

Pengembangan Aplikasi Sistem Pakar Deteksi Dini Hama Dan Penyakit Tanaman Jagung

Development of an Expert System Application for Early Detection of Pests and Diseases of Maize Plants

Mohamad Lihawa¹, Zulzain Ilahude^{2*}, Mukhlisulfatih Latief³, Mohamad Ikbah Baha¹, Hayatiningsih Gubali¹, Nikmah Musa⁶, dan Salmawaty Tansa²

¹Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo

²Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo

³Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo

*E-mail : zulzainilahude85@gmail.com

ABSTRACT

Pests and diseases of maize plants have the potential to cause crop failure. Lack of information and knowledge about plant pests and diseases and limited field extension workers lead to errors in diagnosing maize pests and diseases. This results in inappropriate crop management that decreases production. Therefore, farmers need a tool to detect pest and disease attacks through physical symptoms seen on plants in the field. This research aims to produce an Agricultural Information System, namely an android-based expert system to detect pests and diseases in corn plants. The method used is software with prototyping to get an overview of the application to be built through a prototype application design and then evaluated by the user. The research stages include; gathering needs, building prototypes, evaluating prototype, coding the system, testing the system, evaluating the system, and using the system. The result is the symptoms of pest and disease attacks on corn plants in the field, can be detected through the form of symptoms that are matched with images and characteristics of symptoms displayed on the Agricultural Information System software installed on android-based mobile phones or Tablets. Test results from 28 respondents showed that the success rate of detection of pest symptoms on corn plants was 75%, and for disease symptoms was 90%.

Keywords: *Agricultural information system, pests, diseases, corn*

Disubmit : 17 Juni 2023, **Diterima :** 08 Agustus 2023, **Disetujui :** 22 Januari 2024;

PENDAHULUAN

Keberadaan hama dan penyakit pada tanaman merupakan suatu gambaran interaksi yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, terutama dalam hal produksi dari sisi kualitas dan kuantitas (Chen et al., 2018; Kristiaga et al., 2020), dan dapat menyebabkan kehilangan hasil sekitar 9% di seluruh dunia (Nayak et al. 2023). Juga dapat mengancam ketahanan pangan dunia (Karmakar et al. 2022). Tanaman jagung merupakan salah satu komoditi strategis setelah padi, hal ini karena sebagai makanan pokok dan bahan baku industri (Zhan, B et al., 2022). Tanaman jagung tidak dapat menghindari serangan hama dan penyakit. Hubungan yang terjadi antara tanaman, hama, dan patogen penyebab penyakit sangat dipengaruhi



Lisensi

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional.

oleh perubahan global yang sedang terjadi saat ini (Guégan et al., 2023). Perubahan global ini dapat berperan sebagai pendorong untuk meningkatnya populasi hama dan tingkat keparahan penyakit pada tanaman jagung.

Setiap serangga memiliki kecenderungan yang berbeda dalam hal jumlah individu yang ada dalam suatu habitat (Kristiaga et al. 2020), yang mengakibatkan dampak kerusakan pada tanaman yang dapat terlihat melalui gejala serangan. Gejala serangan ini umumnya dimulai dengan gejala yang ringan dan penyebarannya masih terbatas. Namun, karena petani sering mengabaikan gejala serangan tersebut, mungkin karena kurangnya pengetahuan atau menganggap bahwa gejala tersebut adalah hal yang umum terjadi selama periode tanam, akhirnya timbul gejala serangan yang sangat parah dan menyebar luas. Akibatnya, upaya pengendalian menjadi terlambat dilakukan dan berakibat pada kegagalan panen.

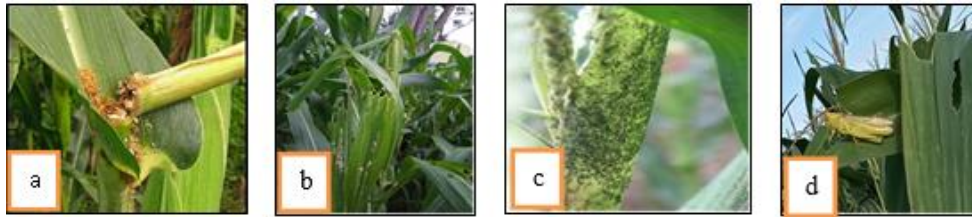
Oleh karena itu, diperlukan usaha yang lebih efektif, efisien, dan cepat dalam mengidentifikasi dan mengklasifikasikan hama dan penyakit pada tanaman jagung dengan memanfaatkan sarana informasi teknologi seperti sistem pakar deteksi dini hama dan penyakit. Kemajuan Teknologi Informasi (TI) telah menghasilkan dampak signifikan dan perubahan yang sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam sektor pertanian. (Subeesh & Mehta, 2021), sehingga dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi gejala serangan hama dan penyakit tanaman, seperti aplikasi smartphone dengan kemampuan pembelajaran mesin (Kumi et al. 2022), untuk mengkategorikan kerusakan pada tanaman yang dibangun pada arsitektur cloud computing dan IMFR-CNN dengan sistem pengenalan berbasis gambar tanaman, serangga hama dan gejala serangannya (Alvesa et al., 2021; Deepika & Arthi, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi gejala serangan hama dan penyakit pada tanaman menggunakan pendekatan aplikasi smartphone dengan menggunakan metode prototyping. Pendekatan ini memiliki tujuan untuk menghasilkan gambaran awal dari aplikasi yang akan dikembangkan melalui desain prototipe aplikasi. Prototipe tersebut kemudian akan dinilai oleh pengguna untuk evaluasi. Penelitian ini sejalan dengan kemajuan teknologi di bidang pertanian, terutama dalam hal transformasi digital melalui penerapan kecerdasan buatan dan teknologi untuk mendeteksi kesehatan tanaman (Dhanya et al. 2022).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2020 – September 2021 di Gorontalo pada lahan jagung milik petani. Selanjutnya, dilakukan identifikasi di Laboratorium Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo. Beberapa peralatan yang digunakan meliputi smartphone Android, catatan, mikroskop binokuler dengan lensa objektif 10x, cawan Petri, plastik transparan, dan botol. Bahan-bahan yang digunakan termasuk alkohol 70%, contoh serangga, serta bagian tanaman yang terkena serangan hama dan penyakit. Gejala serangan hama dan penyakit pada tanaman jagung yang terdeteksi di lapangan akan difoto dan dijelaskan secara deskriptif sebagai dukungan bagi fungsi kerja Sistem Informasi Pertanian (SIP).

Deskripsi Hama dan Penyakit Tanaman Jagung. Tanaman jagung merupakan tanaman pangan dunia yang penting dan menempati urutan ketiga (Divyanth et al. 2023). “Dalam pertumbuhannya tanaman jagung peka dengan serangan hama dan penyakit. Hama yang sering menyerang tanaman jagung yaitu ; ulat grayak *Spodoptera* sp., (Furuya et al., 2021; Herlinda et al., 2022), penggerek batang jagung (*Ostrinia furnacalis*), belalang kembara (*Locusta* sp.), dan kutu daun (*Aphis* sp.),. Sedangkan penyakit adalah; bulai (*Peronosclerospora maydis*), bercak daun (*Curvularia* sp.) hawar daun (*Helminthosporium* sp.), hawar pelepah (*Rhizoktonia solani* Khun.), dan karat daun (*Puccinia sorghi* Schw.). Berikut ini bentuk gejala serangan hama dan penyakit pada tanaman jagung Gambar 1 dan 2”.



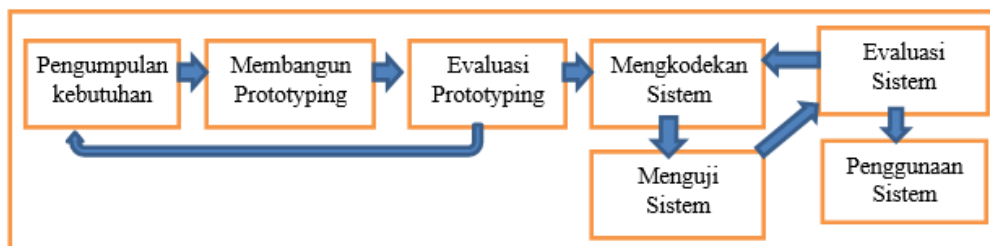
Gambar 1. Contoh foto gejala serangan hama pada tanaman jagung yang ditemukan di lapangan.
a. Hama penggerek batang jagung (*Ostrinia furnacalis*)
b. Hama penggerek pucuk (*Spodoptera frugiverda*)
c. Kutu daun (*Aphis* sp.,)
d. Hama belalang (*Locusta* sp.,)



Gambar 2. Contoh foto gejala serangan penyakit pada tanaman jagung yang ditemukan di lapangan
a. Penyakit bercak daun (*Curvularia* sp)
b. Penyakit hawar pelepah (*Rhizoctonia.solani*)
c. Penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*)
d. Penyakit hawar daun (*Helminthosporium* sp.)
e. Penyakit karat (*Puccinia Sorghi* Schwin)

Perangkat Lunak yang digunakan. Dalam metode yang diterapkan, terdapat interaksi antara pengembang dan pelanggan selama proses pengembangan sistem. Sistem tersebut merupakan versi prototipe pertama dari perangkat lunak yang digunakan untuk mengilustrasikan konsep, melakukan eksperimen terhadap desain, dan mengidentifikasi masalah dan solusi tambahan yang perlu diingat (Choma J., et al., 2022). Pengembangan perangkat lunak ini sejalan dengan kemajuan Teknologi Informasi (IT) yang telah memberikan dampak yang luar biasa pada individu, organisasi dan masyarakat (Alvesa et al., 2021).

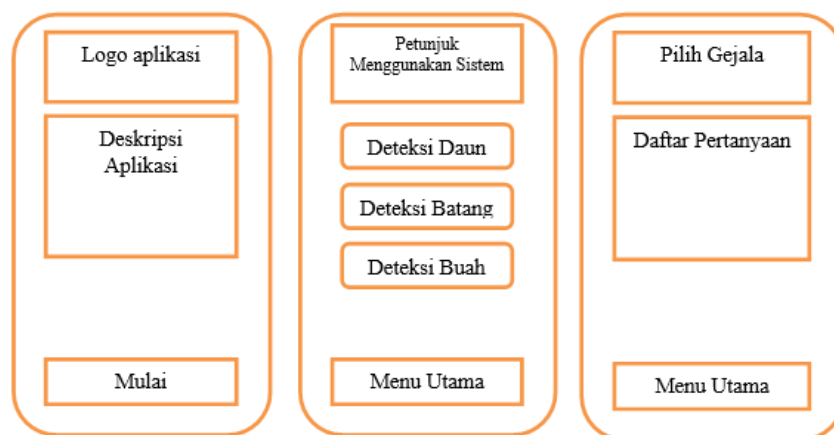
Metode yang digunakan. Penggunaan metode prototyping bertujuan untuk mendapatkan pemahaman tentang aplikasi yang akan dikembangkan melalui perancangan prototipe aplikasi yang dilakukan terlebih dahulu. Prototipe tersebut kemudian dievaluasi oleh pengguna sebagai bagian dari proses pengembangan. Setelah aplikasi prototipe dievaluasi oleh pengguna, langkah selanjutnya adalah menggunakan hasil evaluasi tersebut sebagai panduan dalam pembuatan aplikasi yang akan menjadi produk akhir dari penelitian ini. Pembuatan perangkat lunak ini akan berhasil selama ada klien (Geogy & Dharani, 2016). Metode prototyping ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Metodologi Tahapan Protoyping

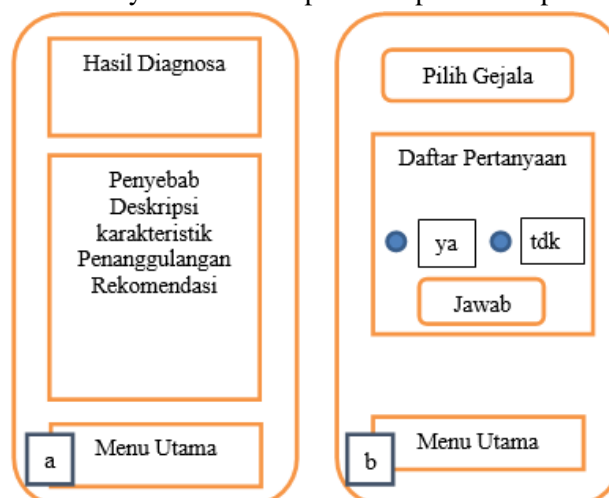
Tahapan dari metode prototyping ini adalah sebagai berikut :

1. **Pengumpulan kebutuhan.** Klien dan pengembang berkolaborasi untuk merencanakan format perangkat lunak, mengidentifikasi kebutuhan, dan merancang sistem yang akan dikembangkan. Untuk itu perlu memahami kebutuhan klien dan kemudian melalui proses konsep dan membangun sesuai harapan klien (Geogy & Dharani, 2016). Analisis kebutuhan klien pada sistem aplikasi ini adalah sebagai berikut : a) Data jenis hama dan penyakit; b) Data deskripsi hama dan penyakit; c) Data karakteristik ; d) Data pengendalian; dan e) Data gambar hama dan penyakit tanaman.
2. **Membangun Prototype / Prototyping.** Dalam pengembangan prototipe, dilakukan pembuatan desain sementara yang difokuskan pada presentasi kepada pelanggan, seperti menciptakan input dan format output. Pada tahap dilakukan desain input dan output sistem yang telah ditentukan berdasarkan kebutuhan pengguna. Adapun desain input sistem yang dibutuhkan adalah seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain input system

Sedangkan desain output dari sistem ini didesain agar dapat menampilkan hasil konsultasi user pada sistem. Output dari sistem ini berupa hasil diagnosa hama dan penyakit berdasarkan gejala-gejala yang dipilih. Selain itu output ini dapat menampilkan penyebab, deskripsi, karakteristik dan upaya-upaya penanggulangan beserta rekomendasinya. Desain output ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. a. Desain output system dan b. Hasil evaluasi prototyping

3. **Evaluasi Prototyping.** Tahap ini melibatkan evaluasi oleh klien untuk menentukan kesesuaian prototipe yang telah dibangun dengan keinginan dan kebutuhan pelanggan (Geogy & Dharani, 2016).

Jika terdapat ketidaksesuaian, prototipe akan direvisi dengan mengulangi langkah-langkah sebelumnya. Namun, jika prototipe telah sesuai, langkah selanjutnya akan dilanjutkan. Pada tahap ini dilakukan beberapa evaluasi misalnya evaluasi pada desain input sistem yaitu :

- a. Adanya perubahan pada pemilihan menu deteksi sistem. Untuk lebih memudahkan user, maka pemilihan menu ini dihilangkan atau tidak digunakan lagi.
 - b. Daftar opsi gejala pada sistem yang sebelumnya digunakan untuk melakukan pengecekan terhadap daftar gejala hama dan penyakit telah diubah menjadi pertanyaan dengan opsi jawaban ya atau tidak yang akan dipilih oleh pengguna untuk memperoleh solusi. Rincian perubahan tersebut dapat ditemukan pada Gambar 5.
4. **Mengkodekan Sistem.** Pada tahap ini, prototipe yang telah disepakati akan diubah menjadi kode pemrograman yang sesuai. Framework yang digunakan dalam pengembangan sistem ini adalah Ionic Framework versi 4 yang didukung oleh bahasa pemrograman Angular. Dengan menggunakan kerangka kerja ini, sistem yang dibangun dapat berjalan pada perangkat smartphone yang menjalankan sistem operasi Android. Penggunaan smartphone telah mengalami perkembangan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, terutama dalam konteks pengendalian hama dan penyakit pada tanaman (Jha et al., 2019; Karar et al., 2021; Muzaffar et al., 2022). Sistem ini dapat beroperasi pada versi Android 4.4 ke atas. Penggunaan smartphone dengan sistem operasi Android merupakan salah satu hasil dari kemajuan teknologi yang digunakan dalam pertanian cerdas 4.0 (Abbasi et al., 2022).
5. **Menguji Sistem.** Setelah sistem telah dikembangkan menjadi perangkat lunak yang siap digunakan, perangkat lunak tersebut harus menjalani tahap pengujian sebelum digunakan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengurangi kemungkinan adanya kesalahan pada perangkat lunak. Pengujian dilakukan menggunakan metode Black Box.

Pada tahap ini, sistem diuji menggunakan metode black box yang bertujuan untuk menguji fungsionalitas setiap komponen sistem secara keseluruhan. Rincian pengujian sistem pada tahap ini dapat ditemukan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan Pengujian Sistem Informasi Pertanian (SIP)

Uraian	Prosedur uji	Input uji	Output yang diharapkan
Menguji berfungsinya tombol / button pemilihan area deteksi pada daun/batang/buah	Klik tombol / button daun / batang / buah pada form pilihan	Memilih daftar pilihan area deteksi	Sistem dapat diakses / masuk pada tiap-tiap area deteksi
Menguji fungsi button / tombol pilihan ya dan tidak pada gejala yang muncul pada tiap-tiap penyakit / hama	Klik tombol / button Ya atau Tidak pada form deteksi daun / batang / buah	Memilih Ya atau Tidak pada tiap-tiap gejala yang muncul	Sistem dapat berpindah ke gejala lain apabila dilakukan pemilihan ya atau tidak
Menguji fungsi output atau keluaran setelah dilakukan pemilihan terhadap gejala - gejala yang dipilih	Jawablah Ya atau Tidak pada gejala -gejala hama dan penyakit yang ada, setelah itu sistem akan berpindah pada form keluaran atau form hasil deteksi	Memilih Ya atau Tidak pada gejala hama dan penyakit	Sistem dapat menampilkan keluaran berupa nama penyakit

Menguji fungsi link hubungi ahli	Setelah hasil keluaran ditampilkan, selanjutnya klik link hubungi ahli pada form hasil deteksi	Klik link hubungi ahli	Sistem berhasil mengeksekusi aplikasi whatsapp sesuai nomor handphone yg di seting
----------------------------------	--	------------------------	--

6. **Evaluasi Sistem.** Pada tahap evaluasi ini, klien melakukan penilaian terhadap sistem yang telah dikembangkan untuk memverifikasi kesesuaiannya dengan kebutuhan dan harapan mereka. Jika terdapat ketidaksesuaian, pengembang akan mengulang tahapan ke-4 dan ke-5 untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan. Namun, jika sistem dinilai sesuai, maka tahapan ke-7 akan dilanjutkan.

Pada tahap ini dilakukan beberapa evaluasi pada sistem dengan mempertimbangkan beberapa hal yaitu kemudahan dan kepraktisan sistem bagi pengguna. Untuk itu dilakukan beberapa perbaikan diantaranya :

- a. Form menu pilihan deteksi pada daun / batang dan buah dihilangkan agar pengguna tidak dipusingkan pilihan area deteksi. Hal ini dapat memudahkan pengguna untuk mendeteksi hama dan penyakit yang ada.
- b. Gejala-gejala yang muncul pada form deteksi dihilangkan dan digantikan dengan gambar / image sesuai dengan gambar gejala hama dan penyakit .

7. **Penggunaan Sistem.** Setelah melewati pengujian dan mendapatkan persetujuan dari klien, perangkat lunak siap untuk digunakan. Pada tahap ini, sistem menghasilkan beberapa formulir, antara lain formulir menu utama, formulir deteksi, dan formulir hasil deteksi.

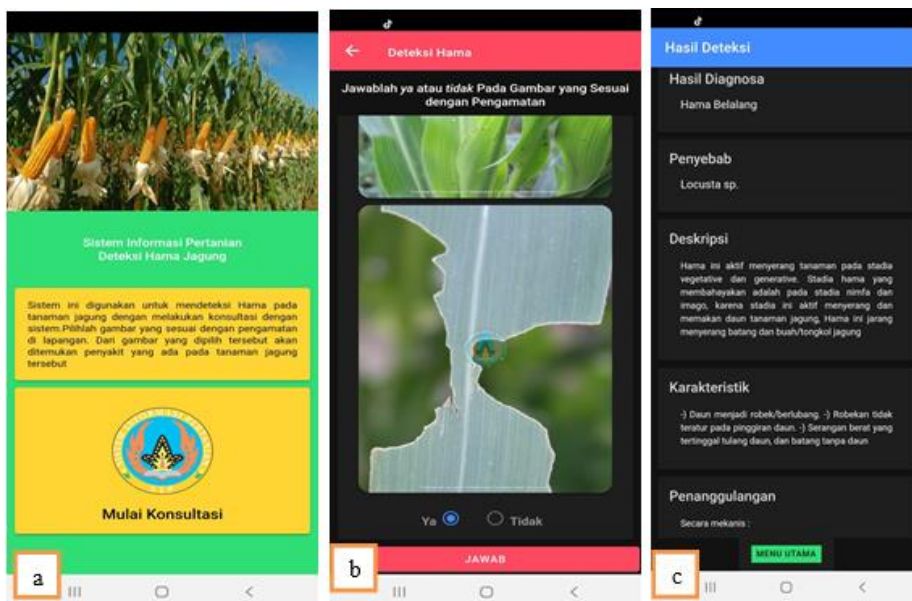
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi gejala serangan hama dan penyakit pada tanaman jagung melalui penggunaan gambar gejala yang terlihat pada tanaman tersebut. Gambar gejala yang sudah terekam pada perangkat lunak dapat dideteksi dengan implementasi perangkat Sistem Informasi Pertanian (SIP). Perangkat ini terdiri atas form menu utama, form deteksi / konsultasi dan form hasil deteksi / konsultasi. Penilaian awal gejala serangan pada tanaman sangat diperlukan pada sistem ini (Patel et al., 2022).

Penggunaan Sistem. Penggunaan sistem diawali dengan mengamati gejala yang tampak pada tanaman jagung, selanjutnya membuka aplikasi Sistem Informasi Pertanian (SIP) kemudian klik tombol mulai konsultasi dan memilih gambar gejala yang sesuai dengan gejala yang ditemui di lahan tanaman jagung. Sistem ini bertujuan untuk mendeteksi atau mengidentifikasi hama dan penyakit yang terdapat pada tanaman jagung berdasarkan gambar atau citra. Pengguna sistem ini hanya perlu membandingkan gambar hasil pengamatan gejala pada tanaman jagung dengan gambar yang ditampilkan oleh sistem. Selama proses perbandingan gambar, pengguna akan diminta untuk memilih opsi Ya atau Tidak yang sesuai. Jika memilih Ya, artinya gambar gejala serangan hama dan penyakit hasil pengamatan pada tanaman jagung di lapangan sama dengan gambar yang ditampilkan oleh sistem. Selanjutnya sistem akan menelusuri hama dan penyakit penyebab gejala tersebut. Jika pengguna memilih opsi Tidak, artinya gambar hasil pengamatan tidak cocok dengan gambar yang ditampilkan dalam sistem. Selanjutnya, sistem akan melakukan pencarian dan menampilkan alternatif gambar gejala lainnya. Begitu seterusnya sampai didapatkan konklusi dari konsultasi tersebut. Berikut ini akan diuraikan metode penggunaan sistem dalam mendeteksi gejala serangan hama dan penyakit pada tanaman jagung:

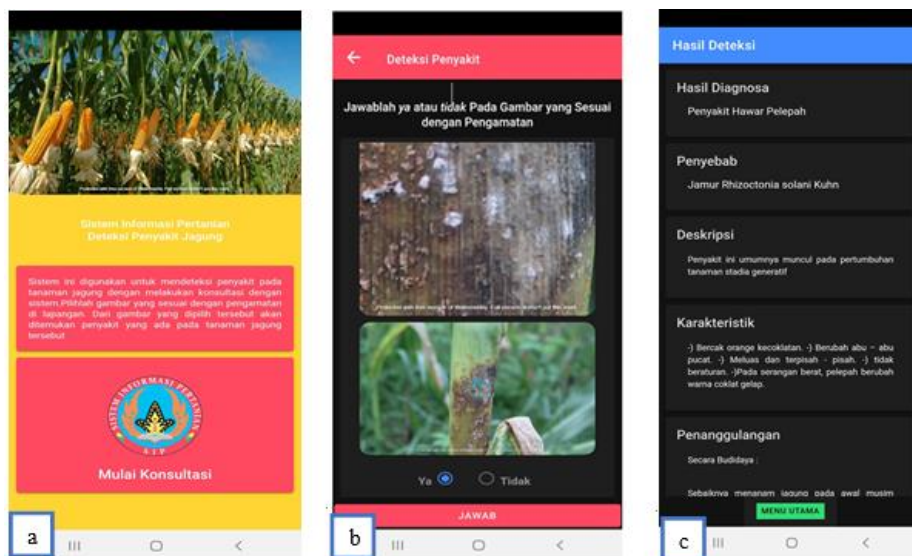
- a. Pengguna menjalankan aplikasi Sistem Informasi Pertanian (SIP 2020) yang telah diinstall pada handphone atau Tablet android.
- b. Setelah aplikasi SIP berhasil dijalankan, maka akan tampil menu utama seperti pada gambar (6a) dan (7a).

- c. Kemudian klik tombol mulai konsultasi agar sistem berpindah ke Form deteksi/konsultasi. Pada form ini terdapat gambar dan pengguna dapat memilih jawaban Ya atau Tidak seperti pada gambar (6b) dan (7b). Apabila jawabannya Ya, maka gambar hasil pengamatan sesuai dengan gambar yang tampil pada sistem.
- d. Selanjutnya sistem akan berpindah ke form Hasil Deteksi/Konsultasi. Form ini akan menampilkan hasil diagnosa, penyebab, deskripsi, karakteristik dan penganggulangan hama atau penyakit sesuai dengan jawaban yang dipilih oleh pengguna seperti pada Gambar (6c) dan (7c).



Gambar 6. Aplikasi Sistem Informasi Pertanian (SIP) untuk deteksi Hama Jagung

- a. Form Menu Utama
- b. Form Deteksi / Konsultasi
- c. form hasil deteksi / konsultasi



Gambar 7. Aplikasi Sistem Informasi Pertanian (SIP) untuk deteksi Penyakit Jagung

- a. Form Menu Utama
- b. Form Deteksi / Konsultasi
- c. form hasil deteksi / konsultasi

Adapun pengujian aplikasi tersebut melibatkan 28 responden mahasiswa. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan deteksi dini antara gejala hama dan penyakit pada tanaman jagung cukup berbeda. Dari 28 responden yang mendeteksi dini gejala penyakit pada tanaman jagung menunjukkan tingkat keberhasilan untuk penyakit sebesar 90% (deteksi gejala bercak daun, hawar daun, karat, dan hawar pelepah). Sedangkan deteksi dini gejala hama menunjukkan tingkat akurasi 75% (deteksi gejala belalang, ulat grayak *Spodoptera sp*, ulat grayak *Spodoptera frugiverda*, penggerek batang) (Tabel 2).

Tabel 2. Pengujian Tahap Pertama Gejala Hama & Penyakit Tanaman Jagung pada Aplikasi Sistem Informasi Pertanian (SIP)

No	Jenis Gejala	Jumlah Responden	Tingkat presentase (%)
Gejala Hama			
1	Belalang	8	100
2	Penggerek Batang	4	0
3	Kutu Aphid	-	100
4	Ulat Grayak <i>Spodoptera frugiverda</i>	0	75
5	Ulat Grayak <i>Spodoptera Sp</i>	0	100
Total Persentase Hama			75
Gejala Penyakit			
1	Karat	10	100
2	Hawar Daun	4	50
3	Bercak Daun	5	100
4	Hawar Pelepah	1	100
5	Bulai	-	100
Total Persentase Penyakit			90

Hasil evaluasi pada pengujian aplikasi SIP setelah dikoreksi, perlu adanya tambahan gambar spesifik dari awal gejala sampai akhir untuk serangan hama pada tanaman jagung mengingat responden agak susah membedakan gejala robekan yang disebabkan oleh beberapa jenis hama terutama serangan hama belalang, ulat grayak *Spodoptera sp*, ulat grayak *Spodoptera frugiverda*, dan penggerek batang.

KESIMPULAN

Melalui eksplorasi lapangan, telah ditemukan gejala yang dominan terkait serangan hama dan penyakit pada tanaman jagung. Hama yang dominan meliputi hama belalang, ulat grayak (*Spodoptera frugiverda*), penggerek batang, dan kutu daun (*Aphids*). Sedangkan penyakit yang dominan meliputi penyakit hawar daun, hawar pelepah, bulai, karat, dan bercak daun.

Melalui penggabungan basis data hama dan penyakit pada tanaman jagung dengan *model prototipe*, telah berhasil mengembangkan sistem pakar berbasis Android untuk deteksi dini hama dan penyakit pada tanaman jagung dalam Sistem Informasi Pertanian (SIP). Pengujian tahap pertama terhadap aplikasi SIP berbasis *Android* ini menunjukkan tingkat akurasi untuk hama 73% dan penyakit 90%, dan akan dilakukan evaluasi serta perbaikan berkelanjutan.

Perlu dilakukan penelitian serupa pada tanaman lainnya, misalnya tanaman padi, kedelai dan kacang tanah, pada kondisi iklim dan jenis tanaman yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Abbasi, R., Martinez, P., & Ahmad, R. 2022. The digitization of agricultural industry – a systematic literature review on agriculture 4.0. *Smart Agricultural Technology*, 2, 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100042>

- Alves, L. M., Souza, G., Ribeiro, P., & Machado, R. J. 2021. Longevity of risks in software development projects: A comparative analysis with an academic environment. *Procedia Computer Science*, 181(2019), 827–834. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.236>
- Chen, Y., Yang, W., Li, M., Hao, Z., Zhou, P., & Sun, H. 2018. Research on pest image processing method based on android thermal infrared lens. *IFAC-PapersOnLine*, 51(17), 173–178. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.083>
- Choma, J., Guerra, E. M., da Silva, T. S., & Zaina, L. M. 2022. An approach to explore sequential interactions in cognitive activities of software engineering. *Information and Software Technology*, 141, 106730. <https://doi.org/10.1016/J.INFSOF.2021.106730>
- Deepika, P., & Arthi, B. 2022. Prediction of plant pest detection using improved mask FRCNN in cloud environment. *Measurement: Sensors*, 24, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100549>
- Dhanya, V. G., Subeesh, A., Kushwaha, N. L., Vishwakarma, D. K., Kumar, T. N., Ritika, G., & Singh, A. N. 2022. Deep learning based computer vision approaches for smart agricultural applications. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 6, 211–229. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2022.09.007>
- Divyanth, L. G., Ahmad, A., & Saraswat, D. 2023. A two-stage deep-learning based segmentation model for crop disease quantification based on corn field imagery. *Smart Agricultural Technology*, 3, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100108>
- Furuya, D. E. G., Ma, L., Pinheiro, M. M. F., Gomes, F. D. G., Gonçalves, W. N., Junior, J. M., Rodrigues, D. de C., Blassioli-Moraes, M. C., Michereff, M. F. F., Borges, M., Alaumann, R. A., Ferreira, E. J., Osco, L. P., Ramos, A. P. M., Li, J., & Jorge, L. A. de C. 2021. Prediction of insect-herbivory-damage and insect-type attack in maize plants using hyperspectral data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 105, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102608>
- Geogy, M., & Dharani, A. 2016. A scrutiny of the Software Requirement Engineering process. *Procedia Technology*, 25, 405–410. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.08.125>
- Guégan, J. F., de Thoisy, B., Gomez-Gallego, M., & Jactel, H. 2023. World forests, global change, and emerging pests and pathogens. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 61, 101266. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101266>
- Herlinda, S., Suharjo, R., Elbi Sinaga, M., Fawwazi, F., & Suwandi, S. 2022. First report of occurrence of corn and rice strains of fall armyworm, Spodoptera frugiperda in South Sumatra, Indonesia and its damage in maize. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(6), 412–419. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.11.003>
- Jha, K., Doshi, A., Patel, P., & Shah, M. 2019. A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 2, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2019.05.004>
- Karar, M. E., Alsunaydi, F., Albusaymi, S., & Alotaibi, S. 2021. A new mobile application of agricultural pests recognition using deep learning in cloud computing system. *Alexandria Engineering Journal*, 60(5), 4423–4432. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.03.009>
- Karmakar, S., Das, P., Panda, D., Xie, K., Baig, M. J., & Molla, K. A. 2022. A detailed landscape of CRISPR-Cas-mediated plant disease and pest management. *Plant Science*, 323, 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2022.111376>

- Kristiaga, Z. C. J., Sutoyo, & Agastya, I. M. I. 2020. Kelimpahan serangga musuh alami dan serangga hama pada ekosistem tanaman cabai merah (*Capsicum Annum L.*) pada fase vegetatif di Kecamatan Dau Kabupaten Malang. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 20(3), 230–236.
- Kumi, S., Kelly, D., Woodstuff, J., Lomotey, R. K., Orji, R., & Deters, R. 2022. Cocoa Companion: Deep Learning-Based Smartphone Application for Cocoa Disease Detection. *Procedia Computer Science*, 203, 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.07.013>
- Muzaffar, A., Hassen, H. R., Lones, M. A., & Zantout, H. 2022. An in-depth review of machine learning based Android malware detection. *Computers and Security*, 121, 102833. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2022.102833>
- Nayak, A., Chakraborty, S., & Swain, D. K. 2023. Application of smartphone-image processing and transfer learning for rice disease and nutrient deficiency detection. *Smart Agricultural Technology*, 4, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100195>
- Patel, R., Mitra, B., Vinchurkar, M., Adami, A., Patkar, R., Giacomozzi, F., Lorenzelli, L., & Baghini, M. S. 2022. A review of recent advances in plant-pathogen detection systems. *Heliyon*, 8, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11855>
- Subeesh, A., & Mehta, C. R. 2021. Automation and digitization of agriculture using artificial intelligence and internet of things. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 5, 278–291. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2021.11.004>
- Zhan, B., Yang, X., Lommel, S. A., & Zhou, X. 2022. Recent progress in maize lethal necrosis disease: From pathogens to integrated pest management. *Journal of Integrative Agriculture*, 21(12), 3445–3455. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.08.050>