

SISTEM MENYAMBUK KEDATANGAN WARGA FTSM MELALUI TEKNIK PENGECEMAN MUKA

Mohamed Tariq Ziyad Mohamed Jahangir & Rohizah Abd Rahman

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

Abstrak

Pengecaman muka ialah satu kaedah untuk mengenal pasti atau mengesahkan identiti individu menggunakan wajah mereka. Teknologi ini dapat diklasifikasikan di bawah kategori keselamatan biometrik bagi memastikan pengguna merupakan ahli bagi sesebuah sistem mahupun organisasi melalui pengecaman wajah yang sedia ada. Objektif utama projek ini dibangunkan adalah memperkenalkan satu sistem pengecaman muka bagi menyambut kehadiran warga Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat (FTSM) yang terdiri dari staf dan pelajar yang keluar masuk di bangunan utama FTSM. Setiap warga yang hadir ke bangunan fasiliti akan dicam wajah melalui kamera dan pengguna yang sah akan dibenarkan masuk ke dalam bangunan setelah kunci pintu dibuka melalui pengecaman muka. Metodologi yang akan digunakan adalah berasaskan model Air Terjun. Model ini merangkumi lima fasa utama iaitu analisis keperluan, reka bentuk, pembangunan, pengujian dan penyelenggaraan. Projek ini akan menggunakan kaedah pengecaman muka melalui teknik pembelajaran mesin iaitu menggunakan pustaka (library) OpenCV dan Support Vector Machine (SVM). Projek yang dijalankan akan dilarikan menggunakan bahasa pengaturcaraan Python bagi aspek pembelajaran mesin dan bahasa pengaturcaraan Arduino bagi aspek pembukaan kunci pintu solenoid. Terdapat dua langkah utama dalam pembangunan projek ini iaitu (1) menggunakan teknik pengecaman muka melalui latihan teknik pembelajaran mesin dan (2) membuka pintu secara automasi selepas pengecaman muka serta pengesahan sebagai warga FTSM yang masuk ke bangunan utama. Projek ini diharap dapat memberikan persekitaran baharu dalam menyambut kehadiran warga FTSM melalui pengecaman muka. Melalui pembangunan projek ini juga dapat membantu seluruh warga FTSM dalam meningkatkan keselamatan fakulti dan memudahkan pergerakan kakitangan serta pelajar FTSM sekitar bangunan fakulti.

Kata kunci: Pembelajaran Mesin, Pengecaman Muka, Identiti

Pengenalan

Pembelajaran mesin telah membuka ruang dalam memperkenalkan teknologi pengesanan muka sebagai salah satu sekuriti biometrik. Pengesanan muka merujuk kepada teknologi yang mampu mengenal pasti atau mengesahkan identiti subjek dalam imej atau video (Saez-Trigueros et al. 2018). Teknologi pengesanan muka telah digunakan secara meluas bagi membuat pengesahan identiti individu. Justeru, dengan menerap konsep pengesanan muka ini terhadap teknologi digital dapat membangunkan sebuah sistem pengesanan yang lebih tepat dan responsif. Pengesanan imej muka digunakan di seluruh dunia untuk mengiktiraf kewarganegaraan, kad pengenalan diri, dan pengesanan pencerobohan (Sharma et al. 2020). Jika diteliti, ciri muka seseorang individu adalah unik dan boleh dijadikan pengesanan sekuriti di abad ini.

Pengesanan muka merupakan fokus utama projek ini dalam menggantikan sistem keselamatan Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat (FTSM) agar kakitangan dan pelajar FTSM dapat dikenalpasti dan disambut kedatangan mereka di bangunan fakulti. FTSM merupakan sebuah fakulti yang berorientasikan kursus-kursus sains perkomputeran di Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM). Pada masa ini, sistem yang digunapakai bagi menyambut dan membuat log kedatangan kakitangan adalah dengan menggunakan kad RFID. Namun, selaras dengan pembangunan dan arus modenisasi, FTSM seharusnya menaik taraf sistem menyambut kakitangan dengan mengunapakai teknologi pengesanan muka. Oleh itu, projek ini mencadangkan penggunaan teknologi pengesanan muka berasaskan pembelajaran mesin dalam memudahkan dan meningkatkan keselamatan pergerakan keluar dan masuk ke bangunan.

Projek ini bertujuan untuk meningkatkan keselamatan premis Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat (FTSM) dengan memperkenalkan sistem keselamatan biometrik dan menyambut kedatangan staf dan pelajar melalui pengesanan muka dengan bantuan pembelajaran mesin yang memenuhi objektif berikut: (a) Melaksanakan proses pengesanan muka pengguna yang merupakan warga FTSM; (b) Memaparkan indikator bagi pengesanan warga yang berjaya dengan menyalakan

diod pemancar cahaya (LED); (c) Membuka kunci solenoid agar pengguna mendapat akses masuk ke premis atau bangunan FTSM.

Projek pengecaman muka ini menyasarkan golongan warga FTSM seperti staf dan pelajar sahaja, yang hadir ke bangunan FTSM. Sistem ini melibatkan penggunaan kamera bagi penangkapan wajah atau muka pengguna dan imej muka pengguna akan dikumpul dalam pangkalan data gambar pengguna. Pangkalan data tersebut berasaskan imej muka dalam kalangan warga FTSM sahaja. Metodologi air terjun digunakan bagi menjayakan projek ini.

Sistem ini dapat memastikan individu yang dibenarkan memasuki premis bangunan FTSM adalah individu yang telah disahkan sebagai warga fakulti tersebut dengan cara membuka pintu bangunan setelah mendapat pengesahan. Lapisan sekuriti sedemikian secara tidak langsung dapat melindungi keselamatan anggota fakulti yang berada di dalam bangunan FTSM daripada ancaman individu luar yang tidak disahkan. Di samping itu, peningkatan sekuriti melalui pengecaman muka ini juga dapat mengurangkan kebarangkalian berlaku kecurian di premis FTSM oleh individu luar. Sebagai sebuah fakulti berorientasikan teknologi dan sains maklumat, tidak dinafikan bahawa peralatan FTSM mempunyai nilai yang tinggi seperti komputer makmal dan perisian komputer. Oleh yang demikian, FTSM jelas memiliki aset yang harus dilindungi dan perlindungan tersebut dapat dibekalkan dalam bentuk sekuriti pengecaman muka melalui pembelajaran mesin.

Laporan teknikal ini dibahagikan kepada kajian kesusasteraan, metodologi kajian, keputusan dan perbincangan, kesimpulan, penghargaan dan rujukan. Kajian kesusasteraan merupakan koleksi analisis kajian terdahulu yang berkaitan dengan topik pengecaman muka. Metodologi kajian menjelaskan tentang kaedah dan pendekatan yang digunakan dalam menjalankan kajian. Keputusan dan perbincangan memaparkan hasil kajian dan maklumat yang diperoleh. Kesimpulan menyimpulkan keseluruhan kajian dan memberi ringkasan tentang hasil kajian serta implikasinya. Penghargaan adalah pernyataan terima kasih kepada individu, kumpulan, atau pihak yang telah

memberikan sokongan, bantuan, atau sumbangan dalam menjalankan kajian. Rujukan merupakan senarai sumber atau bahan yang digunakan dalam projek ini.

Kajian Kesusasteraan

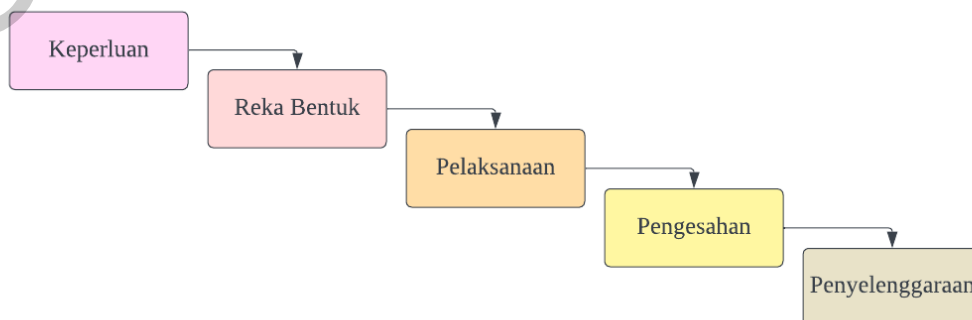
Perbandingan jenis algoritma oleh kajian-kajian terdahulu membantu kita mengenalpasti batasan dan ketepatan bagi setiap kajian. Merujuk kepada kajian Tang dan rakan-rakan pada tahun 2018, kajian ini menggunakan kaedah Deep Hashing yang bertunjangkan algoritma CNN. Kaedah ini merujuk kepada teknik untuk menukarkan ciri muka ke dalam indeks vektor atau matriks. Hasil daripada penggunaan algoritma ini kajian ini mendapat nilai ketepatan 77.86% bagi pengecaman muka. Kajian oleh Zhong dan Deng pada tahun 2019, pula menggunakan kaedah Deep CNN atau DCNN iaitu mengambil kaedah untuk digunakan bagi meneroka ciri muka dalam rangkaian. Ketepatan pengecaman muka bagi kaedah ini adalah 75.90%. Seterusnya bagi kajian Lin dan rakan-rakan pada tahun 2019, kaedah yang digunakan adalah Tensor based Deep Network. Pendekatan ini berasaskan tensor untuk pengiktirafan muka secara 3D di mana nilai ketepatan pengecaman mukanya adalah 96.20%. Bagi kajian oleh Efremova dan rakan-rakan pada tahun 2019, pula algoritma Rangkaian Konvolusional Neural (Convolutional Neural Network-CNN) digunakan, ini merupakan satu pendekatan bagi pengecaman muka dan emosi dengan ketepatan 88.20%. Akhir sekali berdasarkan kajian oleh Peng dan rakan-rakan pada tahun 2019, yang menggunakan kaedah Deep CNN melibatkan susunan semula taraf perwakilan berdimensi tinggi untuk pengiktirafan muka dengan nilai ketepatan pengecaman muka 89.00%. Jadual 1.0 merupakan ringkasan perbandingan algoritma pembelajaran mesin bagi kajian kesusasteraan yang dibincangkan.

Jadual 1.0 Perbandingan algoritma pembelajaran mesin bagi kajian kesusasteraan

Artikel	Kaedah	Algoritma	Rumusan	Ketepatan
Tang et al. 2018	Deep Hashing	CNN	Berasaskan Deep Hashing mengenai Pengelasan dan Ralat kuantiti	77.86%
Zhong & Deng 2019	Deep CNN	DCNN	Penerokaan ciri muka dalam rangkaian secara visual	75.90%
Lin et al. 2019	Tensor based Deep Network	CNN	Pendekatan tensor berdasarkan pembelajaran mesin untuk pengiktirafan muka 3D	96.20%
Efremova et al. 2019	CNN	CNN	Rangkaian Neural berasaskan pendekatan bagi muka dan pengiktirafan emosi	88.20%
Peng et al. 2019	Deep CNN	CNN	Penarafan semula perwakilan berdimensi tinggi untuk pengiktirafan muka	89.00%

Metodologi Kajian

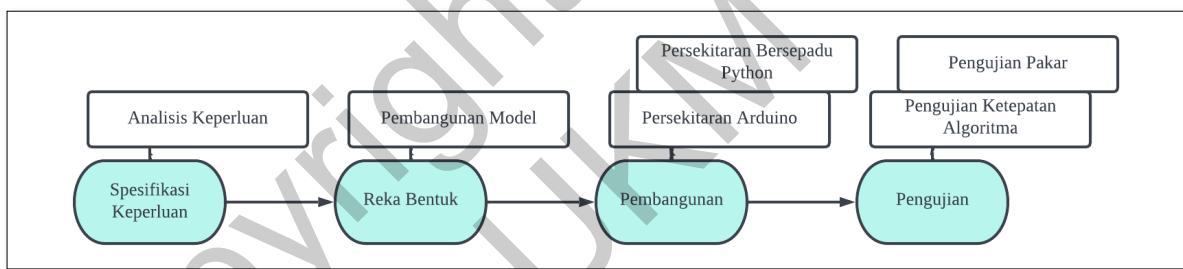
Metodologi yang akan digunakan bagi projek ini adalah selaras dengan lima fasa model Air Terjun atau 'Waterfall Model' yang merangkumi kitaran hidup pembangunan projek. Lima fasa tersebut adalah fasa keperluan, fasa reka bentuk, fasa pelaksanaan, fasa pengesahan dan fasa penyelenggaraan. Rajah 1.0 merupakan gambaran visual terhadap fasa kitaran hidup metodologi yang terlibat dalam projek ini.



Rajah 1.0 Kitaran hidup metodologi Air Terjun (Waterfall SDLC)

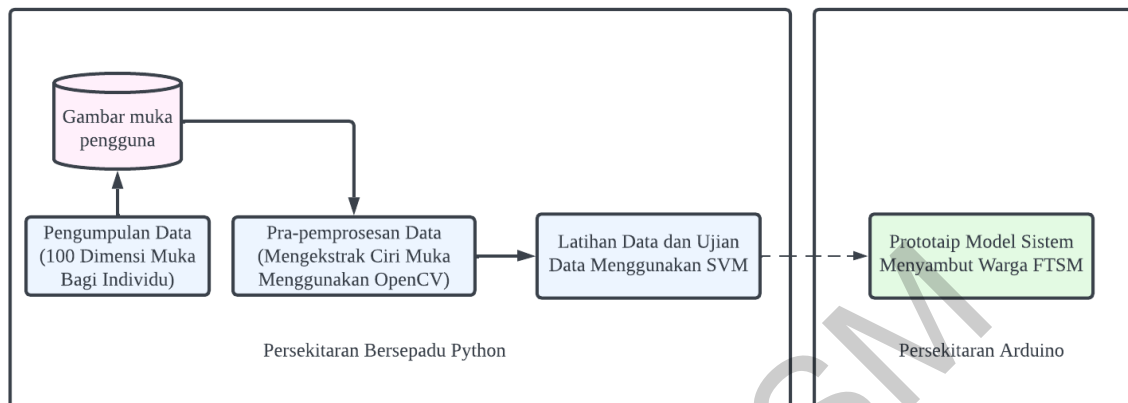
Sumber: Royce (1970)

Projek ini bermula dengan fasa mengenal pasti spesifikasi keperluan bagi projek yang bakal dibangunkan. Spesifikasi keperluan ini mengambil kira analisis keperluan yang berkaitan dengan domain masalah. Seterusnya, adalah fasa reka bentuk yang menumpukan pembangunan projek yang bersesuaian dengan model pengecaman muka yang diimplementasikan dalam projek ini. Kemudian ialah fasa pembangunan, fasa ini terbahagi kepada dua persekitaran utama iaitu persekitaran bersepadu Python dan persekitaran Arduino. Hal ini kerana, projek ini memerlukan gabungan dua persekitaran berbeza ini untuk menghasilkan mekanisma pengecaman muka dan membuka kunci solenoid. Setelah selesai fasa pembangunan maka sistem pengecaman muka yang dibina harus melalui fasa pengujian untuk menguji keboleh fungsian program melalui pengujian pakar dan ujian ketepatan algoritma yang dibina untuk sebarang penambahbaikan. Rajah 2.0 merupakan ringkasan bagi struktur pembangunan projek yang dibincangkan.



Rajah 2.0 Proses pembangunan projek

Reka bentuk seni bina melibatkan proses pengecaman muka yang bakal dijalankan dalam projek ini. Pembahagian utama seni bina ini adalah persekitaran bersepadu Python dan persekitaran Arduino. Persekitaran bersepadu Python ini merangkumi pengumpulan data, pra-pemprosesan data, latihan data dan ujian data yang melibatkan data set gambar pengguna. Manakala, persekitaran Arduino pula bertanggungjawab untuk membuka mekanisma kunci solenoid setelah mendapat pengesanan muka pengguna dari persekitaran bersepadu python. Rajah 3.0 memberikan ringkasan bagi reka bentuk seni bina sistem ini.



Rajah 3.0 Reka bentuk seni bina sistem

Persekitaran bersepadu python berteraskan pengkodan utama program yang dibangunkan melalui Visual Studio Code dan Jupyter Notebook. Persekitaran ini terbahagi kepada tiga aspek utama iaitu pengumpulan data, pra-pemprosesan data, latihan data dan ujian data. Hasil daripada pembangunan model ini membolehkan sistem melakukan verifikasi terhadap pengguna sistem dan menghantar input ke persekitaran Arduino sama ada untuk membuka mekanisma kunci solenoid atau terus kekal pada posisi kunci.

Proses ini akan dimulakan dengan langkah pengumpulan data pengguna iaitu gambar warga FTSM yang meliputi gambar muka beberapa individu (10 individu). Gambar ini diambil oleh kamera web laptop dengan menggunakan pustaka OpenCV. Gambar setiap individu ini diperolehi dengan kebenaran mereka dan setiap individu akan diambil 100 imej bagi setiap orang. Koleksi gambar ini dikumpulkan dalam sebuah pangkalan data atau folder.

Proses seterusnya adalah pra-pemprosesan data iaitu perubahan atau transformasi data sedia ada kepada format yang mudah untuk dianalisis oleh komputer. Secara amnya data set yang melibatkan gambar adalah data yang tidak berstruktur. Oleh yang demikian gambar muka setiap individu yang terlibat dalam data set perlu dilabel agar sistem projek ini dapat mengenalpasti individu yang layak untuk memasuki bangunan FTSM. OpenCV digunakan untuk mengekstrak

ciri muka dari gambar-gambar yang dibekalkan dan dilabel dalam pangkalan data agar dapat diproses oleh program komputer sebagai unit vektor.

Data yang telah selesai fasa pra-pemrosesan akan kemudiannya dilatih dan diuji bagi mendapatkan nilai ketepatan dalam pengecaman muka individu. Pembangunan model prototaip sistem ini akan mengetengahkan algoritma Support Vector Machine (SVM). Namun begitu, dari segi pengujian projek ini akan menguji ketepatan pengecaman muka dengan beberapa algoritma seperti SVM, Random Forest dan Naïve Bayes dalam mengenalpasti algoritma yang paling tinggi ketepatannya dan relevan untuk kes guna projek.

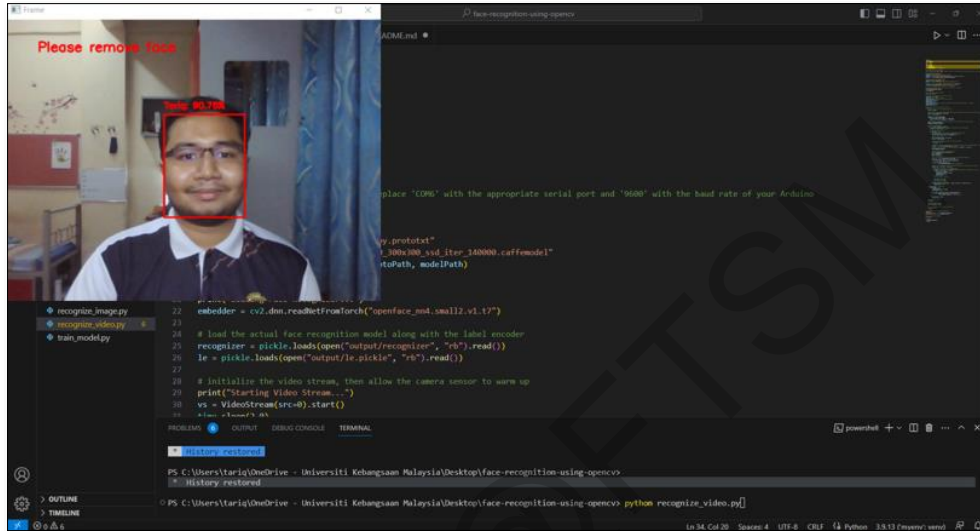
Persekitaran Arduino pula berteraskan komponen-komponen fizikal projek dan pengaturcaraan Arduino yang membolehkan pembukaan mekanisma kunci solenoid setelah mendapat verifikasi pengguna yang sah. Ia merangkumi penggunaan komponen seperti papan aturcara Arduino Uno, sumber kuasa 3-pin, penyambung 12V, geganti, diod pemancar cahaya dan kunci solenoid.

Keputusan dan Perbincangan

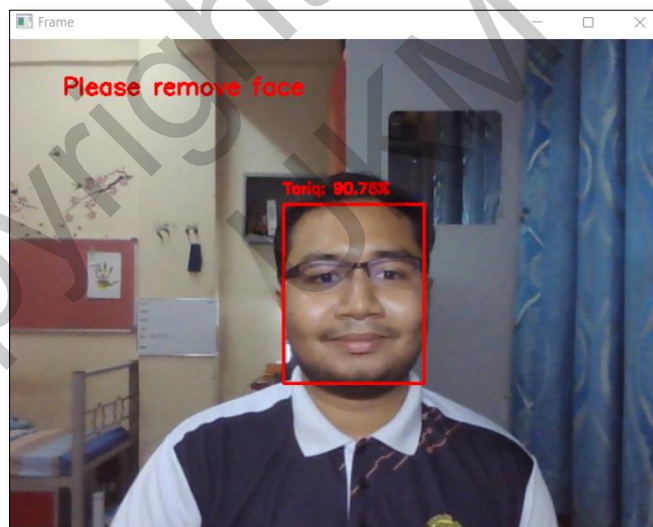
Antaramuka yang dibangunkan bagi projek ini adalah ringkas kerana aspek ini bukanlah fokus utama pada sistem ini. Namun begitu, bagi sistem ini terdapat dua antara muka yang wujud untuk memberi pengesahan terhadap pengecaman muka yang berbeza. Apabila seorang pengguna memasuki ruang kamera web, nama pengguna dan peratusan kebarangkalian wajah tersebut adalah sama dengan gambar dalam pangkalan data dipaparkan dalam bingkai aplikasi.

Jika peratusan kebarangkalian bagi pengguna melebihi kadar 90% dan nama pengguna tersebut tidak dilabelkan sebagai unknown maka pengecaman muka pengguna berjaya dan sebuah mesej dengan frasa Please remove face akan dipaparkan. Hal ini kerana, setelah pengesahan berjaya berlaku pengguna sistem akan diminta untuk keluaran mukanya daripada bingkai program dan memasuki pintu bangunan premis FTSM yang telah dibuka. Rajah 4.0 merupakan rajah untuk pelarian

pengaturcaraan bagi pengesanan muka berjaya. Rajah 5.0 merupakan antara muka bingkai aplikasi sistem bagi pengesanan muka yang berjaya.



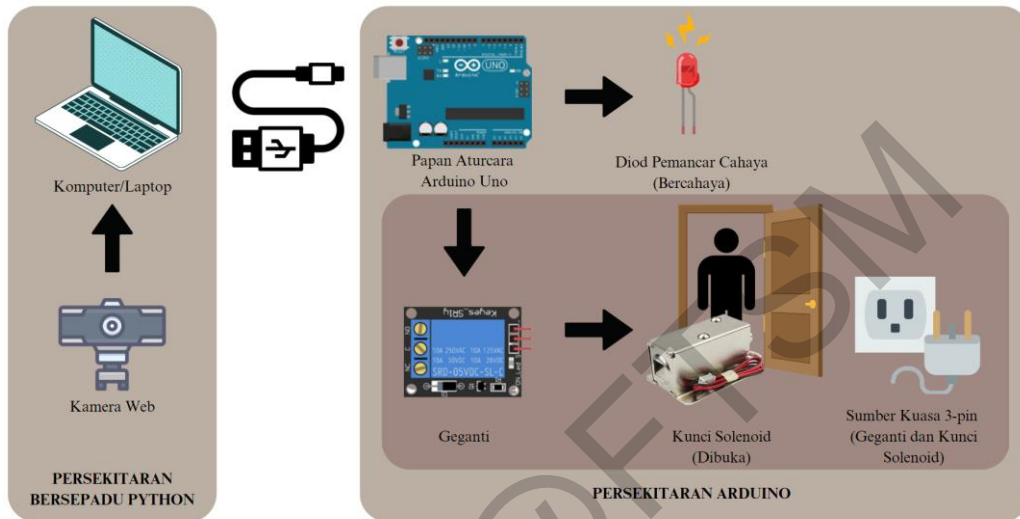
Rajah 4.0 Pelarian pengaturcaraan bagi pengesanan muka berjaya



Rajah 5.0 Antaramuka bingkai aplikasi sistem bagi pengesanan muka berjaya

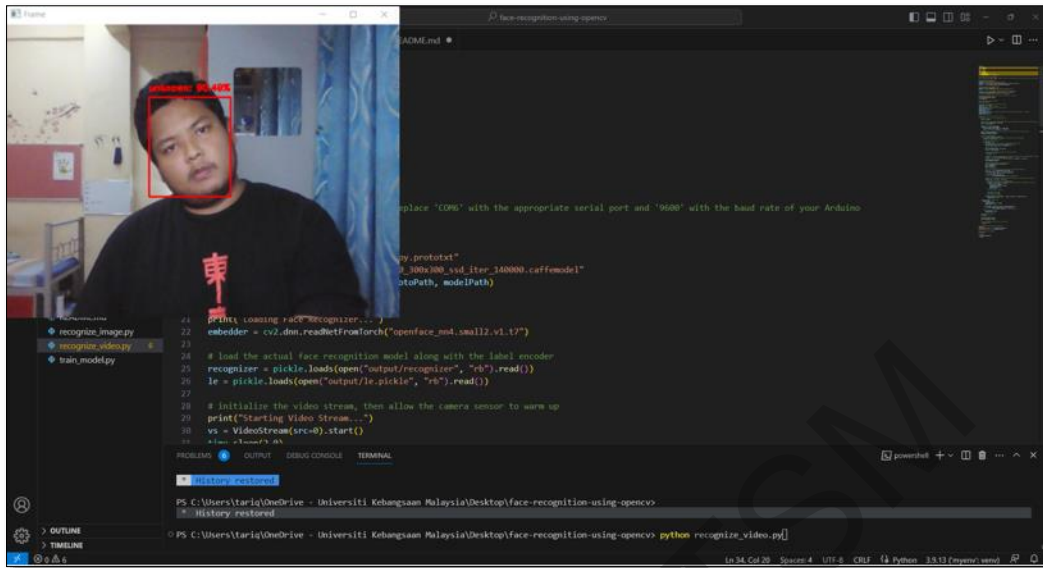
Bagi pengesanan yang berjaya, input 1 akan dihantar dari persekitaran bersepadu python ke persekitaran Arduino. Input 1 akan menyebabkan papan aturcara Arduino Uno berkomunikasi dengan geganti dan kunci solenoid untuk membuka kunci. Selain itu, input 1 ini juga akan menyebabkan diod pemancar cahaya bernyala menandakan pengguna yang sah boleh membuka pintu untuk memasuki

bangunan prototaip yang dibina. Rajah 6.0 merupakan proses pembukaan kunci solenoid bagi pengecaman muka yang berjaya.

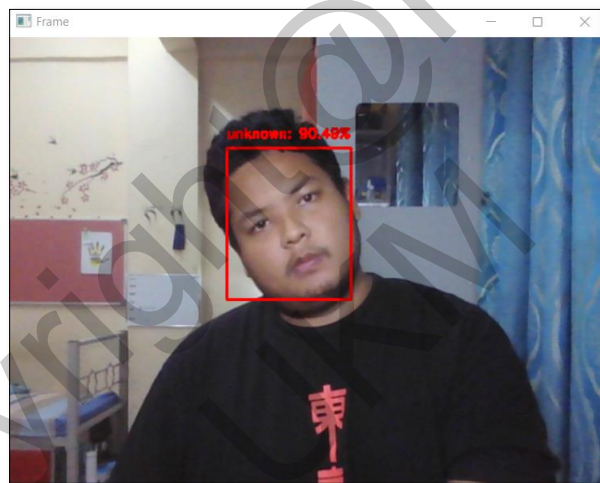


Rajah 6.0 Proses pembukaan kunci solenoid bagi pengecaman muka yang berjaya

Jika pengguna yang hadir bukan warga FTSM maka bingkai muka di sekeliling wajah pengguna akan dipaparkan label unknown ataupun sistem akan memaparkan nama pengguna yang berdaftar dalam pangkalan data pada peratusan keyakinan yang rendah. Hal ini kerana, setiap individu masih mempunyai ciri muka yang sama seperti kedudukan mata, hidung, dan mulut yang mungkin menyebabkan model pengecaman muka keliru dengan klasifikasi pengguna. Namun begitu, klasifikasi yang salah ini tidak menyebabkan pembukaan kunci solenoid kerana walaupun nama pengguna disalah label tapi peratusan keyakinan yang di bawah 90% tidak melengkapkan syarat pembukaan kunci solenoid. Rajah 7.0 merupakan rajah untuk pelarian pengaturcaraan bagi pengecaman muka tidak berjaya. Rajah 8.0 merupakan antara muka bingkai aplikasi sistem bagi pengecaman muka yang tidak berjaya.

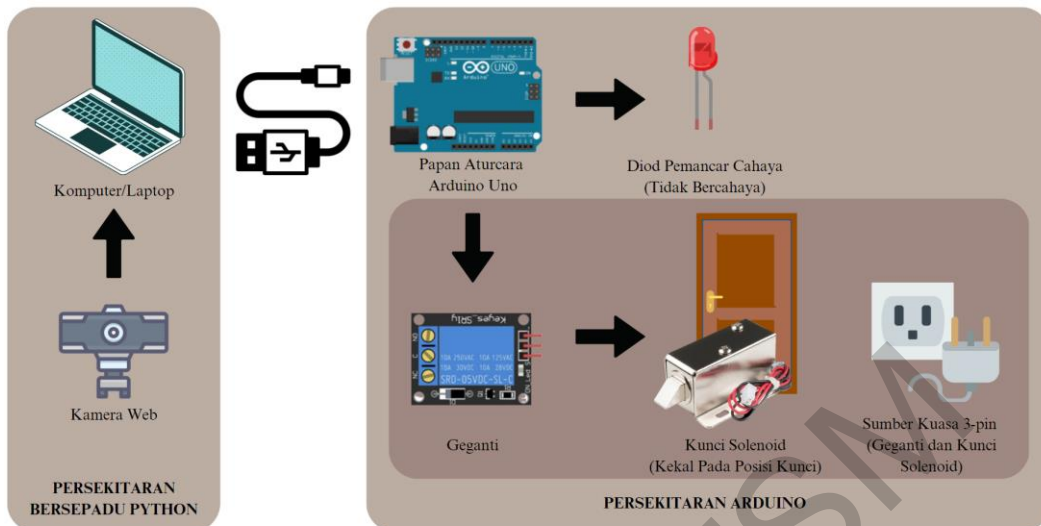


Rajah 7.0 Pelarian pengaturcaraan bagi pengecaman muka tidak berjaya



Rajah 8.0 Antaramuka bingkai aplikasi sistem bagi pengecaman tidak berjaya

Bagi pengesanan yang tidak berjaya input 0 akan dihantar bagi pengesanan pengguna yang tidak berjaya atau pengguna yang tidak mencapai tahap keyakinan yang ditetapkan. Input 0 ini akan menyebabkan persekitaran Arduino memastikan diod pemancar cahaya tidak menyala dan kunci solenoid kekal pada posisi kunci maka menyebabkan pengguna tidak dapat membuka pintu prototaip model sistem. Rajah 9.0 merupakan proses pembukaan kunci solenoid bagi pengecaman muka yang tidak berjaya.



Rajah 9.0 Proses pembukaan kunci solenoid bagi pengecaman muka yang tidak berjaya

Hasil analisis pengecaman muka menunjukkan prestasi tiga algoritma berbeza iaitu SVM, Random Forest dan Naïve Bayes. Ketepatan setiap algoritma pada tugas pengecaman muka adalah seperti berikut: SVM mencapai ketepatan 99%, Random Forest mencapai ketepatan 99%, dan Naïve Bayes mencapai ketepatan 83%.

Pertama, kedua-dua SVM dan Random Forest mencapai kadar ketepatan yang tinggi sebanyak 99%, menunjukkan bahawa ia adalah algoritma yang berkesan untuk pengecaman muka. Ketepatan yang tinggi ini menunjukkan bahawa model ini dapat mengklasifikasikan majoriti imej muka dalam set data dengan betul. Ketepatan tinggi SVM dan Random Forest menunjukkan bahawa ia adalah algoritma yang teguh dan boleh dipercayai untuk tugas pengecaman muka.

Sebaliknya, Naïve Bayes mencapai ketepatan 83%, yang lebih rendah berbanding SVM dan Random Forest. Ketepatan yang lebih rendah ini menunjukkan bahawa Naïve Bayes tidak berfungsi sebaik algoritma lain untuk tugas pengecaman muka khusus ini. Adalah penting untuk mengambil kira bahawa Naïve Bayes berfungsi dengan menganggap kebebasan ciri data yang mungkin kurang sesuai untuk data berbentuk imej wajah, kerana mungkin terdapat ketergantungan dan hubungan yang kompleks antara ciri wajah yang berbeza. Andaian

kebebasan ciri data ini boleh menghadkan prestasi Naïve Bayes dalam mengklasifikasikan imej muka dengan tepat.

Hasilnya juga menyerlahkan kepentingan memilih algoritma yang sesuai untuk tugas khusus yang ada. Dalam kes ini, SVM dan Random Forest mengatasi Naïve Bayes dari segi ketepatan. Selain itu, adalah penting untuk mempertimbangkan keperluan khusus dan kekangan aplikasi pengesanan muka. Faktor seperti kecekapan pengiraan, kebolehtafsiran dan pengendalian data berdimensi tinggi mungkin mempengaruhi pilihan algoritma. SVM dan Random Forest terkenal dengan kepelbagaian, keteguhan dan keupayaan untuk mengendalikan data yang kompleks, yang boleh menjelaskan ketepatannya yang lebih tinggi dalam senario ini.

Tambahan pula, adalah penting untuk mengetahui bahawa ketepatan sistem pengesanan muka boleh dipengaruhi oleh pelbagai faktor, termasuk kualiti imej muka, variasi dalam keadaan pencahayaan, ekspresi muka dan pose. Faktor-faktor ini boleh memperkenalkan cabaran untuk pengesanan muka yang tepat, dan algoritma perlu mengendalikan variasi sedemikian dengan berkesan.

Kesimpulannya, keputusan analisis pengesanan muka menunjukkan prestasi berbeza bagi algoritma yang berbeza. SVM dan Random Forest mencapai kadar ketepatan yang tinggi sebanyak 99%, menunjukkan keberkesannya untuk tugas pengesanan muka. Naïve Bayes walaupun mencapai ketepatan yang lebih rendah sebanyak 83% ia masih boleh dipertimbangkan untuk senario pengesanan muka tertentu, bergantung pada keperluan dan kekangan. Pilihan algoritma harus mempertimbangkan bukan sahaja ketepatan tetapi juga faktor lain seperti kecekapan pengiraan, kebolehtafsiran, dan pengendalian data berdimensi tinggi. Maka wajarlah penumpuan pembangunan projek ini berasaskan algoritma SVM diatas skor metrik yang memberangsakan dengan dataset yang digunakan. Jadual 2.0 merupakan perbandingan ketepatan algoritma dalam analisis pengesanan muka yang dibincangkan.

Jadual 2.0 Perbandingan ketepatan algoritma dalam analisis pengecaman muka

Algoritma	Ketepatan
SVM	99%
Random Forest	99%
Naïve Bayes	83%

Kesimpulan

Rumusannya, algoritma SVM dan Random Forest mempunyai ketepatan yang tinggi bagi pengecaman muka dalam dataset muka yang dikumpul berbanding algoritma Naïve Bayes. Justeru, wajarlah penggunaan algoritma SVM sebagai teras sistem ini bagi proses pengecaman muka. Di samping itu, projek ini juga telah memenuhi kesemua objektif yang dinyatakan dengan melaksanakan pengecaman muka yang berjaya, memaparkan indikator bagi pengecaman berjaya dengan menyalakan diod pemancar cahaya dan membuka kunci solenoid bagi pengecaman muka berjaya. Impak dari kejayaan projek ini sistem sekuriti Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat (FTSM) dapat dipertingkatkan dengan menaik taraf sistem sekuriti RFID kepada sistem sekuriti biometrik pengecaman muka yang lebih selamat dan tepat. Manakala dari segi kelemahan, sistem ini mempunyai kebergantungan terhadap bekalan sumber kuasa tambahan bagi mekanisme pembukaan kunci solenoid untuk kemasukan warga FTSM. Oleh yang demikian bagi menangani situasi bekalan kuasa elektrik yang putus, sebuah sumber kuasa bekalan asing untuk kegunaan kecemasan perlu disediakan bagi membolehkan kunci solenoid terbuka bagi pengecaman muka yang berjaya agar warga FTSM masih dapat akses terhadap bangunan FTSM walaupun dalam keadaan bekalan elektrik terputus. Kesimpulannya, projek ini telah berjaya mengemukakan sistem sekuriti biometrik yang efektif dalam menambahbaik komponen keselamatan FTSM.

Penghargaan

Bersyukur kehadiran ilahi kerana projek tahun akhir saya dapat diselesaikan dengan jayanya. Sekalung penghargaan diucapkan kepada mereka yang telah membantu dalam pembangunan projek ini secara langsung atau tidak langsung. Setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada penyelia bagi projek tahun akhir saya, Ts. Rohizah Binti Abd Rahman yang telah banyak memberikan tunjuk ajar, dorongan dan sokongan tanpa henti sepanjang saya melaksanakan projek tahun akhir saya ini. Saya juga amat menghargai segala usaha yang telah diberikan oleh Ts. Rohizah sehingga saya dapat menyiapkan projek tahun akhir dengan jayanya.

Seterusnya, terima kasih juga saya ucapkan kepada pensyarah-pensyarah Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat (FTSM) atas tunjuk ajar dan didikan yang diberikan sepanjang perjalanan pembelajaran saya di Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM). Hal ini kerana daripada ilmu yang telah dikongsikan juga, telah banyak membantu saya dalam kajian projek ini. Tidak lupa juga terima kasih kepada ibu bapa dan ahli keluarga saya yang sentiasa menyokong dan banyak memberikan galakan kepada saya sepanjang projek ini dijalankan, terutama sekali ibu saya Puan Suhaila Binti Mohamad Zahir yang merupakan penyokong dan sumber semangat terbesar saya. Selain itu, saya juga berterima kasih kepada rakan-rakan seperjuangan saya yang juga telah bertungkus lumus menyiapkan projek tahun akhir dan juga telah berkongsi ilmu bersama saya dalam melengkapkan projek ini.

Saya berasa amat bersyukur kerana dikelilingi dengan mereka yang tidak henti memberikan dorongan dan sokongan supaya tidak mudah berputus asa sepanjang saya melaksanakan projek tahun akhir saya ini. Terima kasih kepada semua. Semoga projek tahun akhir saya ini dapat menyumbang dan memberikan impak yang positif kepada Universiti Kebangsaan Malaysia dan juga negara. Sekian, terima kasih.

RUJUKAN

- Efremova, N., Patkin, M. & Sokolov, D. 2019. Face and Emotion Recognition with Neural Networks on Mobile Devices: Practical Implementation on Different Platforms. 14th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2019). <https://doi.org/10.1109/fg.2019.8756562>.
- Lin, S., Liu, F., Liu, Y. & Shen, L. 2019. Local Feature Tensor Based Deep Learning for 3D Face Recognition. 14th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2019). <https://doi.org/10.1109/fg.2019.8756616>.
- Peng, C., Wang, N., Li, J., & Gao, X. 2019. Re-Ranking High-Dimensional Deep Local Representation for NIR-VIS Face Recognition. *IEEE Transactions on Image Processing*, 28(9), 4553–4565. <https://doi.org/10.1109/tip.2019.2912360>.
- Royce, W. 1970. Managing the development of large software systems. *proceedings of IEEE WESCON. Los Angeles*, 328-388.
- Saez-Trigueros, D., Li, Meng & Hartnett, M. 2018. Face Recognition: From Traditional to Deep Learning Methods. *ArXiv: Computer Vision and Pattern Recognition*. <http://export.arxiv.org/pdf/1811.00116>.
- Sharma, S., Bhatt, M. & Sharma, P. 2020. Face Recognition System Using Machine Learning Algorithm. 5th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES). <https://doi.org/10.1109/icces48766.2020.9137850>.
- Tang, J., Li, Z., & Zhu, X. 2018. Supervised deep hashing for scalable face image retrieval. *Pattern Recognition*, 75, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2017.03.028>.
- Zhong, Y. & Deng, W. 2019. Exploring Features and Attributes in Deep Face Recognition Using Visualization Techniques. 14th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2019). <https://doi.org/10.1109/fg.2019.8756546>.

Mohamed Tariq Ziyad Bin Mohamed Jahangir (A182883)
Ts. Rohizah Binti Abd Rahman
Fakulti Teknologi & Sains Maklumat,
Universiti Kebangsaan Malaysia