

SISTEM PENGECAMAN BUNGA DENGAN PEMBELAJARAN MENDALAM

¹Fadhlee Fayyadh Mohd Rasdi, ¹Saidah Saad

¹Fakulti Teknologi & Sains Maklumat
43600 Universiti Kebangsaan Malaysia

Abstrak

Projek ini memberi tumpuan kepada pembangunan sistem pengecaman bunga menggunakan teknologi pembelajaran mendalam sebagai penyelesaian kepada cabaran mengenal pasti spesies bunga yang mempunyai ciri morfologi hampir serupa. Pengecaman secara manual memerlukan kepakaran, masa, dan sumber yang tidak selalu tersedia, terutama bagi pelajar biologi dan penyelidik yang perlu mengenal pasti spesies dengan tepat. Kesukaran ini bertambah apabila spesies bunga mempunyai ciri yang hampir serupa, di mana perbezaan kecil seperti variasi warna, bentuk kelopak, dan struktur daun sukar dikesan tanpa bantuan teknologi. Selain itu, faktor seperti pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan latar belakang yang kompleks turut menyumbang kepada ketidakpastian dalam pengecaman manual. Oleh itu, sistem pengecaman bunga berasaskan laman web telah dicadangkan bagi membolehkan pengguna memuat naik imej bunga untuk dikenalpasti secara automatik menggunakan model pembelajaran mendalam. Sistem ini menggunakan model seperti Rangkaian Neural Konvolusi (CNN) manual, Rangkaian Neural Konvolusi (CNN) pralatih, dan Mesin Vektor Sokongan (SVM) yang terbukti berkesan dalam pengecaman imej berasaskan ciri visual. Metodologi projek ini melibatkan beberapa fasa penting, termasuk pengumpulan dan pra-pemprosesan data, pemilihan model terbaik, serta penilaian prestasi menggunakan set data pelbagai kategori bunga dengan sasaran ketepatan minimum 80%. Setiap imej dalam set data dianalisis melalui proses augmentasi untuk memastikan ketahanan model terhadap perubahan visual. Hasil projek ini adalah sistem interaktif dan mesra pengguna yang dapat mempercepatkan pengecaman spesies bunga dalam penyelidikan botani dan pendidikan. Selain menyokong pembelajaran biologi, sistem ini turut membantu dalam pemeliharaan biodiversiti flora dengan membekalkan maklumat yang lebih tepat tentang spesies tertentu. Ia juga dapat meningkatkan kesedaran masyarakat terhadap kepentingan flora serta memudahkan pemantauan spesies. Dengan kemajuan teknologi kecerdasan buatan, sistem ini diharapkan menjadi platform efektif dalam pengecaman bunga secara lebih sistematik, efisien, dan dapat diakses oleh pelbagai lapisan pengguna.

Kata Kunci: Pengecaman Bunga, Pembelajaran mendalam,

Abstract

This project focuses on the development of a flower recognition system using deep learning technology as a solution to the challenge of identifying flower species with nearly identical morphological characteristics. Manual identification requires expertise, time, and resources that are not always available, especially for biology students and researchers who need to accurately classify species. This challenge becomes even more complex when flower species share similar features, where subtle differences such as variations in color, petal shape, and leaf structure are difficult to detect without technological assistance. Additionally, factors such as lighting conditions, camera angles, and complex backgrounds further contribute to the uncertainty in manual identification. To address this issue, a web-based flower recognition system has been proposed, allowing users to upload flower images for automatic identification using deep learning models. This system utilizes models such as Manual Convolutional Neural Networks (CNN), Pre-trained Convolutional Neural Networks (CNN), and Support Vector Machines (SVM), which have been proven effective in image recognition based on visual features. The project methodology involves several key phases, including data collection and preprocessing, selecting the best-performing model, and evaluating performance using a dataset of various flower categories, with a target accuracy of at least 80%. Each image in the dataset undergoes augmentation to enhance model robustness against visual variations. The outcome of this project is an interactive and user-friendly system that accelerates flower species recognition in botanical research and education. In addition to supporting biology education, this system contributes to biodiversity conservation by providing more precise information about specific species. It also raises public awareness of the importance of flora and facilitates species monitoring. With advancements in artificial intelligence technology, this system is expected to serve as an effective platform for systematic and efficient flower recognition, accessible to users from various backgrounds.

Keyword: Flower recognition, Deep learning

1.0 PENGENALAN

Pengecaman spesies bunga merupakan satu tugas penting dalam bidang botani, pendidikan biologi, dan pemuliharaan biodiversiti. Namun begitu, proses pengecaman secara manual sering kali memerlukan kepakaran dan masa yang lama, terutamanya apabila berhadapan dengan bunga yang mempunyai ciri morfologi yang hampir serupa. Ciri seperti bentuk kelopak, variasi warna, dan struktur daun sering menyukarkan proses pengecaman tanpa bantuan teknologi, lebih-lebih lagi bagi pelajar biologi dan penyelidik yang tidak mempunyai akses kepada pakar atau rujukan yang lengkap.

Seiring dengan kemajuan dalam bidang kecerdasan buatan (AI), teknologi pembelajaran mendalam (deep learning) menawarkan penyelesaian yang lebih efisien dan sistematis untuk tugas pengecaman imej. Dalam konteks ini, projek ini membangunkan sebuah sistem pengecaman bunga berasaskan web yang membolehkan pengguna memuat naik imej bunga untuk dikenalpasti secara automatik. Sistem ini dibina dengan menggunakan tiga pendekatan model utama, iaitu Rangkaian Neural Konvolusi (CNN) manual, Rangkaian Neural Konvolusi (CNN) pralatih (MobileNetV2), dan Mesin Vektor Sokongan (SVM), yang telah terbukti berkesan dalam pengecaman berasaskan ciri visual imej.

Matlamat utama projek ini adalah untuk membangunkan sebuah sistem yang bukan sahaja berupaya mengenal pasti spesies bunga dengan ketepatan minimum 80%, tetapi juga bersifat interaktif dan mesra pengguna. Sistem ini dijangka dapat menyokong proses pembelajaran dan penyelidikan biologi secara lebih efisien, serta meningkatkan kesedaran terhadap kepentingan flora tempatan.

2.0 KAJIAN LITERATUR

Kajian literatur ini memfokuskan kepada pendekatan dan teknologi yang telah digunakan dalam sistem pengecaman imej bunga, terutamanya dalam konteks pembelajaran mesin dan pembelajaran mendalam. Tiga pendekatan utama dikenal pasti: Rangkaian Neural Network (CNN) manual, Rangkaian Neural Konvolusi (CNN) pralatih (pre-trained), dan Mesin Vektor Sokongan (SVM). Ketiga-tiga pendekatan ini telah terbukti berkesan dalam pengelasan imej berdasarkan ciri visual seperti warna, bentuk, dan tekstur.

2.1 Rangkaian Neural Konvolusi (CNN) Manual

Model CNN manual direka bentuk sepenuhnya dari awal tanpa menggunakan model pralatih. Kajian oleh Ari Peryanto et al. (2020) menunjukkan bahawa CNN manual yang dibina dengan struktur empat lapisan konvolusi dan regularisasi seperti Dropout dan L2 Regularization mampu mencapai ketepatan sehingga 91.6% dalam pengecaman tiga jenis bunga. Walaupun memerlukan lebih banyak usaha dalam reka bentuk dan latihan, pendekatan ini menawarkan fleksibiliti tinggi dalam menyesuaikan model dengan dataset yang spesifik.

2.2 Rangkaian Neural Konvolusi (CNN) Pralatih (Transfer Learning)

Penggunaan model pralatih seperti MobileNetV2 melalui teknik transfer learning membolehkan proses latihan menjadi lebih pantas dan berkesan, terutamanya apabila jumlah data terhad. Kajian oleh Reda et al. (2022) menunjukkan bahawa pendekatan ini dapat mencapai ketepatan setinggi 96.44% apabila digunakan bersama dataset bersaiz besar. Model CNN pralatih sesuai untuk

aplikasi dunia sebenar kerana keupayaannya mengenal pasti ciri kompleks imej dengan sumber latihan yang minimum.

2.3 Mesin Vektor Sokongan (SVM)

SVM merupakan algoritma pengelasan tradisional yang cekap dalam tugas klasifikasi bersaiz sederhana. Ia berfungsi dengan membina sempadan optimum dalam ruang ciri berdimensi tinggi. Kajian oleh Ari Peryanto et al. (2022) menunjukkan bahawa SVM berjaya mencapai ketepatan 78.3% dalam pengecaman lima jenis bunga apabila ciri imej diekstrak terlebih dahulu. Walaupun prestasinya lebih rendah berbanding CNN, kelebihan SVM adalah pada kelajuan dan kecekapan pemprosesan.

3.0 METODOLOGI

Metodologi projek ini melibatkan pembangunan sistem pengecaman bunga berdasarkan pendekatan pembelajaran mendalam dan pembelajaran mesin tradisional. Proses ini merangkumi beberapa langkah utama untuk memastikan sistem dapat mengenal pasti spesies bunga dengan tepat dan konsisten. Langkah-langkah tersebut ditunjukkan dalam *Rajah 1*



Rajah 1 Proses Sistem Pengecaman Bunga

3.1 Pengumpulan Imej

Imej bunga dikumpulkan daripada sumber terbuka seperti Kaggle dan ImageNet, serta melalui pengambilan manual menggunakan kamera beresolusi tinggi. Setiap imej dipilih berdasarkan kualiti, pencahayaan, dan kejelasan objek bunga. Lima kelas bunga digunakan: daisy, dandelion, rose, sunflower dan tulip, dengan lebih 700 imej setiap kelas untuk latihan model. Struktur direktori disusun mengikut kelas bagi memudahkan pemprosesan seterusnya.

3.2 Pra-pemprosesan Imej

Pra-pemprosesan melibatkan penyesuaian saiz imej kepada 224×224 piksel dan penormalan nilai piksel ke julat $[0,1]$. Proses augmentasi digunakan untuk meningkatkan kepelbagaian imej melalui teknik seperti putaran, zoom, dan flipping. Dataset kemudiannya dibahagikan kepada dua bahagian: 80% untuk latihan dan 20% untuk ujian, menggunakan kaedah pembahagian rawak agar setiap kelas diwakili seimbang.

3.3 Segmentasi

Segmentasi digunakan untuk memisahkan objek bunga daripada latar belakang imej. Ini memastikan model hanya fokus kepada ciri utama bunga seperti bentuk kelopak, warna, dan tekstur, sekali gus meningkatkan ketepatan pengecaman dalam keadaan visual sebenar yang kompleks.

3.4 Pengekstrakan Ciri

Ciri-ciri visual diekstrak menggunakan dua pendekatan: CNN manual dan CNN pralatih. CNN manual mengekstrak ciri melalui lapisan konvolusi dan pooling yang dibina dari awal, manakala CNN pralatih seperti MobileNetV2 menggunakan berat yang telah dilatih untuk mengenal pasti corak visual kompleks. SVM pula menggunakan ciri yang diekstrak untuk membina model klasifikasi berdasarkan pemisahan data.

3.5 Pembahagian Dataset

Set data dibahagikan kepada set latihan dan set ujian bagi menilai kemampuan model dalam membuat generalisasi ke atas data baharu. Proses ini memastikan penilaian prestasi yang objektif, dengan penggunaan pustaka seperti `train_test_split` dari Scikit-learn.

3.6 Pengkelasan

Model yang telah dilatih digunakan untuk mengklasifikasikan imej bunga baharu secara automatik. Berdasarkan ciri yang dikenalpasti, sistem akan memberikan keputusan klasifikasi kepada salah satu daripada lima kategori bunga yang telah ditetapkan. Proses ini diintegrasikan dalam antaramuka web untuk kemudahan pengguna.

3.7 Penilaian Prestasi

Model dinilai berdasarkan beberapa metrik utama seperti:

- **Accuracy:** Peratusan imej yang diklasifikasikan dengan betul.
- **Precision:** Ketepatan model dalam mengenal pasti kelas tertentu tanpa menghasilkan terlalu banyak kesilapan positif.
- **Recall:** Keupayaan model mengenal pasti semua sampel yang benar dari sesuatu kelas.
- **F1-Score:** Gabungan antara precision dan recall untuk gambaran prestasi keseluruhan.

Metrik ini membantu memilih model terbaik untuk digunakan dalam sistem sebenar.

4.0 HASIL

Bahagian ini membincangkan hasil prestasi model yang digunakan dalam sistem pengecaman bunga. Tiga model utama telah dibangunkan dan diuji iaitu CNN Manual, CNN Pralatih (MobileNetV2), dan SVM. Penilaian dilakukan berdasarkan metrik standard seperti ketepatan, kadar pengesanan semula, skor F1, dan matriks kekeliruan. Selain itu, turut dibincangkan aspek pembangunan aplikasi web untuk sistem pengecaman bunga.

i. Keputusan Model CNN Manual

Model CNN manual telah dilatih untuk mengenal pasti enam jenis bunga berbeza. Berdasarkan *Rajah 2*, ketepatan keseluruhan yang dicapai adalah 84%, dengan skor precision dan recall purata masing-masing 0.84. Model ini menunjukkan prestasi terbaik bagi kelas *Daisy* dan *Unknown* dengan skor F1 melebihi 0.87. Walau bagaimanapun, kelas *Rose* dan *Tulip* mencatatkan nilai precision dan recall yang lebih rendah, menandakan kesukaran model dalam membezakan ciri visual spesies tersebut. Ini mungkin berpunca daripada persamaan bentuk dan warna antara beberapa jenis bunga.

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
Daisy	0.91	0.83	0.87	140
Dandelion	0.86	0.81	0.84	140
Rose	0.75	0.78	0.76	140
Sunflower	0.84	0.92	0.88	140
Tulip	0.78	0.81	0.79	140
Unknown	0.89	0.86	0.88	140
accuracy			0.84	840
macro avg	0.84	0.84	0.84	840
weighted avg	0.84	0.84	0.84	840

Rajah 2 Laporan klasifikasi bagi model CNN Manual

ii. **Keputusan Model CNN Pralatih**

Model CNN pralatih menggunakan struktur rangkaian seperti MobileNetV2 telah menunjukkan prestasi yang paling tinggi dalam kalangan ketiga-tiga model yang diuji. Seperti ditunjukkan dalam *Rajah 3*, model ini memperoleh ketepatan keseluruhan 90%, dan F1-score purata 0.90. Kelas *Unknown* dan *Sunflower* memperoleh skor recall tertinggi masing-masing 0.97 dan 0.90, menandakan keupayaan model untuk mengenal pasti bunga yang tidak diketahui atau rumit dengan tepat. Hasil ini membuktikan keberkesanan pemindahan pembelajaran (transfer learning) dalam meningkatkan prestasi klasifikasi.

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
Daisy	0.90	0.88	0.89	189
Dandelion	0.94	0.93	0.93	190
Rose	0.82	0.93	0.87	146
Sunflower	0.87	0.90	0.89	185
Tulip	0.92	0.81	0.86	165
Unknown	0.96	0.97	0.96	175
accuracy			0.90	1050
macro avg	0.90	0.90	0.90	1050
weighted avg	0.90	0.90	0.90	1050

Rajah 3 Laporan klasifikasi bagi model CNN Pralatih

iii. Keputusan Model SVM

Model SVM mencatatkan keputusan yang jauh lebih rendah berbanding dua model CNN. Seperti dalam *Rajah 4*, ketepatan keseluruhan hanyalah 40.57%, dengan nilai F1-score purata hanya 0.40. Walaupun kelas *Sunflower* menunjukkan sedikit kelebihan dengan skor precision 0.57, kelas-kelas lain seperti *Daisy*, *Dandelion*, dan *Tulip* mencatatkan skor yang lemah. Ini menunjukkan bahawa SVM tidak cukup kuat untuk mengenal pasti ciri visual kompleks dalam imej bunga tanpa bantuan pengekstrakan ciri automatik seperti yang dilakukan oleh CNN.

```

=== Classification Report ===
              precision    recall  f1-score   support

   Daisy              0.37        0.31        0.33        189
  Dandelion           0.30        0.43        0.35        190
     Rose            0.41        0.36        0.38        146
  Sunflower           0.57        0.46        0.51        185
     Tulip            0.39        0.29        0.33        165
    Unknown           0.46        0.58        0.51        175

 accuracy              0.41
 macro avg              0.41
weighted avg              0.41

Accuracy: 40.57%

```

Rajah 3 Laporan klasifikasi bagi model SVM

iv. Rumusan Perbandingan Model

Secara keseluruhannya, model CNN pralatih telah menunjukkan prestasi terbaik dari segi semua metrik utama seperti precision, recall, dan F1-score. Model CNN manual berada di kedudukan kedua, manakala model SVM jelas menunjukkan prestasi yang paling rendah. Ini menunjukkan bahawa pendekatan pembelajaran mendalam berasaskan CNN, terutama dengan pemindahan pembelajaran, lebih sesuai untuk sistem pengecaman bunga berbanding teknik pembelajaran mesin tradisional seperti SVM.

4.2 Pembangunan Aplikasi

Dalam pembangunan sistem pengecaman bunga ini, beberapa perisian dan teknologi telah digunakan bagi memastikan integrasi model pengecaman ke dalam antaramuka yang mudah digunakan. Proses pembangunan bermula daripada pembinaan model pengecaman imej hinggalah integrasi ke dalam sistem web.

Pembangunan aplikasi dilakukan menggunakan **Visual Studio Code (VS Code)** sebagai persekitaran pembangunan bersepadu (IDE). Bahasa pengaturcaraan utama ialah **Python**, dan

pembangunan model pembelajaran mendalam dijalankan dengan bantuan pustaka **TensorFlow** dan **Keras**. Model-model yang dibina termasuk **CNN manual**, **CNN prlatih (MobileNetV2)** dan **SVM**, semuanya digunakan untuk mengklasifikasikan imej bunga ke dalam lima kelas iaitu *daisy*, *dandelion*, *rose*, *sunflower*, dan *tulip*.

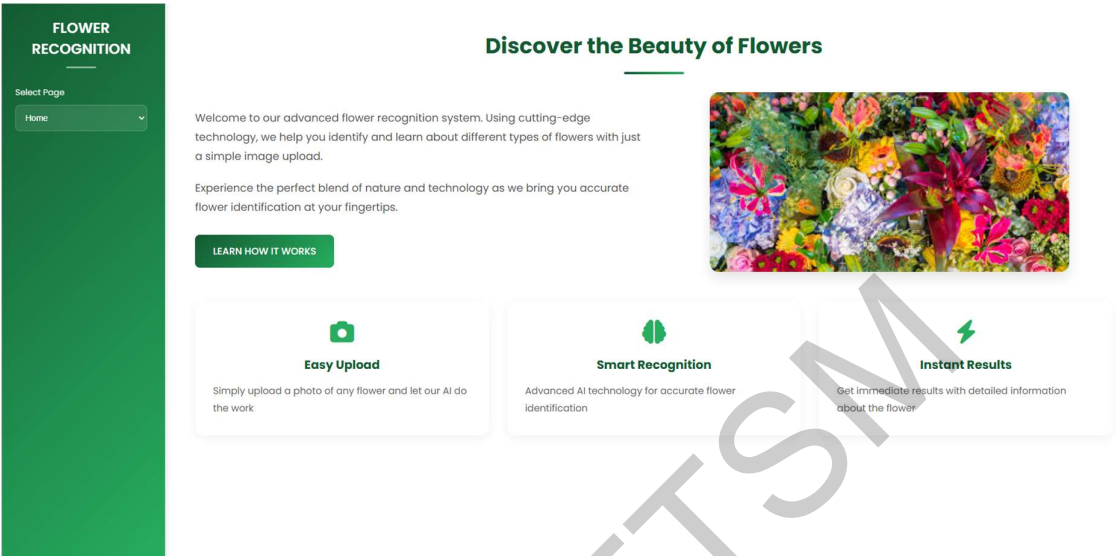
Antaramuka web sistem dibina menggunakan **Flask**, iaitu rangka kerja backend Python yang ringan. Flask digunakan untuk menghubungkan model klasifikasi imej dengan bahagian frontend. Dalam aplikasi ini, pengguna boleh memuat naik gambar bunga dan sistem akan menjalankan proses klasifikasi serta memaparkan keputusan melalui antara muka web.

Bahagian frontend sistem direka bentuk secara ringkas menggunakan kombinasi **HTML**, **CSS**, dan **JavaScript**, disokong oleh **Bootstrap** untuk memastikan paparan yang responsif di pelbagai peranti. Sistem ini menyediakan fungsi muat naik imej, paparan keputusan pengecaman, dan akses kepada laporan model.

Selain itu, fail imej yang dimuat naik akan dipraproses secara automatik dalam backend Flask sebelum dihantar ke model untuk pengecaman. Sistem ini juga memaparkan metrik prestasi seperti ketepatan (accuracy), precision, recall, dan F1-score berdasarkan analisis model-model yang dibangunkan.

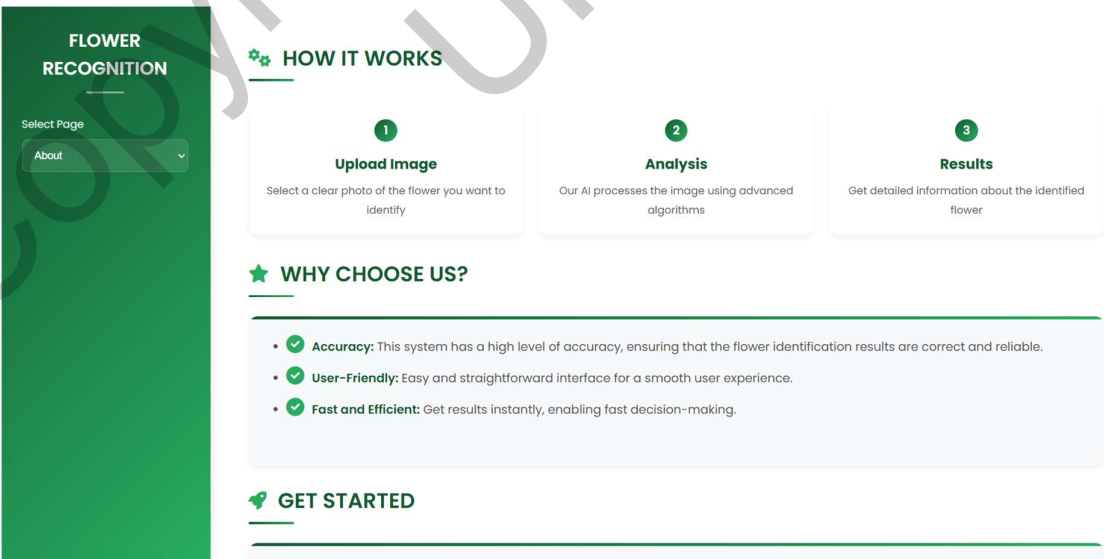
Dengan pendekatan ini, sistem pengecaman bunga yang dibangunkan bukan sahaja memberikan ketepatan pengecaman yang tinggi tetapi juga mesra pengguna, sesuai digunakan oleh pelajar dan penyelidik dalam bidang botani dan biodiversiti.

Rajah 4 ini menunjukkan halaman utama sistem pengecaman bunga berasaskan web yang direka menggunakan antaramuka mesra pengguna. Ia memaparkan penerangan ringkas tentang fungsi sistem, termasuk ciri seperti muat naik imej bunga, pengecaman automatik menggunakan AI, dan paparan keputusan segera. Elemen seperti butang navigasi, gambar bunga berwarna-warni, dan tiga kad maklumat ("*Easy Upload*", "*Smart Recognition*", dan "*Instant Results*") digunakan bagi meningkatkan kefahaman dan pengalaman pengguna.



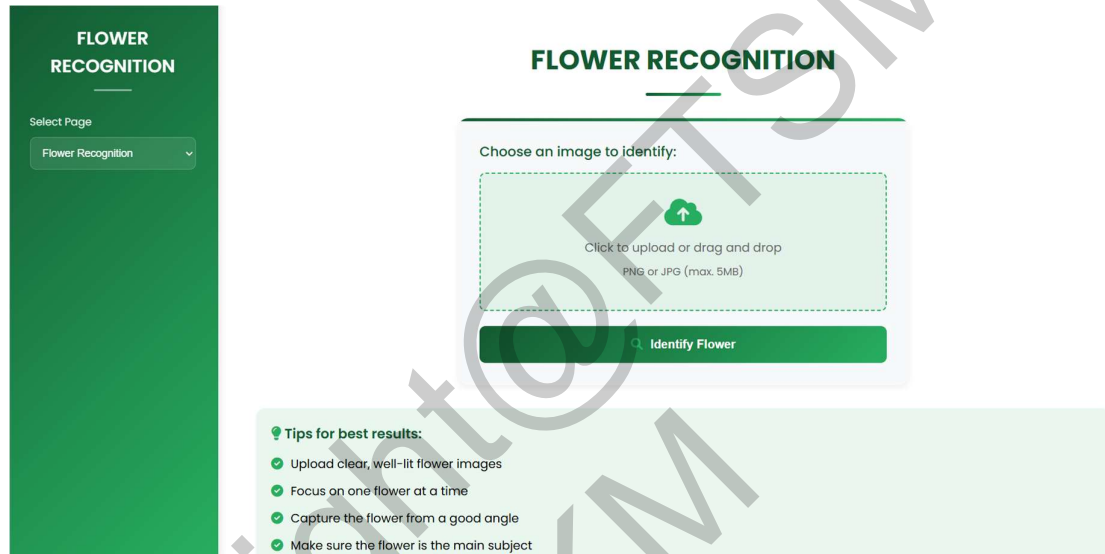
Rajah 4 Antaramuka halaman “Home”

Rajah 5 menunjukkan halaman utama sistem pengecaman bunga, yang memaparkan tajuk “Discover the Beauty of Flowers” bersama penerangan ringkas mengenai fungsi sistem. Antaramuka ini menekankan tiga ciri utama iaitu muat naik imej yang mudah, pengecaman pintar menggunakan AI, dan keputusan segera. Reka bentuknya ringkas dan profesional dengan susun atur teratur serta kombinasi warna hijau yang melambangkan alam semula jadi. Ia direka bagi menarik perhatian pengguna dan memberi kefahaman awal tentang tujuan sistem.



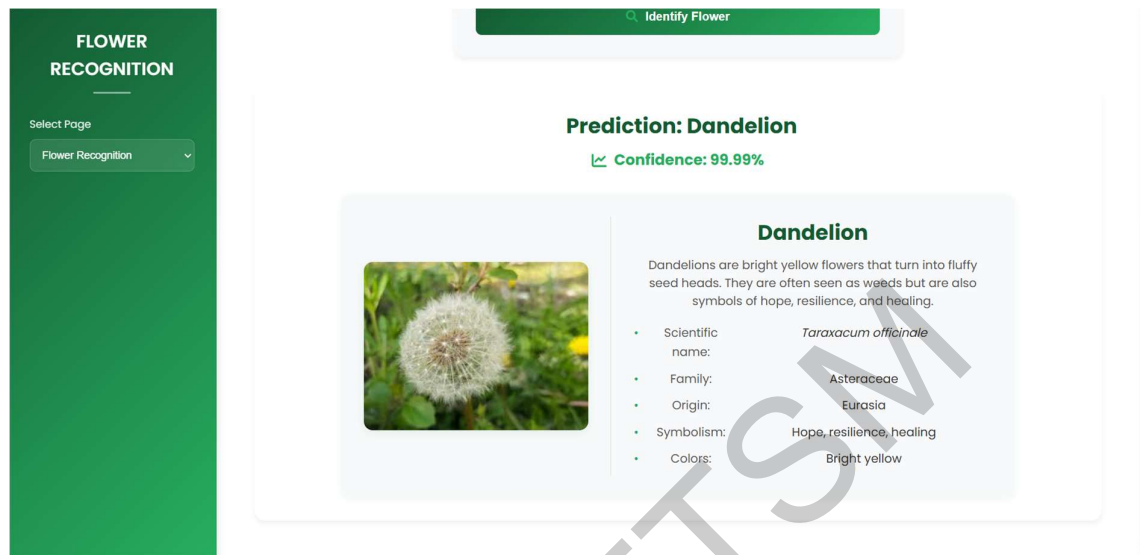
Rajah 5 Antaramuka halaman “About”

Rajah 6 memaparkan halaman utama fungsi pengecaman bunga dalam sistem. Pengguna boleh memuat naik imej bunga sama ada dengan klik atau seret dan lepas fail imej dalam format PNG atau JPG (maksimum 5MB). Di bawahnya, terdapat butang “Identify Flower” untuk memulakan proses pengecaman. Turut disertakan ialah seksyen “Tips for best results” yang memberikan panduan kepada pengguna seperti memastikan imej terang dan jelas, menumpukan kepada satu bunga sahaja, mengambil gambar dari sudut yang baik, dan memastikan bunga menjadi subjek utama. Reka bentuk ini membantu meningkatkan ketepatan pengecaman.



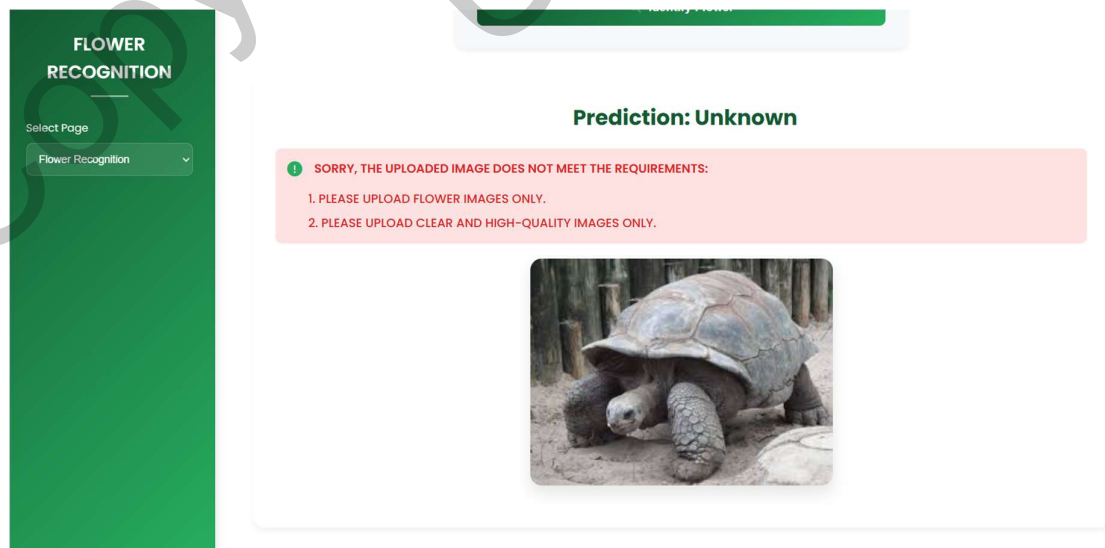
Rajah 6 Antaramuka halaman “Flower Recognition”

Rajah 7 menunjukkan paparan keputusan pengecaman bunga oleh sistem. Imej bunga yang dimuat naik telah dikenal pasti sebagai “Dandelion” dengan tahap keyakinan model sebanyak 99.99%. Selain nama bunga, maklumat tambahan turut dipaparkan. Reka bentuk paparan ini bertujuan memberi maklumat terperinci dan mudah difahami kepada pengguna selepas proses pengecaman selesai.



Rajah 7 Antaramuka Keputusan Bunga Yang Dipaparkan

Rajah 7 memaparkan situasi apabila pengguna memuat naik imej yang tidak sesuai untuk pengecaman, seperti gambar haiwan. Sistem memberi amaran dengan mesej ralat berwarna merah yang menyatakan bahawa imej tidak memenuhi keperluan, dan menyarankan agar hanya memuat naik imej bunga yang jelas dan berkualiti tinggi. Imej yang dimuat naik (seekor kura-kura) diklasifikasikan sebagai “Unknown”, menunjukkan keupayaan sistem untuk mengesan input yang tidak relevan dengan model klasifikasi bunga. Paparan ini membantu meningkatkan ketepatan sistem dengan menapis input yang tidak sesuai.



Rajah 7 Antaramuka Keputusan Bukan Bunga Yang Dipaparkan

5.0 KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, projek ini telah berjaya merealisasikan pembangunan satu sistem pengecaman bunga berasaskan teknologi pembelajaran mendalam yang diintegrasikan bersama antara muka web yang mesra pengguna. Sistem ini dibina dengan penggunaan model Convolutional Neural Network (CNN) manual, CNN pralatih (MobileNetV2), dan Mesin Vektor Sokongan (SVM), yang masing-masing diuji ke atas set data pelbagai spesies bunga. Antara semua model, CNN pralatih menunjukkan prestasi paling cemerlang dengan ketepatan mencapai 90%, manakala CNN manual pula mencatat 84%. SVM pula memberikan ketepatan rendah sekitar 40%, menandakan bahawa kaedah pembelajaran mendalam lebih sesuai bagi pengecaman imej bunga.

Aplikasi web ini telah dibangunkan menggunakan persekitaran Visual Studio Code dengan rangka kerja Flask sebagai backend, membolehkan pengguna memuat naik imej bunga untuk dianalisis serta mendapatkan maklumat terperinci tentang spesies yang dikenal pasti. Antaramuka yang ringkas dan intuitif turut menyumbang kepada pengalaman pengguna yang lebih baik, sama ada bagi tujuan pendidikan, penyelidikan, mahupun penggunaan umum.

Sepanjang proses pembangunan dan pengujian, sistem telah menunjukkan prestasi stabil dari segi ketepatan klasifikasi, masa pemprosesan, dan keupayaan mengenal pasti bunga walaupun dalam keadaan latar belakang yang pelbagai. Namun, kekangan tertentu turut dikenalpasti, seperti jumlah dataset yang terhad, keperluan kualiti imej yang tinggi untuk pengecaman tepat, serta kekaburan klasifikasi dalam kes bunga yang hampir serupa dari segi morfologi.

Sebagai cadangan penambahbaikan masa hadapan, pengumpulan dataset yang lebih besar dan seimbang, penggunaan model yang lebih kompleks seperti EfficientNet atau Vision Transformer (ViT), serta pengintegrasian fungsi pengecaman masa nyata boleh dipertimbangkan. Sistem juga boleh dikembangkan ke dalam platform mudah alih bagi meningkatkan kebolehcapaian oleh pengguna awam.

Secara keseluruhan, sistem pengecaman bunga yang dibangunkan ini bukan sahaja membuktikan keberkesanan teknologi pembelajaran mendalam dalam menyelesaikan cabaran pengecaman visual, malah berpotensi untuk dimanfaatkan dalam pelbagai bidang seperti pendidikan, konservasi biodiversiti, dan aplikasi pertanian pintar.

6.0 PENGHARGAAN

Alhamdulillah, setinggi-tinggi kesyukuran saya panjatkan ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurnia dan izin-Nya, saya telah berjaya menyiapkan kajian ilmiah bertajuk “*Sistem Pengecaman Bunga Berasaskan Pembelajaran Mendalam*” dalam tempoh masa yang telah ditetapkan.

Saya ingin merakamkan jutaan terima kasih kepada penyelia saya, Dr. Saidah Binti Saad, di atas segala bimbingan, tunjuk ajar, nasihat serta teguran membina sepanjang pelaksanaan projek ini. Komitmen dan sokongan beliau amatlah saya hargai dalam memastikan projek ini dapat dijalankan dengan lancar dan terarah.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada ibu bapa dan ahli keluarga saya yang sentiasa menjadi sumber kekuatan dan motivasi. Tidak dilupakan juga kepada rakan-rakan seperjuangan yang turut membantu secara langsung mahupun tidak langsung, khususnya dalam memberi dorongan semangat dan berkongsi pengetahuan teknikal sepanjang tempoh pelaksanaan projek.

Akhir kata, saya amat menghargai setiap sokongan dan bantuan yang telah diberikan oleh semua pihak yang terlibat dalam menjayakan projek ini. Semoga segala usaha ini menjadi manfaat dan sumbangan yang bermakna dalam bidang sains komputer dan teknologi. Terima kasih.

RUJUKAN

- Bi, J. (2021). A flower classification study based on SVM and VGG16. *International Core Journal of Engineering*, 7(2), 368-377.
- Chen, L., Li, S., Bai, Q., Yang, J., Jiang, S., & Miao, Y. (2021). Review of image classification algorithms based on convolutional neural networks. *Remote Sensing*, 13(22), 4712.
- Fachrel, J., Pravitasari, A. A., Yulita, I. N., Ardhisasmita, M. N., & Indrayatna, F. (2023). Enhancing an imbalanced lung disease x-ray image classification with the CNN-LSTM model. *Applied sciences*, 13(14), 8227.
- Gu, S., Yang, L., Du, Y., Chen, G., Walter, F., Wang, J., & Knoll, A. (2022). A review of safe reinforcement learning: Methods, theory and applications. *arXiv preprint arXiv:2205.10330*.
- Ladosz, P., Weng, L., Kim, M., & Oh, H. (2022). Exploration in deep reinforcement learning: A survey. *Information Fusion*, 85, 1-22.
- Li, Z., Guo, R., Li, M., Chen, Y., & Li, G. (2020). A review of computer vision technologies for plant phenotyping. *Computers and Electronics in Agriculture*, 176, 105672.
- Li, Z., Li, F., Zhu, L., & Yue, J. (2020). Vegetable recognition and classification based on improved VGG deep learning network model. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 13(1), 559-564.
- Maesaroh, S. (2024). Pembelajaran Mesin (Machine Learning). *Pembelajaran Mesin dan Kecerdasan Buatan: Teori dan Aplikasi Praktis*, 5.
- Peryanto, A., Yudhana, A., & Umar, R. (2022). Convolutional neural network and support vector machine in classification of flower images. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 8(1), 1-7.
- Reda, M., Suwwan, R., Alkafri, S., Rashed, Y., & Shanableh, T. (2022, July). Agroaid: A mobile app system for visual classification of plant species and diseases using deep learning and tensorflow lite. In *Informatics* (Vol. 9, No. 3, p. 55). MDPI.
- Richhariya, B., & Tanveer, M. (2018). A robust fuzzy least squares twin support vector machine for class imbalance learning. *Applied Soft Computing*, 71, 418-432.
- Richhariya, B., Tanveer, M., & Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative Discipline of Mathematics, Indian Institute of Technology Indore, Simrol, Indore, India Program. (2021). An efficient angle-based universum least squares twin support vector machine for classification. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, 21(3), 1-24.
- Sarker, I. H. (2021). Machine learning: Algorithms, real-world applications and research directions. *SN computer science*, 2(3), 160.

Shukla, A., Agarwal, A., Pant, H., & Mishra, P. (2020). Flower classification using supervised learning. *Int. J. Eng. Res*, 9(05), 757-762.

Sun, K., Wang, X., Liu, S., & Liu, C. (2021). Apple, peach, and pear flower detection using semantic segmentation network and shape constraint level set. *Computers and Electronics in Agriculture*, 185, 106150.

Thang, P. Q., & Lam, H. T. (2023). Deep Learning and RBF Hybrid Models for Flower Image Recognition.

Fadhlee Fayyadh Bin Mohd Rasdi (A195682)

Dr Saidah Binti Saad

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat

Universiti Kebangsaan Malaysia