

DOCTOR CHILLI : APLIKASI MENGESAN PENYAKIT POKOK CILI MENGGUNAKAN RANGKAIAN NEURAL KONVOLUSI (CNN)

¹Muihammad Akmal Farahi Bin Mohd Nasir,¹Fadilla ‘Atyka Binti Nor Rashid

**¹Fakulti Teknologi & Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, Malaysia**

Abstrak

Pokok cili merupakan tanaman yang ditanam secara intensif di negara kita. Namun begitu, pokok cili sering mengalami penyakit yang dijangkiti oleh bakteria dan sebagainya. Oleh itu, projek ini menentengahkan cadangan untuk sebuah aplikasi yang dinamakan *Doctor Chilli*. *Doctor Chilli* merupakan aplikasi yang dibangunkan menggunakan Pembelajaran Mendalam dan direka untuk mengesan penyakit yang dihadapi oleh pokok cili bagi membantu masyarakat setempat yang menanam pokok cili agar mereka dapat menjaga hasil tanaman mereka dengan lebih efisien. Walaupun Pembelajaran Mendalam mempunyai potensi besar dalam bidang pertanian tetapi masih terdapat masalah-masalah dalam mengesan tumbuhan-tumbuhan yang mempunyai penyakit seperti pokok cili. Hal ini secara tidak langsung telah menjejaskan masyarakat setempat yang menanam cili di rumah mereka, menyebabkan mereka mengalami kerugian hasil tanaman akibat serangan penyakit. Mengatasi masalah ini dengan kaedah Pembelajaran Mendalam seperti CNN yang efektif amatlah penting bagi meningkatkan ketahanan tanaman pokok cili. Antara objektif projek ini adalah untuk mengenal pasti tanda-tanda awal penyakit pokok cili menggunakan kajian kes dan pemeriksaan data visual daripada laporan pertanian. Selain itu, projek ini bertujuan untuk membangunkan sebuah aplikasi *Doctor Chilli* yang boleh mengesan penyakit pokok cili menggunakan teknik pembelajaran mendalam iaitu CNN berdasarkan imej daun yang dijangkiti. Akhir sekali, projek ini ingin menilai keberkesanan aplikasi *Doctor Chilli* dalam mengesan penyakit pokok cili dengan menganalisis menggunakan metrik prestasi (performance metrics). Metodologi yang akan digunakan dalam membangun aplikasi ini adalah agile. Dengan menggunakan metodologi ini, pembangunan aplikasi boleh dilakukan secara berulang dan berperingkat, membolehkan setiap ciri aplikasi dibangunkan dalam berbilang fasa. Agile sesuai kerana ia membolehkan penyesuaian berterusan berdasarkan maklum balas pengguna dan perubahan dalam keperluan yang mungkin berlaku semasa proses pembangunan. Akhir dari projek ini, aplikasi ini dijangka akan dapat membantu masyarakat setempat yang menanam pokok cili untuk mengesan tanaman yang mempunyai tanda-tanda berpenyakit. Selain itu, aplikasi ini dijangka dapat memberi ketepatan yang tinggi dalam mengesan penyakit serta punca yang menyebabkan pokok cili tersebut dijangkiti. Kesimpulannya, *Doctor Chilli* bertujuan untuk membangunkan aplikasi pintar yang dapat

membantu masyarakat setempat dalam pengesanan penyakit pokok cili secara automatik dan tepat. Menggunakan teknologi pembelajaran mendalam, aplikasi ini berfungsi dengan mengesan tanda-tanda awal penyakit pada pokok cili serta mengenalpasti jenis penyakit yang dihadapi.

Kata Kunci: Pembelajaran Mendalam, Pokok Cili, Pengesanan Penyakit, CNN, *Doctor Chilli*.

Abstract

White Chili plants are crops that are intensively cultivated in our country. However, chili plants often suffer from diseases caused by bacteria and other factors. Therefore, this project presents a proposal for an application called Doctor Chilli. Doctor Chilli is an application developed using Deep Learning and designed to detect diseases affecting chili plants to assist the local community who grow chili plants, helping them maintain their crops more efficiently. Although Deep Learning has great potential in agriculture, there are still challenges in detecting diseased plants such as chili. This has indirectly affected local communities who grow chilies at home, causing them to suffer crop losses due to disease attacks. Addressing this issue with effective Deep Learning methods like CNN is essential to improve the resilience of chili plants. Among the objectives of this project is to identify early signs of chili plant diseases using case studies and visual data analysis from agricultural reports. In addition, the project aims to develop a Doctor Chilli application that can detect chili plant diseases using deep learning techniques such as CNN based on images of infected leaves. Lastly, this project seeks to evaluate the effectiveness of the Doctor Chilli application in detecting chili plant diseases by analyzing it using performance metrics. The methodology that will be used in developing this application is agile. By using this methodology, application development can be carried out iteratively and in stages, allowing each feature of the application to be developed in multiple phases. Agile is suitable because it allows for continuous adaptation based on user feedback and changes in requirements that may occur during the development process. At the end of this project, this application is expected to help local communities growing chili plants to detect plants showing signs of disease. In addition, this application is expected to provide high accuracy in identifying diseases and the causes of chili plant infections. In conclusion, Doctor Chilli aims to develop a smart application that can assist the local community in detecting chili plant diseases automatically and accurately. By using deep learning technology, this application works by detecting early signs of disease in chili plants and identifying the type of disease present.

Keywords : Deep Learning, Chili Plants, Disease Detection, CNN, *Doctor Chilli*.

1.0 PENGENALAN

Di era globalisasi ini, pembelajaran mesin berkembang dengan begitu pesat dan telah berjaya memajukan ekonomi di berbagai negara. *Doctor Chilli* merupakan aplikasi yang dibangunkan menggunakan Pembelajaran Mesin untuk mengesan penyakit yang dihadapi oleh pokok cili bagi membantu orang-orang yang menanam pokok cili agar mereka dapat menjaga hasil tanaman mereka dengan lebih efisien. Untuk menjaga ketahanan pokok cili ini amatlah sukar dari segi pengawalan penyakit dan serangga yang masih menghantui orang-orang yang menanam cili (Irfan Muhd, 2016). Disebabkan hal ini, aplikasi *Doctor Chilli* dibangunkan bertujuan untuk mengatasi masalah ini dari terus berlaku dengan menawarkan sebuah aplikasi yang dapat membantu mereka mengesan tanda-tanda awal penyakit yang dialami oleh pokok cili dan memudahkan mereka untuk menjaga hasil tanaman mereka dari rosak.

Selain itu, *Doctor Chilli* memudahkan pengguna untuk mengesan tanda-tanda awal penyakit yang dialami pokok cili agar pengguna dapat mengelakkan hal sama berlaku kepada tanaman yang lain.

Doctor Chilli bertujuan untuk menjadi satu solusi yang efisien kepada masyarakat setempat yang menanam pokok cili. Dengan ciri-ciri ini, aplikasi ini diharapkan dapat membantu mereka untuk menghasilkan tanaman yang berkualiti dan mesra alam.

2.0 KAJIAN LITERATUR

Kajian literatur adalah analisis sistematik dan mampatan buku, artikel ilmiah dan sumber lain yang berkaitan dengan projek yang menyediakan asas pengetahuan bagi membangunkan *Doctor Chilli*. Kajian literatur direka untuk mengenal pasti dan mengkaji kritikan yang sedia ada berkaitan projek untuk membenarkan penyelidikan dengan mendedahkan jurang dalam penyelidikan semasa. Sorotan literatur akan menjelaskan lebih terperinci berkaitan tanaman cili. Hasil kajian dalam bab ini akan digunakan untuk membangunkan *Doctor Chilli* agar menjadi aplikasi yang lebih efisien serta mudah digunakan oleh pengguna.

2.1 Limitasi Kaedah Konvensional

Masyarakat setempat yang menanam pokok cili sering menggunakan kaedah yang tidak efisien dalam menjaga tanaman mereka iaitu kaedah tradisional. Secara tradisional, proses mengenal pasti penyakit pokok cili dilakukan secara manual, melalui pemerhatian pakar pertanian atau petani yang berpengalaman. Namun, kaedah ini kurang efisien dan memerlukan kehadiran pakar, yang mungkin tidak selalu mudah dicapai. Kaedah ini juga memerlukan pengeluaran kos yang agak mahal jika ingin memanggil pakar untuk menilai tanaman. Oleh itu, terdapat keperluan mendesak untuk kaedah pengesanan penyakit yang lebih efisien, tepat, dan mudah diakses serta tidak memerlukan pengeluaran wang yang banyak oleh masyarakat setempat yang menanam cili secara komersial atau di rumah.

2.2 Pembelajaran Mesin Dalam Pertanian

Dalam era globalisasi dan kemajuan teknologi ini, pembelajaran mesin telah menjadi komponen penting dalam pembangunan sistem pintar yang dapat membantu menyelesaikan pelbagai masalah dalam bidang pertanian. Teknologi pembelajaran mesin, khususnya dalam bidang analisis imej dan pengenalan corak, berpotensi untuk mengenal pasti tanda-tanda awal penyakit dengan memproses data visual seperti imej daun dan batang cili yang dijangkiti. Penggunaan aplikasi yang dibangunkan melalui teknik pembelajaran mesin bukan sahaja dapat meningkatkan kecekapan tetapi juga membantu petani dalam mengambil langkah pencegahan awal untuk menjaga ketahanan pokok cili dan memastikan hasil yang berkualiti. Hal ini diharap dapat memberikan impak positif kepada masyarakat yang menanam cili, mengurangkan kebergantungan kepada pemeriksaan manual dan meningkatkan produktiviti melalui pengesanan dan pengurusan penyakit yang lebih baik.

2.3 Metodologi Dan Penilaian Keberkesanan

Dalam pembangunan aplikasi ini, kajian ini turut akan menggunakan metodologi Agile, yang membolehkan proses pembangunan dilakukan secara berperingkat dan menyesuaikan ciri-ciri aplikasi mengikut maklum balas pengguna. Kajian ini juga akan menilai keberkesanan aplikasi menggunakan metrik prestasi bagi memastikan aplikasi dapat memenuhi keperluan pengesanan penyakit cili dengan tepat dan efisien. Di samping itu, pelbagai kekangan seperti kesukaran dalam mengumpul dataset dan merangka antara muka pengguna yang intuitif akan dikenalpasti dan ditangani sepanjang proses pembangunan.

3.0 METODOLOGI

Model pembangunan yang digunakan dalam kajian ini ialah **Model Agile**, iaitu pendekatan yang membahagikan reka bentuk algoritma kepada beberapa sprint pendek, di mana setiap sprint fokus pada fungsi kecil yang boleh diselesaikan. Dalam setiap iterasi, pasukan berinteraksi dengan pihak berkepentingan untuk mengumpul maklum balas dan melakukan penambahbaikan pada algoritma. Rajah 3.1 menunjukkan gambaran umum model pembangunan Agile.



Rajah 3.1 Model Pembangunan Agile

3.1 Fasa Perancangan

Perancangan merupakan fasa pertama dalam pembangunan sistem *Doctor Chilli*, di mana pasukan projek menetapkan skop dan matlamat utama sistem. Dalam fasa ini, pasukan mengenal pasti keperluan asas pengguna, seperti diagnosis penyakit tanaman dan cadangan rawatan, serta merancang backlog projek yang mengutamakan ciri seperti pemuatan imej, diagnosis penyakit, dan rekod rawatan. Selain itu, tugas-tugas dibahagikan kepada sprint pendek untuk memastikan setiap bahagian dapat diselesaikan dalam tempoh tertentu. Hasil utama daripada fasa ini adalah rancangan projek terperinci dan backlog keutamaan untuk pembangunan sistem..

3.2 Analisis Keperluan

Dalam Fasa analisis keperluan melibatkan pengumpulan maklumat mendalam tentang keperluan fungsian dan bukan fungsian sistem *Doctor Chilli*. Pasukan projek berinteraksi dengan pengguna seperti masyarakat setempat yang menanam cili dan pakar tanaman untuk memahami keperluan mereka. Aktiviti utama termasuk menentukan aliran kerja aplikasi, seperti proses muat naik imej dan analisis diagnosis, serta memastikan sistem mampu mengendalikan pelbagai jenis penyakit tanaman dan menyediakan rawatan yang sesuai. Hasil daripada fasa ini ialah dokumen keperluan yang mendetailkan semua aspek sistem yang diperlukan.

3.3 Reka Bentuk

Fasa reka bentuk memberi tumpuan kepada penyediaan struktur teknikal dan konsep sistem *Doctor Chilli*. Dalam fasa ini, pasukan projek mereka bentuk antaramuka pengguna (UI) yang mesra pengguna untuk kemudahan memuat naik imej tanaman. Hasil utama daripada fasa ini ialah prototaip UI dan dokumen reka bentuk teknikal sistem.

3.4 Pelaksanaan

Pelaksanaan melibatkan proses pembangunan sistem berdasarkan reka bentuk yang telah dirancang. Pasukan projek menulis kod untuk modul utama seperti diagnosis penyakit dan cadangan rawatan. Algoritma pembelajaran mendalam digunakan (jika perlu) untuk menganalisis imej tanaman. Hasil daripada fasa ini ialah sistem *Doctor Chilli* yang dapat berfungsi pada tahap asas dan bersedia untuk pengujian.

3.5 Pengujian

Fasa pengujian bertujuan memastikan sistem bebas daripada ralat dan memenuhi keperluan pengguna. Ujian fungsi dilakukan untuk memastikan modul-modul seperti diagnosis penyakit dan muat naik imej berfungsi dengan baik, sementara ujian prestasi memastikan sistem dapat mengendalikan jumlah data yang besar. Hasil utama daripada fasa ini ialah sistem yang stabil, diuji sepenuhnya, dan bersedia untuk digunakan oleh pengguna akhir.

3.6 Penyebaran

Fasa terakhir ialah penyebaran, di mana sistem *Doctor Chilli* disediakan untuk digunakan oleh pengguna akhir. Aktiviti utama termasuk memastikan perkhidmatan sokongan teknikal tersedia selepas pelancaran. Hasil daripada fasa ini ialah sistem *Doctor Chilli* yang siap digunakan untuk membantu komuniti yang menanam cili dalam diagnosis penyakit tanaman dan memberikan cadangan rawatan yang sesuai.

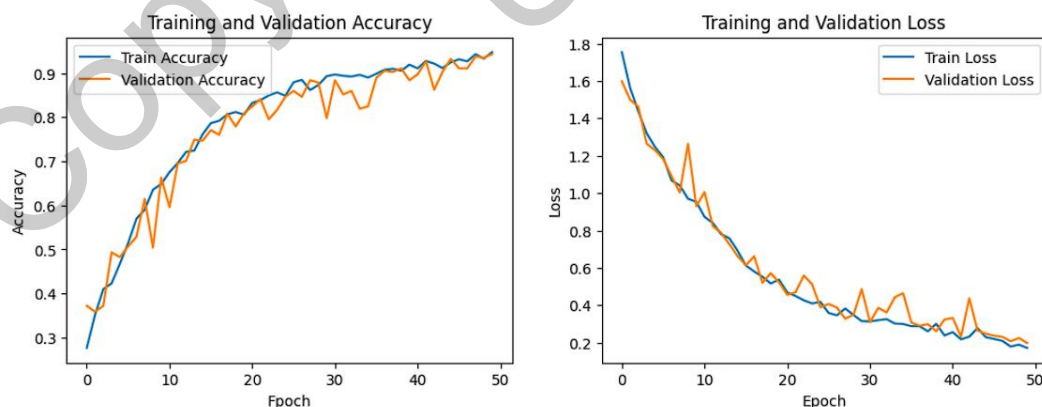
4.0 HASIL KEPUTUSAN

Bahagian ini membincangkan hasil prestasi model yang digunakan dalam sistem pengecaman. Model utama telah diuji iaitu CNN untuk pengecaman daun cili. Penilaian dilakukan berdasarkan metrik standard seperti ketepatan, kadar pengesanan semula, skor F1 dan matriks kekeliruan. Selain itu, turut disertakan tentang pembangunan aplikasi *Doctor Chilli*.

4.1 Model CNN

Pembangunan model untuk projek *Doctor Chilli* melibatkan penggunaan teknik pembelajaran mendalam berasaskan *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk tujuan pengecaman dan pengelasan penyakit daun cili. Model CNN ini dibangunkan menggunakan rangka kerja TensorFlow dan Keras, dan dilatih dengan dataset imej berlabel yang merangkumi enam kelas, termasuk satu kelas sihat.

Graf dalam Rajah 4.1 menunjukkan perkembangan prestasi model sepanjang sesi latihan selama 50 epoch. Sub-graf sebelah kiri memaparkan ketepatan bagi data latihan dan penilaian, manakala sebelah kanan menunjukkan kerugian.



Rajah 4.1 Graf Ketepatan(kiri) dan Graf Kerugian(Kanan)

Rajah 4.1 menunjukkan prestasi model sepanjang proses latihan melalui dua metrik utama iaitu ketepatan (*accuracy*) dan kehilangan (*loss*) untuk set latihan dan set validasi.

Rajah di sebelah kiri menggambarkan perubahan nilai *accuracy* bagi set latihan dan validasi sepanjang 50 epoch. Dapat dilihat bahawa ketepatan bagi kedua-dua set meningkat secara konsisten, dengan nilai akhir melebihi 90%. Corak peningkatan yang hampir sejajar antara kedua-dua set ini menunjukkan bahawa model telah belajar dengan baik tanpa berlakunya masalah *overfitting* yang ketara.

Rajah di sebelah kanan pula menunjukkan nilai *loss* yang menurun secara beransur-ansur sepanjang latihan. Penurunan nilai *loss* bagi kedua-dua set ini juga adalah stabil dan hampir selari, menunjukkan bahawa model semakin memahami pola data dan berjaya mengurangkan ralat ramalan.

Turun naik kecil dalam nilai validasi *loss* adalah normal dan tidak menjejaskan keseluruhan kestabilan model. Secara keseluruhannya, rajah ini membuktikan bahawa model yang dibangunkan mempunyai prestasi yang baik dan generalisasi yang memuaskan terhadap data baharu..

Prestasi terperinci bagi setiap kelas ditunjukkan dalam Jadual 4.1:

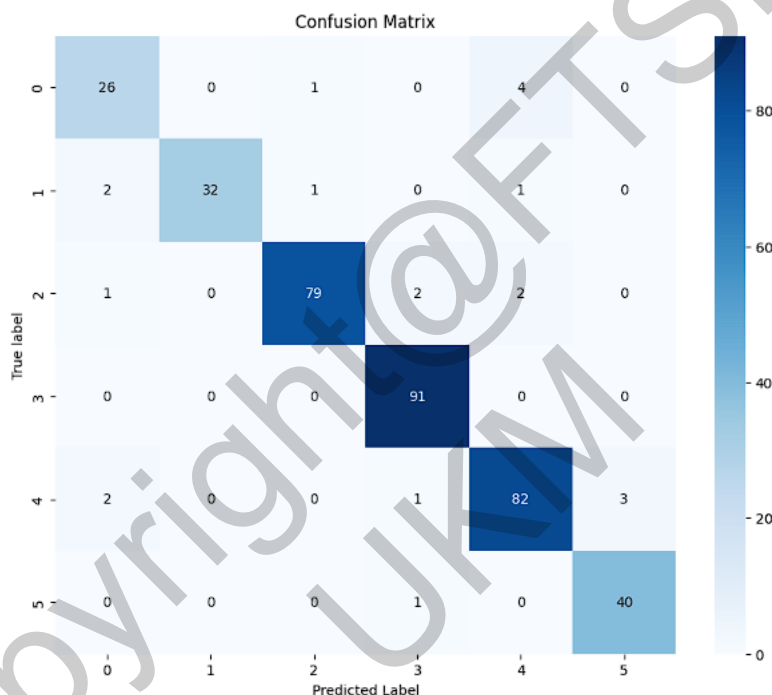
Jadual 4.1 Jadual Keputusan Pengelasan

Kelas	Precision	Recall	F1-Score
Bacterial Spot	0.85	0.74	0.79
Cercospora Leaf Spot	0.94	0.92	0.93
Curl Virus	0.98	0.98	0.98
Healthy Leaf	0.98	0.95	0.96
Nutrition Deficiency	0.93	0.95	0.94
White Spot	0.85	0.98	0.91

Selain itu, Rajah 4.2 menggambarkan prestasi klasifikasi bagi setiap kelas imej daun cili. Kelas '3' mencatat prestasi tertinggi dengan 91 ramalan betul dan tiada kesilapan klasifikasi ke kelas lain, menunjukkan model dapat mengenal pasti ciri-ciri unik kelas ini dengan sangat baik. Kelas '2' juga menunjukkan prestasi yang memberangsangkan dengan 79 ramalan betul, namun terdapat sedikit kekeliruan dengan kelas lain seperti kelas '0', '3' dan '4'.

Kelas '1' dan '4' menunjukkan tahap kekeliruan yang lebih ketara, di mana kelas '1' mengalami kesilapan klasifikasi ke kelas '0', '2', dan '4', manakala kelas '4' tersilap diklasifikasikan ke kelas '2' dan '5'. Ini mencadangkan bahawa terdapat ciri visual yang bertindih antara kelas-kelas ini yang mungkin sukar dibezakan oleh model. Sementara itu, kelas '0' dan '5' menunjukkan prestasi yang baik dengan masing-masing 26 dan 40 ramalan betul, namun masih terdapat sedikit kekeliruan ke kelas lain.

Secara keseluruhan, matriks kekeliruan ini menunjukkan bahawa walaupun model berjaya mengklasifikasikan kebanyakan imej dengan tepat, masih terdapat ruang penambahbaikan khususnya dalam membezakan kelas-kelas yang berkongsi ciri visual yang serupa..



Rajah 4.2 Matriks Kekeliruan Model CNN

Secara keseluruhannya, model CNN menunjukkan prestasi yang cemerlang dalam mengesan penyakit daun cili dengan keputusan yang konsisten tinggi dalam semua metrik penilaian. Ini membuktikan bahawa model dapat mengaplikasikan pengetahuannya secara kukuh pada data baharu.

4.2 Pembangunan Aplikasi

Pada fasa pembangunan, pelbagai perisian telah digunakan untuk membangunkan aplikasi *Doctor Chilli* bermula dari fasa reka bentuk sehinggalah ke fasa pelaksanaan sistem. Semasa fasa reka bentuk antara muka pengguna (UI), perisian Figma dan Canva telah digunakan untuk menghasilkan reka bentuk skrin antaramuka seperti paparan utama, halaman pengenalan, paparan keputusan diagnosis dan butang-butang fungsi aplikasi. Reka bentuk yang intuitif dan mesra pengguna ini bertujuan untuk memudahkan interaksi pengguna dari pelbagai latar belakang.

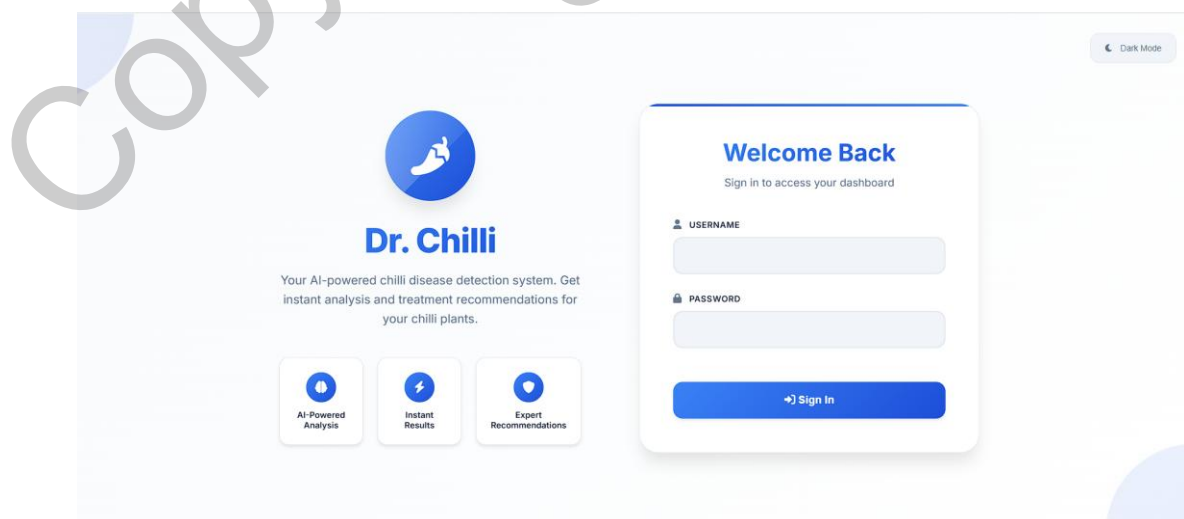
Seterusnya, pembangunan sistem dilakukan menggunakan perisian Visual Studio Code sebagai persekitaran pembangunan bersepadu (IDE), manakala bahasa pengaturcaraan utama yang digunakan ialah Python, khususnya untuk model klasifikasi penyakit cili menggunakan pembelajaran mendalam (deep learning). Model ini telah dibangunkan menggunakan pustaka TensorFlow dan Keras, dengan sokongan tambahan daripada pustaka OpenCV bagi pemprosesan imej. Model ini mampu mengenal pasti beberapa penyakit daun cili seperti *Bacterial Spot*, *Cercospora Leaf Spot*, *Curl Virus*, *Nutrition Deficiency*, *White Spot*, serta mengesan daun yang sihat.

Bagi integrasi aplikasi ke dalam sistem web, Flask digunakan sebagai rangka kerja backend Python untuk membina API diagnosis yang menghubungkan model klasifikasi dengan antara muka web. Antara muka web dibangunkan menggunakan HTML, CSS, JavaScript, dan disokong oleh Bootstrap untuk memastikan reka bentuk responsif dan sesuai untuk pelbagai peranti.

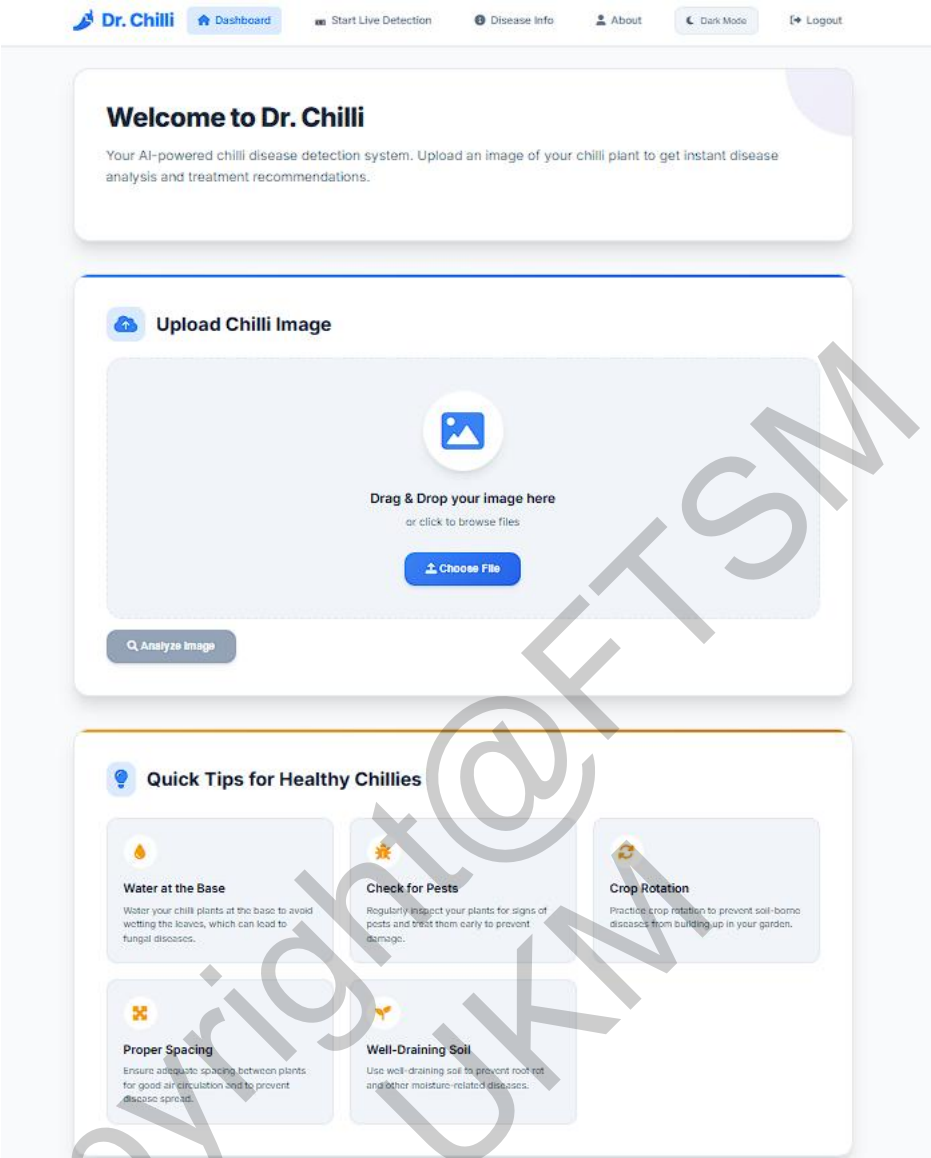
Selain itu, kamera masa nyata diintegrasikan ke dalam aplikasi menggunakan pustaka OpenCV yang disambungkan melalui Flask API, membolehkan pengguna memuat naik gambar daun secara langsung atau membuat diagnosis secara masa nyata (*real-time detection*).

Model pembelajaran mesin *Doctor Chilli* juga telah dilatih menggunakan set data imej daun cili yang diperoleh dari pangkalan data awam Mendeley. Imej-imej ini telah dipraproses menggunakan teknik seperti penyesuaian saiz, penyingkiran latar belakang, dan normalisasi, sebelum dimasukkan ke dalam model CNN (*Convolutional Neural Network*) untuk latihan dan penilaian prestasi. Hasil akhir menunjukkan ketepatan model mencecah 94% berdasarkan laporan klasifikasi.

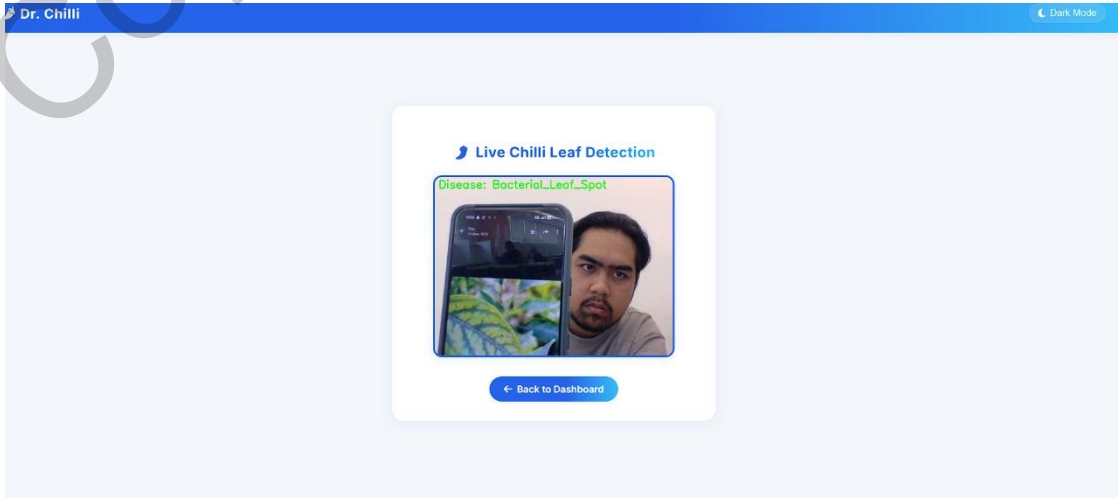
Rajah 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 dan 4.8 menunjukkan antaramuka yang ada dalam *Doctor Chilli* yang akan digunakan oleh pengguna.



Rajah 4.3 Antaramuka Log Masuk



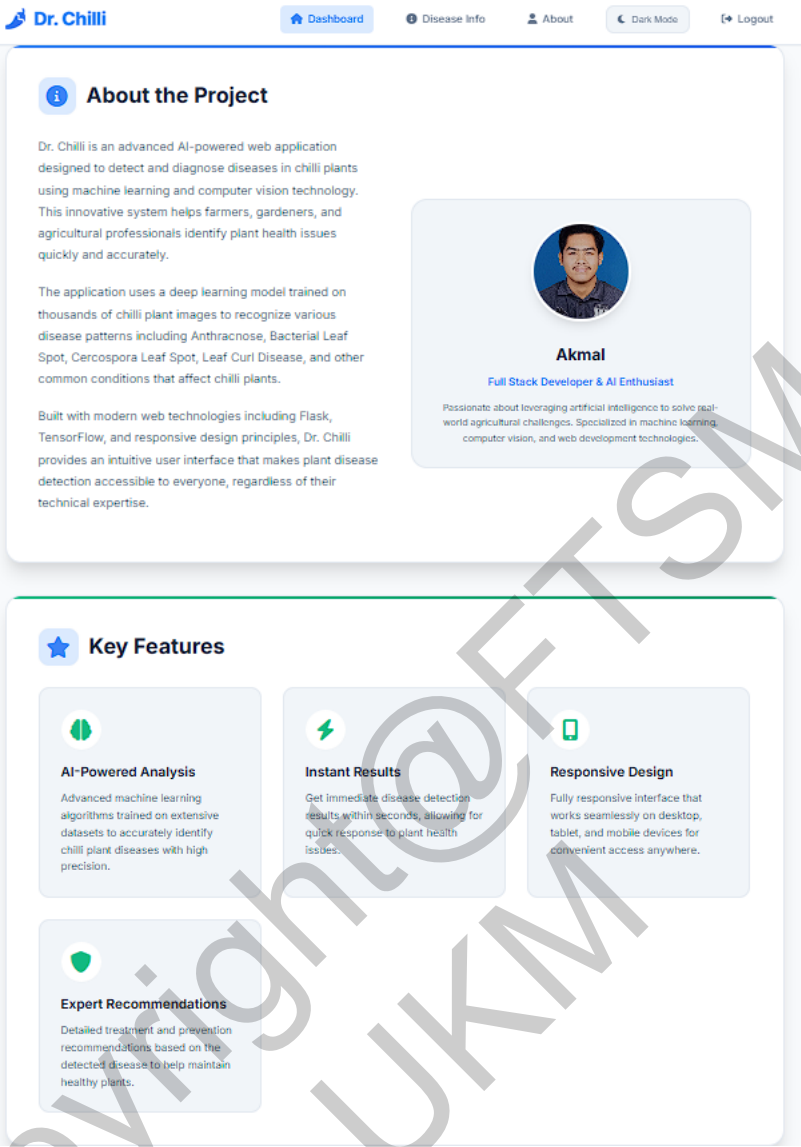
Rajah 4.4 Antaramuka Dashboard



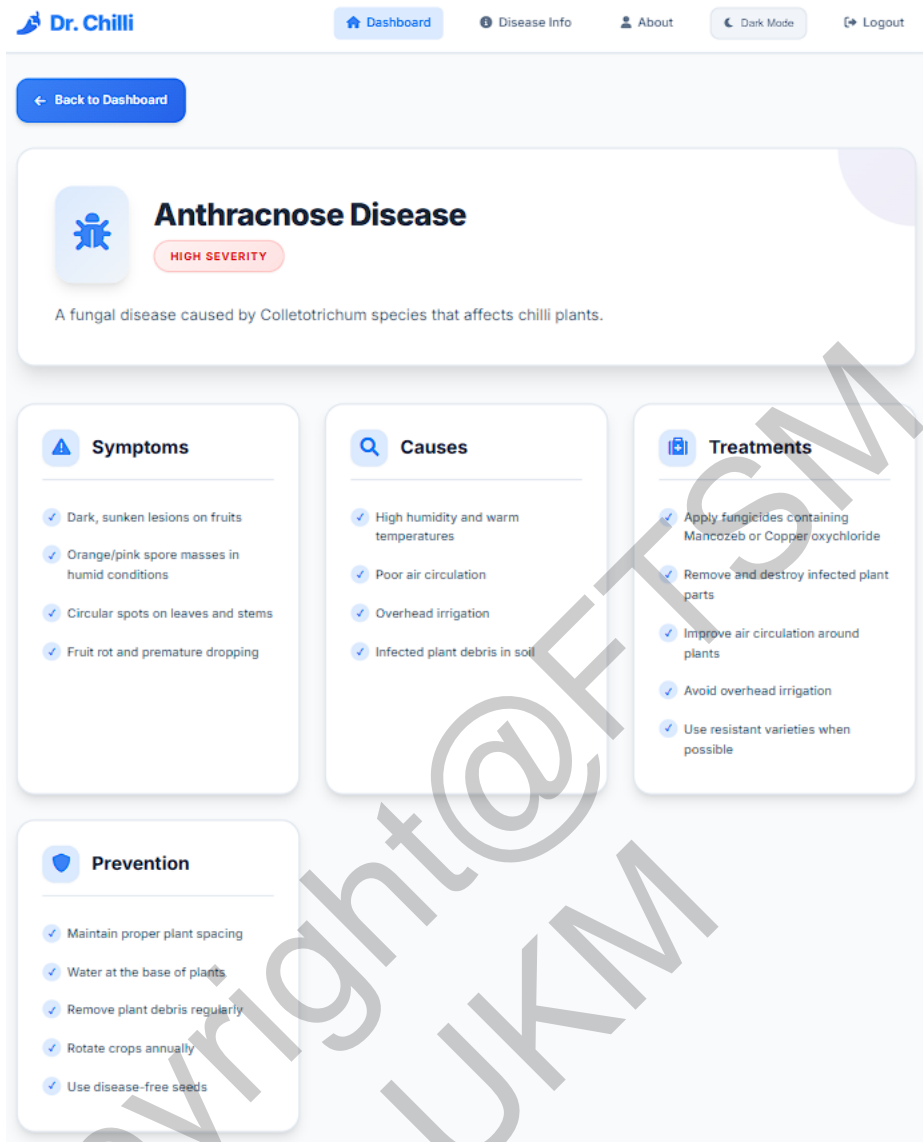
Rajah 4.5 Antaramuka Pengesanan Langsung



Rajah 4.6 Antaramuka Info Penyakit Cili



Rajah 4.7 Antaramuka Tentang



Rajah 4.8 Antaramuka Perincian Penyakit

5.0 KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, projek *Doctor Chilli* telah berjaya merealisasikan pembangunan satu sistem pintar pengecaman dan klasifikasi penyakit daun cili yang mengintegrasikan teknologi pembelajaran mendalam dengan antara muka web yang interaktif serta mesra pengguna. Sistem ini dibina berasaskan model *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dilatih menggunakan dataset imej daun cili berpenyakit, membolehkan ia mengenal pasti pelbagai jenis penyakit dengan tahap ketepatan yang memuaskan. Melalui antara muka web yang dibangunkan menggunakan kerangka kerja Flask, pengguna bukan sahaja dapat memuat naik imej tanaman untuk dianalisis, malah turut boleh menggunakan kamera secara masa nyata untuk menjalankan pengesanan terus dari ladang. Fungsi ini menjadikan sistem lebih fleksibel, praktikal, dan relevan dengan keperluan sebenar petani di lapangan.

Projek ini turut menyediakan nilai tambah dengan menyertakan maklumat lanjut tentang penyakit yang dikenalpasti serta cadangan rawatan secara automatik, menjadikan ia lebih daripada

sekadar sistem pengecaman – ia menjadi sistem sokongan keputusan (*decision support system*) yang membantu pengguna bertindak lebih tepat dan pantas dalam menangani serangan penyakit pada tanaman. Sepanjang fasa pembangunan dan pengujian, sistem telah menunjukkan prestasi yang konsisten dari segi ketepatan klasifikasi, kelajuan pemprosesan, serta kebolehgunaan laman web yang tinggi. Namun begitu, beberapa kekangan telah dikenalpasti seperti saiz dataset yang terhad, keperluan peralatan kamera yang baik untuk fungsi live detection, serta ketergantungan kepada imej yang berkualiti tinggi untuk mendapatkan hasil ramalan yang optimum.

Sebagai langkah ke hadapan, beberapa cadangan penambahbaikan telah dikemukakan termasuk pengumpulan dataset yang lebih besar dan pelbagai, penggunaan model pralatih untuk meningkatkan prestasi, integrasi aplikasi mudah alih untuk kemudahan petani, serta pelaksanaan sistem maklum balas pengguna untuk penambahbaikan berterusan. Sistem ini juga mempunyai reka bentuk yang modular dan boleh diskalakan, yang membuka ruang kepada perluasan ke jenis tanaman dan penyakit lain, sekaligus meningkatkan kebolehgunaan sistem dalam konteks pertanian pintar yang lebih luas.

Secara keseluruhan, *Doctor Chilli* bukan sahaja memenuhi objektif kajian dari aspek pembangunan sistem pengecaman penyakit tanaman berasaskan *deep learning*, malah membuktikan kebolehlaksanaan teknologi ini dalam konteks dunia sebenar. Ia berpotensi besar untuk diterapkan secara meluas dalam sektor pertanian di Malaysia khususnya dalam memperkasakan petani kecil dengan teknologi moden, serta membawa impak positif ke arah penghasilan tanaman yang lebih berkualiti, selamat dan lestari pada masa akan datang.

6.0 PENGHARGAAN

Alhamdulillah, syukur kehadiran Ilahi dengan limpah kurnia dan rahmat-Nya, saya dapat menyiapkan kajian ilmiah bertajuk “*Doctor Chilli : Aplikasi Mengesan Penyakit Pokok Cili Menggunakan Rangkaian Neural Konvolusi (CNN)*” pada masa yang ditetapkan.

Ucapan terima kasih tidak terhingga saya berikan kepada penyelia saya, Dr. Fadilla 'Atyka Nor Rashid atas bantuan, bimbingan dan teguran yang berguna sepanjang tempoh pembangunan projek ini. Beliau juga telah banyak membantu saya dari segi nasihat dan tunjuk ajar dalam proses melaksanakan projek ini.

Tidak dilupakan juga ucapan terima kasih saya kepada keluarga dan rakan-rakan seperjuangan saya yang turut memberikan sokongan, semangat dan dorongan untuk saya meneruskan projek ini walaupun terdapat banyak cabaran dalam menyiapkan projek ini. Doa dan kata-kata semangat selalu mereka berikan kepada saya.

Akhir sekali, saya juga sangat berterima kasih kepada semua pihak yang turut membantu saya sama ada secara langsung atau secara tidak langsung dalam menyiapkan projek ini. Dengan sokongan dan bantuan yang diberikan, saya dapat menyelesaikan projek ini dengan jayanya. Sekian, terima kasih

Copyright@FTSM
UKM

RUJUKAN

- IbmMuhd, I. (2016, July 28). 7 Penyakit Pokok Cili Yang Sentiasa Dihadapi Pengusaha Tempatan | Blog Cilibangi. <https://www.cilibangi.com/blog/7-penyakit-pokok-cili/>
- Karunarathna, I., Gunasena, P., Hapuarachchi, T., & Gunathilake, S. (2024). Comprehensive data collection: Methods, challenges, and the importance of accuracy
- Kumar, R., Gupta, A., & Singh, H. (2014). Agile methodologies: Working mechanism with pros and cons. *Gian jyoti e-journal*, 4(2), 18-27
- Rahman, M., Hossain, M., Hasan, M., & Rahman, M. (2018). Detection of chili disease using machine learning techniques. *Journal of Agricultural Technology*, 14(3), 567-575.
- Leong, W. K., Tan, S. W., Lim, C. H., & Goh, C. W. (2020). Multispectral imaging for early disease detection in chili plants. *Agriculture*, 10(2), 143. <https://doi.org/10.3390/agriculture10020143>
- Kamarudin, M., Abdullah, A., & Ibrahim, I. (2017). IoT-based monitoring system for chili plant disease prevention. *International Journal of Advanced Agricultural Sciences*, 6(1), 25-30.
- Muhd, I. (2016, July 28). 7 Penyakit Pokok Cili Yang Sentiasa Dihadapi Pengusaha Tempatan | Blog Cilibangi. <https://www.cilibangi.com/blog/7-penyakit-pokok-cili/>
- Muslim, R., Zaeniah Zaeniah, Akbar, A., Imran, B., & Zaenudin Zaenudin. (2023). Disease Detection of Rice and Chili Based on Image Classification Using Convolutional Neural Network Android-Based. *Pilar Nusa Mandiri/Pilar Nusa Mandiri*, 19(2), 85–96. <https://doi.org/10.33480/pilar.v19i2.4669>
- Atshan, L. A., Brown, P., Xu, C., & White, S. (2020). Early detection of disease infection in chilli crops using sensors. *Acta Horticulturae*, 1279, 263–270. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2020.1279.38>
- Corbo, A. (n.d.). What are python algorithms? (definition, types, how-to). Built In. <https://builtin.com/data-science/python-algorithms#:~:text=Python%20algorithms%20provide%20a%20detailed,03%2C%202023>

Mohammed, S. A., Shareef, S. M. & Mohammed, N. M. (2022). *A dataset of pepper leaf diseases with images*. Mendeley Data, V1. Diakses daripada <https://doi.org/10.17632/w9mr3vf56s.1>

Muhammad Akmal Farahi Bin Mohd Nasir (A194915)

Dr. Fadilla 'Atyka Nor Rashid

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat

Universiti Kebangsaan Malaysia