



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

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.

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

Untuk gejala pertama yang dihitung, CF_{old} diasumsikan sama dengan CF_{gejala} dari gejala tersebut. Untuk setiap gejala berikutnya, CF_{gejala} yang baru dikombinasikan dengan CF_{old} 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 ketidakpercayaan), 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 <i>Forward Chaining</i>	<i>Forward Chaining</i>	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 <i>Forward Chaining</i>	<i>Forward Chaining</i>	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. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
- Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

(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>	Chaining dan Backward Chaining 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.

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*". 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.

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*



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.

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.

Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

