan Nilai <i>Certainty Factor</i> Pakar	47
	4.3 Perhitungan <i>Certainty Factor</i>	48
	4.3.1 Perhitungan Diagnosa	48
25	4.4 Perancangan Sistem	49
	4.4.1 Use Case Diagram	50
	4.4.2 Activity Diagram	51
	4.4.3 Class Diagram	58
	4.4.4 Sequence Diagram	60
	4.5 Implementasi Sistem	69
	4.5.1 Halaman Utama (Beranda Pengguna)	69
57	4.5.2 Halaman Informasi Penyakit	70
	4.5.3 Halaman Pilih Gejala (Diagnosa)	71
	4.5.4 Halaman Hasil Diagnosa	73
	4.5.5 Halaman Riwayat Diagnosa	73
	4.5.6 Halaman Login Admin	74
116	4.5.7 Halaman Dashboard Admin	75
	4.5.8 Halaman Kelola Gejala	76
	4.5.9 Halaman Kelola Penyakit	77
	4.5.10 Halaman Kelola Rules & CF	78
	4.5.11 Halaman Foto Katalog	80
	4.5.12 Halaman Export / Import Data	81
	4.5.13 Halaman Ganti Password	82
	4.6 Pengujian Sistem	82

204	4.6.1 Hasil Pengujian Black Box Testing	83
	4.6.2 Pengujian Progressive Web App.....	87
	4.6.3 Kesesuaian Hasil Perhitungan <i>Certainty Factor</i> dengan Output Sistem	89
	4.6.4 Kesimpulan	90
45	BAB V PENUTUP	91
	5.1 Kesimpulan	91
	5.2 Saran.....	91
	DAFTAR PUSTAKA	93
	LAMPIRAN.....	93
	Lampiran Dokumentasi.....	93

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	16
Tabel 3. 1 Nilai Certainty Factor.....	37
Tabel 4. 1 Data Penyakit dan Solusi Penanganan Tanaman Pinang	42
Tabel 4. 2 Data Gejala Penyakit Tanaman Pinang.....	44
Tabel 4. 3 Nilai CF Pakar (MB dan MD) per Gejala	45
Tabel 4. 4 Rule Forward Chaining Sistem Pakar Penyakit Tanaman Pinang	46
Tabel 4. 5 Nilai CF Pakar per Rule	47
Tabel 4. 6 Data Gejala yang Dipilih.....	48
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Black Box Testing	83
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian PWA	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian	33
Gambar 4. 1 Usecase Diagram.....	50
Gambar 4. 2 Activity Diagram Inisialisasi Aplikasi	52
Gambar 4. 3 Activity Diagram Proses Diagnosa	53
Gambar 4. 4 Activity Diagram Riwayat Diagnosa	55
Gambar 4. 5 Activity Diagram Admin Kelola Basis Pengetahuan.....	56
Gambar 4. 6 Activity Diagram Penggunaan Offline.....	57
Gambar 4. 7 Activity Diagram Informasi Penyakit	58
Gambar 4. 8 Class Diagram	59
Gambar 4. 9 Sequence Diagram Login Admin.....	61
Gambar 4. 10 Sequence Diagram Proses Diagnosa	62
Gambar 4. 11 Sequence Diagram Sinkronisasi Data Saat Buka Aplikasi	63
Gambar 4. 12 Sequence Diagram Admin Kelola Basis Pengetahuan.....	64
Gambar 4. 13 Sequence Diagram Instalasi Aplikasi ke Perangkat.....	65
Gambar 4. 14 Sequence Diagram Kelola Foto Penyakit.....	66
Gambar 4. 15 Sequence Diagram Unduh Laporan Diagnosa	67
Gambar 4. 16 Sequence Diagram Penggunaan Offline	68
Gambar 4. 17 Tampilan Awal Sistem	69
Gambar 4. 18 Tampilan Halaman Informasi.....	70
Gambar 4. 19 Tampilan Halaman Foto.....	71
Gambar 4. 20 Tampilan Halaman Diagnosa	71
Gambar 4. 21 Tampilan Pilihan Tingkat Keyakinan Pengguna.....	72
Gambar 4. 22 Tampilan Hasil Diagnosa	73
Gambar 4. 23 Tampilan Halaman Riwayat Diagnosa.....	73
Gambar 4. 24 Tampilan Halaman Login Admin	74
Gambar 4. 25 Tampilan Halaman Dashboard Admin.....	75
Gambar 4. 26 Tampilan Halaman Kelola Gejala	76
Gambar 4. 27 Tampilan Tambah Gejala	76
Gambar 4. 28 Halaman Kelola Penyakit.....	77
Gambar 4. 29 Tampilan Tambah Penyakit	78

184	Gambar 4. 30 halaman Kelola Rules & CF.....	78
	Gambar 4. 31 Tampilan Menambah Rule	79
	Gambar 4. 32 Tampilan Halamann Foto Katalog	80
45	Gambar 4. 33 Tampilan Tambah Foto Katalog	80
	Gambar 4. 34 Halaman Export/Import Data	81
33	Gambar 4. 35 Halaman Ganti Password	82
	Gambar 4. 37 Hasil Diagnosa Sistem	90

ABSTRAK

Penyakit tanaman pinang menjadi salah satu penyebab rendahnya produktivitas kebun pinang, salah satunya di Seberang Tembilahan, Kabupaten Indragiri Hilir, di mana petani tersebut belum mengetahui jenis penyakit maupun gejalanya, ditambah keterbatasan akses terhadap pakar atau penyuluh pertanian. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini membangun sistem pakar diagnosis penyakit tanaman pinang berbasis Progressive Web App (PWA) yang menggabungkan metode Forward Chaining sebagai mesin inferensi dengan Certainty Factor (CF) untuk mengukur tingkat keyakinan hasil diagnosis. Basis pengetahuan disusun dari hasil wawancara dengan pakar Dinas Perkebunan Kabupaten Indragiri Hilir, mencakup 5 jenis penyakit dan 16 gejala dalam bentuk rule inferensi, dengan sistem yang dapat diakses secara online maupun offline. Hasil diagnosis menunjukkan nilai CF akhir sebesar 0,984 (98,4%) untuk penyakit Busuk Buah, sesuai output sistem. Pengujian Black Box (26 skenario) dan pengujian PWA (10 skenario) masing-masing menunjukkan keberhasilan 100%, termasuk kemampuan instalasi, penggunaan offline, dan sinkronisasi data otomatis. Dengan demikian, sistem pakar ini mampu membantu petani di Seberang Tembilahan mendiagnosis penyakit tanaman pinang secara mandiri, cepat, dan tetap andal meski dalam kondisi jaringan terbatas.

ABSTRACT

Areca palm diseases are one of the causes of low productivity in areca palm plantations, such as in Seberang Tembilahan, Indragiri Hilir Regency, where farmers are unaware of the types of diseases and their symptoms, compounded by limited access to agricultural experts or extension workers. To address this issue, this study developed an expert system for diagnosing areca palm diseases based on a Progressive Web App (PWA) that combines the Forward Chaining method as an inference engine with a Certainty Factor (CF) to measure the confidence level of diagnostic results. The knowledge base was compiled from interviews with experts from the Indragiri Hilir Regency Plantation Service, covering 5 types of diseases and 16 symptoms in the form of inference rules, with the system accessible both online and offline. The diagnostic results showed a final CF value of 0.984 (98.4%) for Fruit Rot, consistent with the system's output. Black-box testing (26 scenarios) and PWA testing (10 scenarios) each showed 100% success, including installation, offline use, and automatic data synchronization. Thus, this expert system is capable of helping farmers in Seberang Tembilahan diagnose areca palm diseases independently, quickly, and reliably, even under limited network conditions.

46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit tanaman merupakan salah satu penyebab utama penurunan hasil produksi perkebunan yang signifikan. Deteksi dini dan diagnosis yang tepat sangat penting agar tindakan pengendalian dapat dilakukan secara cepat dan efektif sehingga mengurangi kerugian ekonomi petani [1]. Selain menurunkan kuantitas panen, penyakit tanaman juga dapat mempengaruhi kualitas hasil sehingga nilai jualnya menurun drastis. Ancaman penurunan kuantitas dan kualitas ini juga menjadi tantangan serius dalam budidaya komoditas perkebunan yang memiliki prospek ekonomi tinggi, salah satunya adalah pinang. Pinang memiliki banyak manfaat mulai dari buah, daun, batang dan nilai ekonomis buah pinang juga cukup baik. Permasalahan yang terjadi yaitu penyakit tanaman pinang menjadi salah satu faktor rendahnya perkembangan dan produktifitas tanaman pinang karena minimnya pengetahuan cara mengatasi penyakit yang menyerang tanaman pinang, sehingga menimbulkan kerugian dari segi hasil dan biaya untuk pengendaliannya [2].

Permasalahan ini juga ditemukan secara langsung pada salah satu kebun pinang yang ada di Seberang Tembilahan, yang menjadi lokasi pelaksanaan penelitian ini, di mana petani tersebut masih mengalami kesulitan dalam mengenali jenis penyakit dan gejala yang muncul pada tanaman pinang. Ketersediaan pakar yang terbatas dan jarak geografis yang seringkali jauh menyebabkan proses diagnosis menjadi lambat dan tidak efisien. Untuk mengatasi hal tersebut, teknologi mungkin dapat menjadi solusi. Perkembangan teknologi juga bergerak di bidang

72

10

10

10

197

132

pertanian untuk mempermudah mendapatkan informasi secara cepat dan efisien [3]. Oleh karena itu, untuk membantu petani dalam mendiagnosis penyakit tanaman pinang, pemanfaatan teknologi menjadi langkah yang tepat untuk mengatasi keterbatasan akses informasi dalam mendiagnosis penyakit tanaman pinang. Salah satu kemajuan teknologi pada era globalisasi adalah sistem pakar [4]. Sistem pakar adalah sistem komputer yang ditujukan untuk meniru semua aspek (*emulates*) kemampuan pengambilan keputusan (*decision making*) seorang pakar. Sistem pakar memanfaatkan secara maksimal pengetahuan khusus selayaknya seorang pakar memecahkan masalah [5]. Salah satu teknik inferensi atau mesin penalaran yang digunakan dalam sistem pakar adalah *forward chaining*. *Forward chaining* adalah teknik pencarian yang dimulai dengan fakta yang diketahui kemudian menggabungkan fakta tersebut dengan bagian *IF* dari aturan *IF-THEN*. Jika sebuah fakta cocok dengan bagian *IF*, aturannya berfungsi [6].

Seiring dengan kebutuhan sistem untuk menangani kondisi yang tidak sepenuhnya pasti dalam proses penalaran, metode lain yang sering digunakan dalam sistem pakar adalah *Certainty Factor*. *Certainty Factor* adalah metode yang digunakan untuk mengakomodasi penalaran yang tidak pasti dalam Sistem Pakar. *Certainty Factor* akan memberikan ukuran kepastian terhadap realitas atau aturan [7]. Beberapa penelitian sebelumnya belum ada yang membahas sistem pakar diagnosis penyakit tanaman pinang berbasis *Progressive Web App* menggunakan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor* secara bersamaan dan dapat digunakan secara offline. Penelitian yang hanya menggunakan *Forward Chaining* belum memiliki persentase keyakinan sehingga tidak dapat menangani ketidakpastian gejala. Penelitian yang sudah menerapkan PWA tidak memiliki

tingkat kepastian dan tidak berfokus pada penyakit tanaman pinang. Selain itu, mayoritas penelitian sebelumnya sistemnya tidak bisa digunakan secara offline dalam mendiagnosis penyakit. Keterbatasan tersebut menunjukkan adanya celah penelitian untuk mengembangkan sistem pakar diagnosis penyakit tanaman pinang yang menerapkan metode *forward chaining* dan *certainty factor* dalam satu sistem berbasis *Progressive Web App* yang dapat diakses secara *online* maupun *offline*, serta menyimpan riwayat hasil diagnosis. Riwayat diagnosis tersebut dimanfaatkan untuk membantu petani melakukan evaluasi ulang terhadap hasil diagnosis berdasarkan perubahan gejala yang diamati melalui observasi lapangan dari waktu ke waktu, sehingga sistem tidak bersifat sekali pakai, melainkan mendukung proses observasi lanjutan di lapangan. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem pakar diagnosis penyakit tanaman berbasis *Progressive Web App* dengan menggunakan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor* (CF) yang dapat digunakan secara online maupun offline. Sistem ini diharapkan dapat membantu petani dalam mengidentifikasi penyakit tanaman secara mandiri, memberikan rekomendasi penanganan yang tepat dan membantu petani dalam melakukan evaluasi ulang terhadap hasil diagnosis berdasarkan perubahan gejala yang diamati dari waktu ke waktu. Untuk memastikan sistem yang dibangun berfungsi sesuai kebutuhan, dilakukan pula pengujian terhadap fungsionalitas sistem serta kesesuaian hasil perhitungan *Certainty Factor* yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana permasalahan yang dihadapi petani pinang di Seberang Tembilahan dalam mendiagnosis penyakit tanaman pinang?
2. Bagaimana merancang dan membangun sistem pakar diagnosis penyakit tanaman pinang berbasis Progressive Web App menggunakan metode Forward Chaining dan Certainty Factor, sehingga tetap dapat diakses meskipun dalam kondisi jaringan terbatas di kebun?
3. Bagaimana hasil pengujian sistem pakar yang telah dibangun, baik dari sisi kesesuaian perhitungan Certainty Factor, fungsionalitas sistem, maupun kemampuan Progressive Web App?

1.3 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah dan memudahkan dalam pembahasan, maka ditetapkan beberapa batasan penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan pada salah satu kebun tanaman pinang yang ada di Seberang Tembilahan, Kabupaten Indragiri Hilir.
2. Sistem hanya digunakan untuk mendiagnosis penyakit pada tanaman pinang.
3. Pengetahuan penelitian didapat dari pakar, petani, literatur, dan observasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, penelitian ini disusun dengan tujuan untuk menjawab setiap permasalahan tersebut melalui pengembangan sistem pakar yang dapat membantu petani dalam mendiagnosis penyakit tanaman pinang secara mandiri. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui permasalahan yang dihadapi petani pinang di Seberang Tembilahan dalam mendiagnosis penyakit tanaman.

2. Untuk merancang dan membangun sistem pakar diagnosis penyakit tanaman pinang berbasis Progressive Web App menggunakan metode Forward Chaining dan Certainty Factor, sehingga tetap dapat diakses meskipun dalam kondisi jaringan terbatas di kebun.
3. Untuk mengetahui hasil pengujian sistem pakar yang telah dibangun, baik dari sisi kesesuaian perhitungan Certainty Factor, fungsionalitas sistem, maupun kemampuan Progressive Web App..

1.5 Manfaat Penelitian

Tercapainya tujuan penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat tidak hanya bagi peneliti, tetapi juga bagi pihak-pihak lain yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas, mulai dari petani sebagai pengguna langsung hingga pihak akademisi dan bidang pertanian secara umum. Adapun manfaat yang bisa didapat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Petani

Penelitian ini dapat membantu petani dalam melakukan diagnosis awal terhadap penyakit tanaman pinang secara mandiri berdasarkan gejala yang muncul, bahkan dalam kondisi jaringan terbatas melalui fitur offline. Petani dapat memperoleh informasi mengenai penyakit dan penanganannya secara cepat tanpa harus menunggu kehadiran pakar.

2. Bagi Peneliti

Penelitian ini memberikan kesempatan bagi peneliti untuk mengembangkan dan menerapkan teknologi sistem pakar khususnya dengan metode *forward chaining* dan *certainty factor*, serta menambah wawasan terkait penerapan kecerdasan buatan di bidang pertanian.

3. Bagi Akademisi

Hasil penelitian ini dapat menjadi bahan referensi dan literatur tambahan bagi mahasiswa atau peneliti lain yang ingin mempelajari atau mengembangkan penelitian di bidang sistem pakar, diagnosa penyakit tanaman, maupun teknologi berbasis *Progressive Web Apps* (PWA).

4. Bagi Bidang Pertanian

Sistem pakar yang dikembangkan dapat membantu meningkatkan efektivitas pengelolaan tanaman pinang melalui deteksi dini penyakit, sehingga dapat menekan kerugian, meningkatkan produktivitas, serta mendukung modernisasi teknologi pertanian.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada bagian ini dituliskan urutan dan sistematika penulisan yang dilakukan. Berikut ringkasan mengenai isi masing-masing bab:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini memuat teori pendukung yang berkaitan dengan tanaman pinang, penyakit tanaman pinang, sistem pakar, metode *forward chaining*, metode *certainty factor*, *progressive web app*, serta penelitian terdahulu.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metodologi yang digunakan, meliputi kerangka penelitian, teknik pengumpulan data, perancangan basis pengetahuan, perancangan sistem, implementasi sistem dan pengujian sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil pengumpulan data, perancangan basis pengetahuan (pembentukan rule dengan metode Forward Chaining, penentuan nilai Certainty Factor pakar), perhitungan Certainty Factor, perancangan sistem (use case diagram, activity diagram, class diagram, dan sequence diagram), implementasi sistem, serta hasil pengujian sistem menggunakan Black Box Testing dan pengujian Progressive Web App (PWA).

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan penelitian yang telah dilakukan, serta saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN LITERATUR

Tinjauan literatur memuat terhadap penelitian-penelitian yang relevan dengan pengembangan sistem pakar, meliputi penerapan metode *forward chaining* dan *certainty factor* dalam proses inferensi dan pengukuran kepastian diagnosis, serta pemanfaatan teknologi *Progressive Web App* (PWA) untuk mendukung aksesibilitas sistem pada kondisi jaringan yang terbatas. Tinjauan ini digunakan sebagai landasan teori dan acuan dalam perancangan serta pengembangan sistem pada penelitian ini.

2.1 Tanaman Pinang

Pinang (*Areca catechu L.*) merupakan salah satu jenis tanaman palma yang manfaatnya sangat banyak namun belum dianggap sebagai tanaman utama dan tersebar hampir di seluruh Indonesia. Tanaman pinang memiliki morfologi yang khas mulai dari akar hingga biji. Akar pinang berupa akar serabut yang mirip akar kelapa, berwarna kuning saat muda dan berubah menjadi cokelat kehitaman saat tua dengan tekstur keras. Batangnya tumbuh soliter, lurus, tidak bercabang, berwarna kecokelatan, bertekstur kasar, serta dapat mencapai tinggi hingga 30 meter dengan ruas bekas daun yang jelas. Tanaman pinang (*Areca catechu L.*) memiliki nilai ekonomi dan sosial budaya yang tinggi, baik di tingkat lokal maupun global. Komoditas ini tidak hanya berperan dalam tradisi dan upacara adat, tetapi juga memiliki potensi besar sebagai sumber pendapatan petani melalui diversifikasi produk olahan seperti bubuk pinang, ekstrak, dan minyak pinang. Permintaan konsumen terhadap produk berbasis pinang terus meningkat, sejalan dengan tren bahan baku alami dalam industri kesehatan, kosmetik, dan tekstil [8].

2.3 Penyakit Tanaman Pinang

Tanaman pinang (*Areca catechu*) merupakan komoditas ekspor yang penting, namun produktivitasnya sering terganggu oleh berbagai penyakit. Secara umum, penyakit pada pinang disebabkan oleh jamur, bakteri, hingga masalah nutrisi. Menurut Data Statistik Perkebunan Tahun 2024 di Kabupaten Indragiri Hilir Luas lahan pinang 19.159 Hektar dengan produksi 10.380 ton/tahun. Terdapat 5 penyakit penyakit utama yang menyerang tanaman pinang, yaitu busuk buah, busuk pucuk, menguning daun, busuk pangkal batang (*Ganoderma*), dan bercak daun.

2.3.1 Busuk Buah

Busuk buah merupakan penyakit yang disebabkan oleh jamur dari genus *Phytophthora*, khususnya *Phytophthora palmivora* dan *Phytophthora meadii*[9][10]. Penyakit ini ditandai dengan munculnya bercak kebasahan pada permukaan buah yang biasanya dimulai dari bagian dekat kelopak, kemudian berkembang menjadi pembusukan yang menyebabkan buah gugur sebelum matang, terutama pada musim hujan[9]. Bercak yang muncul akan menyebar hingga warna kulit buah berubah menjadi hijau tua, dan apabila bercak telah mencapai bagian apikal buah maka buah akan gugur[11]. Faktor curah hujan tinggi dan kelembapan kebun yang berlebihan menjadi pemicu utama penyebaran spora jamur ini[10]. Penanganan busuk buah dapat dilakukan dengan memangkas dan memusnahkan buah yang terinfeksi, mengaplikasikan fungisida berbahan aktif tembaga atau metalaksil, serta memperbaiki sistem drainase kebun untuk mengurangi kelembapan berlebih[12][11].

2.3.2 Busuk Pucuk

Busuk pucuk merupakan penyakit yang paling sering menyerang tanaman pinang di Kabupaten Indragiri Hilir. Penyakit ini disebabkan oleh jamur yang sama dengan penyebab busuk buah, yaitu *Phytophthora palmivora*, namun menyerang bagian titik tumbuh (pucuk) tanaman[10]. Gejala awal ditandai dengan daun muda atau janur yang menguning, kemudian berubah menjadi kecokelatan dan layu. Selanjutnya, pucuk tanaman membusuk, mudah patah, dan mengeluarkan bau busuk yang menyengat akibat kerusakan jaringan meristematik[13]. Jika tidak ditangani, penyakit ini dapat menyebabkan kematian pohon secara keseluruhan[9][10][13]. Penanganan dilakukan dengan memotong dan membakar bagian pucuk yang terinfeksi, mengaplikasikan fungisida sistemik seperti metalaksil atau fosetil-Al, serta mengoleskan pasta bordeaux pada bekas potongan untuk mencegah infeksi sekunder[12].

2.3.3 Menguning Daun

Penyakit menguning daun diduga disebabkan oleh organisme mirip mikoplasma (*phytoplasma*) yang ditularkan melalui vektor serangga[14][15][11]. Gejala penyakit ini ditandai dengan penguningan daun yang dimulai dari pelepah bagian bawah dan berkembang secara bertahap ke bagian atas tanaman[14]. Selain itu, daun-daun yang baru tumbuh menjadi lebih kecil (kerdil) dan ukuran tajuk berkurang secara signifikan sehingga menyebabkan ruas-ruas batang tampak memendek[16]. Pada tahap lanjut, produksi buah menurun secara drastis hingga akhirnya berhenti total, disertai perubahan warna daging buah menjadi kehitaman [15][11]. Penanganan penyakit menguning daun difokuskan pada pengendalian serangga vektor menggunakan insektisida secara berkala, pencabutan dan

pemusnahan pohon yang terinfeksi berat untuk mencegah penyebaran, penggunaan bibit yang sehat dan bersertifikat, serta pemberian pupuk berkalium tinggi untuk meningkatkan daya tahan tanaman[15].

2.3.4 Busuk Akar dan Pangkal Batang (*Ganoderma*)

Busuk akar dan pangkal batang disebabkan oleh jamur *Ganoderma lucidum* dan sering ditemukan pada lahan bekas perkebunan kelapa sawit atau kelapa, karena jamur ini dapat bertahan lama di dalam tanah melalui sisa-sisa akar tanaman sebelumnya[17]. Penyakit ini umumnya muncul akibat kurangnya pemeliharaan kebun dan sistem drainase yang buruk[11]. Gejala awal yang muncul berupa daun bagian bawah yang menguning dan terkulai, diikuti dengan pembusukan pada jaringan kayu di bagian pangkal batang yang ditandai dengan bercak coklat tidak beraturan disertai keluarnya cairan [17][11]. Pada tahap lanjut, akan muncul tubuh buah jamur berbentuk setengah lingkaran (*bracket fungus*) pada permukaan batang yang terinfeksi, yang menjadi ciri khas keberadaan *Ganoderma*[17][11]. Akibatnya, struktur batang menjadi rapuh dan tanaman mudah tumbang. Penanganan dilakukan dengan mencabut dan membakar pohon yang terinfeksi beserta sistem perakarannya untuk mencegah penyebaran spora ke tanaman sekitar, mensterilkan area bekas tanaman terinfeksi menggunakan kaptan atau agen hayati *Trichoderma harzianum* maupun *Streptomyces sp*, menghindari penanaman pinang pada lahan bekas sawit atau kelapa, serta menerapkan rotasi tanaman sebagai langkah pencegahan jangka panjang[17][18][11].

2.3.5 Bercak Daun

Bercak daun disebabkan oleh jamur *Colletotrichum spp.* dan *Pestalotiopsis spp.* yang umumnya menyerang daun pada fase pembibitan maupun tanaman

dewasa[19][11]. Gejala penyakit ini ditandai dengan munculnya bercak-bercak kecil berwarna coklat tua hingga kehitaman pada permukaan daun. Apabila tidak segera ditangani, bercak-bercak tersebut akan menyatu membentuk area yang lebih luas sehingga daun terlihat seperti terbakar, yang pada akhirnya menghambat pertumbuhan tanaman secara keseluruhan[19]. Penanganan dilakukan dengan memangkas dan memusnahkan daun yang terinfeksi, mengaplikasikan fungisida berbahan aktif mankozeb atau klorotalonil secara berkala, mengatur jarak tanam agar sirkulasi udara lebih baik, serta menggunakan bibit yang sehat dan bebas penyakit untuk mengurangi risiko penyebaran[20].

2.4 Sistem Pakar

Sistem pakar dikenal sebagai sistem yang mengadopsi pengetahuan manusia ke dalam komputer dan memungkinkan komputer untuk menyelesaikan masalah dengan kemampuan yang sebanding dengan para ahli[21]. Cara kerja sistem ini adalah menyajikan satu set pernyataan yang berguna sebagai memori kerja dan satu set aturan yang akan menentukan tindakan berdasarkan set pernyataan tersebut[22]. Sistem pakar dirancang untuk dapat memberikan solusi dan rekomendasi layaknya konsultasi dengan seorang pakar manusia, sehingga pengguna awam sekalipun dapat memperoleh diagnosis tanpa harus berkonsultasi langsung dengan pakar di lapangan[23]. Dalam konteks pertanian, sistem pakar telah banyak diterapkan untuk membantu petani mendiagnosis penyakit tanaman secara mandiri, seperti pada tanaman padi[22], jagung[24], dan cabai[23], dengan memanfaatkan basis pengetahuan gejala dan aturan yang disusun bersama pakar di bidangnya.

2.5 Metode Forward Chaining

Forward chaining merupakan salah satu metode penalaran (*inference method*) dalam sistem pakar yang bekerja dengan cara menelusuri fakta-fakta awal yang tersedia, kemudian mencocokkannya dengan aturan-aturan (*rules*) yang telah ditetapkan hingga menghasilkan suatu kesimpulan. Metode ini dimulai dari informasi atau data yang diketahui (*data-driven*), kemudian bergerak maju secara progresif untuk menemukan fakta baru atau keputusan akhir berdasarkan kecocokan kondisi pada bagian *IF* dari aturan IF-THEN. Metode ini bekerja secara bertahap dengan menelusuri aturan yang premisnya terpenuhi, sehingga menghasilkan proses diagnosis yang logis, transparan, dan mudah dipahami[25]. Penggunaan *forward chaining* dipilih karena kemampuannya menyusun inferensi secara bertahap berdasarkan fakta yang ada, sehingga dapat menghasilkan keputusan yang lebih akurat dan relevan terhadap kondisi pengguna [26].

2.6 Metode Certainty Factor

Metode *certainty factor* menunjukkan ukuran kepastian terhadap suatu fakta atau aturan. *Certainty factor* merupakan nilai parameter klinis yang diberikan MYCIN untuk menunjukkan besarnya kepercayaan. Kelebihan dari metode *certainty factor* adalah dapat mengukur sesuatu yang pasti atau tidak pasti dalam pengambilan keputusan pada sistem pakar diagnosa penyakit. Rumus dasar *certainty factor* ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$CF(h,e) = MB(h,e) - MD(h,e)[27].$$

Rumus ini menghitung nilai CF pakar dari selisih antara *Measure of Belief* (MB) dan *Measure of Disbelief* (MD) terhadap suatu gejala dalam mendukung hipotesis penyakit. MB menunjukkan kekuatan keyakinan pakar, sedangkan MD

menunjukkan tingkat keraguannya. Selisih keduanya menghasilkan nilai CF pakar untuk setiap pasangan gejala-penyakit, yang menjadi basis pengetahuan sistem. Setelah nilai CF pakar ini ditetapkan, langkah berikutnya adalah mengombinasikannya dengan tingkat keyakinan yang dimasukkan oleh pengguna, seperti pada rumus berikut:

$$CF_{\text{gejala}} = CF(\text{pengguna}) * CF(\text{pakar})[28].$$

Nilai CF pakar tersebut dikalikan dengan tingkat keyakinan pengguna untuk menghasilkan CF_{gejala} , yaitu nilai keyakinan akhir suatu gejala yang menggabungkan persepsi pengguna dan pengetahuan pakar. Karena satu penyakit dapat didukung oleh lebih dari satu gejala, nilai-nilai CF_{gejala} ini kemudian perlu dikombinasikan secara berurutan agar diperoleh satu nilai keyakinan keseluruhan terhadap penyakit tersebut, sebagaimana ditunjukkan pada rumus berikut.

$$CF_{\text{combine}} = CF_{\text{fold}} + CF_{\text{gejala}} * (1 - CF_{\text{fold}})[28].$$

Untuk gejala pertama yang dihitung, CF_{fold} diasumsikan sama dengan CF_{gejala} dari gejala tersebut. Untuk setiap gejala berikutnya, CF_{gejala} yang baru dikombinasikan dengan CF_{fold} sebelumnya, dan proses ini diulang hingga seluruh gejala terpakai, menghasilkan satu nilai CF_{combine} akhir per penyakit. Karena nilai CF_{combine} masih dalam bentuk desimal, nilai ini kemudian dikonversi ke bentuk persentase agar hasil diagnosis lebih mudah dipahami pengguna, melalui rumus berikut:

$$CF_{\text{persentase}} = CF_{\text{combine}} * 100\%[28].$$

Rumus ini digunakan untuk mengonversi nilai CF_{combine} ke dalam bentuk persentase agar lebih mudah dipahami oleh pengguna. Nilai persentase ini merepresentasikan tingkat keyakinan sistem terhadap hasil diagnosis penyakit, di

mana persentase yang lebih tinggi menunjukkan kemungkinan yang lebih besar bahwa gejala-gejala yang dipilih pengguna mengarah pada penyakit tersebut.

Keterangan:

$CF(h,e)$ = *Certainty Factor* (faktor kepastian) dalam hipotesis h dipengaruhi oleh evidence (gejala) e .

$MB(h,e)$ = *Measure of Belief* (tingkat keyakinan), merupakan ukuran kepercayaan dari hipotesis h dipengaruhi oleh evidence (gejala) e .

$MD(h,e)$ = *Measure of Disbelief* (tingkat ketidakyakinan), merupakan ukuran ketidak-percayaan dari hipotesis h dipengaruhi oleh gejala e .

h = Hipotesa atau konklusi yang dihasilkan (antara 0 dan 1).

e = Evidence atau peristiwa atau fakta (gejala).

2.7 Progressive Web App (PWA)

Progressive Web App (PWA) merupakan konsep pengembangan aplikasi berbasis web modern yang mampu memberikan pengalaman layaknya aplikasi mobile, namun tetap berjalan melalui teknologi web. PWA memanfaatkan fitur-fitur terbaru pada browser seperti *Web App Manifest* dan *Service Worker*. Teknologi ini memungkinkan aplikasi web dapat diakses kapan saja, bahkan dalam kondisi jaringan yang tidak stabil atau sepenuhnya offline.

Penelitian tersebut menjelaskan bahwa PWA hadir untuk menjawab tantangan akses informasi pada lingkungan dengan jaringan yang berubah-ubah, seperti pada lokasi wisata alam. Dengan menggunakan PWA, website dapat bekerja secara optimal meskipun koneksi lemah, karena *service worker* berperan mengatur permintaan (*request*) dan respons, melakukan proses caching, serta menentukan apakah data harus diambil dari jaringan atau dari cache. Strategi *cache first then*

network yang digunakan dalam penelitian tersebut terbukti mampu memberikan pengalaman akses yang lebih cepat dan tetap tersedia ketika jaringan tidak dapat diakses[29].

2.8 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Artikel	Judul	Metode	Hasil Penelitian
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.	[30]	Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kepiting Bakau Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Web	Forward Chaining	Sistem mampu membantu diagnosis penyakit kepiting bakau berbasis web.
2	[31]	Sistem Pakar Diagnosa Penyakit pada Tanaman Padi Kecamatan Satarmese Kabupaten Manggarai Provinsi Nusa Tenggara Timur Berbasis Web dengan Metode Forward Chaining	Forward Chaining	Sistem dapat mendiagnosis sembilan jenis penyakit pada tanaman padi. Pengguna dapat menginput gejala dan menerima hasil berupa jenis penyakit dan cara pengendalian penyakit secara mandiri, cepat, dan tepat. Sistem ini dirancang menggunakan PHP dan MySQL dan berbasis web.
3	[32]	Pengembangan Sistem Pakar Pemilihan Jamu dengan Diagnosa Penyakit pada Manusia dengan Metode Forward Chaining	Forward Chaining	Sistem mampu memberikan rekomendasi jamu yang sesuai berdasarkan gejala-gejala yang telah diinputkan oleh pengguna. Sistem ini mengelola 70 jenis jamu dan dilengkapi dengan informasi komposisi serta

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
				aturan pemakaian. Sistem dirancang berbasis web menggunakan PHP dan MySQL, serta dapat digunakan tanpa perlu login untuk pengguna umum.
4	[33]	Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Malaria dengan <i>Certainty Factor</i> dan <i>Forward Chaining</i>	<i>Forward Chaining</i> dan <i>Certainty Factor</i>	Sistem berhasil mendiagnosa 4 jenis penyakit malaria (Tertiana, Tropika, Ovale, dan Quartana) berdasarkan 20. gejala. Tingkat akurasi diagnosa masing-masing: Malaria Tertiana 83,2%, Malaria Tropika 91,6%, Malaria Ovale 80,1%, dan Malaria Quartana 87,9%.
5	[34]	Penerapan Metode <i>Certainty Factor</i> dan <i>Forward Chaining</i> pada Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Penyakit Ginjal	<i>Forward Chaining</i> dan <i>Certainty Factor</i>	Sistem mendiagnosa 10 jenis penyakit ginjal dengan nilai CF berkisar 64,29%-75,02%. User dapat memilih gejala dan menentukan derajat keyakinan. Berbasis web menggunakan PHP dan MySQL.
6	[28]	Sistem Pakar dalam Identifikasi Kerusakan Gigi pada Anak dengan Menggunakan Metode <i>Forward Chaining</i> dan <i>Certainty Factor</i>	<i>Forward Chaining</i> dan <i>Certainty Factor</i>	Sistem mengidentifikasi 10 jenis kerusakan gigi berdasarkan 21 gejala dengan akurasi 91,20%. User memilih

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
				gejala melalui checkbox dan sistem menghitung CF untuk diagnosis. Berbasis web menggunakan PHP.
7	[35]	Perancangan Sistem Pakar Untuk Diagnosa Tanaman Pinang Yang Diserang Penyakit Dengan Metode <i>Forward</i> Dan <i>Backward Chaining</i> di Kabupaten Pidie	<i>Forward Chaining</i> dan <i>Backward Chaining</i>	<i>Chaining</i> dan <i>Backward Chaining</i> Sistem pakar mampu mendiagnosis penyakit tanaman pinang menggunakan kombinasi <i>Forward Chaining</i> dan <i>Backward Chaining</i> . User menjawab pertanyaan gejala dengan pilihan "Ya" atau "Tidak", kemudian sistem menampilkan hasil diagnosis yang dapat dicetak. Sistem dikembangkan berbasis web menggunakan PHP, HTML, CSS, Javascript dan database MySQL.
8	[36]	Sistem Pakar Diagnosis Awal Penyakit Faringitis dan Laringitis Menggunakan Metode <i>Forward Chaining</i> dan <i>Certainty Factor</i>	<i>Forward Chaining</i> dan <i>Certainty Factor</i>	Sistem mendiagnosis 7 jenis penyakit tenggorokan berdasarkan 28 gejala dengan tingkat keyakinan 78,81%-98,15%. User memilih tingkat keyakinan gejala dengan 6

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
				kategori. Berbasis web menggunakan PHP dan JavaScript.
9	[37]	Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Lambung Menggunakan Metode <i>Forward Chaining</i> dan <i>Certainty Factor</i>	<i>Forward Chaining</i> dan <i>Certainty Factor</i>	Sistem berhasil mendiagnosa penyakit lambung dengan hasil akurasi tertinggi untuk penyakit GERD sebesar 96,5%. Selain itu, sistem mengidentifikasi kemungkinan penyakit Dispepsia (78,5%), Gastritis (68,8%), dan Gastroparesis (62,5%) berdasarkan input gejala user. Berbasis web menggunakan data dari pakar medis.
10	[38]	Rancang Bangun Aplikasi Sistem Pakar Berbasis <i>Progressive Web Apps</i> untuk Rekomendasi Pemilihan Program Studi	<i>Forward Chaining</i>	Sistem mengidentifikasi 8 jenis kecerdasan majemuk berdasarkan 80 indikator menggunakan teori Multiple Intelligences. Berbasis PWA dengan ReactJS (frontend) dan Python (backend).
11	[39]	Sistem Pakar Pendeteksi Penyakit Pada Kucing Menggunakan Metode <i>Forward Chaining</i> dan <i>Certainty Factor</i>	<i>Forward Chaining</i> dan <i>Certainty Factor</i>	Sistem mendiagnosis 11 jenis penyakit kucing berdasarkan 21 gejala dengan tingkat keyakinan 37%-99,50%.

2.9 Rangkuman

Penelitian oleh Yuswandi, Dwi Yuli Prasetyo, dan Ilyas yang berjudul "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kepiting Bakau Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Web". Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pakar yang dapat membantu pembudidaya dalam mendiagnosis penyakit pada kepiting bakau secara cepat dan tepat. Sistem dibangun berbasis web dengan metode Forward Chaining sebagai mekanisme penalaran berbasis aturan IF-THEN. Pengguna memilih gejala yang dialami kepiting, kemudian sistem melakukan proses inferensi untuk menentukan jenis penyakit yang paling sesuai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan diagnosis yang membantu proses identifikasi penyakit pada kepiting bakau.

Penelitian oleh Firgilius Jeraman, NM Faizah, Lucky Koryanto yang berjudul "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit pada Tanaman Padi Kecamatan Satarmese Kabupaten Manggarai Provinsi Nusa Tenggara Timur Berbasis Web dengan Metode *Forward Chaining*". Penelitian mengembangkan sistem pakar berbasis web untuk mendiagnosa penyakit tanaman padi di Kecamatan Satarmese, NTT menggunakan metode *Forward Chaining*. Latar belakang penelitian adalah kesulitan petani mengidentifikasi penyakit dan sulitnya akses ke penyuluh pertanian yang berpindah-pindah. Sistem mampu mengidentifikasi 9 jenis penyakit (Blas, Hawar Pelepah, Busuk Batang, Bakteri Daun Bergaris, Busuk Pelepah, Bercak Coklat, Tungro, Hawar Daun Jingga, dan Fusarium) berdasarkan 21 gejala dengan interface untuk pengguna dan admin. Kontribusi utama adalah memungkinkan petani melakukan diagnosa mandiri secara cepat tanpa harus bertemu penyuluh langsung. Namun penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Cakupan hanya 9

jenis penyakit tanpa validasi akurasi atau pengujian dengan pengguna akhir. Metode *Forward Chaining* tidak dapat menangani ketidakpastian dan tidak memberikan tingkat keyakinan diagnosis. Sistem berbasis web yang memerlukan internet tanpa fitur offline, padahal area persawahan sering memiliki akses terbatas.

Penelitian oleh Teguh Pradana, Moch. Zul Ilmi, Teguh Arifianto yang berjudul "Pengembangan Sistem Pakar Pemilihan Jamu dengan Diagnosa Penyakit pada Manusia dengan Metode *Forward Chaining*". Penelitian ini mengembangkan sistem pakar berbasis web untuk membantu masyarakat memilih jamu herbal sesuai penyakit menggunakan metode *Forward Chaining*. Penelitian dilakukan di Toko Fan Jamu Pasuruan untuk mengatasi kebingungan pelanggan dalam memilih jamu dan mengurangi antrian konsultasi. Sistem menggunakan 62 gejala dan 70 jenis jamu, dengan rule yang diambil dari diagnosa pada kemasan jamu. Sistem dibangun dengan PHP dan MySQL, memiliki enam tabel utama, serta menyediakan menu untuk customer maupun pakar. Keunggulannya, customer dapat melakukan konsultasi tanpa registrasi dan langsung memperoleh rekomendasi jamu lengkap dengan komposisi serta aturan pakai. Keterbatasannya tidak ada pengujian akurasi sistem, tidak menggunakan metode kepastian seperti *certainty factor* sehingga tidak menghasilkan tingkat keyakinan rekomendasi, pemilihan gejala kurang efisien karena tidak menggunakan checkbox, tidak tersedia gambar produk jamu, knowledge base bersifat statis dan harus diperbarui manual, penelitian hanya dilakukan pada satu lokasi toko jamu, sistem memerlukan internet karena berbasis web.

Penelitian oleh Veronika H, Aditya Lapu Kalua, Deiby Tineke Salaki yang berjudul "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Malaria dengan *Certainty Factor* dan

Forward Chaining". Penelitian ini menggunakan kombinasi metode *forward chaining* sebagai teknik inferensi dan *certainty factor* untuk menghitung tingkat kepastian diagnosis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendiagnosis 4 jenis penyakit malaria (Tertiana, Tropika, Ovale, dan Quartana) berdasarkan 20 gejala dengan tingkat akurasi diagnosis yang bervariasi antara 80,1% hingga 91,6%. Sistem bekerja dengan cara user memilih gejala yang dialami, kemudian sistem melakukan penelusuran menggunakan *forward chaining* dan menghitung nilai *certainty factor* untuk menghasilkan diagnosis beserta persentase keyakinan. Nilai CF diperoleh dari kombinasi antara CF pakar (bobot yang diberikan pakar untuk setiap gejala) dan CF user (tingkat keyakinan user terhadap gejala yang dialami, dengan skala: 0 = Tidak, 0,2 = Tidak Tahu, 0,4 = Sedikit Yakin, 0,6 = Cukup Yakin, 0,8 = Yakin, 1,0 = Sangat Yakin). Sistem dikembangkan berbasis web menggunakan bahasa pemrograman PHP dan dapat digunakan oleh tenaga kesehatan maupun masyarakat umum untuk melakukan diagnosis awal penyakit malaria. Namun, keterbatasan penelitian ini adalah hanya mencakup empat jenis malaria dengan 20 gejala, memerlukan koneksi internet sehingga kurang optimal untuk wilayah dengan jaringan terbatas, serta tidak terdapat visualisasi gejala yang dapat membantu pengguna mengenali gejala secara lebih akurat.

Penelitian oleh Jeffry dan Syahrul Usman yang berjudul "Penerapan Metode *Certainty Factor* dan *Forward Chaining* pada Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Penyakit Ginjal". Penelitian ini mengembangkan sistem pakar berbasis web untuk mendiagnosis sepuluh jenis penyakit ginjal, dengan menerapkan metode *forward chaining* sebagai metode inferensi maju dan *certainty factor* untuk menghitung

kepastian. Sistem ini memungkinkan pengguna melakukan skrining mandiri dengan memilih gejala melalui *checkbox* dan menentukan tingkat keyakinan mereka terhadap gejala tersebut. Perhitungan CF menggabungkan nilai keyakinan pengguna dengan nilai MB (*Measure of Belief*) dan MD (*Measure of Disbelief*) yang diberikan oleh pakar. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan diagnosis akhir dengan nilai CF terbesar, seperti contoh diagnosis Nefritis tubulointerstitial yang mencapai 75,02%. Sistem berfungsi dengan baik secara *online* menggunakan PHP dan MySQL. Namun, keterbatasan penelitian ini adalah tidak ada dukungan akses offline atau aplikasi mobile.

Penelitian oleh Rahmad Dian, Sumijan, Yuhandri Yunus yang berjudul "Sistem Pakar dalam Identifikasi Kerusakan Gigi pada Anak dengan Menggunakan Metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor*". Sistem ini dibuat karena tingginya kasus kerusakan gigi anak, kurangnya pengetahuan orang tua, keterbatasan jam layanan dokter, serta kendala biaya dan waktu untuk berobat. Sistem mampu mengidentifikasi 10 jenis kerusakan gigi berdasarkan 21 gejala yang diperoleh dari wawancara dengan seorang dokter gigi. Pengguna harus mendaftar akun, memilih gejala melalui *checkbox*, lalu sistem menghitung tingkat keyakinan dan menampilkan hasil identifikasi dalam bentuk persentase. Pengujian menunjukkan akurasi 91,20% pada satu contoh kasus (Gingivitis). Kontribusi penelitian ini adalah membantu orang tua mengenali kerusakan gigi sejak dini serta mendukung dokter dalam proses diagnosis awal. Penelitian ini memiliki keterbatasan tidak adanya visualisasi gejala dalam bentuk gambar yang dapat membantu identifikasi secara fisik.

Penelitian oleh Asbahani Adytia yang berjudul "Perancangan Sistem Pakar Untuk Diagnosa Tanaman Pinang Yang Diserang Penyakit Dengan Metode *Forward Chaining* Dan *Backward Chaining* di Kabupaten Pidie". Penelitian ini menggunakan kombinasi metode *forward chaining* dan *backward chaining* untuk mendiagnosis penyakit tanaman pinang. Sistem dikembangkan berbasis web menggunakan PHP dengan database MySQL dan ditujukan untuk membantu petani pinang di Kabupaten Pidie, Aceh. Sistem bekerja dengan cara user melakukan registrasi terlebih dahulu, kemudian menjawab serangkaian pertanyaan tentang gejala dengan pilihan jawaban "Ya" atau "Tidak". *Forward Chaining* digunakan untuk penelusuran dari fakta (gejala) menuju kesimpulan (penyakit), sementara *Backward Chaining* digunakan untuk penelusuran terbalik dari tujuan menuju fakta pendukung. Sistem dapat menampilkan hasil diagnosis dan memungkinkan user mencetak laporan hasil diagnosis. Admin/pakar dapat mengelola data gejala, data penyakit, melakukan relasi antara gejala dan penyakit, serta mencetak laporan keseluruhan konsultasi yang telah dilakukan. Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman web yaitu PHP, HTML, CSS, dan Javascript dengan database MySQL pada platform XAMPP versi 1.7.3. Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Pidie, Aceh dengan tujuan membantu petani pinang lokal dalam mendiagnosis penyakit tanaman pinang secara mandiri tanpa harus selalu berkonsultasi langsung dengan pakar. Namun, keterbatasan penelitian ini adalah penelitian hanya sampai tahap perancangan sistem tanpa ada informasi mengenai implementasi dan pengujian sistem secara menyeluruh untuk mengukur tingkat akurasi atau keberhasilan sistem, tidak disebutkan secara spesifik jumlah penyakit dan gejala

tanaman pinang yang dapat didiagnosis oleh sistem sehingga cakupan diagnosis tidak jelas.

5 Penelitian oleh Muhammad Siddik Hasibuan, Triase, Dio Wahyu Habibi Hutabarat yang berjudul "Sistem Pakar Diagnosis Awal Penyakit Faringitis dan Laringitis Menggunakan Metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor*".

38 Penelitian ini membangun sistem untuk diagnosis awal faringitis dan laringitis menggunakan metode *forward chaining* dan *certainty factor*. Sistem ini mampu mendiagnosis 7 jenis penyakit infeksi tenggorokan berdasarkan 28 gejala, dengan basis pengetahuan yang disusun dari pakar di Klinik Penyakit Tropik dan Infeksi DR. Umar Zein. Sistem dirancang untuk membantu pasien yang terkendala waktu konsultasi dokter. Pasien mengisi biodata dan memilih tingkat keyakinan terhadap gejala (0-1). *Forward chaining* digunakan untuk penelusuran rule berbasis IF-THEN, sedangkan CF menghitung tingkat kepastian diagnosis melalui perkalian CF user dan CF pakar, dilanjutkan dengan perhitungan CF combine dan konversi ke persentase. Pohon keputusan digunakan untuk memperjelas hubungan penyakit dan gejala. Hasil pengujian pakar menunjukkan tingkat keyakinan diagnosis yang tinggi, seperti Laringitis Ringan 98,15% dan Faringitis Virus 92,33%. Sistem dikembangkan berbasis web menggunakan PHP dan JavaScript serta menampilkan solusi pengobatan. Namun keterbatasan dari penelitian ini adalah sistem memerlukan koneksi internet tanpa fitur offline dan tidak ada fitur riwayat konsultasi.

13 Penelitian oleh Scheryl Felisitas Vilery Pongantung, Marline Sofiana Paendong, Luther Alexander Latumakulita yang berjudul "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Lambung Menggunakan Metode *Forward Chaining* Dan *Certainty*

2

Factor". Penelitian ini mengembangkan sistem pakar berbasis web untuk membantu masyarakat mendapatkan informasi, konsultasi, dan pengobatan awal untuk penyakit lambung tanpa harus melakukan pertemuan langsung dengan pakar. Latar belakang penelitian adalah pengetahuan masyarakat yang terbatas mengenai gejala awal penyakit lambung, kurangnya perhatian terhadap gangguan penyakit lambung dari pola kebersihan hidup maupun pola makan akibat ketidaktahuan, serta mendiagnosis dengan cara sederhana yang kurang akurat sehingga gejala menjadi sangat parah dan terlambat diobati. Sistem mampu mendiagnosa 4 jenis penyakit lambung (Gastritis, Dispepsia, GERD, dan Gastroparesis) berdasarkan 24 gejala yang relevan meliputi mual, kembung, mulas, nyeri ulu hati, muntah, kesulitan menelan, dan gejala lainnya. Metode *Forward Chaining* digunakan sebagai penalaran yang dimulai dari informasi masukan (IF) berupa data, bukti, atau hasil pengamatan kemudian menuju konklusi (THEN) yang merupakan tujuan atau hasil diagnosis, sementara *Certainty Factor* digunakan untuk menghitung hasil kepercayaan dengan 6 pilihan jawaban pengguna: Tidak (0), Tidak Tahu (0,2), Kurang Yakin (0,4), Cukup Yakin (0,6), Yakin (0,8), dan Sangat Yakin (1). Setiap gejala diberi bobot nilai CF oleh pakar dengan rentang 0 hingga 1, misalnya asam lambung naik ke kerongkongan (0,9), nyeri atau sensasi terbakar di dada (0,8), lambung terasa panas (0,8). Sistem dikembangkan berbasis web menggunakan PHP dengan database untuk menyimpan knowledge base yang terdiri dari 4 rule diagnosis. Perhitungan CF dilakukan dalam dua tahap: tahap paralel (mengalikan CF user dengan CF pakar) dan tahap kombinasi (menggabungkan nilai CF dari multiple gejala menggunakan formula kombinasi). Kontribusi utama penelitian ini adalah kemampuan sistem memberikan diagnosis penyakit lambung yang cepat dan

akurat kepada masyarakat tanpa harus langsung berkonsultasi dengan dokter, serta membantu dalam konfirmasi awal sebelum pemeriksaan medis lebih lanjut. Hasil pengujian sistem menunjukkan contoh kasus dengan 11 gejala yang diinputkan pengguna menghasilkan diagnosis GERD dengan nilai *certainty factor* tertinggi sebesar 96,5%, diikuti Dispepsia (78,5%), Gastritis (68,8%), dan Gastroparesis (62,5%). Hasil ini menunjukkan sistem mampu memberikan diagnosis yang paling mungkin berdasarkan gejala yang dialami. Namun penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yaitu tidak tersedia fitur untuk menyimpan riwayat konsultasi pengguna sehingga tidak dapat memantau perkembangan kondisi dari waktu ke waktu. Sistem berbasis web yang memerlukan koneksi internet tanpa dukungan aplikasi mobile yang lebih praktis dan mudah diakses. Tidak ada visualisasi gejala dalam bentuk gambar atau ilustrasi yang dapat membantu pengguna mengenali gejala dengan lebih akurat.

Penelitian oleh Rully Fildansyah yang berjudul "Rancang Bangun Aplikasi Sistem Pakar Berbasis *Progressive Web Apps* untuk Rekomendasi Pemilihan Program Studi". Penelitian ini mengembangkan aplikasi sistem pakar berbasis *Progressive Web Apps* (PWA) untuk memberikan rekomendasi program studi yang sesuai bagi calon mahasiswa berdasarkan identifikasi kecerdasan yang dimiliki menggunakan teori Multiple Intelligences yang dipopulerkan oleh Howard Gardner. Latar belakang penelitian adalah permasalahan calon mahasiswa yang sering salah dalam memilih program studi karena hanya mengikuti teman, paksaan orang tua, atau tidak sesuai dengan bakat dan minat yang dimiliki, sehingga menyebabkan banyak mahasiswa merasa salah jurusan, kesulitan belajar, dan akhirnya memutuskan pindah program studi bahkan putus kuliah. Sistem mampu

mengidentifikasi 8 jenis kecerdasan majemuk (Linguistik, Logika-Matematika, Spasial-Visual, Kinestetik, Musikal, Interpersonal, Intrapersonal, dan Naturalis) berdasarkan 80 indikator kecerdasan yang mencakup berbagai karakteristik seperti kemampuan membaca, matematika, seni, olahraga, musik, sosial, dan alam. Setiap jenis kecerdasan terhubung dengan rekomendasi program studi spesifik, misalnya kecerdasan Linguistik terhubung dengan Ilmu Politik, Ilmu Komunikasi, Bahasa dan Sastra, Ilmu Hukum, dan Hubungan Internasional. Metode *Forward Chaining* digunakan untuk melakukan penelusuran dari fakta menuju kesimpulan berdasarkan aturan IF-THEN, sementara skala Likert digunakan untuk menghitung skor dominasi kecerdasan dengan nilai: Setuju (5), Kurang Setuju (4), Netral (3), Tidak Setuju (2), Sangat Tidak Setuju (1). Sistem dikembangkan menggunakan metodologi SDLC model Waterfall dengan tahapan analisis kebutuhan sistem, desain menggunakan use case diagram, activity diagram, dan class diagram, implementasi menggunakan bahasa pemrograman Javascript dengan framework ReactJS untuk frontend dan Python untuk backend, serta tahap pengujian menggunakan metode *blackbox*. Implementasi PWA memungkinkan aplikasi memiliki kemampuan seperti aplikasi native yaitu pemasangan di layar utama (home screen), dukungan akses offline melalui service worker, bisa dijalankan secara full screen, memiliki fitur push notification, dan disajikan melalui HTTPS untuk keamanan. Kontribusi utama penelitian ini adalah membantu calon mahasiswa mengetahui kecerdasan dominan yang dimiliki serta mendapatkan rekomendasi program studi yang cocok secara cepat dan mudah tanpa harus bertemu konselor, serta memberikan informasi detail tentang program studi yang direkomendasikan. Namun penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan signifikan

yang diakui sendiri oleh peneliti. Tidak ada pengujian validitas dan reliabilitas sistem dengan membandingkan hasil rekomendasi sistem terhadap penilaian pakar psikologi atau konselor pendidikan, sehingga akurasi sistem belum tervalidasi. Knowledge base hanya berdasarkan literatur tanpa konsultasi mendalam dengan pakar yang ahli dalam bidang pendidikan dan psikologi, sehingga kualitas basis pengetahuan diragukan. Penelitian hanya sampai tahap implementasi tanpa melakukan pengujian dengan pengguna akhir (calon mahasiswa) dalam jumlah memadai untuk mengevaluasi efektivitas dan kegunaan sistem. Tidak ada pengujian usability untuk mengetahui apakah aplikasi mudah digunakan dan user-friendly bagi target pengguna.

Penelitian oleh Muhammad Januar Pribadi, Agung Brastama Putra, Rizka Hadiwiyanti (2024) berjudul "Sistem Pakar Pendeteksi Penyakit Pada Kucing Menggunakan Metode *Forward Chaining* Dan *Certainty Factor*". Penelitian ini mengembangkan sistem pakar berbasis web untuk membantu pemilik kucing mendiagnosa penyakit lebih cepat sebagai solusi atas keterbatasan akses dokter hewan yang sebagian besar berada di wilayah perkotaan. Sistem dibangun berdasarkan pengetahuan pakar dari drh. Fahmi Fandi Putranto dan mampu mengidentifikasi 11 jenis penyakit kucing dari 21 gejala. *Forward Chaining* digunakan untuk penelusuran aturan IF-THEN, sedangkan *Certainty Factor* digunakan untuk perhitungan kepastian dengan enam tingkat keyakinan pengguna. Sistem dikembangkan melalui tiga tahap (persiapan, prototyping, dan penyelesaian) menggunakan PHP, Laravel, SQL, dan JSON. Hasil pengujian menunjukkan sistem cukup konsisten dengan perhitungan manual, dimana dari 14 kasus uji, 13 sesuai dan 1 tidak, dengan akurasi berkisar antara 37% hingga 99,13%. Namun penelitian

ini memiliki sejumlah keterbatasan, antara lain validasi akurasi hanya dibandingkan dengan perhitungan Excel, belum dengan diagnosis klinis kasus nyata. knowledge base hanya berasal dari satu dokter hewan tanpa validasi pakar lain. Cakupan penyakit dan gejala masih terbatas, tidak ada fitur tracking riwayat diagnosis, serta sistem tidak menyediakan visualisasi gejala maupun rekomendasi tindakan lanjutan. Sistem bersifat statis tanpa kemampuan pembelajaran otomatis dan hanya tersedia berbasis web.

2.10 Kesimpulan

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, sistem pakar dengan kombinasi metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor* terbukti efektif dan telah banyak diterapkan pada berbagai bidang, termasuk pertanian, kesehatan manusia dan hewan, serta pendidikan. *Forward Chaining* berperan dalam penalaran berbasis aturan dari gejala menuju ke kesimpulan, sedangkan *Certainty Factor* mampu menangani ketidakpastian melalui pemberian nilai keyakinan diagnosis. Dari sisi teknologi, sistem pakar dikembangkan dalam berbagai platform seperti web konvensional, desktop, dan mobile, masing-masing dengan kelebihan dan keterbatasan, terutama terkait aksesibilitas, kebutuhan instalasi, serta ketergantungan pada koneksi internet. Implementasi *Progressive Web Apps* (PWA) pada beberapa sistem informasi menunjukkan keunggulan signifikan, khususnya kemampuan akses offline, lintas platform, efisiensi penyimpanan, dan kemudahan pembaruan sistem. Namun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih memiliki keterbatasan, antara lain basis pengetahuan yang statis, cakupan diagnosis yang terbatas, tidak adanya fitur riwayat diagnosis, serta ketergantungan pada koneksi internet. Pada konteks sistem pakar diagnosis penyakit tanaman pinang,

belum ditemukan penelitian yang mengintegrasikan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor* dalam sistem berbasis PWA yang mendukung akses offline dan penyimpanan riwayat diagnosis. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa masih terdapat celah penelitian yaitu mengembangkan sistem pakar diagnosis penyakit tanaman pinang berbasis *Progressive Web App* dengan penerapan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor* agar menghasilkan sistem yang mampu memberikan diagnosis disertai nilai keyakinan, dapat digunakan secara *offline*, dan lebih mudah diakses oleh petani tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan.

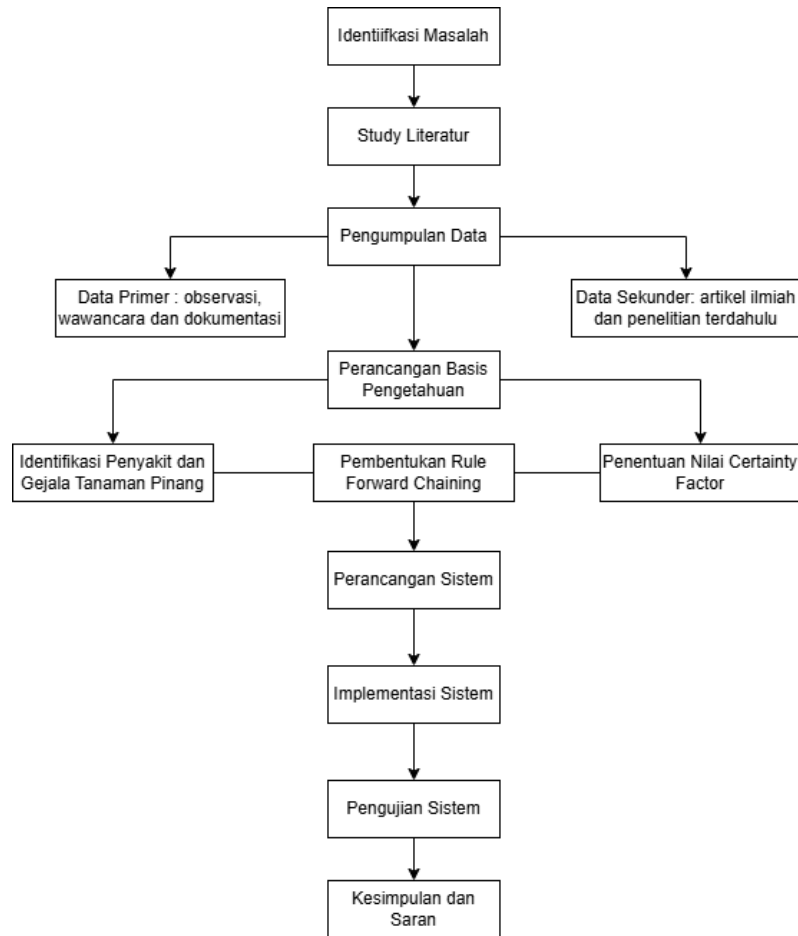
BAB III

METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan pendekatan, metode, dan tahapan yang digunakan dalam penelitian untuk merancang serta mengembangkan Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tanaman Pinang Berbasis *Progressive Web App* Menggunakan Metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor*. Penelitian ini difokuskan pada pembangunan sistem pakar berbasis PWA yang dapat digunakan untuk membantu petani dalam mendiagnosis penyakit tanaman pinang secara mandiri dapat diakses secara offline dengan fitur riwayat diagnosis untuk evaluasi perubahan gejala dari waktu ke waktu.

3.1 Kerangka Penelitian

Dalam rangka mendukung pelaksanaan penelitian ini agar lebih terarah dan sistematis, diperlukan suatu kerangka kerja penelitian yang tersusun secara terstruktur. Kerangka kerja ini mencakup tahapan-tahapan yang dilakukan peneliti dalam proses perancangan dan pengembangan sistem pakar. Kerangka kerja penelitian ini berfungsi sebagai pedoman dalam menjalankan setiap tahap penelitian, mulai dari identifikasi masalah hingga implementasi dan penarikan kesimpulan. Dengan adanya kerangka kerja ini, proses penelitian dapat berjalan secara terorganisasi, terukur, dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Tahapan-tahapan dalam kerangka kerja penelitian ini dirancang untuk memastikan bahwa setiap langkah yang dilakukan memberikan kontribusi nyata terhadap keberhasilan pembangunan sistem pakar diagnosis penyakit tanaman pinang.



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

Gambar 3.1 merupakan kerangka penelitian yang dilakukan dalam proses perancangan dan pengembangan sistem pakar diagnosis penyakit tanaman pinang berbasis *Progressive Web App*. Penelitian diawali dengan mengidentifikasi masalah untuk mengetahui kendala utama yang dihadapi petani dalam mendiagnosis penyakit tanaman pinang. Tahapan ini dilanjutkan dengan studi literatur yang berfungsi sebagai dasar teoritis dalam memahami konsep sistem pakar, metode *forward chaining*, *certainty factor*, *teknologi progressive web app*, serta penelitian terdahulu yang relevan. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dengan pakar tanaman pinang, observasi langsung di kebun pinang Seberang Tembilahan, studi literatur tentang penyakit tanaman pinang, sistem pakar, metode *forward*

chaining, *certainty factor*, dan *progressive web app*. Data yang terkumpul kemudian akan di rancang pada tahap perancangan basis pengetahuan. Tahap perancangan basis pengetahuan mencakup identifikasi penyakit dan gejala, pembentukan rule berbasis *Forward Chaining*, penentuan nilai *Certainty Factor*. Perancangan sistem meliputi arsitektur sistem, komponen PWA, pemodelan UML, perancangan basis data, dan antarmuka pengguna. Rancangan yang telah disusun diimplementasikan pada tahap implementasi sistem. Sistem yang telah dibangun kemudian diuji melalui tahap pengujian sistem menggunakan *black box testing* untuk menguji fungsionalitas, pengujian *progressive web app* untuk memastikan kemampuan offline dan menguji apakah sistem dapat mendiagnosis penyakit tanaman pinang. Setelah dinyatakan layak, sistem diimplementasikan untuk menampilkan hasil akhir dari sistem pakar yang telah dikembangkan, lengkap dengan seluruh fitur diagnosis berbasis *forward chaining* dan *certainty factor* serta kemampuan PWA untuk akses offline. Penelitian ini ditutup dengan penyusunan kesimpulan dan saran yang merangkum hasil penelitian, kontribusi sistem terhadap petani tanaman pinang, serta memberikan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa metode untuk memperoleh informasi yang komprehensif dan akurat mengenai penyakit tanaman pinang serta kebutuhan sistem. Data yang dikumpulkan dibagi menjadi dua kategori yaitu data primer dan data sekunder.

3.2.1 Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari sumber utama melalui penelitian lapangan. Teknik pengumpulan data primer dalam penelitian ini meliputi:

1. Observasi

Observasi lapangan dilakukan secara langsung di salah satu kebun pinang yang ada di Seberang Tembilahan untuk mengamati kondisi tanaman pinang yang terserang penyakit secara nyata dan mendokumentasikan gejala visual melalui foto serta catatan detail. Melalui observasi ini, peneliti juga dapat memahami kondisi lingkungan kebun serta ketersediaan akses jaringan internet yang menjadi pertimbangan dalam pengembangan sistem.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan narasumber yang memiliki keahlian dan pengalaman terkait tanaman pinang, yaitu Bu Supatmi S.P. yang bekerja di Dinas Perkebunan pada bidang Penyuluhan. Wawancara dengan pakar bertujuan untuk memperoleh pengetahuan mendalam mengenai jenis-jenis penyakit tanaman pinang, gejala yang muncul, penyebab penyakit, serta metode penanggulangannya. Selain itu, pakar juga memberikan nilai kepastian (*Certainty Factor*) untuk setiap gejala terhadap penyakit tertentu. Sementara itu, wawancara dengan petani dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang mereka hadapi dalam mendiagnosis penyakit, pengalaman dalam menangani serangan penyakit, serta kebutuhan informasi yang mereka perlukan dari sistem.

3. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan untuk mendapatkan foto foto penyakit yang ada di salah satu kebun pinang yang di Seberang Tembilahan.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber yang sudah ada dan telah dikumpulkan oleh pihak lain sebelumnya. Data sekunder yang ada pada penelitian ini meliputi artikel ilmiah dan penelitian terdahulu mengenai sistem pakar, metode *forward chaining*, metode *certainty factor*, dan *Progressive Web App*.

3.3 Perancangan Basis Pengetahuan

Pada penelitian ini, basis pengetahuan dirancang untuk menyimpan informasi mengenai penyakit tanaman pinang, gejala yang muncul, aturan diagnosis, dan nilai kepastian dari setiap gejala terhadap penyakit tertentu. Perancangan basis pengetahuan didapat dari pengetahuan pakar, petani, literatur, dan hasil observasi lapangan yang kemudian direpresentasikan dalam bentuk yang dapat diproses oleh sistem.

3.3.1 Identifikasi Penyakit dan Gejala

Penyakit dan Gejala didapat dari hasil wawancara dengan pakar, observasi lapangan di kebun pinang Seberang Tembilahan, serta studi literatur. Identifikasi ini menjadi dasar dalam pembentukan basis pengetahuan sistem pakar.

3.3.2 Pembentukan Rule Berbasis *Forward Chaining*

Metode *Forward Chaining* digunakan sebagai mesin inferensi dalam sistem pakar ini dengan mekanisme penalaran dari fakta (gejala) menuju kesimpulan

(penyakit). Rule direpresentasikan dalam bentuk struktur IF-THEN yang menghubungkan gejala dengan penyakit tertentu.

Struktur umum rule dalam sistem ini adalah:

IF (Gejala 1) AND (Gejala 2) AND ... AND (Gejala n)

THEN Penyakit

3.3.3 Penentuan Nilai Certainty Factor

Certainty Factor (CF) digunakan untuk mengukur tingkat kepastian atau keyakinan terhadap suatu diagnosis berdasarkan gejala yang muncul. Nilai CF diperoleh melalui konsultasi mendalam dengan Bu Supatmi S.P, yang bekerja di Dinas Perkebunan pada bidang Penyuluhan, yang menilai seberapa kuat hubungan antara setiap gejala dengan penyakit tertentu berdasarkan pengalaman dan pengetahuan beliau di bidang pertanian tanaman pinang. Skala Nilai Certainty Factor:

Skala nilai *Certainty Factor* yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian Rahmad Dian dkk, di mana nilai CF pakar ditentukan berdasarkan tingkat keyakinan dengan rentang nilai 0 hingga 1 sebagaimana ditunjukkan pada table 3.1.

Tabel 3. 1 Nilai Certainty Factor

No	Keterangan	Nilai CF
1	Tidak Yakin	0
2	Kurang Yakin	0.2
3	Sedikit Yakin	0.4
4	Cukup Yakin	0.6
5	Yakin	0.8
6	Sangat Yakin	1

3.4 Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum mengenai struktur dan alur kerja Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tanaman Pinang berbasis *Progressive Web App* (PWA) sebelum tahap implementasi. Sistem melibatkan 2 aktor utama, yaitu user/petani, dan admin, di mana user dapat mengakses halaman informasi penyakit dan halaman diagnosis tanpa login, sementara user dapat melakukan konsultasi diagnosis dengan memilih gejala beserta tingkat keyakinannya dan menyimpan riwayat hasil diagnosis nya. Proses diagnosis dilakukan menggunakan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor* untuk menghasilkan diagnosis penyakit dengan persentase tingkat keyakinan, serta dirancang dapat berjalan secara offline. Admin berperan dalam mengelola data penyakit, gejala, aturan diagnosis, solusi penanggulangan, halaman informasi, dan halaman diagnosis. Perancangan basis data disusun menggunakan pendekatan basis data berbasis dokumen (*document-based database*) dengan *Firebase Firestore* sebagai platform penyimpanan, yang mencakup struktur data penyakit, gejala, *rules*, serta konten halaman informasi. Pemodelan sistem dijelaskan menggunakan *Unified Modeling Language* (UML), seperti *Use Case Diagram*, *Activity Diagram*, *Class Diagram*, *SequenceDiagram*. dengan pembahasan lebih rinci disajikan pada Bab IV.

3.5 Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahap penerapan hasil rancangan ke dalam bentuk aplikasi yang dapat digunakan secara nyata. Pada tahap ini, seluruh komponen yang telah dirancang, mulai dari basis pengetahuan, mesin inferensi, hingga antarmuka pengguna, dibangun menjadi sebuah sistem pakar berbasis

Progressive Web App yang fungsional. Sistem diimplementasikan menggunakan Vanilla JavaScript tanpa framework frontend tambahan sehingga menghasilkan aplikasi yang ringan dan dapat berjalan langsung di browser. Firebase digunakan sebagai platform backend-as-a-service yang mencakup Firestore sebagai basis data dokumen, Firebase Authentication untuk autentikasi admin, dan Firebase Storage untuk penyimpanan foto penyakit. Untuk mendukung kemampuan PWA, sistem dilengkapi Service Worker untuk caching aset dan pengelolaan jaringan, serta IndexedDB sebagai penyimpanan lokal yang memungkinkan sistem tetap berfungsi dalam kondisi offline.

Pembuatan laporan riwayat diagnosis dalam format PDF diimplementasikan menggunakan library jsPDF. Antarmuka pengguna dirancang sederhana dan responsif agar mudah digunakan oleh petani melalui berbagai jenis perangkat. Sistem menyediakan dua level akses, yaitu pengguna umum yang dapat mengakses informasi penyakit, melakukan diagnosis, dan melihat riwayat diagnosis, serta admin yang mengelola seluruh data sistem melalui dasbor admin. Hasil implementasi antarmuka sistem selengkapnya disajikan pada Bab IV.

3.6 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tanaman Pinang yang dikembangkan dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional dan menghasilkan diagnosis yang valid. Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *black box testing*. Pengujian *Black Box Testing* dilakukan untuk menguji fungsi-fungsi sistem tanpa melihat struktur kode program, dengan fokus pada kesesuaian input dan output yang dihasilkan. Pengujian ini mencakup seluruh fitur utama sistem, seperti input nama

pengguna, pemilihan gejala dan tingkat keyakinan, proses diagnosis menggunakan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor*, penyajian hasil diagnosis, penyimpanan riwayat hasil diagnosis, serta pengelolaan data oleh admin.

Selain itu, pengujian juga dilakukan untuk memastikan fitur *Progressive Web App* (PWA) berjalan dengan baik, khususnya kemampuan sistem untuk diakses secara offline dan melakukan sinkronisasi data ketika koneksi internet kembali tersedia. Hasil pengujian *black box* dinyatakan berhasil apabila seluruh fungsi sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan tanpa terjadi kesalahan fungsional. Melalui pengujian *black box* ini, diharapkan sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga memiliki tingkat keandalan dan akurasi yang dapat dipertanggungjawabkan sebagai alat bantu diagnosis penyakit tanaman pinang bagi petani.

51

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

46

186

133

64

94

234

81

39

Bab ini menyajikan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengembangan Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tanaman Pinang Berbasis Progressive Web App menggunakan metode Forward Chaining dan Certainty Factor. Pembahasan mencakup seluruh tahapan yang telah dilaksanakan, mulai dari hasil pengumpulan data, perancangan basis pengetahuan, penerapan metode forward chaining dan certainty factor, implementasi sistem, hingga pengujian sistem yang meliputi black box testing, pengujian PWA, dan validasi pakar. Seluruh tahapan yang disajikan dalam bab ini merupakan realisasi dari metodologi penelitian yang telah diuraikan pada Bab III, dan hasilnya diharapkan dapat menjawab rumusan masalah penelitian, yakni permasalahan yang dihadapi petani dalam mendiagnosis penyakit tanaman pinang, bagaimana membangun sistem pakar yang mampu membantu petani mendiagnosis penyakit tanaman pinang secara mandiri dan dapat diakses dalam kondisi jaringan terbatas melalui teknologi Progressive Web App, serta bagaimana hasil pengujian terhadap sistem yang telah dibangun.

4.1 Hasil Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga metode utama, yaitu wawancara dengan pakar, study literatur dan observasi lapangan. Wawancara dilaksanakan bersama Bu Supatmi, S.P., yang merupakan penyuluh pertanian pada Dinas Perkebunan Kabupaten Indragiri Hilir, dengan tujuan memperoleh pengetahuan mendalam mengenai jenis-jenis penyakit tanaman pinang, gejala yang muncul, serta solusi penanggulangannya. Selain wawancara dengan pakar,

dilakukan pula observasi lapangan secara langsung di salah satu kebun pinang yang berada di Seberang Tembilahan untuk mengamati dan mendokumentasikan gejala penyakit yang tampak secara visual pada tanaman, sekaligus wawancara dengan petani pemilik kebun. Hasil wawancara dengan petani menunjukkan bahwa petani masih belum mengetahui jenis penyakit dan gejala pada tanaman pinang, serta terkendala jarak dan ketersediaan pakar/penyuluh pertanian yang terbatas untuk melakukan konsultasi secara langsung. Berdasarkan hasil wawancara, study literatur dan observasi tersebut, diperoleh data lima penyakit utama yang umum menyerang tanaman pinang di wilayah Kabupaten Indragiri Hilir. Kelima penyakit tersebut disajikan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Data Penyakit dan Solusi Penanganan Tanaman Pinang

No	Kode	Nama Penyakit	Penyebab	Solusi dan Penanganan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.	P1	Busuk Buah	<i>Phytophthora palmivora</i>	Pangkas dan musnahkan buah terinfeksi. Semprotkan fungisida berbahan aktif tembaga (<i>copper hydroxide</i>) atau metalaksil sesuai dosis. Perbaiki drainase kebun agar tidak tergenang air. Sanitasi kebun rutin, buang sisa buah busuk. Hindari pelukaan mekanis pada buah.
2.	P2	Busuk Pucuk	<i>Phytophthora palmivora</i>	Segera potong dan bakar bagian pucuk yang terinfeksi. Aplikasikan fungisida sistemik berbahan metalaksil atau fosetil-Al pada bekas potongan. Oleskan pasta fungisida (<i>bordeaux mixture</i>) pada luka. Perbaiki drainase di sekitar pangkal pohon. Hindari pemupukan N berlebihan.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3.	P3	Menguning Daun	<i>Phytoplasma</i>	Kendalikan serangga vektor dengan insektisida sistemik. Cabut dan bakar pohon yang terinfeksi berat untuk mencegah penularan. Gunakan bibit sehat bersertifikat bebas <i>phytoplasma</i> . Lakukan pemupukan berimbang (K tinggi untuk meningkatkan ketahanan). Isolasi pohon sakit agar vektor tidak berpindah ke pohon sehat
4.	P4	Busuk Akar dan Pangkal Batang (Ganoderma)	<i>Ganoderma lucidum</i>	Cabut dan bakar pohon terinfeksi beserta akarnya secara menyeluruh. Sterilkan tanah bekas pohon dengan kaptan atau fungisida berbahan trikoderma. Hindari penanaman di lahan bekas kelapa sawit/kelapa tanpa perlakuan tanah. Aplikasikan agen hayati <i>Trichoderma harzianum</i> di sekitar perakaran. Lakukan rotasi tanaman dan perbaiki drainase lahan.
5.	P5	Bercak Daun	<i>Colletotrichum</i> / <i>Pestalotiopsis</i>	Pangkas daun terinfeksi dan musnahkan. Semprotkan fungisida berbahan mankozeb atau klorotalonil secara berkala. Hindari kelembapan berlebihan; atur jarak tanam agar sirkulasi udara baik. Gunakan bibit sehat dan steril di pembibitan. Kurangi stres tanaman dengan pemupukan dan pengairan yang cukup.

Selanjutnya, dari masing-masing penyakit tersebut diperoleh data gejala yang menjadi dasar pembentukan basis pengetahuan sistem. Secara keseluruhan terdapat 16 gejala yang teridentifikasi, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Data Gejala Penyakit Tanaman Pinang

No	Kode Gejala	Gejala	Penyakit Terkait
(1)	(2)	(3)	(4)
1.	G1	Bercak kebasahan pada permukaan buah	P1
2.	G2	Bercak dimulai dari bagian dekat kelopak (<i>calyx</i>)	P1
3.	G3	Buah membusuk dan gugur sebelum matang	P1
4.	G4	Daun muda/janur menguning	P2
5.	G5	Daun muda berubah kecokelatan dan layu	P2
6.	G6	Pucuk tanaman membusuk dan mudah dicabut	P2
7.	G7	Pucuk mengeluarkan bau busuk menyengat	P2
8.	G8	Daun bagian bawah menguning bertahap menuju pucuk	P3
9.	G9	Ukuran daun mengecil (kerdil)	P3
10.	G10	Ruas batang memendek	P3
11.	G11	Produksi buah menurun drastis hingga berhenti	P3
12.	G12	Daun bagian bawah menguning dan terkulai	P4
13.	G13	Jaringan kayu pangkal batang membusuk berwarna coklat gelap	P4
14.	G14	Muncul tubuh buah jamur setengah lingkaran di pangkal batang	P4
15.	G15	Muncul bercak kecil coklat tua/hitam pada daun	P5
16.	G16	Bercak menyatu, daun tampak terbakar (<i>nekrosis</i>)	P5

Selain data penyakit dan gejala, pakar juga memberikan nilai kepastian (*Certainty Factor*) berupa nilai *Measure of Belief* (MB) dan *Measure of Disbelief* (MD) untuk setiap gejala terhadap penyakit yang bersangkutan. Nilai MB menunjukkan seberapa kuat suatu gejala mendukung diagnosis penyakit tertentu, sedangkan nilai MD menunjukkan seberapa besar gejala tersebut diragukan sebagai indikator penyakit tersebut. Nilai CF pakar dihitung menggunakan rumus $CF(h,e) = MB(h,e) - MD(h,e)$. Seluruh nilai MB dan MD yang diperoleh dari pakar disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Nilai CF Pakar (MB dan MD) per Gejala

No	Kode	Gejala	Penyakit	MB	MD	CF
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1.	G1	Bercak kebasahan pada permukaan buah	P1	0.8	0	0.8
2.	G2	Bercak dimulai dari bagian dekat kelopak (<i>calyx</i>)	P1	0.8	0	0.8
3.	G3	Buah membusuk dan gugur sebelum matang	P1	0.6	0	0.6
4.	G4	Daun muda/janur menguning	P2	0.6	0	0.6
5.	G5	Daun muda berubah kecokelatan dan layu	P2	0.8	0	0.8
6.	G6	Pucuk tanaman membusuk dan mudah dicabut	P2	0.8	0	0.8
7.	G7	Pucuk mengeluarkan bau busuk menyengat	P2	0.8	0	0.8
8.	G8	Daun bagian bawah menguning bertahap menuju pucuk	P3	0.8	0	0.8
9.	G9	Ukuran daun mengecil (kerdil)	P3	0.8	0	0.8
10.	G10	Ruas batang memendek	P3	0.8	0	0.8
11.	G11	Produksi buah menurun drastis hingga berhenti	P3	0.6	0	0.6
12.	G12	Daun bagian bawah menguning dan terkulai	P4	0.6	0	0.6
13.	G13	Jaringan kayu pangkal batang membusuk berwarna coklat gelap	P4	0.8	0	0.8
14.	G14	Muncul tubuh buah jamur setengah lingkaran di pangkal batang	P4	0.8	0	0.8
15.	G15	Muncul bercak kecil coklat tua/hitam pada daun	P5	0.6	0	0.6
16.	G16	Bercak menyatu, daun tampak terbakar (<i>nekrosis</i>)	P5	0.8	0	0.8

4.2 Perancangan Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan dirancang berdasarkan data penyakit, gejala, dan nilai *Certainty Factor* yang telah diperoleh dari pakar pada tahap pengumpulan data. Perancangan ini mencakup dua bagian utama, yaitu pembentukan *rule* menggunakan metode *Forward Chaining* dan penentuan nilai CF pakar untuk setiap gejala.

4.2.1 Pembentukan Rule dengan Metode Forward Chaining

Metode *Forward Chaining* bekerja dengan cara menelusuri fakta-fakta awal berupa gejala yang dipilih pengguna, kemudian mencocokkannya dengan aturan (*rule*) yang telah ditetapkan untuk menghasilkan kesimpulan berupa diagnosis penyakit. *Rule* direpresentasikan dalam bentuk struktur IF-THEN, di mana bagian IF memuat kondisi gejala dan bagian THEN memuat kesimpulan penyakit yang didiagnosis. Berdasarkan data gejala yang diperoleh dari pakar, disusun lima *rule* yang masing-masing mewakili satu penyakit tanaman pinang, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 4 Rule Forward Chaining Sistem Pakar Penyakit Tanaman Pinang

Rule	Kondisi (IF)	Kesimpulan (THEN)
(1)	(2)	(3)
Rule 1	IF (G1) AND (G2) AND (G3)	THEN P1 (Busuk Buah)
Rule 2	IF (G4) AND (G5) AND (G6) AND (G7)	THEN P2 (Busuk Pucuk)
Rule 3	IF (G8) AND (G9) AND (G10) AND (G11)	THEN P3 (Menguning Daun)
Rule 4	IF (G12) AND (G13) AND (G14)	THEN P4 (Ganoderma)
Rule 5	IF (G15) AND (G16)	THEN P5 (Bercak Daun)

Proses penelusuran *forward chaining* dimulai dari fakta yang dimasukkan pengguna berupa gejala-gejala yang diamati pada tanaman. Sistem kemudian

mencocokkan gejala-gejala tersebut dengan bagian IF dari setiap *rule*. Sebuah *rule* dinyatakan aktif apabila minimal satu gejala dari bagian IF-nya dipilih oleh pengguna dengan nilai keyakinan lebih dari nol.

4.2.2 Penentuan Nilai *Certainty Factor* Pakar

Tabel 4. 5 Nilai CF Pakar per Rule

Rule	Kode Gejala	Gejala	MB	MD	CF Pakar
(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	(7)
Rule 1 (P1)	G1	Bercak kebasahan pada permukaan buah	0.8	0	0.8
	G2	Bercak dimulai dari bagian dekat kelopak (<i>calyx</i>)	0.8	0	0.8
	G3	Buah membusuk dan gugur sebelum matang	0.6	0	0.6
Rule 2 (P2)	G4	Daun muda/janur menguning	0.6	0	0.6
	G5	Daun muda berubah kecokelatan dan layu	0.8	0	0.8
	G6	Pucuk tanaman membusuk dan mudah dicabut	0.8	0	0.8
	G7	Pucuk mengeluarkan bau busuk menyengat	0.8	0	0.8
Rule 3 (P3)	G8	Daun bagian bawah menguning bertahap menuju pucuk	0.8	0	0.8
	G9	Ukuran daun mengecil (kerdil)	0.8	0	0.8
	G10	Ruas batang memendek	0.8	0	0.8
	G11	Produksi buah menurun drastis hingga berhenti	0.6	0	0.6
Rule 4 (P4)	G12	Daun bagian bawah menguning dan terkulai	0.6	0	0.6
	G13	Jaringan kayu pangkal batang membusuk berwarna coklat gelap	0.8	0	0.8
	G14	Muncul tubuh buah jamur setengah lingkaran di pangkal batang	0.8	0	0.8
Rule 5 (P5)	G15	Muncul bercak kecil coklat tua/hitam pada daun	0.6	0	0.6
	G16	Bercak menyatu, daun tampak terbakar (<i>nekrosis</i>)	0.8	0	0.8

Nilai CF pakar pada Tabel tersebut selanjutnya digunakan bersama nilai CF pengguna dalam proses perhitungan *Certainty Factor* untuk menghasilkan persentase keyakinan diagnosis, yang akan diuraikan pada sub-bab berikutnya.

4.3 Perhitungan *Certainty Factor*

Setelah proses penelusuran *rule* dengan metode *forward chaining* menghasilkan *rule* yang aktif, tahap selanjutnya adalah menghitung nilai *Certainty Factor* (CF) untuk menentukan persentase keyakinan diagnosis. Perhitungan CF menggunakan tiga persamaan utama, yaitu:

$$CF(h,e) = MB(h,e) - MD(h,e)$$

$$CF_{\text{gejala}} = CF_{\text{user}} * CF_{\text{pakar}}$$

$$CF_{\text{combine}} = CF_{\text{old}} + CF_{\text{gejala}} * (1 - CF_{\text{old}})$$

4.3.1 Perhitungan Diagnosa

Perhitungan ini, petani menemukan adanya bercak kebasahan pada permukaan buah, bercak yang dimulai dari bagian dekat kelopak (*calyx*), serta buah yang membusuk dan gugur sebelum matang. Berdasarkan kondisi tersebut, petani memilih ketiga gejala yang terdapat pada Rule 1 dengan tingkat keyakinan “Sangat Yakin” yaitu nilai CF user 1,0 untuk masing-masing gejala, yang menunjukkan bahwa gejala-gejala tersebut memang benar-benar tampak jelas pada tanaman. Data gejala yang dilaporkan petani disajikan pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4. 6 Data Gejala yang Dipilih

No	Kode Gejala	Gejala	CF User	CF Pakar
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1.	G1	Bercak kebasahan pada permukaan buah	1.0	0.8
2.	G2	Bercak dimulai dari bagian dekat kelopak (<i>calyx</i>)	1.0	0.8
3.	G3	Buah membusuk dan gugur sebelum matang	1.0	0.6

Rule yang aktif berdasarkan gejala yang dilaporkan adalah: IF (G1) AND (G2) AND (G3) THEN P1 (Busuk Buah). Perhitungan dimulai dengan menghitung nilai CF gejala untuk setiap gejala aktif:

$$CF\ G1 = 1 * 0,8 = 0,8$$

$$CF\ G2 = 1 * 0,8 = 0,8$$

$$CF\ G3 = 1 * 0,6 = 0,6$$

Selanjutnya ketiga nilai tersebut dikombinasikan secara bertahap:

$$\begin{aligned} CF_{combine1} (CF_{gejala1}, CF_{gejala2}) &= CF_{gejala1} + CF_{gejala2} * (1 - CF_{gejala1}) \\ &= 0,8 + 0,8 * (1 - 0,8) \\ &= 0,8 + 0,16 \\ CF_{Fold} &= 0,96 \end{aligned}$$

Nilai 0,96 kemudian dikombinasikan dengan CF G3:

$$\begin{aligned} CF_{combine2} (CF_{Fold}, CF_{gejala3}) &= CF_{Fold} + CF_{gejala3} * (1 - CF_{Fold}) \\ &= 0,96 + 0,6 * (1 - 0,96) \\ &= 0,96 + 0,024 \\ CF_{rule1} &= 0,984 \\ Persentase\ rule1 &= CF_{rule1} * 100 \\ &= 0,984 * 100 \\ &= 98,4\% \end{aligned}$$

Dengan demikian, tanaman yang dikonsultasikan petani didiagnosis mengalami penyakit Busuk Buah (P1) dengan tingkat keyakinan 98,4%. Tingginya nilai keyakinan ini mencerminkan bahwa seluruh gejala yang dilaporkan sepenuhnya sesuai dengan basis pengetahuan yang telah ditetapkan pakar. Hasil perhitungan ini selanjutnya akan diverifikasi dengan output sistem pada sub-bab 4.6.3.

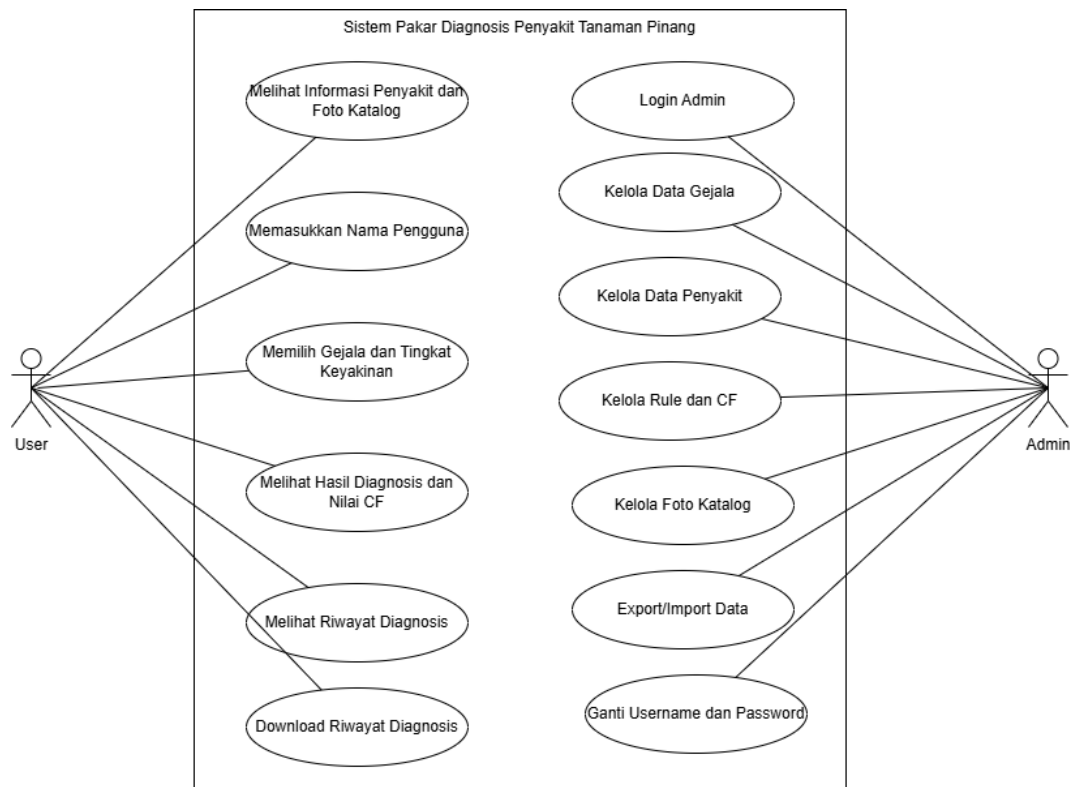
4.4 Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini menggunakan pendekatan berorientasi objek yang dimodelkan menggunakan *Unified Modeling Language* (UML). Diagram UML yang digunakan meliputi *use case diagram*, *activity*

diagram, class diagram, dan sequence diagram. Perancangan ini bertujuan untuk menggambarkan alur kerja, interaksi antar aktor, serta struktur data yang digunakan dalam sistem pakar diagnosis penyakit tanaman pinang berbasis *Progressive Web App*.

4.4.1 Use Case Diagram

Use case diagram digunakan untuk menggambarkan interaksi antara aktor dengan fungsionalitas yang tersedia dalam sistem. Diagram ini menunjukkan fungsi-fungsi utama yang dapat diakses oleh masing-masing aktor serta menggambarkan batasan sistem yang memisahkan apa yang menjadi bagian dari sistem dan apa yang berada di luar sistem.



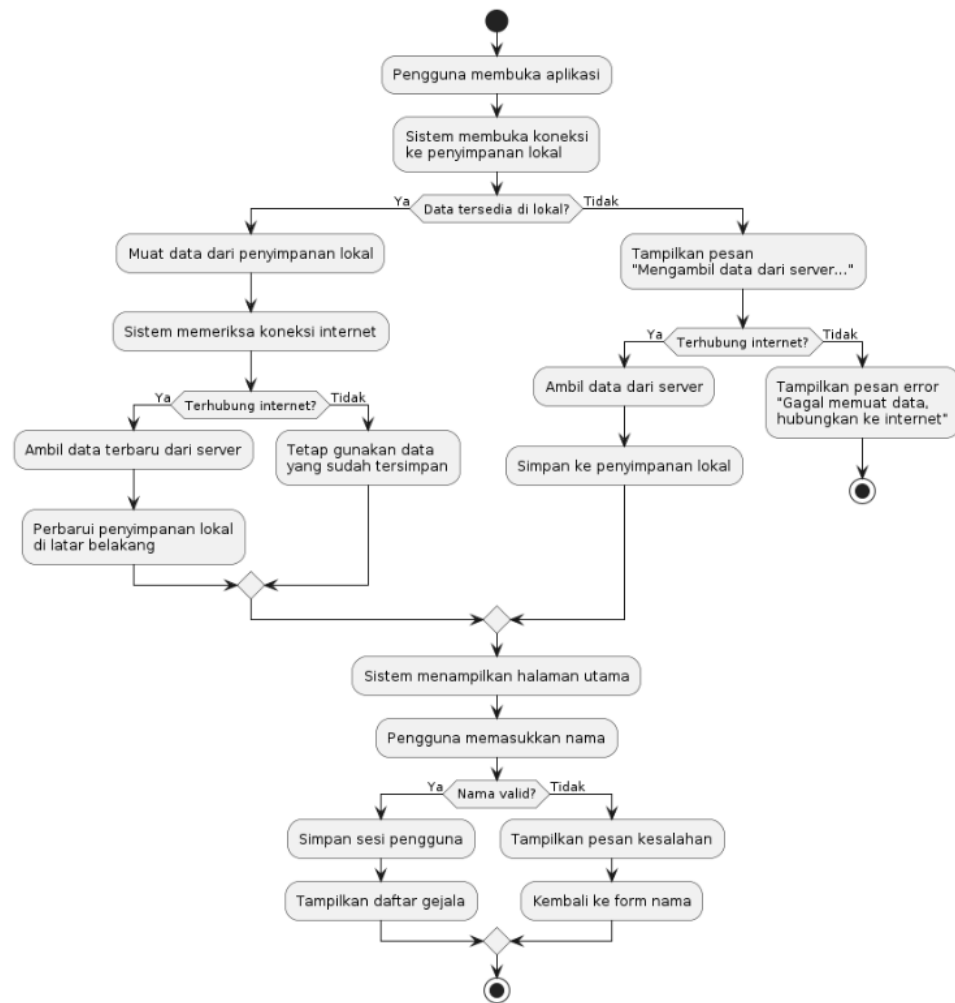
Gambar 4. 1 Usecase Diagram

Gambar 4.1 *Use Case Diagram* menggambarkan interaksi antara dua aktor utama dalam sistem, yaitu User dan Admin. User sebagai aktor utama memiliki akses terhadap enam fungsi dalam sistem, yaitu melihat informasi penyakit dan foto katalog, memasukkan

nama pengguna, memilih gejala dan tingkat keyakinan, melihat hasil diagnosis dan nilai CF, melihat riwayat diagnosis, serta mengunduh riwayat diagnosis. Admin memiliki tujuh hak akses khusus, yaitu *login* admin, *kelola data gejala*, *kelola data penyakit*, *kelola rule* dan CF, *kelola* foto katalog, *export/import* data, serta mengganti *username* dan *password*.

4.4.2 Activity Diagram

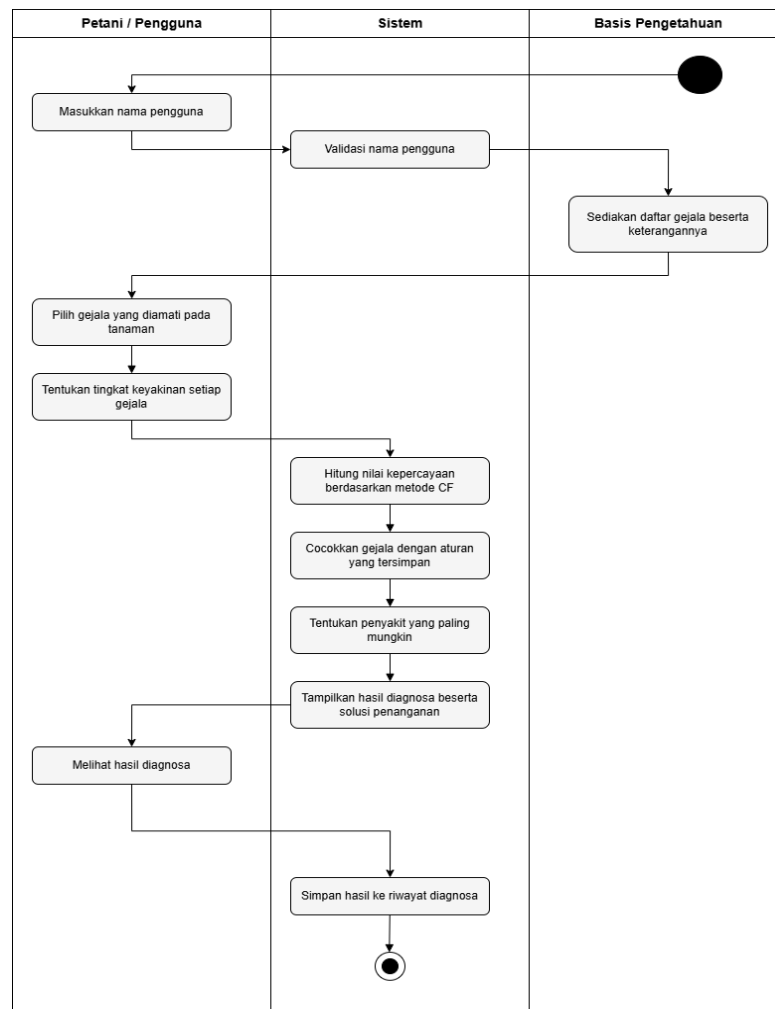
Activity diagram digunakan untuk menggambarkan alur aktivitas yang terjadi dalam sistem secara berurutan. Diagram ini menunjukkan langkah-langkah yang dilakukan oleh pengguna dan respons sistem terhadap setiap aksi yang dilakukan. Pada penelitian ini terdapat enam *activity diagram* yang masing-masing merepresentasikan alur aktivitas yang berbeda.



Gambar 4.2 Activity Diagram Inisialisasi Aplikasi

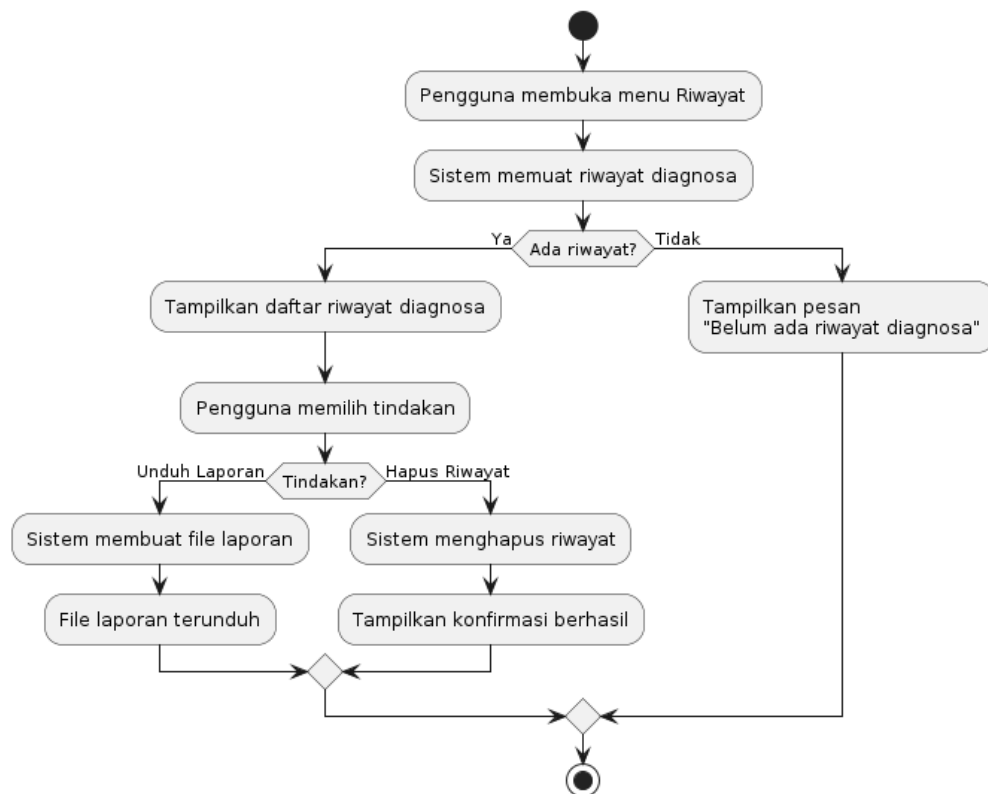
Gambar 4.2 *Activity Diagram* Inisialisasi Aplikasi menggambarkan Saat pengguna membuka aplikasi, sistem langsung membuka koneksi ke penyimpanan lokal di perangkat dan memeriksa apakah data basis pengetahuan sudah tersimpan sebelumnya. Jika data tersedia di lokal, sistem langsung memuatnya sehingga aplikasi dapat berjalan tanpa menunggu. Sistem kemudian memeriksa koneksi internet di latar belakang. Jika terhubung, data terbaru diambil dari server dan penyimpanan lokal diperbarui secara diam-diam tanpa mengganggu pengguna. Jika tidak terhubung, sistem tetap menggunakan data yang sudah ada.

Jika data tidak tersedia di lokal (pertama kali membuka aplikasi), sistem menampilkan pesan "Mengambil data dari server" dan memeriksa koneksi internet. Jika terhubung, data diambil dari server dan disimpan ke penyimpanan lokal. Jika tidak terhubung, sistem menampilkan pesan error "Gagal memuat data, hubungkan ke internet" dan aplikasi berhenti karena tidak ada data sama sekali yang dapat digunakan. Setelah data siap, sistem menampilkan halaman utama dan meminta pengguna memasukkan nama. Jika nama valid, sesi disimpan dan daftar gejala ditampilkan. Jika tidak valid, pengguna diminta mengisi ulang.



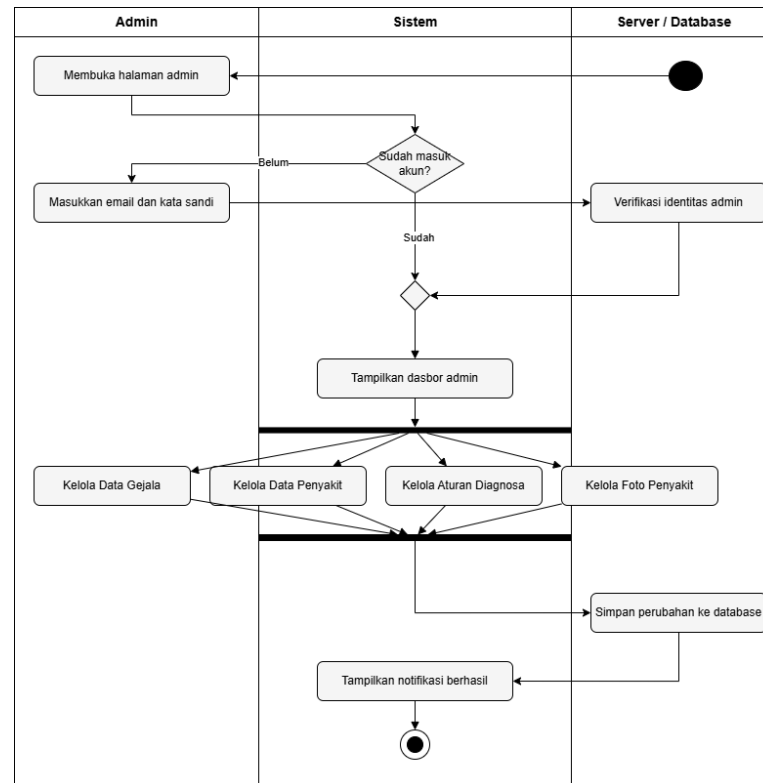
Gambar 4. 3 Activity Diagram Proses Diagnosa

Gambar 4.3 *Activity Diagram* Proses Diagnosa menggambarkan alur proses diagnosis penyakit tanaman pinang. Proses melibatkan tiga jalur yaitu Petani/Pengguna, Sistem, dan Basis Pengetahuan. Pengguna memasukkan nama yang kemudian divalidasi oleh sistem. Apabila nama valid, sistem menyimpan sesi pengguna dan menampilkan daftar gejala. Apabila tidak valid, sistem menampilkan pesan kesalahan dan mengarahkan kembali ke form nama. Setelah daftar gejala ditampilkan, pengguna memilih gejala yang diamati pada tanaman beserta tingkat keyakinan masing-masing gejala. Basis pengetahuan menyediakan daftar gejala beserta keterangannya sebagai acuan. Sistem kemudian menghitung nilai kepercayaan berdasarkan metode CF, mencocokkan gejala dengan aturan yang tersimpan, menentukan penyakit yang paling mungkin, dan menampilkan hasil diagnosis beserta solusi penanganan. Pengguna melihat hasil diagnosis dan sistem menyimpan hasil tersebut ke riwayat diagnosis secara otomatis.



Gambar 4. 4 Activity Diagram Riwayat Diagnosa

Gambar 4.4 *Activity Diagram* Riwayat Diagnosa menggambarkan alur proses melihat dan mengelola riwayat hasil diagnosis. Proses dimulai ketika pengguna melihat dan mengelola riwayat hasil diagnosis. Proses dimulai ketika pengguna membuka menu Riwayat dan sistem memuat riwayat diagnosis. Sistem memeriksa ketersediaan data riwayat, apabila tidak ada riwayat maka sistem menampilkan pesan "Belum ada riwayat diagnosa". Apabila riwayat tersedia, sistem menampilkan daftar riwayat diagnosis dan pengguna dapat memilih tindakan. Terdapat dua pilihan tindakan yaitu unduh laporan dan hapus riwayat. Apabila pengguna memilih unduh laporan, sistem membuat file laporan dan file tersebut terunduh secara otomatis. Apabila pengguna memilih hapus riwayat, sistem menghapus riwayat dan menampilkan konfirmasi berhasil.



Gambar 4. 5 Activity Diagram Admin Kelola Basis Pengetahuan

Gambar 4.5 Activity Diagram Admin Kelola Basis Pengetahuan

menggambarkan alur proses pengelolaan basis pengetahuan sistem oleh admin.

Proses dimulai ketika admin membuka halaman admin dan sistem memeriksa status

akun. Apabila admin belum masuk akun, sistem menampilkan form dan admin

memasukkan email dan kata sandi yang kemudian diverifikasi oleh server/database.

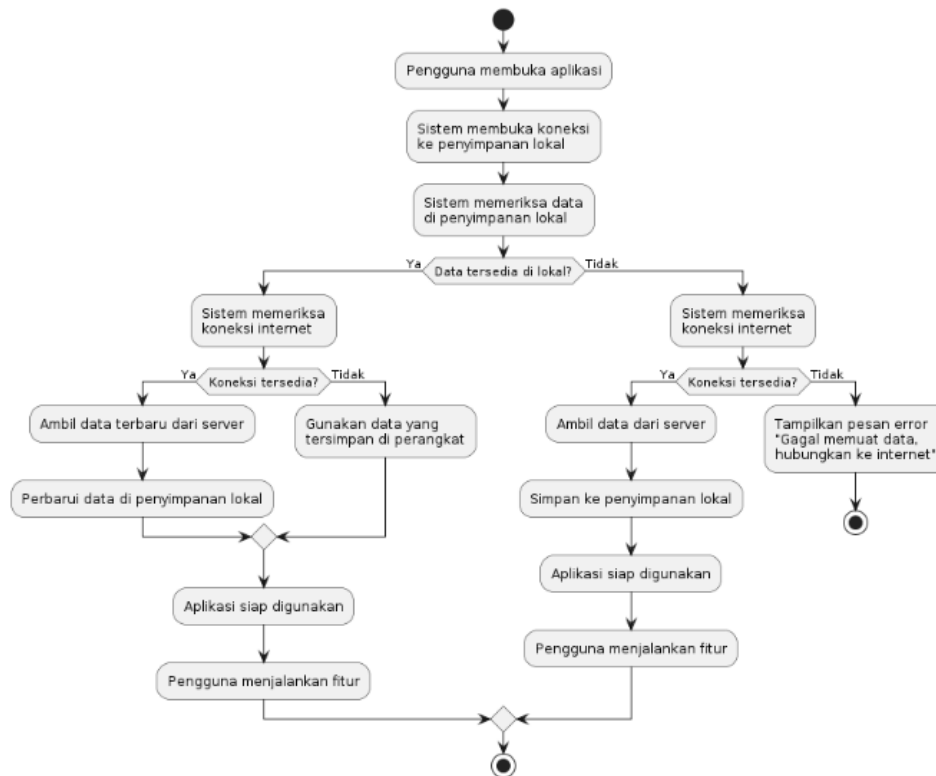
Apabila sudah masuk akun, sistem langsung menampilkan dasbor admin. Setelah

dasbor ditampilkan, admin dapat memilih empat menu pengelolaan secara paralel

yaitu kelola data gejala, kelola data penyakit, kelola aturan diagnosa, dan kelola

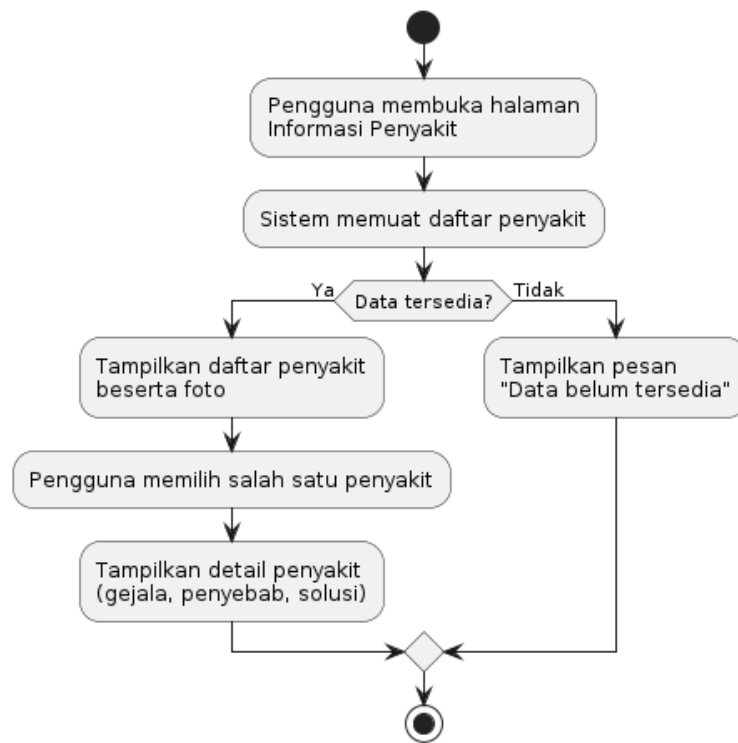
foto penyakit. Seluruh perubahan data disimpan ke database dan sistem

menampilkan notifikasi berhasil.



Gambar 4.6 Activity Diagram Penggunaan Offline

Gambar 4.6 *Activity Diagram* Penggunaan *Offline* menggambarkan Saat pengguna membuka aplikasi, sistem membuka koneksi ke penyimpanan lokal dan memeriksa apakah data sudah tersimpan di perangkat. Jika data tersedia di lokal, sistem memeriksa koneksi internet. Jika terhubung, data terbaru diambil dari server dan penyimpanan lokal diperbarui. Jika tidak terhubung, sistem langsung menggunakan data yang tersimpan di perangkat. Dalam kedua kondisi ini aplikasi tetap dapat berjalan normal dan pengguna dapat menjalankan seluruh fitur termasuk diagnosa. Jika data tidak tersedia di lokal, sistem memeriksa koneksi internet. Jika terhubung, data diambil dari server, disimpan ke penyimpanan lokal, dan aplikasi siap digunakan. Jika tidak terhubung, sistem menampilkan pesan error dan aplikasi tidak dapat berjalan karena tidak ada data sama sekali baik di lokal maupun dari server.



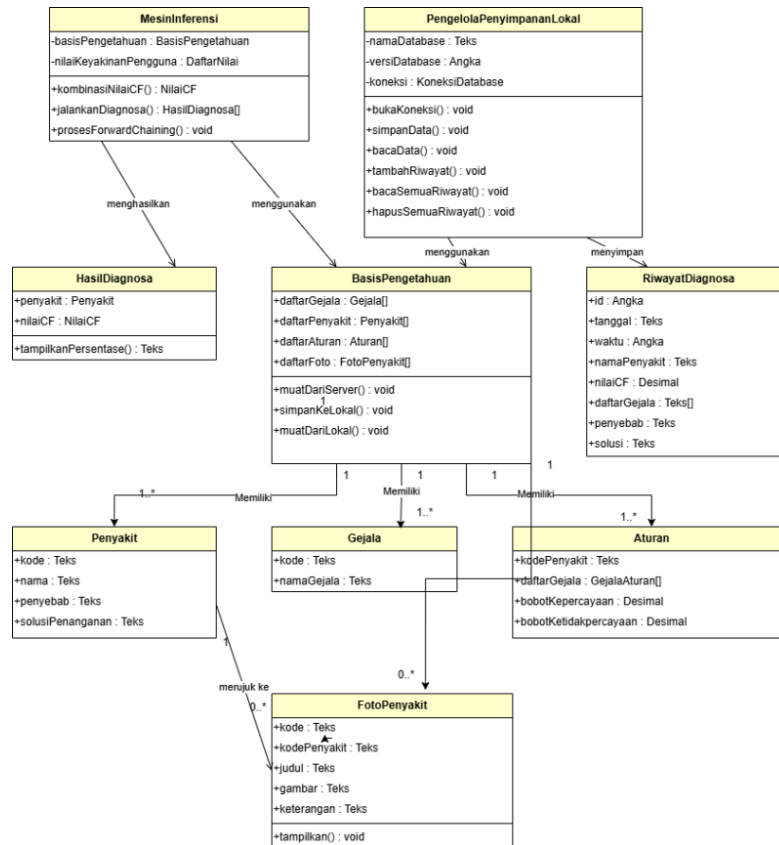
Gambar 4. 7 Activity Diagram Informasi Penyakit

Gambar 4.7 *Activity Diagram* Informasi Penyakit menggambarkan alur proses menampilkan informasi penyakit tanaman pinang kepada pengguna. Proses dimulai ketika pengguna membuka halaman Informasi Penyakit dan sistem memuat daftar penyakit. Sistem memeriksa ketersediaan data, apabila tidak ada data maka sistem menampilkan pesan "Data belum tersedia". Apabila data tersedia, sistem menampilkan daftar penyakit beserta foto. Pengguna kemudian memilih salah satu penyakit untuk melihat detail berupa gejala, penyebab, dan solusi penanganannya secara lengkap.

4.4.3 Class Diagram

Class diagram digunakan untuk menggambarkan struktur sistem secara statis dengan menunjukkan kelas-kelas yang ada dalam sistem, atribut dan metode yang

dimiliki setiap kelas, serta hubungan atau relasi antar kelas. Diagram ini menjadi cetak biru dari struktur data dan logika sistem yang akan dibangun.



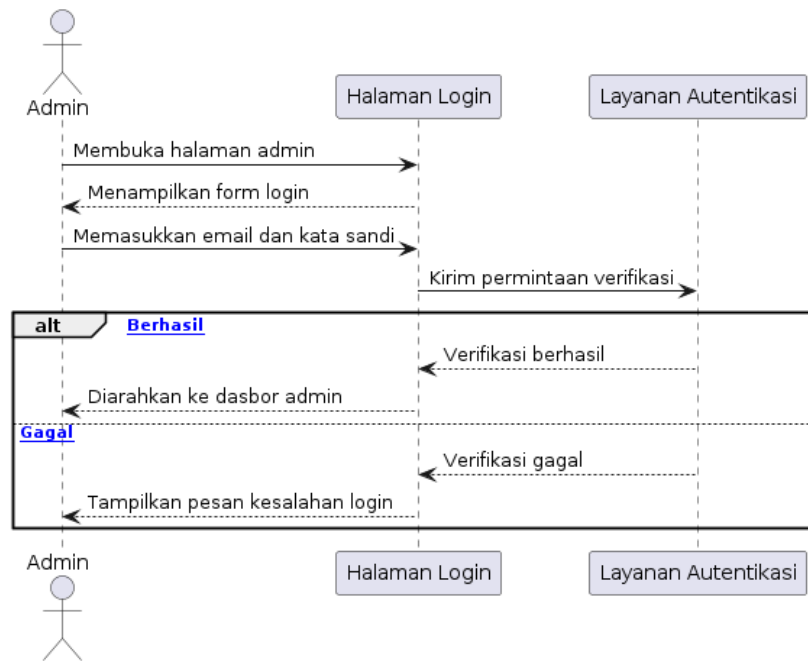
Gambar 4. 8 Class Diagram

Gambar 4.8 *Class Diagram* menggambarkan struktur sistem yang dibangun atas sembilan kelas utama yang saling berintegrasi untuk menjalankan fungsi diagnosa. Inti dari sistem ini adalah MesinInferensi, yang bertanggung jawab menjalankan proses diagnosa menggunakan metode *forward chaining* dan perhitungan nilai *Certainty Factor* (CF) berdasarkan referensi dari Basis Pengetahuan serta nilai keyakinan pengguna. BasisPengetahuan sendiri berperan sebagai repositori data yang menyimpan daftar Gejala, Penyakit, Aturan, dan FotoPenyakit, dengan tugas tambahan mengelola sinkronisasi data antara server dan penyimpanan lokal.

Data yang dikelola dalam BasisPengetahuan memiliki struktur yang spesifik: kelas Penyakit menyimpan informasi solusi, Gejala menampung daftar gejala pilihan, sementara Aturan menghubungkan keduanya melalui bobot kepercayaan. Selain itu, terdapat kelas FotoPenyakit yang menyediakan visualisasi katalog untuk penyakit terkait. Seluruh operasional data di tingkat perangkat ditangani oleh PengelolaPenyimpananLokal, yang mengatur koneksi database serta fungsi baca-tulis, termasuk pengelolaan catatan RiwayatDiagnosa. Sebagai hasil akhir dari interaksi komponen tersebut, HasilDiagnosa akan merepresentasikan keluaran proses berupa identifikasi penyakit dan nilai persentase keyakinan (CF) yang akurat.

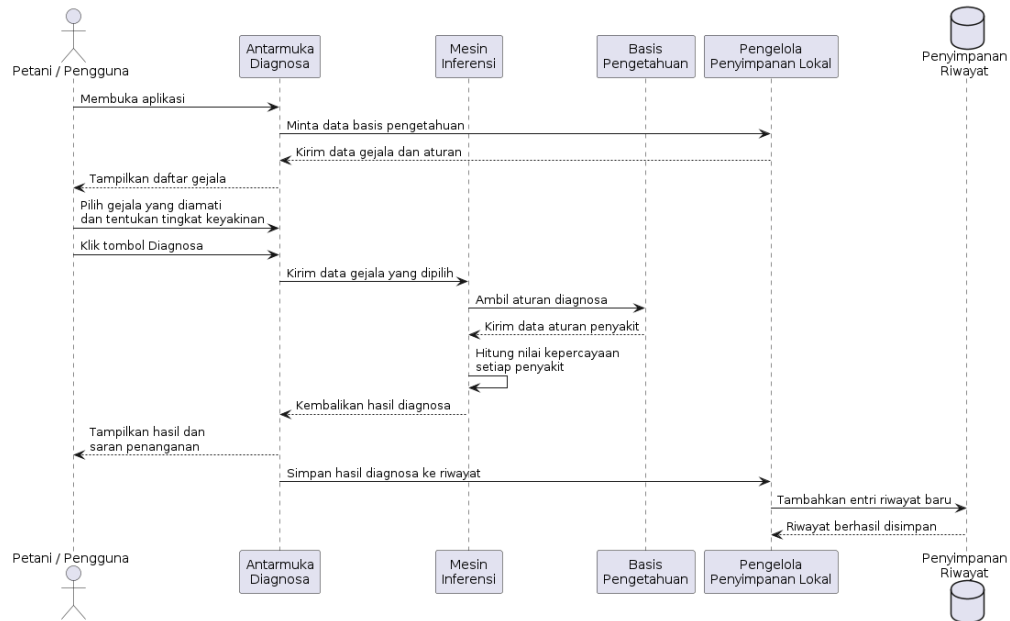
4.4.4 Sequence Diagram

Sequence diagram digunakan untuk menggambarkan interaksi antar objek dalam sistem berdasarkan urutan waktu. Diagram ini menunjukkan bagaimana objek-objek saling berkiriman pesan untuk menyelesaikan suatu fungsi atau proses tertentu. Pada penelitian ini terdapat delapan *sequence diagram* yang masing-masing merepresentasikan skenario interaksi yang berbeda.



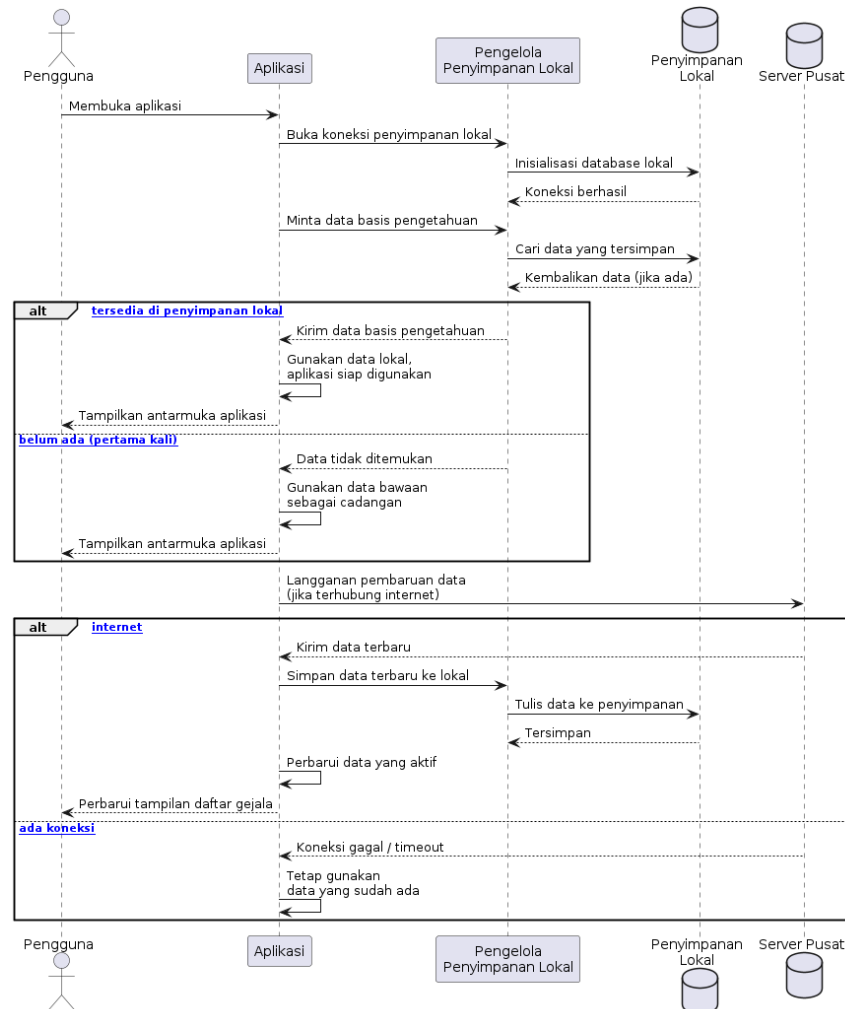
Gambar 4. 9 Sequence Diagram Login Admin

Gambar 4.9 *Sequence Diagram Login Admin* menggambarkan urutan interaksi selama proses autentikasi admin berlangsung. Proses dimulai ketika admin membuka halaman admin dan sistem menampilkan form login. Admin memasukkan email dan kata sandi yang kemudian dikirimkan ke Layanan Autentikasi sebagai permintaan verifikasi. Apabila verifikasi berhasil, Layanan Autentikasi mengembalikan konfirmasi berhasil dan sistem mengarahkan admin ke dasbor admin. Apabila verifikasi gagal, Layanan Autentikasi mengembalikan konfirmasi gagal dan sistem menampilkan pesan kesalahan login kepada admin.



Gambar 4. 10 Sequence Diagram Proses Diagnosa

Gambar 4.10 *Sequence Diagram* Proses Diagnosa menggambarkan urutan interaksi selama proses diagnosis berlangsung. Saat pengguna membuka aplikasi, antarmuka diagnosa meminta data basis pengetahuan kepada pengelola penyimpanan lokal. Pengelola mengembalikan data gejala dan aturan, lalu antarmuka menampilkan daftar gejala kepada pengguna. Pengguna memilih gejala yang diamati dan menentukan tingkat keyakinan setiap gejala, kemudian menekan tombol Diagnosa. Antarmuka meneruskan data gejala yang dipilih ke mesin inferensi. Mesin inferensi mengambil aturan diagnosa dari basis pengetahuan, lalu menghitung nilai kepercayaan setiap penyakit secara internal. Hasil diagnosa dikembalikan ke antarmuka dan ditampilkan kepada pengguna beserta saran penanganan. Setelah hasil tampil, antarmuka menyimpan hasil diagnosa ke pengelola penyimpanan lokal. Pengelola menambahkan entri riwayat baru ke penyimpanan riwayat dan mengonfirmasi bahwa riwayat berhasil disimpan.



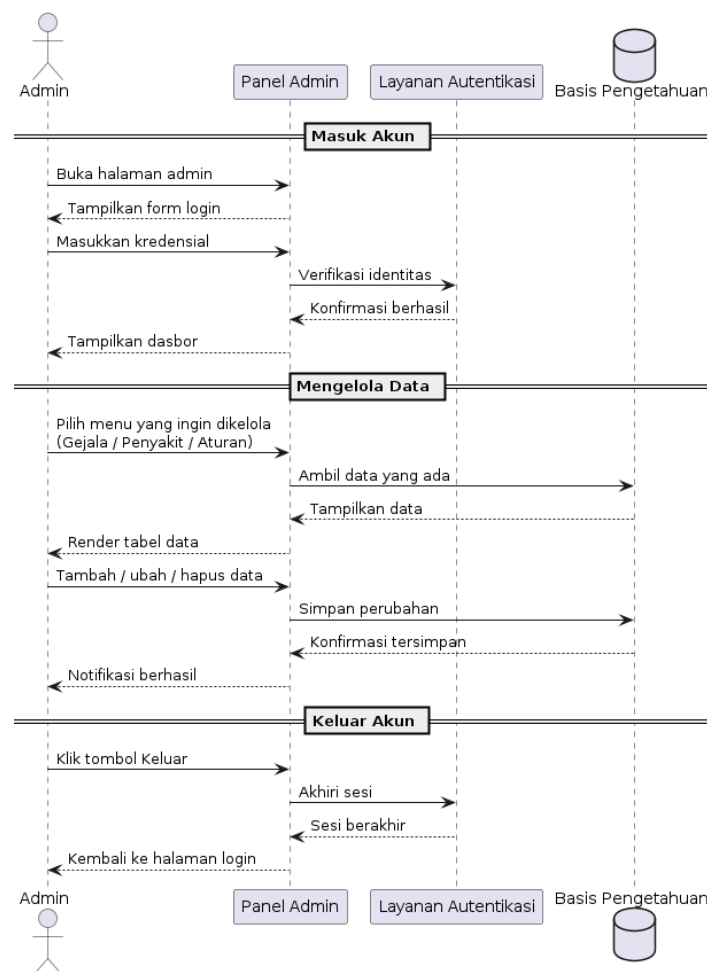
Gambar 4. 11 Sequence Diagram Sinkronisasi Data Saat Buka Aplikasi

Gambar 4.11 *Sequence Diagram* Sinkronisasi Data Saat pengguna membuka aplikasi, aplikasi memerintahkan pengelola penyimpanan lokal untuk membuka koneksi ke database lokal di perangkat. Database lokal merespons bahwa koneksi berhasil. Aplikasi kemudian meminta data basis pengetahuan, pengelola mencari data yang tersimpan dan mengembalikan hasilnya.

Terdapat dua kondisi. Jika data tersedia di lokal, pengelola mengirimkan data ke aplikasi, aplikasi langsung menggunakannya dan menampilkan antarmuka kepada pengguna. Secara paralel aplikasi memeriksa pembaruan di latar belakang ke server pusat. Jika terhubung internet, server mengirim data terbaru, aplikasi

memerintahkan pengelola menyimpannya ke lokal lalu memperbarui data aktif. Jika tidak ada koneksi, aplikasi tetap menggunakan data lokal yang ada.

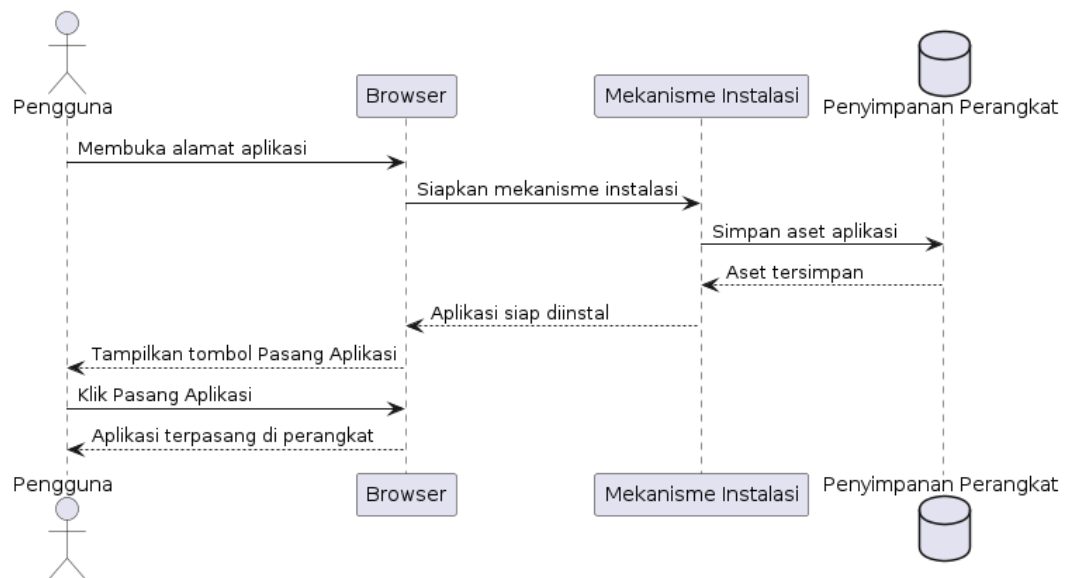
Jika data belum ada (pertama kali), pengelola mengembalikan data tidak ditemukan. Aplikasi menampilkan pesan "Mengambil data dari server..." lalu meminta data langsung ke server pusat. Jika terhubung internet, server mengirim data, aplikasi menyimpannya ke lokal dan antarmuka ditampilkan. Jika tidak ada koneksi, server gagal merespons dan aplikasi menampilkan pesan error "Gagal memuat data, hubungkan ke internet".



Gambar 4. 12 Sequence Diagram Admin Kelola Basis Pengetahuan

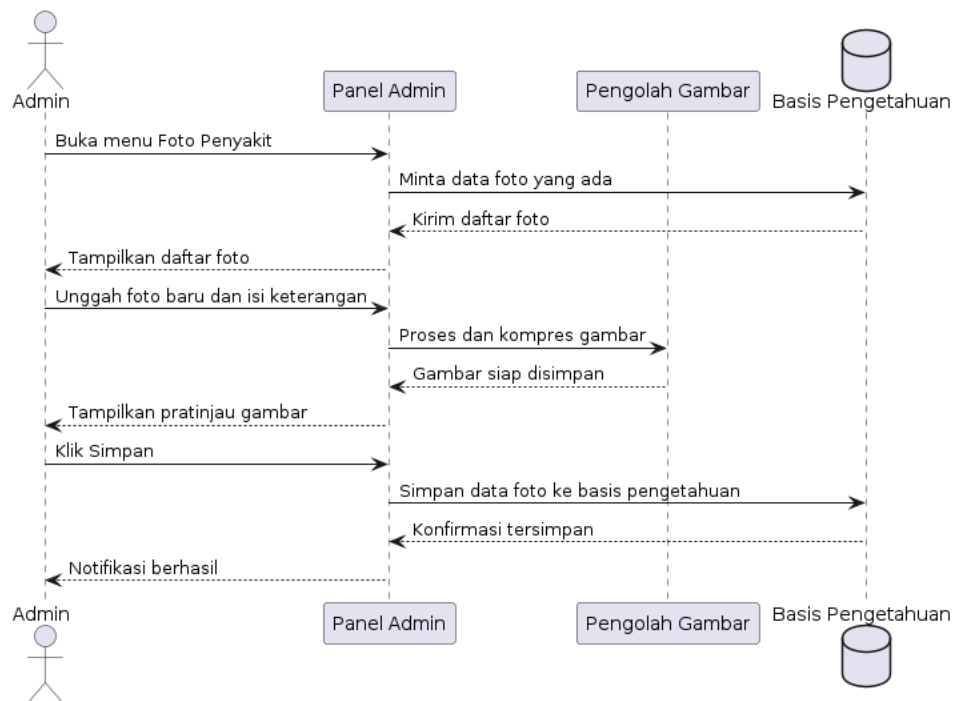
Gambar 4.12 *Sequence Diagram* Admin Kelola Basis Pengetahuan

menggambarkan urutan interaksi yang mencakup tiga tahap utama yaitu masuk akun, mengelola data, dan keluar akun. Pada tahap masuk akun, admin membuka halaman admin dan Panel Admin menampilkan form *login*. Admin memasukkan kredensial yang kemudian diverifikasi oleh Layanan Autentikasi dan konfirmasi berhasil dikembalikan sehingga dasbor ditampilkan. Pada tahap mengelola data, admin memilih menu yang ingin dikelola yaitu Gejala, Penyakit, atau Aturan. Panel Admin mengambil data yang ada dari Basis Pengetahuan dan menampilkan data tersebut. Admin kemudian melakukan **tambah, ubah, atau hapus data** dan Panel Admin **menyimpan perubahan ke** Basis Pengetahuan. Setelah konfirmasi tersimpan diterima, sistem menampilkan notifikasi berhasil. Pada tahap keluar akun, admin menekan tombol Keluar dan Panel Admin mengakhiri sesi melalui Layanan Autentikasi. Setelah sesi berakhir, admin **diarahkan kembali ke halaman login**.



Gambar 4. 13 *Sequence Diagram* Instalasi Aplikasi ke Perangkat

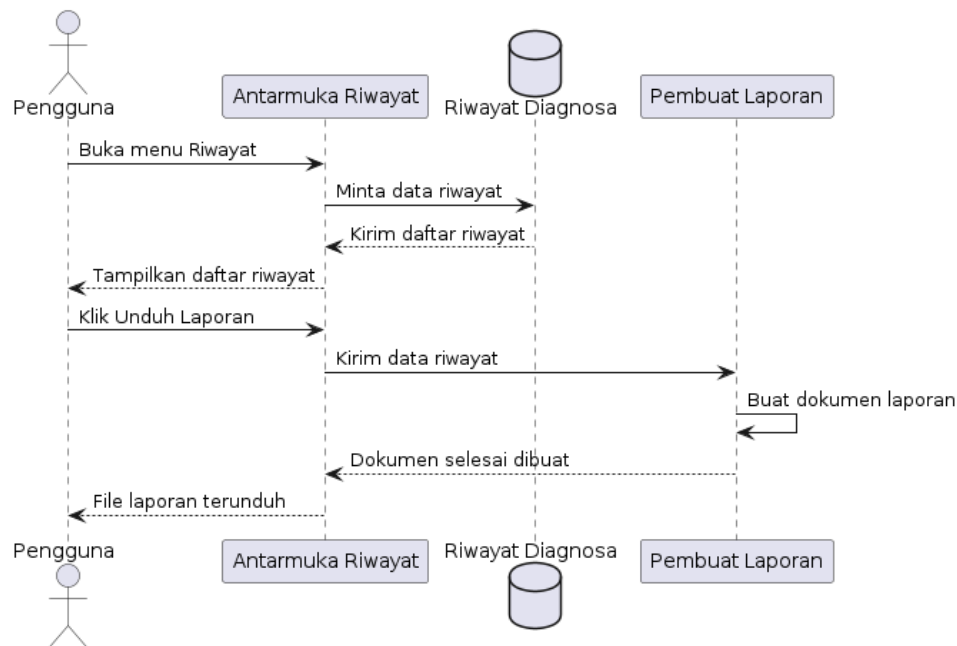
Gambar 4.13 *Sequence Diagram* Instalasi Aplikasi ke Perangkat menggambarkan urutan interaksi saat pengguna melakukan instalasi aplikasi sebagai PWA. Proses dimulai ketika pengguna membuka alamat aplikasi melalui *browser*. *Browser* menyiapkan mekanisme instalasi yang kemudian menyimpan aset aplikasi ke penyimpanan perangkat. Setelah aset tersimpan dan dikonfirmasi, mekanisme instalasi memberitahu *browser* bahwa aplikasi siap diinstal. *Browser* menampilkan tombol Pasang Aplikasi kepada pengguna. Pengguna menekan tombol Pasang Aplikasi dan aplikasi berhasil terpasang di perangkat pengguna.



Gambar 4. 14 Sequence Diagram Kelola Foto Penyakit

Gambar 4.14 *Sequence Diagram* Kelola Foto Penyakit menggambarkan urutan interaksi saat admin mengelola foto penyakit dalam sistem. Proses dimulai ketika admin membuka menu Foto Penyakit dan Panel Admin meminta data foto yang ada dari Basis Pengetahuan. Basis Pengetahuan mengirimkan daftar foto dan sistem menampilkannya kepada admin. Admin mengunggah foto baru dan mengisi

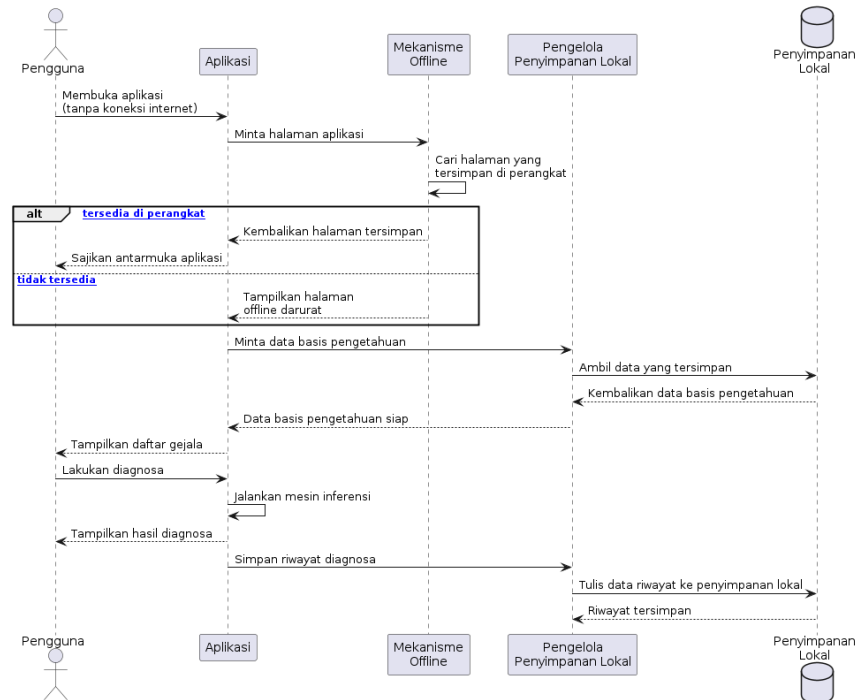
keterangan, kemudian Panel Admin mengirimkan foto tersebut ke Pengolah Gambar untuk diproses dan dikompres. Pengolah Gambar mengembalikan konfirmasi bahwa gambar siap disimpan dan sistem menampilkan pratinjau gambar kepada admin. Admin menekan tombol Simpan dan Panel Admin menyimpan data foto ke Basis Pengetahuan. Setelah konfirmasi tersimpan diterima, sistem menampilkan notifikasi berhasil kepada admin.



Gambar 4. 15 Sequence Diagram Unduh Laporan Diagnosa

Gambar 4.15 *Sequence Diagram* Unduh Laporan Diagnosa menggambarkan urutan interaksi saat pengguna mengunduh laporan riwayat diagnosis. Proses dimulai ketika pengguna membuka menu Riwayat dan Antarmuka Riwayat meminta data riwayat dari penyimpanan Riwayat Diagnosa. Riwayat Diagnosa mengirimkan daftar riwayat dan sistem menampilkannya kepada pengguna. Pengguna menekan tombol Unduh Laporan dan Antarmuka Riwayat mengirimkan data riwayat ke Pembuat Laporan. Pembuat Laporan membuat dokumen laporan dan mengembalikan konfirmasi bahwa dokumen selesai dibuat. Antarmuka

Riwayat menerima konfirmasi tersebut dan file laporan terunduh secara otomatis ke perangkat pengguna.



Gambar 4. 16 Sequence Diagram Penggunaan Offline

Gambar 4.16 *Sequence Diagram* Penggunaan Aplikasi Secara *Offline*

menggambarkan Saat pengguna membuka aplikasi tanpa koneksi internet, aplikasi meminta halaman antarmuka dari mekanisme offline. Mekanisme offline mencari halaman yang tersimpan di perangkat. Jika halaman tersedia, mekanisme offline mengembalikan halaman tersimpan dan aplikasi menyajikan antarmuka kepada pengguna. Jika halaman tidak tersedia, mekanisme offline menampilkan halaman offline darurat.

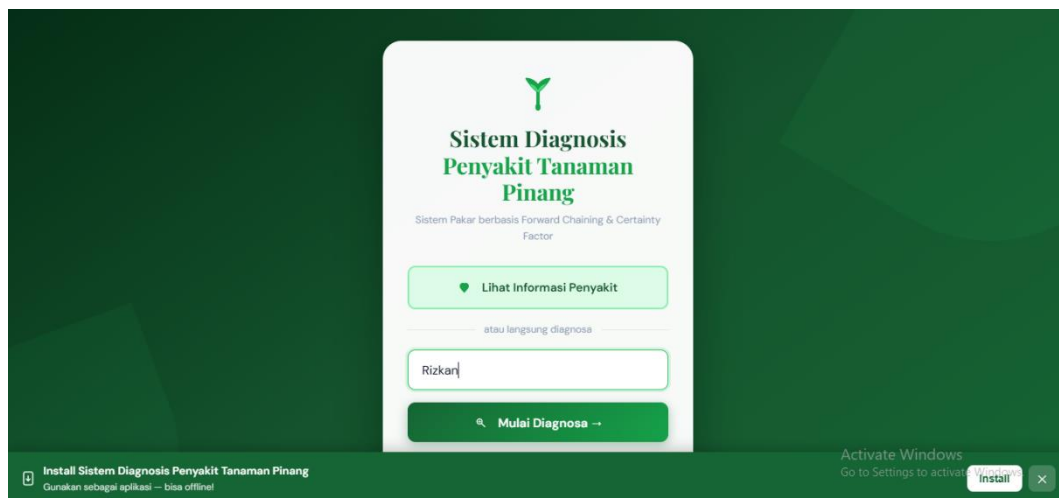
Setelah antarmuka tampil, aplikasi meminta data basis pengetahuan kepada pengelola penyimpanan lokal. Pengelola mengambil data dari penyimpanan lokal dan mengembalikannya ke aplikasi. Aplikasi menampilkan daftar gejala kepada pengguna. Pengguna melakukan diagnosa, aplikasi menjalankan mesin inferensi

sepenuhnya di perangkat tanpa koneksi apapun dan menampilkan hasil diagnosa. Aplikasi kemudian menyimpan riwayat diagnosa melalui pengelola penyimpanan lokal. Pengelola menulis data riwayat ke penyimpanan lokal dan mengonfirmasi bahwa riwayat berhasil tersimpan.

4.5 Implementasi Sistem

Hasil implementasi antarmuka Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tanaman Pinang berbasis *Progressive Web App* disajikan pada sub-bab berikut. Setiap halaman yang telah dirancang pada sub-bab 4.4 diimplementasikan ke dalam tampilan antarmuka yang dapat digunakan langsung oleh pengguna maupun admin sistem.

4.5.1 Halaman Utama (Beranda Pengguna)

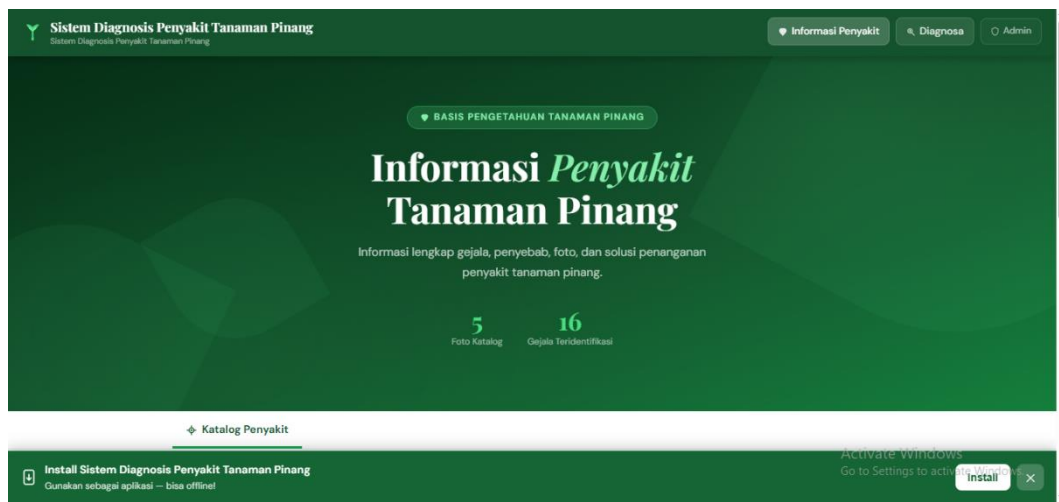


Gambar 4. 17 Tampilan Awal Sistem

Gambar 4.17 ditampilkan halaman utama sistem yang menjadi titik masuk bagi pengguna. Halaman ini menampilkan logo dan judul sistem "Sistem Diagnosis Penyakit Tanaman Pinang" beserta keterangan bahwa sistem menggunakan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor*. Pengguna diberikan dua pilihan aksi, yaitu mengakses informasi penyakit melalui tombol "Lihat Informasi Penyakit" atau

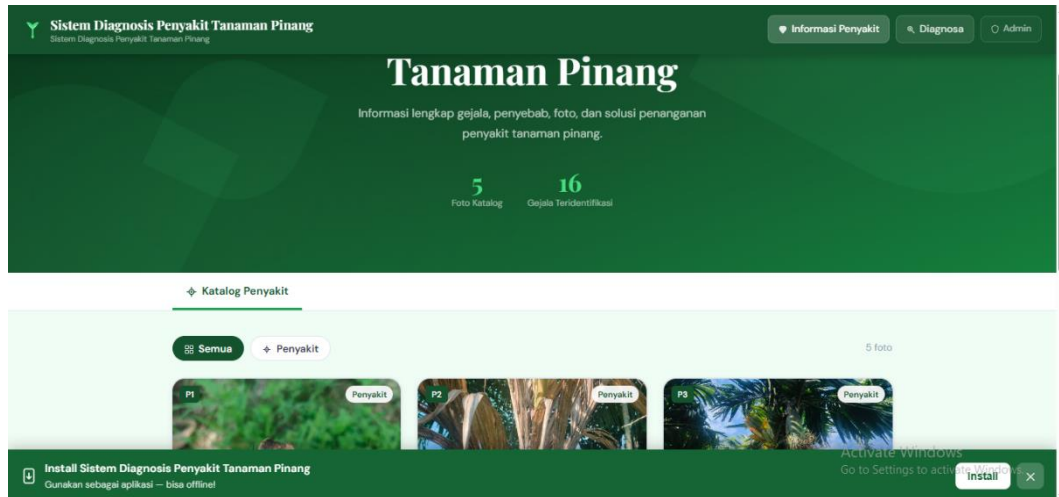
langsung memulai proses diagnosis dengan memasukkan nama dan menekan tombol "Mulai Diagnosa". Pada bagian bawah layar terdapat notifikasi pemasangan PWA yang memungkinkan pengguna menginstal sistem sebagai aplikasi pada perangkat masing-masing.

4.5.2 Halaman Informasi Penyakit



Gambar 4. 18 Tampilan Halaman Informasi

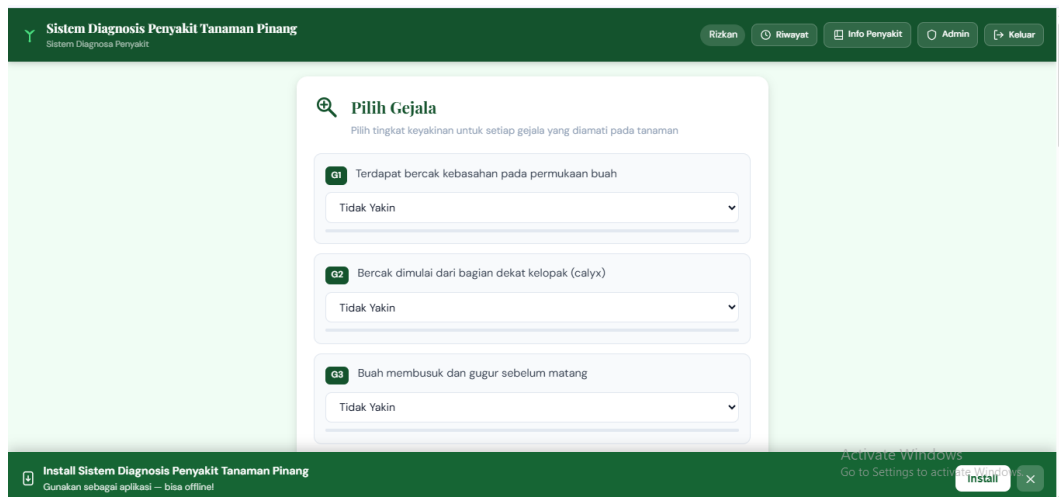
Gambar 4.18 ditampilkan halaman Informasi Penyakit yang dapat diakses tanpa perlu melakukan diagnosis terlebih dahulu. Halaman ini menyajikan ringkasan basis pengetahuan sistem yang mencakup 5 foto katalog dan 16 gejala teridentifikasi. Terdapat navigasi menu berupa tautan menuju halaman Informasi Penyakit, Diagnosa, dan Admin di bagian atas halaman.



Gambar 4. 19 Tampilan Halaman Foto

Gambar 4.19 ditampilkan bagian bawah halaman Informasi Penyakit yang memuat Katalog Penyakit. Katalog ini menampilkan foto dokumentasi visual dari masing-masing penyakit tanaman pinang

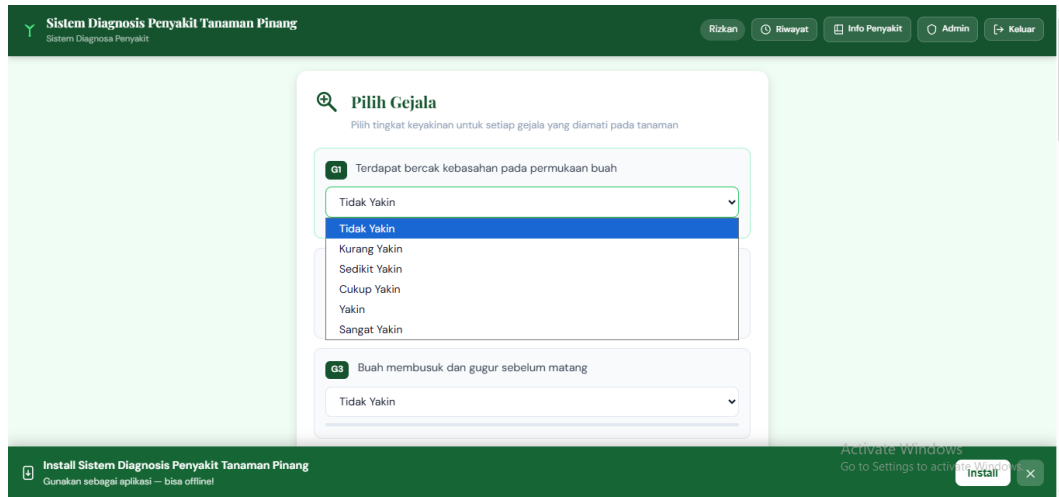
4.5.3 Halaman Pilih Gejala (Diagnosa)



Gambar 4. 20 Tampilan Halaman Diagnosa

Gambar 4.20 ditampilkan halaman Pilih Gejala yang merupakan antarmuka utama proses diagnosis. Setelah pengguna memasukkan nama dan menekan tombol "Mulai Diagnosa", sistem menampilkan seluruh 16 gejala tanaman pinang secara

berurutan berdasarkan kode G1 hingga G16. Setiap gejala dilengkapi dengan pemilihan tingkat keyakinan.

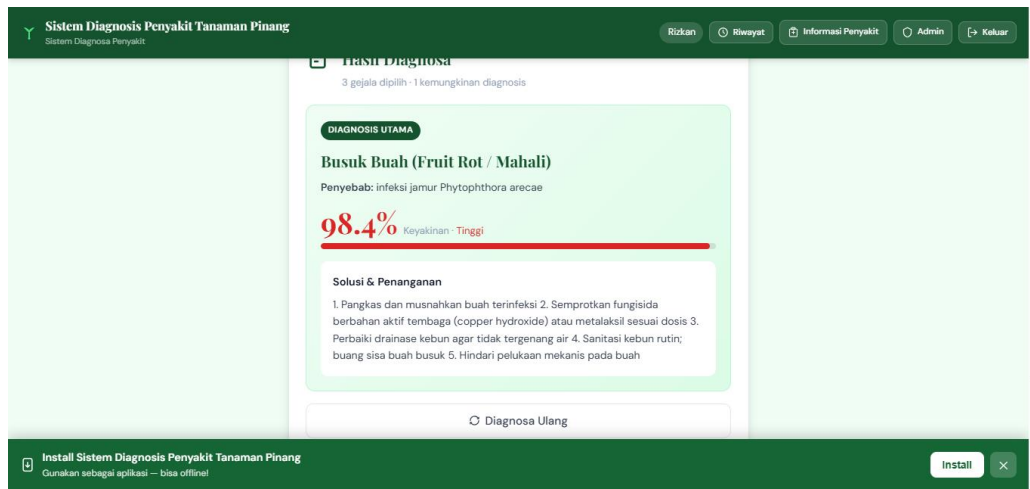


Gambar 4. 21 Tampilan Pilihan Tingkat Keyakinan Pengguna

Gambar 4.21 ditampilkan kondisi saat pengguna membuka *dropdown* tingkat keyakinan pada salah satu gejala. Terdapat enam pilihan tingkat keyakinan yang mencerminkan nilai *Certainty Factor* pengguna (CF_{user}), yaitu: Tidak Yakin (0,0), Kurang Yakin (0,2), Sedikit Yakin (0,4), Cukup Yakin (0,6), Yakin (0,8), dan Sangat Yakin (1,0). Pilihan ini memungkinkan pengguna menyatakan tingkat kepastian terhadap setiap gejala yang diamati pada tanaman.

83

4.5.4 Halaman Hasil Diagnosa

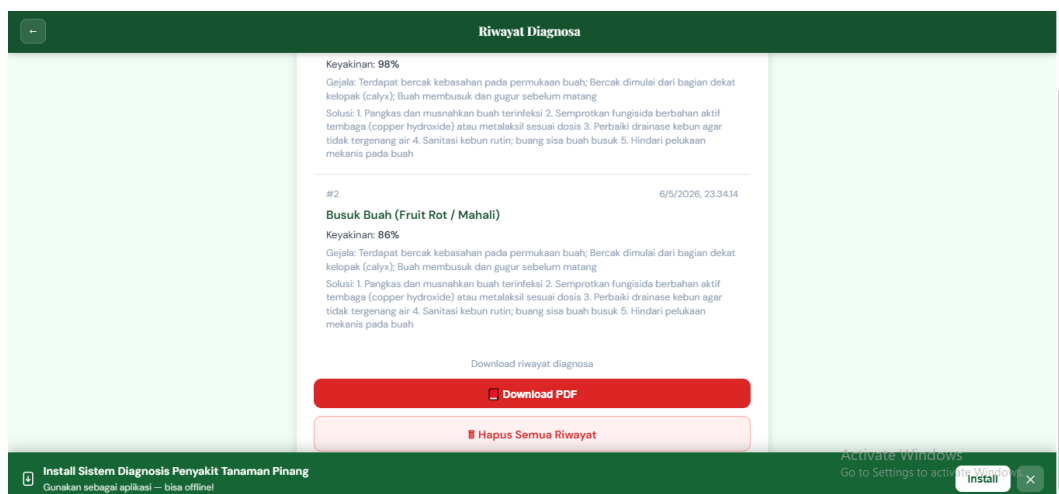


Gambar 4. 22 Tampilan Hasil Diagnosa

Gambar 4.22 ditampilkan halaman Hasil Diagnosa yang muncul setelah sistem memproses seluruh gejala yang dipilih menggunakan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor*. Sistem menampilkan diagnosis utama berupa nama penyakit, penyebab, serta nilai keyakinan hasil perhitungan dalam bentuk persentase.

21

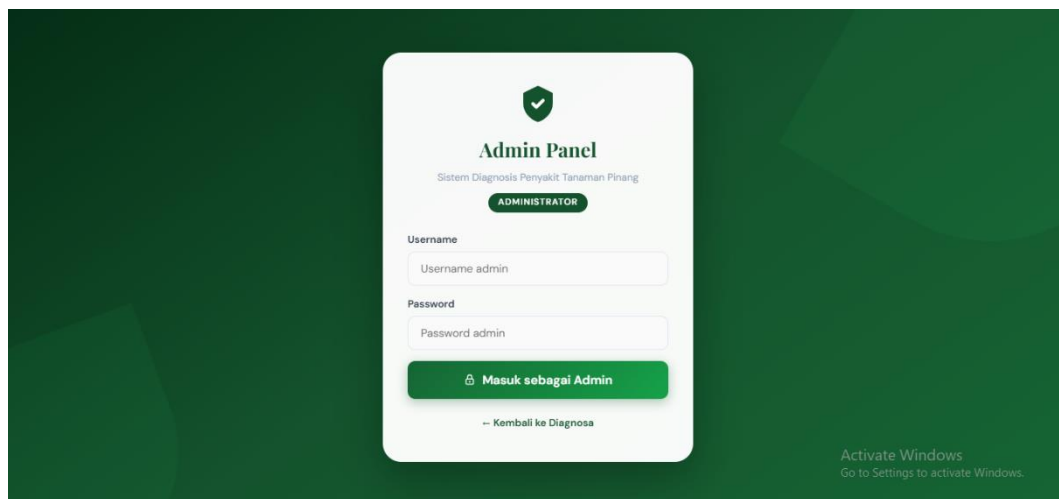
4.5.5 Halaman Riwayat Diagnosa



Gambar 4. 23 Tampilan Halaman Riwayat Diagnosa

Gambar 4.23 ditampilkan Halaman Riwayat Diagnosa yang mencatat seluruh sesi diagnosis yang telah dilakukan oleh pengguna. Setiap entri riwayat memuat nomor urut, tanggal dan waktu diagnosis, nama penyakit yang terdiagnosis, nilai keyakinan, daftar gejala yang dipilih, serta rekomendasi solusi. Halaman ini juga menyediakan fitur Download PDF yang memungkinkan pengguna mengunduh seluruh riwayat diagnosis dalam format PDF menggunakan pustaka jsPDF, serta tombol "Hapus Semua Riwayat" untuk menghapus data riwayat yang tersimpan.

4.5.6 Halaman Login Admin

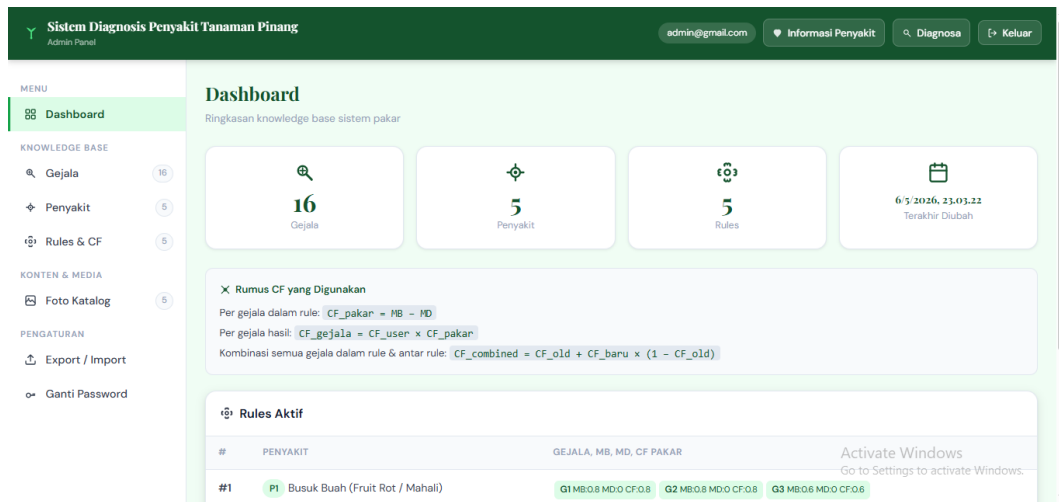


Gambar 4. 24 Tampilan Halaman Login Admin

Gambar 4.24 ditampilkan halaman Login Admin yang dapat diakses melalui tautan khusus pada alamat `/admin`. Halaman ini menampilkan formulir autentikasi dengan dua *field* masukan, yaitu *Username* dan *Password*, serta tombol "Masuk sebagai Admin". Akses ke halaman admin dibatasi hanya bagi pengguna yang memiliki kredensial yang valid, yang diverifikasi melalui layanan Firebase Authentication.

8

4.5.7 Halaman Dashboard Admin



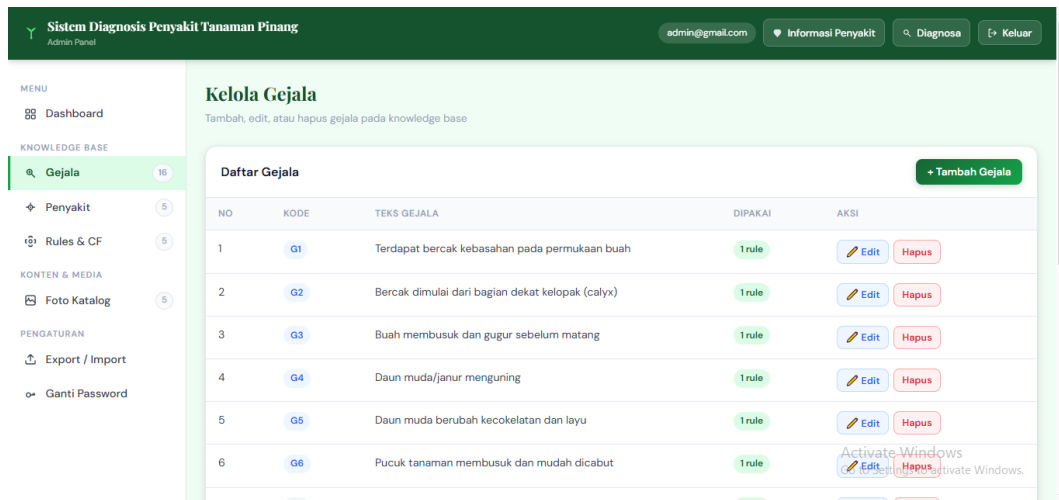
Gambar 4. 25 Tampilan Halaman Dashboard Admin

Gambar 4.25 ditampilkan halaman Dashboard Admin yang merupakan halaman utama panel administrasi setelah berhasil masuk. Dashboard menampilkan ringkasan statistik basis pengetahuan sistem secara sekilas, yaitu jumlah gejala (16), jumlah penyakit (5), jumlah *rules* (5), serta tanggal terakhir basis pengetahuan diubah. Di bawah statistik, halaman ini juga menampilkan rumus Certainty Factor yang digunakan sistem dan daftar *Rules Aktif* beserta rincian nilai MB, MD, dan CF Pakar untuk setiap gejala per penyakit.

226

41

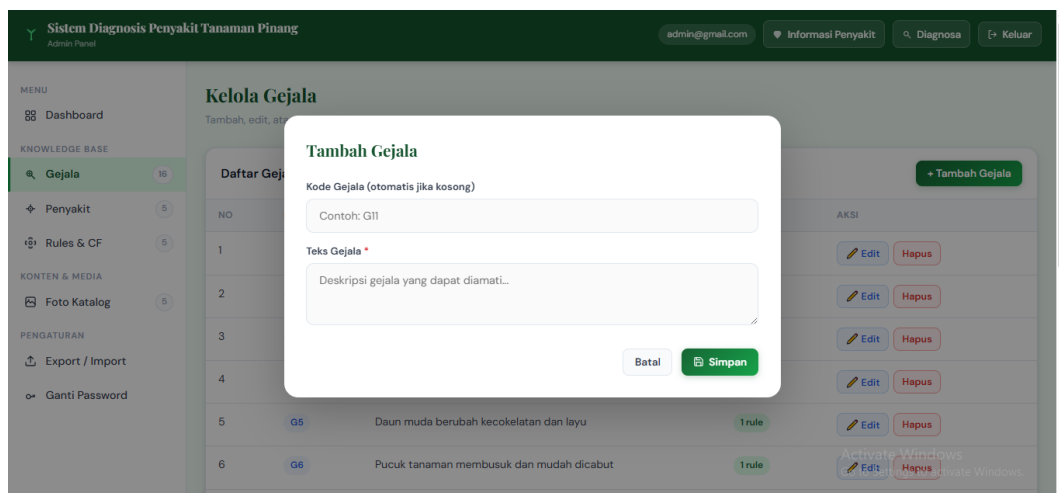
4.5.8 Halaman Kelola Gejala



Gambar 4. 26 Tampilan Halaman Kelola Gejala

Gambar 4.26 ditampilkan halaman Kelola Gejala pada panel admin. Halaman ini menampilkan daftar seluruh 16 gejala yang terdaftar dalam basis pengetahuan, lengkap dengan kode gejala (G1–G16), teks deskripsi gejala, dan informasi jumlah *rule* yang menggunakan gejala tersebut. Admin dapat melakukan operasi penambahan, pengeditan, maupun penghapusan data gejala melalui tombol aksi yang tersedia pada setiap baris.

164

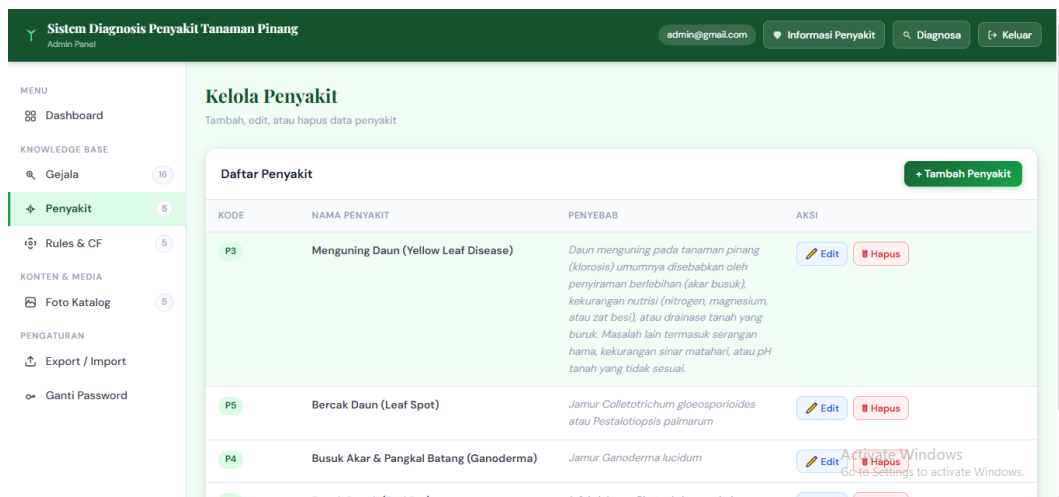


Gambar 4. 27 Tampilan Tambah Gejala

290

Gambar 4.27 ditampilkan fitur untuk menambah gejala yang muncul ketika admin menekan tombol "+ Tambah Gejala". Formulir ini memuat dua *field* masukan, yaitu Kode Gejala yang bersifat opsional (sistem akan mengisi secara otomatis jika dikosongkan) dan Teks Gejala yang wajib diisi. Data yang disimpan akan langsung tersinkronisasi ke Firebase Firestore dan tampil pada halaman *frontend* pengguna secara *real-time*.

4.5.9 Halaman Kelola Penyakit



Gambar 4. 28 Halaman Kelola Penyakit

Gambar 4.28 ditampilkan halaman Kelola Penyakit yang memuat daftar seluruh penyakit tanaman pinang yang terdaftar dalam sistem, yaitu Busuk Buah (*Fruit Rot*/Mahali), Busuk Pucuk (*Bud Rot*), Menguning Daun (*Yellow Leaf Disease*), Busuk Akar & Pangkal Batang (*Ganoderma*), dan Bercak Daun (*Leaf Spot*). Setiap entri menampilkan kode penyakit, nama penyakit, serta keterangan penyebab patogen. Admin dapat menambah, mengedit, atau menghapus data penyakit melalui tombol aksi yang tersedia.

Tambah Penyakit

Kode Penyakit (otomatis jika kosong)
Contoh: P6

Nama Penyakit *
Nama penyakit lengkap

Penyebab *
Nama patogen/penyebab

Deskripsi Singkat (opsional — tampil di kartu informasi penyakit)
Tuliskan deskripsi singkat penyakit ini...

Solusi & Penanganan *
Langkah-langkah penanganan...

Batal Simpan

Gambar 4. 29 Tampilan Tambah Penyakit

Gambar 4.29 ditampilkan halaman agar admin dapat menambahkan penyakit.

Pada tampilan ini terdiri atas beberapa *field*, yaitu Kode Penyakit (opsional/otomatis), Nama Penyakit, Penyebab, Deskripsi Singkat (opsional), dan Solusi & Penanganan. Data yang berhasil disimpan akan langsung tampil pada halaman Informasi Penyakit dan digunakan sebagai acuan pada hasil diagnosis.

4.5.10 Halaman Kelola Rules & CF

Kelola Rules & CF

Setiap gejala dalam rule memiliki nilai MB dan MD masing-masing

$CF_{pakar}(gejala) = MB - MD \rightarrow CF_{gejala} = CF_{user} \times CF_{pakar}$
Kombinasi antar gejala dalam 1 rule: $CF_{combined} = CF_{old} + CF_{baru} \times (1 - CF_{old})$

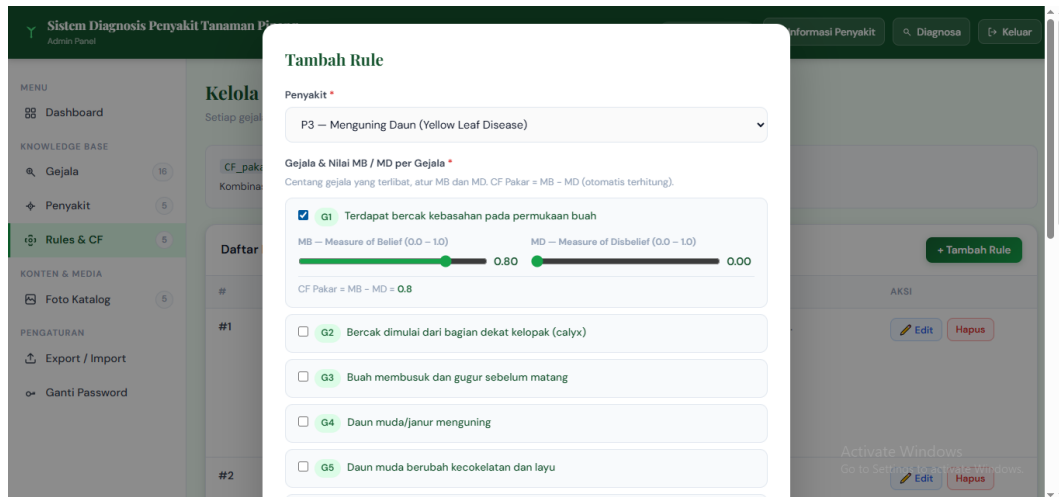
Daftar Rules

#	PENYAKIT	GEJALA + MB / MD / CF PAKAR	AKSI
#1	P1 Busuk Bush (Fruit Rot / Mahal)	G1 Terdapat bercak kebasahan pada permukaan buah... MB: 0.8 MD: 0 CF Pakar: 0.8 G2 Bercak dimulai dari bagian dekat kelopak (cal... MB: 0.8 MD: 0 CF Pakar: 0.8 G3 Buah membusuk dan gugur sebelum matang... MB: 0.6 MD: 0 CF Pakar: 0.6	Edit Hapus
#2	P2 Busuk Pucuk (Bud Rot)	G4 Daun muda/janur menguning... MB: 0.6 MD: 0 CF Pakar: 0.6	Edit Hapus

Gambar 4. 30 halaman Kelola Rules & CF

Gambar 4.30 ditampilkan halaman Kelola Rules & CF yang merupakan inti dari manajemen basis aturan (*rule base*) sistem pakar. Halaman ini menampilkan

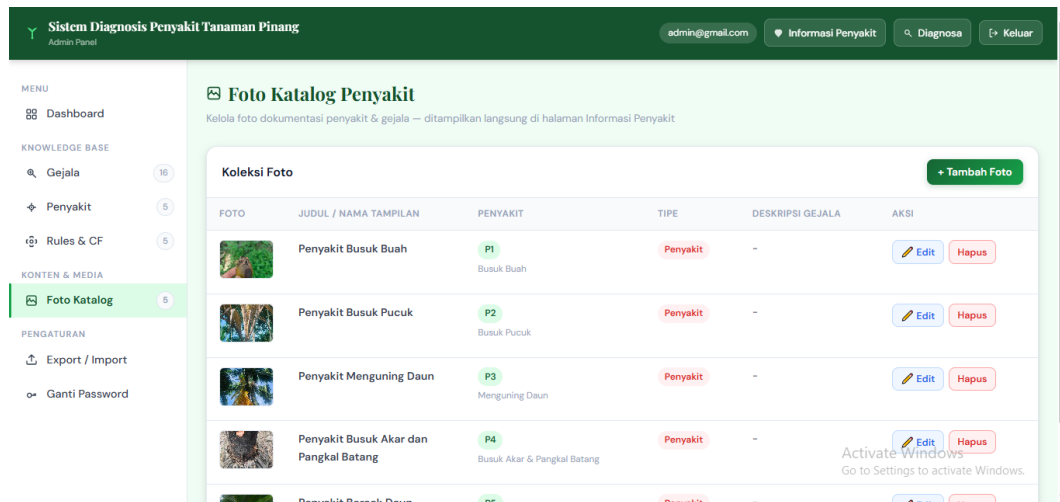
rumus Certainty Factor yang digunakan, diikuti dengan daftar seluruh *rules* aktif. Setiap *rule* menampilkan kode penyakit terkait beserta daftar gejala yang menjadi kondisi *rule* tersebut, dilengkapi dengan nilai MB (*Measure of Belief*), MD (*Measure of Disbelief*), dan CF Pakar yang telah ditetapkan.



Gambar 4. 31 Tampilan Menambah Rule

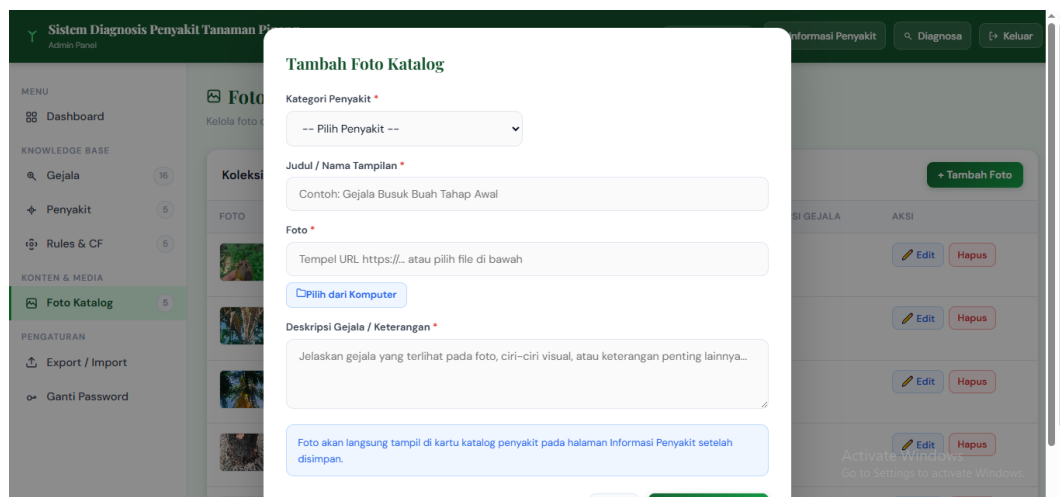
Gambar 4.31 ditampilkan untuk admin menambah rule baru. Admin memilih penyakit yang menjadi kesimpulan *rule*, kemudian mencentang gejala-gejala yang menjadi kondisi. Untuk setiap gejala yang dipilih, admin mengatur nilai MB dan MD menggunakan *slider* interaktif dengan rentang 0,0 hingga 1,0. Nilai CF Pakar kemudian dihitung secara otomatis oleh sistem berdasarkan rumus $CF_{pakar} = MB - MD$.

4.5.11 Halaman Foto Katalog



Gambar 4. 32 Tampilan Halamann Foto Katalog

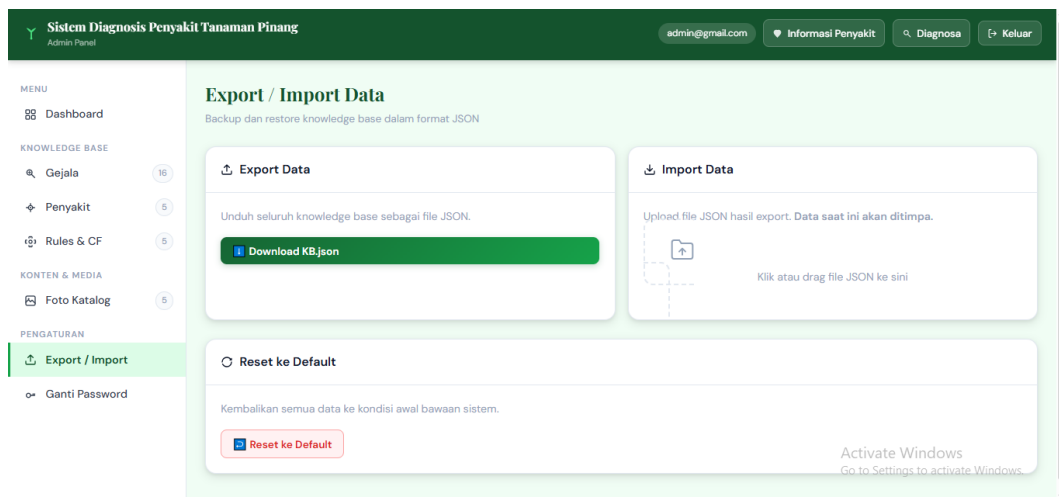
Gambar 4.32 ditampilkan halaman Foto Katalog Penyakit pada panel admin. Halaman ini menampilkan koleksi foto dokumentasi yang telah diunggah untuk setiap penyakit, disertai informasi judul/nama tampilan, kode penyakit terkait, tipe konten, dan deskripsi gejala visual. Foto-foto yang dikelola pada halaman ini akan ditampilkan secara langsung pada halaman Informasi Penyakit yang diakses oleh pengguna.



Gambar 4. 33 Tampilan Tambah Foto Katalog

Gambar 4.33 ditampilkan yang dimana digunakan admin untuk mengunggah foto dokumentasi penyakit baru. Formulir ini memuat *field* Kategori Penyakit (pilih dari daftar penyakit yang ada), Judul>Nama Tampilan, Foto (dapat dimasukkan melalui URL atau diunggah langsung dari komputer), serta Deskripsi Gejala/Keterangan. Foto yang diunggah akan disimpan ke Firebase Storage dan URL-nya disimpan di Firestore untuk kemudian ditampilkan pada halaman katalog pengguna.

4.5.12 Halaman Export / Import Data



Gambar 4. 34 Halaman Export/Import Data

Gambar 4.34 ditampilkan halaman Export/Import Data yang menyediakan fitur pencadangan (*backup*) dan pemulihan (*restore*) basis pengetahuan sistem. Melalui fitur Export Data, admin dapat mengunduh seluruh basis pengetahuan dalam format file JSON. Fitur Import Data memungkinkan admin mengunggah kembali file JSON tersebut untuk memulihkan atau memperbarui data sistem. Terdapat pula opsi "Reset ke Default" untuk mengembalikan seluruh data ke kondisi awal bawaan sistem.

4.5.13 Halaman Ganti Password

Gambar 4. 35 Halaman Ganti Password

Gambar 4.35 ditampilkan halaman Ganti Password yang memungkinkan admin mengubah kredensial akun. Formulir pada halaman ini terdiri atas *field* Username Baru/Email Baru (opsional jika tidak ingin diubah), Password Lama, Password Baru (minimal 6 karakter), dan Konfirmasi Password Baru. Proses perubahan kredensial dilakukan melalui Firebase Authentication untuk menjamin keamanan akses panel administrasi.

4.6 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fitur dan fungsionalitas sistem telah berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Pengujian pada penelitian ini mencakup dua aspek utama, yaitu pengujian fungsionalitas menggunakan metode *Black Box Testing* dan pengujian *Progressive Web App* (PWA) untuk memastikan sistem dapat diinstal dan berjalan dalam kondisi *offline*.

4.6.1 Hasil Pengujian Black Box Testing

Black Box Testing adalah metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada verifikasi fungsionalitas sistem dari perspektif pengguna tanpa memperhatikan struktur internal kode program. Pengujian dilakukan dengan memberikan masukan tertentu dan mengamati keluaran yang dihasilkan, kemudian membandingkannya dengan hasil yang diharapkan. Pengujian black box pada penelitian ini mencakup seluruh fitur sistem baik dari sisi pengguna maupun admin. Hasil pengujian disajikan pada table hasil pengujian blackbox testing berikut.

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Black Box Testing

No	Fitur yang diuji	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.	Input Nama Pengguna	Memasukkan nama yang valid	Sistem menyimpan sesi dan menampilkan daftar gejala	Sistem menyimpan sesi dan menampilkan daftar gejala	Berhasil
2.	Input Nama Pengguna	Memasukkan nama kosong	Sistem menampilkan pesan kesalahan dan kembali ke form nama	Sistem menampilkan pesan kesalahan dan kembali ke form nama	Berhasil
3.	Pilih Gejala	Memilih satu atau lebih gejala beserta nilai CF	Gejala terpilih ditandai dan nilai CF tersimpan	Gejala terpilih ditandai dan nilai CF tersimpan	Berhasil
4.	Proses Diagnosa	Menekan tombol Diagnosa setelah memilih gejala	Sistem menampilkan hasil diagnosis beserta persentase CF dan solusi penanganan	Sistem menampilkan hasil diagnosis beserta persentase CF dan solusi penanganan	Berhasil
5.	Proses Diagnosa	Menekan tombol Diagnosa tanpa	Sistem menampilkan pesan peringatan	Sistem menampilkan pesan peringatan	Berhasil

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		memilih gejala	untuk memilih gejala terlebih dahulu	untuk memilih gejala terlebih dahulu	
6.	Hasil Diagnosis	Melihat hasil diagnosis yang ditampilkan	Sistem menampilkan nama penyakit, persentase keyakinan, dan solusi penanganan	Sistem menampilkan nama penyakit, persentase keyakinan, dan solusi penanganan	Berhasil
7.	Simpan Riwayat	Setelah diagnosis selesai	Hasil diagnosis tersimpan otomatis ke Riwayat	Hasil diagnosis tersimpan otomatis ke riwayat	Berhasil
8.	Lihat Riwayat	Membuka menu Riwayat saat terdapat data riwayat	Sistem menampilkan daftar riwayat diagnosis	Sistem menampilkan daftar riwayat diagnosis	Berhasil
9.	Lihat Riwayat	Membuka menu Riwayat saat tidak ada data riwayat	Sistem menampilkan pesan "Belum ada riwayat diagnosa"	Sistem menampilkan pesan "Belum ada riwayat diagnosa"	Berhasil
10.	Unduh Laporan PDF	Menekan tombol Unduh Laporan pada halaman riwayat	Sistem menghasilkan dan mengunduh file PDF riwayat diagnosis	Sistem menghasilkan dan mengunduh file PDF riwayat diagnosis	Berhasil
11.	Hapus Riwayat	Menekan tombol Hapus Riwayat	Sistem menghapus seluruh riwayat dan menampilkan konfirmasi berhasil	Sistem menghapus seluruh riwayat dan menampilkan konfirmasi berhasil	Berhasil

(1)	(2)	(3)	(4)	(4)	(5)
12.	Informasi Penyakit	Membuka halaman Informasi Penyakit	Sistem menampilkan halaman informasi penyakit	Sistem menampilkan halaman informasi penyakit	Berhasil
13.	Informasi Penyakit	Memilih salah satu penyakit dari daftar	Sistem menampilkan detail penyakit berupa gejala, penyebab, dan Solusi	Sistem menampilkan detail penyakit berupa gejala, penyebab, dan solusi	Berhasil
14.	Login Admin	Memasukkan email dan kata sandi yang valid	Sistem mengarahkan admin ke dasbor admin	Sistem mengarahkan admin ke dasbor admin	Berhasil
15.	Login Admin	Memasukkan email atau kata sandi yang salah	Sistem menampilkan pesan kesalahan login	Sistem menampilkan pesan kesalahan login	Berhasil
16.	Kelola Data Gejala	Menambah data gejala baru	Data gejala baru tersimpan dan tampil di daftar gejala	Data gejala baru tersimpan dan tampil di daftar gejala	Berhasil
17.	Kelola Data Gejala	Mengubah data gejala yang ada	Perubahan data gejala tersimpan dan tampil di daftar	Perubahan data gejala tersimpan dan tampil di daftar	Berhasil
18.	Kelola Data Gejala	Menghapus data gejala	Data gejala terhapus dari daftar	Data gejala terhapus dari daftar	Berhasil
19.	Kelola Data Penyakit	Menambah data penyakit baru	Data penyakit baru tersimpan dan tampil di daftar	Data penyakit baru tersimpan dan tampil di daftar	Berhasil
20.	Kelola Data Penyakit	Mengubah data penyakit yang ada	Perubahan data penyakit tersimpan dan tampil di daftar	Perubahan data penyakit tersimpan dan tampil di daftar	Berhasil

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
21.	Kelola Data Penyakit	Menghapus data penyakit	Data penyakit terhapus dari daftar	Data penyakit terhapus dari daftar	Berhasil
22.	Kelola Rule dan CF	Menambah rule baru beserta nilai CF	Rule baru tersimpan dan dapat digunakan dalam proses diagnosis	Rule baru tersimpan dan dapat digunakan dalam proses diagnosis	Berhasil
23.	Kelola Rule dan CF	Mengubah nilai CF pada rule yang ada	Perubahan nilai CF tersimpan dan berpengaruh pada hasil diagnosis	Perubahan nilai CF tersimpan dan berpengaruh pada hasil diagnosis	Berhasil
24.	Kelola Foto Penyakit	Mengunggah foto penyakit baru	Foto berhasil dikompres dan tersimpan, tampil di halaman informasi penyakit	Foto berhasil dikompres dan tersimpan, tampil di halaman informasi penyakit	Berhasil
25.	Kelola Foto Penyakit	Menghapus foto penyakit	Foto terhapus dari daftar dan tidak tampil di halaman informasi penyakit	Foto terhapus dari daftar dan tidak tampil di halaman informasi penyakit	Berhasil
26.	Logout Admin	Menekan tombol Keluar	Sesi admin berakhir dan sistem mengarahkan kembali ke halaman login	Sesi admin berakhir dan sistem mengarahkan kembali ke halaman login	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian Black Box Testing, seluruh 26 skenario pengujian yang dilakukan menghasilkan keluaran yang sesuai dengan hasil yang diharapkan dengan status berhasil. Hal ini membuktikan bahwa seluruh

56 fungsionalitas sistem telah berjalan dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan.

4.6.2 Pengujian Progressive Web App

273 Pengujian PWA dilakukan untuk memastikan bahwa sistem telah memenuhi kriteria sebagai Progressive Web App yang dapat diinstal di perangkat pengguna dan tetap dapat digunakan dalam kondisi offline. Pengujian ini mencakup tiga aspek utama yaitu pengujian instalasi, pengujian mode offline, dan pengujian sinkronisasi data. Hasil pengujian PWA disajikan pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian PWA

No	Pengujian	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1.	Instalasi PWA	Membuka aplikasi melalui browser Chrome	Tombol Pasang Aplikasi muncul di antarmuka	Tombol Pasang Aplikasi muncul di antarmuka	Berhasil
2.	Instalasi PWA	Menekan tombol Pasang Aplikasi	Aplikasi terpasang di perangkat dan dapat dibuka seperti aplikasi native	Aplikasi terpasang di perangkat dan dapat dibuka seperti aplikasi native	Berhasil
3.	Instalasi PWA	Membuka aplikasi yang sudah terpasang	Aplikasi terbuka dalam mode standalone tanpa address bar browser	Aplikasi terbuka dalam mode standalone tanpa address bar browser	Berhasil
4.	Service Worker	Memeriksa pendaftaran service worker	Service worker terdaftar dan	Service worker terdaftar dan	Berhasil

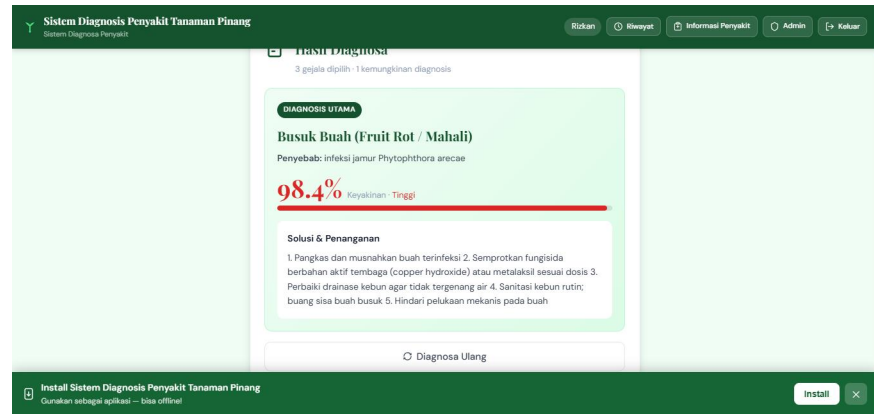
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
			aktif di browser	aktif di browser	
5.	Caching Aset	Membuka aplikasi setelah aset ter-cache	Aset statis HTML, CSS, dan JS dimuat dari cache	Aset statis HTML, CSS, dan JS dimuat dari cache	Berhasil
6.	Mode Offline	Menonaktifkan koneksi internet lalu membuka aplikasi	Aplikasi tetap dapat dibuka dan antarmuka tampil normal	Aplikasi tetap dapat dibuka dan antarmuka tampil normal	Berhasil
7.	Mode Offline	Melakukan diagnosis dalam kondisi offline	Sistem berhasil memproses diagnosis menggunakan data basis pengetahuan dari penyimpanan local	Sistem berhasil memproses diagnosis menggunakan data basis pengetahuan dari penyimpanan local	Berhasil
8.	Indikator Offline	Membuka aplikasi dalam kondisi offline	Sistem menampilkan indikator offline sebagai informasi kepada pengguna	Sistem menampilkan indikator offline sebagai informasi kepada pengguna	Berhasil
9.	Sinkronisasi Data	Menghidupkan kembali koneksi internet setelah offline	Sistem secara otomatis melakukan sinkronisasi data basis pengetahuan terbaru dari server	Sistem secara otomatis melakukan sinkronisasi data basis pengetahuan terbaru dari server	Berhasil
10.	Web App Manifest	Memeriksa ketersediaan manifest.json	File manifest.json tersedia dan valid dengan atribut name, icon, dan display mode	File manifest.json tersedia dan valid dengan atribut name, icon, dan display mode	Berhasil

22 Berdasarkan hasil pengujian PWA pada Tabel tersebut, seluruh 10 skenario
pengujian yang dilakukan menghasilkan keluaran yang sesuai dengan hasil yang
8 diharapkan. Sistem berhasil memenuhi seluruh kriteria PWA yang diuji, mulai dari
kemampuan instalasi di perangkat, fungsionalitas service worker, kemampuan
6 penggunaan dalam kondisi offline, indikator status koneksi, hingga sinkronisasi
data secara otomatis saat koneksi kembali tersedia. Hasil ini membuktikan bahwa
penerapan teknologi Progressive Web App pada sistem pakar diagnosis penyakit
tanaman pinang telah berhasil diimplementasikan dengan baik.

4.6.3 Kesesuaian Hasil Perhitungan *Certainty Factor* dengan Output Sistem

24 Pengujian ini dilakukan untuk memverifikasi bahwa hasil diagnosis yang
ditampilkan oleh sistem telah sesuai dengan perhitungan *Certainty Factor* secara
281 manual. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai persentase
keyakinan hasil perhitungan manual pada sub-bab 4.3 dengan output yang
ditampilkan sistem pada kondisi input gejala yang identik.

104 270 Pada perhitungan manual sebelumnya, petani memilih ketiga gejala Busuk
Buah (G1, G2, G3) dengan tingkat keyakinan "Sangat Yakin" ($CF_{user} = 1,0$) untuk
masing-masing gejala. Berdasarkan perhitungan manual, nilai CF akhir yang
diperoleh adalah 0,984 atau 98,4%. Pada Gambar 4.36 ditampilkan nilai output
yang sama. Sistem menampilkan diagnosis Busuk Buah (Fruit Rot / Mahali) dengan
persentase keyakinan 98,4%, disertai informasi penyebab yaitu infeksi jamur
Phytophthora palmivora dan rekomendasi solusi penanganan.



Gambar 4. 36 Hasil Diagnosa Sistem

4.6.4 Kesimpulan

Bab ini telah menyajikan hasil penelitian dan pembahasan secara menyeluruh mengenai pengembangan Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tanaman Pinang Berbasis *Progressive Web App* menggunakan metode *Forward Chaining* dan *Certainty Factor*. Seluruh tahapan telah diimplementasikan sesuai dengan metodologi penelitian yang diuraikan pada Bab III, mulai dari hasil pengumpulan data, perancangan basis pengetahuan, perhitungan *Certainty Factor*, perancangan sistem menggunakan UML, implementasi sistem, hingga pengujian sistem.

Hasil pengujian *Black Box Testing* menunjukkan bahwa dari 26 skenario pengujian yang dilakukan terhadap seluruh fitur sistem, seluruhnya menghasilkan keluaran yang sesuai dengan yang diharapkan dengan status berhasil dan persentase keberhasilan 100%. Hasil pengujian PWA juga menunjukkan bahwa seluruh 10 skenario pengujian berhasil, membuktikan sistem dapat diinstal, digunakan secara *offline*, serta melakukan sinkronisasi data secara otomatis. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan telah berfungsi dengan baik, memenuhi seluruh kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan, dan siap digunakan oleh petani tanaman pinang sebagai alat bantu diagnosis penyakit secara mandiri.

2

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sistem pakar diagnosis penyakit tanaman pinang berbasis Progressive Web App (PWA) berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan metode Forward Chaining sebagai mesin inferensi dan Certainty Factor sebagai pengukur tingkat keyakinan diagnosis. Basis pengetahuan sistem diperoleh dari pakar Dinas Perkebunan Kabupaten Indragiri Hilir dan mencakup 5 jenis penyakit serta 16 gejala yang direpresentasikan dalam bentuk rule-rule inferensi. Sistem terbukti mampu menghasilkan nilai persentase keyakinan yang konsisten dengan perhitungan manual Certainty Factor, dibuktikan melalui pengujian kesesuaian perhitungan di mana nilai CF akhir sebesar 0,984 (98,4%) sesuai dengan output yang ditampilkan sistem. Hasil pengujian Black Box Testing terhadap 26 skenario pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan 100%, membuktikan seluruh fungsionalitas sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Selain itu, hasil pengujian Progressive Web App terhadap 10 skenario pengujian membuktikan sistem telah memenuhi seluruh kriteria PWA, meliputi kemampuan instalasi di perangkat pengguna, fungsionalitas service worker, penggunaan dalam kondisi offline menggunakan IndexedDB, serta sinkronisasi data secara otomatis ketika koneksi internet kembali tersedia..

5.2 Saran

Berdasarkan keterbatasan yang ditemukan selama penelitian, berikut saran untuk pengembangan selanjutnya. Pertama, basis pengetahuan perlu diperluas dengan melibatkan lebih banyak pakar dan mencakup lebih banyak jenis penyakit

32

143

86

8

71

tanaman pinang dari berbagai daerah agar sistem lebih representatif. Kedua, perlu ditambahkan validasi pakar yang lebih terstruktur untuk mengukur akurasi sistem secara kuantitatif melalui perbandingan hasil diagnosis sistem dengan penilaian pakar ahli pertanian. Ketiga, integrasi diagnosis berbasis gambar dapat dikembangkan agar petani cukup mengunggah foto gejala tanaman dan sistem secara otomatis mengidentifikasi gejala yang terlihat. Keempat, penyimpanan riwayat diagnosis sebaiknya dikembangkan berbasis cloud sehingga dapat diakses dari berbagai perangkat dan dianalisis tren perkembangannya dari waktu ke waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. D. Goda and J. R. Bay, "Metode Forward Chaining dalam Sistem Pakar untuk Diagnosis Hama dan Penyakit Tumbuhan," *J. Kecerdasan Buatan dan Apl. Tek.*, vol. 3, no. 3, 2024, [Online]. Available: <https://ioinformatic.org/>
- [2] L. Indrayani and M. M. Kamesrar, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Tanaman Pinang Menggunakan Metode Certainty Factor," *J. SISFOKOM (Sistem Inf. dan Komputer)*, vol. 12, pp. 162–168, 2023, doi: 10.32736/sisfokom.v12i2.1493.
- [3] G. S. Nasution, "Sistem Pakar dalam Mendiagnosis Hama Blas dan Kresek pada Tanaman Padi Menggunakan Metode Forward Chaining," *J. Sistim Inf. dan Teknol.*, vol. 4, pp. 6–9, 2022, doi: 10.37034/jsisfotek.v4i4.144.
- [4] T. Taufik and Y. Fitriani, "Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Kucing Berbasis Web Mobile," *J. Ilmu Multidisiplin*, vol. 3, no. 3, pp. 242–250, 2024, doi: 10.38035/jim.v3i3.763.
- [5] Prahasti, N. Qurniati, and V. N. Sari, "Metode Forward Chaining Pada Sistem Pakar Diagonis Penyakit Tanaman Tomat," *J. Media Infotama*, vol. 20, no. 1, p. 355, 2024.
- [6] D. Y. Alindi, R. Idmayanti, and T. Lestari, "Penerapan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pada Tanaman Cabai Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Android," *JITSI J. Ilm. Teknol. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 2, pp. 74–81, 2023, doi: 10.30630/jitsi.4.2.117.
- [7] Fernando Ramadhan, Yuhandri, and Gunadi Widi Nurcahyo, "Penerapan Forward Chaining dan Metode Certainty Factor dalam Merancang Sistem Pakar Diagnosa Gangguan Kepribadian," *J. KomtekInfo*, vol. 11, no. 4, pp. 213–221, 2024, doi: 10.35134/komtekinf.v11i4.548.
- [8] K. et Al, *Pinang*. 2021.
- [9] R. T. P. Pandian *et al.*, "First report of *Phytophthora palmivora* (E. J. Butler) E. J. Butler, 1919 causing fruit rot in *Areca triandra* Roxb. ex Buch.-Ham. from India," *Australas. Plant Pathol.*, vol. 50, no. 4, pp. 495–499, 2021, doi: 10.1007/s13313-021-00802-3.
- [10] P. Balanagouda, H. Vinayaka, H. P. Maheswarappa, and H. Narayanaswamy, "Phytophthora diseases of arecanut in India: prior findings, present status and future prospects," *Indian Phytopathol.*, vol. 74, no. 3, pp. 561–572, 2021, doi: 10.1007/s42360-021-00382-8.
- [11] J. A. Hutagaol, "Hama Dan Penyakit Penting Tanaman Pinang Betara Komoditas Unggulan Spesifik Lokasi Jambi," 2023.
- [12] B. G. Naik, H. P. Maheshwarappa, G. Nagamma, and S. Latha, "Management of Fruit Rot Disease of Arecanut (*Areca catechu* L.) caused by (*Phytophthora meadii* Mc Rae.)," *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, vol. 8, no. 04, pp. 837–847, 2019, doi: 10.20546/ijcmas.2019.804.094.

- [13] A. Josephraj Kumar, "Integrated management of pests and diseases for the successful cultivation of Coconut, Arecanut and Cocoa," no. December, pp. 59–65, 2022.
- [14] C. Kanatiwela-de Silva, M. Damayanthi, R. De Silva, M. Dickinson, N. de Silva, and P. Udagama, "Molecular and scanning electron microscopic proof of phytoplasma associated with areca palm yellow leaf disease in Sri Lanka," *Plant Dis.*, vol. 99, no. 11, p. 1641, 2015, doi: 10.1094/PDIS-01-15-0072-PDN.
- [15] L. U. Khan, R. Zhao, H. Wang, and X. Huang, "Recent advances of the causal agent of yellow leaf disease (YLD) on areca palm (*Areca catechu* L.)," *Trop. Plants*, vol. 2, no. 1, 2023, doi: 10.48130/TP-2023-0007.
- [16] L. U. Khan, X. Cao, R. Zhao, H. Tan, Z. Xing, and X. Huang, "Effect of temperature on yellow leaf disease symptoms and its associated areca palm velarivirus 1 titer in areca palm (*Areca catechu* L.)," *Front. Plant Sci.*, vol. 13, no. October, pp. 1–11, 2022, doi: 10.3389/fpls.2022.1023386.
- [17] K. B. Palanna, K. R. Shreenivasa, S. Basavaraj, and T. Narendrappa, "Review of Genus *Ganoderma* causing Basal Stem Rot (Coconut) and Foot Rot (Arecanut) with Respect Etiology and Management," *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, vol. 9, no. 4, pp. 1434–1455, 2020, doi: 10.20546/ijemas.2020.904.170.
- [18] S. Thangeswari, A. Karthikeyan, and H. P. Maheswarappa, "Management of basal stem rot disease in coconut through fungicides," *J. Plant. Crop.*, vol. 47, no. 3, pp. 207–210, 2019, doi: 10.25081/jpc.2019.v47.i3.6058.
- [19] Nagesh, N. Adivappar, H. C. Swathi, H. P. Sudeep, and Pruthviraj, "Survey and identification of pathogens causing leaf spot disease of arecanut in selected areas of hill zone of Karnataka," *J. Plant. Crop.*, vol. 51, no. 3, pp. 108–117, 2023, doi: 10.25081/jpc.2023.v51.i3.8860.
- [20] G. M. Hegde, "Field efficacy of fungicides to manage leaf spot of areca nut," *Adv. Plants Agric. Res.*, vol. 8, no. 6, pp. 496–498, 2018, doi: 10.15406/apar.2018.08.00374.
- [21] S. Aprilia, R. Agustin, M. Marthalena, V. H. Pranatawijaya, and R. Priskila, "Sistem Pakar Rekomendasi Obat Berdasarkan Gejala Penyakit Menular Umum Di Masyarakat Menggunakan Metode Forward Chaining," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 2, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4258.
- [22] H. Rani and N. Amelia, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Padi Menggunakan Metode Forward Chaining efektif dengan alur kerja mulai dari pemilihan gejala hingga keluaran diagnosis yang (Danga , Ray , & Priyastiti , 2025). Secara keseluruhan , literatur menunjukkan tren pen," *J. Ilm. Tek. Inform.*, vol. 6, no. September 2025, 2026.
- [23] F. Y. B. Islahul Fikri, "Sistem Pakar Mendiagnosa Penyakit pada Cabai Menggunakan Metode Certainty Factor," *J. Inform. Kaputama*, vol. 5, no. 2, pp. 427–442, 2025, doi: 10.55606/juitik.v5i3.1621.

- [24] N. Kholilah, S. Rohman, and D. P. Utomo, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Pada Tanaman Jagung Menggunakan Metode Certainty Factor," *Biner J. Ilm. Inform. dan Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 58–64, 2023, doi: 10.32699/biner.v2i1.4239.
- [25] M. D. Haqewi, R. Dijaya, and C. Taurusta, "Perancangan Sistem Pakar Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Web Untuk Mengatasi Resiko Kecanduan Handphone Pada Anak Berdasarkan Perilaku Sehari-Hari," vol. 10, no. 2, pp. 2709–2716, 2026.
- [26] S. Hendrian, "Implementasi Metode Forward Chaining pada Sistem Pakar Pemilihan Jurusan Sekolah Menengah Atas," *J. Tek. Mesin, Ind. Elektro dan Inform.*, vol. 4, pp. 295–302, 2025, doi: 10.55606/jtmei.v4i1.4822.
- [27] M. A. Nururwan, I. R. Wulandari, Y. Astuti, and W. Widayani, "Implementasi Metode Forward Chaining dan Certainty Factor Pada Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Sinusitis," *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 4, no. 3, pp. 101–112, 2022, doi: 10.47065/bits.v4i3.2630.
- [28] R. Dian, S. Sumijan, and Y. Yuhandri, "Sistem Pakar dalam Identifikasi Kerusakan Gigi pada Anak dengan Menggunakan Metode Forward Chaining dan Certainty Factor," *J. Sistim Inf. dan Teknol.*, vol. 2, pp. 65–70, 2020, doi: 10.37034/jsisfotek.v2i3.24.
- [29] E. Hudianti, D. Maulana, and M. A. Nugroho, "Implementasi Progressive Web Apps Untuk Sistem Pengelolaan Potensi Desa Wisata Kali Opak Tujuh Bulan," *J. Inf. Syst. Manag.*, vol. 4, no. 2, pp. 86–90, 2023, doi: 10.24076/joism.2023v4i2.964.
- [30] I. Yuswandi, Dwi Yuli Prasetyo, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kepiting Bakau Menggunakan Metode Forward Chaining Berbasis Web," *J. Inform. Prog.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–10, 2022, doi: 10.56708/progres.v14i1.300.
- [31] F. Jeraman, N. Faizah, and L. Koryanto, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit pada Tanaman Padi Kecamatan Satarmese Kabupaten Manggarai Provinsi Nusa Tenggara Timur Berbasis Web dengan Metode Forward Chaining," *Comput. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 73–81, 2023, doi: 10.58477/cj.v1i1.66.
- [32] T. Pradana, M. Z. Ilmi, and T. Arifianto, "Pengembangan Sistem Pakar Pemilihan Jamu Dengan Diagnosa Penyakit Pada Manusia Dengan Metode Forward Chaining," *J. Ilm. Inform.*, vol. 9, no. 01, pp. 11–18, 2021, doi: 10.33884/jif.v9i01.3661.
- [33] A. L. Kalua, Veronika H, and D. T. Salaki, "Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Malaria dengan Certainty Factor dan Forward Chaining," *J. Inf. Technol. Softw. Eng. Comput. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 22–34, 2022, doi: 10.58602/itsecs.v1i1.10.
- [34] Usman Syahrul, "Penerapan Metode Certainty Factor Dan Forward Chaining Pada Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Ginjal Application Of Certainty Factor And Forward Chaining Methods In Expert System To Diagnose Kidney Disease Syahrul Usman 2," *IJI Publ.*, vol. 1, no. 1, pp. 21–

32, 2020.

- [35] Asbahani Adytia, “Perancangan Sistem Pakar Untuk Diagnosa Tanaman Pinang Yang Diserang Penyakit Dengan Metode Forward Dan Backward Chaining di Kabupaten Pidie,” *Sagita Acad. J.*, vol. 2, no. 3, pp. 154–162, 2024, doi: 10.61579/sagita.v2i3.229.
- [36] M. Siddik Hasibuan and D. Wahyu Habibi Hutabarat, “Sistem Pakar Diagnosis Awal Penyakit Faringitis Dan Laringitis Menggunakan Metode Forward Chaining Dan Certainty Factor,” *J. Sci. Soc. Res.*, vol. 4307, no. 3, pp. 1137–1146, 2024, [Online]. Available: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- [37] A. Firmando, “Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Bronkho Pneumonia Menggunakan Metode Forward Chaining Dan Certainty Factor,” *J. Sist. Inf. dan Teknol. Jar.*, vol. 4, no. 1, pp. 44–53, 2023, doi: 10.63703/sisfotekjar.v4i1.63.
- [38] R. Fildansyah, “Rancang Bangun Aplikasi Sistem Pakar Berbasis Progressive Web Apps Untuk Rekomendasi Pemilihan Program Studi,” *J. Komput. dan Inform.*, vol. 9, no. 1, pp. 19–29, 2021, doi: 10.35508/jicon.v9i1.3703.
- [39] Muhammad Januar Pribadi, Agung Brastama Putra, and Rizka Hadiwiyanti, “Sistem Pakar Pendeteksi Penyakit Pada Kucing Menggunakan Metode Forward Chaining Dan Certainty Factor,” *Router J. Tek. Inform. dan Terap.*, vol. 2, no. 3, pp. 97–108, 2024, doi: 10.62951/router.v2i3.150.
- [40] Z. M. Iskhak, E. Darmanto, and S. Muzid, “Integrasi Sistem Pakar Forward Chaining dan Decision Tree untuk Deteksi Hama berbasis WhatsApp,” *Edumatic J. Pendidik. Inform.*, vol. 9, no. 2, pp. 560–569, 2025, doi: 10.29408/edumatic.v9i2.31189.
- [41] S. Ainah, Y. N. C. Khotimah, A. Maharani, V. H. Pranatawijaya, and R. Priskila, “Implementasi Sistem Pakar Forward Chaining pada Deteksi Penyakit Tanaman Selada,” *J. Minfo Polgan*, vol. 13, no. 1, pp. 241–253, 2024, doi: 10.33395/jmp.v13i1.13613.

LAMPIRAN

Lampiran Dokumentasi



Gambar Lampiran 1. Dokumentasi di Dinas Perkebunan



Gambar Lampiran 2. Dokumentasi di Dinas Perkebunan



Gambar Lampiran 3. Dokumentasi Wawancara Data Penyakit Pinang



Gambar Lampiran 4. Dokumentasi Wawancara Data Penyakit Pinang



Gambar Lampiran 5. Dokumentasi Wawancara Data Penyakit Pinang

PENYAKIT DAN GEJALA TANAMAN PINANG				
PENYAKIT	GEJALA	MB	MD	SOLUSI DAN PENANGANAN
Busuk Buah <i>Phytophthora palmivora</i>	Bercak kebasahan pada permukaan buah	0.8	0	1. Pangkas dan musnahkan buah terinfeksi 2. Semprotkan fungisida berbahan aktif tembaga (copper hydroxide) atau metalaksil sesuai dosis 3. Perbaiki drainase kebun agar tidak tergenang air 4. Sanitasi kebun rutin; buang sisa buah busuk 5. Hindari pelukaan mekanis pada buah
	Bercak dimulai dari bagian dekat kelopak (calyx)	0.8	0	
	Buah membusuk dan gugur sebelum matang	0.6	0	
Busuk Pucuk <i>Phytophthora palmivora</i>	Daun muda/janur menguning	0.6	0	1. Segera potong dan bakar bagian pucuk yang terinfeksi 2. Aplikasikan fungisida sistemik berbahan metalaksil atau fosetil-Al pada bekas potongan 3. Oleskan pasta fungisida (bordeaux mixture) pada luka 4. Perbaiki drainase di sekitar pangkal pohon 5. Hindari pemupukan N berlebihan (merangsang pertumbuhan lunak)
	Daun muda berubah kecokelatan dan layu	0.8	0	
	Pucuk tanaman membusuk dan mudah dicabut	0.8	0	
	Pucuk mengeluarkan bau busuk menyengat	0.8	0	
Menguning Daun <i>Phytoplasma</i>	Daun bawah menguning bertahap menuju pucuk	0.8	0	1. Kendalikan serangga vektor (wereng, kutu daun) dengan insektisida sistemik 2. Cabut dan bakar pohon yang terinfeksi berat untuk cegah penularan 3. Gunakan bibit sehat bersertifikat bebas phytoplasma 4. Lakukan pemupukan berimbang (K tinggi untuk meningkatkan ketahanan) 5. Isolasi pohon sakit agar vektor tidak berpindah ke pohon sehat
	Ukuran daun mengecil (kerdil)	0.8	0	
	Ruas batang memendek	0.8	0	
Ganoderma <i>Ganoderma lucidum</i>	Produksi buah menurun drastis hingga berhenti	0.6	0	1. Cabut dan bakar pohon terinfeksi beserta akarnya secara menyeluruh 2. Sterilkan tanah bekas pohon dengan kapton atau fungisida berbahan trikoderma 3. Hindari penanaman di lahan bekas kelapa sawit/kelapa tanpa
	Daun bagian bawah menguning dan terkulai	0.6	0	
	Jaringan kayu pangkal batang membusuk berwarna coklat gelap	0.8	0	

Gambar Lampiran 6. Data Penyakit dan Gejala Tanaman Pinang

	Muncul tubuh buah jamur setengah lingkaran di pangkal batang	0.8	0	perlakuan tanah 4. Aplikasikan agen hayati <i>Trichoderma harzianum</i> di sekitar perakaran 5. Lakukan rotasi tanaman dan perbaiki drainase lahan
Bercak Daun <i>Colletotrichum</i> / <i>Pestalotiopsis</i>	Muncul bercak kecil cokelat tua/hitam pada daun	0.6	0	1. Pangkas daun terinfeksi dan musnahkan (jangan dibiarkan di kebun) 2. Semprotkan fungisida berbahan mankozeb atau klorotalonil secara berkala 3. Hindari kelembapan berlebihan; atur jarak tanam agar sirkulasi udara baik 4. Gunakan bibit sehat dan steril di pembibitan 5. Kurangi stres tanaman dengan pemupukan dan pengairan yang cukup
	Bercak menyatu, daun tampak terbakar (nekrosis)	0.8	0	

Tembilahan, 17 April 2026
Suprati S.P.

Gambar Lampiran 7. Data Penyakit dan Gejala Tanaman Pinang



Gambar Lampiran 8. Dokumentasi Observasi ke Kebun Pinang



Gambar Lampiran 9. Dokumentasi Bersama Pemilik Kebun Pinang



Gambar Lampiran 10. Dokumentasi Dikebun Pinang