

PENGELASAN DAN PENEREMBENGAN IMEJ HISTOPATOLOGI MENGUNAKAN ALGORITMA HoVer-Net

NURAZEELA NABIHA BINTI ZAHRUL NIZAM

PROF. MADYA DR. SHAHNORBANUN BINTI SAHRAN

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

ABSTRAK

Histopatologi, pemeriksaan mikroskopik sampel tisu, memainkan peranan penting dalam mendiagnosis penyakit dan pemahaman struktur tisu. Penilaian yang tepat terhadap imej histopatologi adalah penting untuk mendapatkan keputusan klinikal yang betul. Kemajuan dan kecanggihan pada hari ini dalam pembelajaran mendalam, (*Deep Learning*) telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mengautomatiskan analisis imej ini dengan menggunakan HoVer-Net, sebuah rangkaian penerembengan 3D terkini yang muncul sebagai alat penting dalam domain ini. Walaupun HoVer-Net memiliki potensi, penyelidikan yang menyeluruh diperlukan untuk menilai kebolehgunaan dalam histopatologi. Imej tisu histologi menghasilkan cabaran unik disebabkan oleh struktur-struktur yang rumit serta pengelasan dan penerembengan yang tepat adalah pra-syarat bagi ketepatan klinikal. Kajian ini mengendalikan masalah tertentu dalam menilai keberkesanan HoVer-Net dalam menganalisis imej histopatologi, termasuk cabaran yang dihadapi oleh pelbagai jenis tisu dan jenis keadaan. Projek ini bertujuan untuk menilai imej tisu histopatologi menggunakan HoVer-Net sebagai alat utama untuk pengelasan dan penerembengan. Dengan melatih model ini pada pelbagai set data dan menyesuakannya dengan kekompleksan histopatologi, cadangan dalam projek ini adalah untuk membuktikan kebolehan HoVer-Net dalam mengautomatiskan analisis imej ini. Penyelesaian projek ini melibatkan penilaian menyeluruh yang melibatkan prestasi HoVer-Net dalam mengelas sampel tisu serta mengukur peratusan keadaan patologi. Penyelidikan ini diharapkan dapat menunjukkan potensi HoVer-Net dalam mengelas dengan tepat pelbagai jenis tisu dan keadaandalam imej histopatologi. Projek ini dijangka membuktikan keupayaan dalam mengelaskan kawasan-kawasan yang penting seperti tumor, sel dan struktur tisu. Selain itu, projek ini juga bertujuan untuk menilai ketepatan, kepekaan

dan spesifikasi HoVer-Net berbanding kaedah penilaian manual tradisional. Hasil kajian ini mempunyai implikasi penting dalam bidang histopatologi, menawarkan kaedah automatik dan berpotensi lebih tepat untuk menganalisis tisu. Penyelidikan yang dicadangkan ini boleh menyederhanakan proses diagnosis, mengurangkan subjektiviti dan menyumbang kepada peningkatan pengetahuan dalam bidang histopatologi dan pembelajaran mendalam, (*Deep Learning*) yang berpotensi membuka peluang baharu dalam bidang penyelidikan dan aplikasi klinikal.

Kata kunci: [Pengelasan, Penerembengan, Histopatologi, HoVer-Net]

PENGENALAN

Histopatologi, pemeriksaan mikroskopik terhadap sampel tisu memainkan peranan penting dalam mendiagnosis penyakit dan pemahaman struktur tisu. Ia memberikan pandangan penting terhadap keadaan tisu dan peringkat sel, membolehkan pengenalpastian penyakit, penilaian perkembangan penyakit dan penilaian keberkesanan rawatan (Gurcan et.al 2009). Penilaian yang tepat terhadap imej histopatologi bukan sahaja perkara penting tetapi tidak dapat dielakkan untuk membimbing keputusan klinikal dan ia selama ini sangat bergantung kepada kepakaran ahli patologi (Hatipoglu et.al 2014). Beberapa tahun lalu telah menyaksikan kemajuan luar biasa dalam bidang kecerdasan buatan, terutamanya dalam pembelajaran mendalam, yang telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mengautomatiskan analisis imej histopatologi (Pannu, A. 2015). Di antara inovasi ini, HoVer-Net, rangkaian penerembengan 3D terkini, telah muncul sebagai alat penting dengan potensi yang besar. Dengan memanfaatkan keupayaannya, projek bertujuan untuk menangani cabaran dalam analisis imej histopatologi (Graham et.al 2019). Objektif utama HoverNet adalah untuk menggariskan atau membahagikan kawasan tertentu dalam imej perubatan secara automatik, seperti organ, tumor, dan sebagainya. Proses penerembengan ini sangat penting untuk pelbagai aplikasi perubatan, termasuk mendiagnosis penyakit, perancangan rawatan, dan pemantauan dalam perkembangan penyakit dari masa ke semasa. HoverNet dihasilkan dengan menggunakan teknik pembelajaran mendalam, iaitu rangkaian saraf konvolusi (CNN), yang sangat sesuai dalam tugas menganalisis imej perubatan. CNN dilatih pada set data besar yang mempunyai imej perubatan berlabel, dilatih untuk mengenal pasti corak dan ciri yang menunjukkan struktur

yang berbeza dalam imej. Setelah dilatih, HoverNet kemudian digunakan dalam imej perubatan baru yang tidak kelihatan, di mana ia secara automatik menghasilkan penerembengan yang tepat, menggariskan sempadan pelbagai struktur anatomi atau kelainan yang terdapat dalam imej tisu. Penerembengan automatik ini mempercepatkan proses analisis, membolehkan para doktor perubatan lebih memberi tumpuan kepada tafsiran dan membuat keputusan daripada menghabiskan masa yang lama dengan menggunakan kaedah secara manual untuk mendapatkan struktur dalam imej perubatan (Graham et.al 2019).

Walaupun HoVer-Net mempunyai potensi, terdapat kesukaran dalam penyelidikan menyeluruh dalam menilai kebolehgunaannya dalam bidang histopatologi. Imej tisu histopatologi, yang dicirikan oleh struktur yang rumit dan pelbagai, menghasilkan satu set cabaran yang unik (Wang et.al 2023). Cabaran ini merangkumi pengenalanpastian dan pengelasan jenis tisu dalam keadaan yang berbeza, sering kali dirumitkan oleh variasi dalam dan di antara spesimen. Pengelasan dan penerembengan yang tepat adalah prasyarat bagi ketepatan klinikal dalam mendiagnosis penyakit, ramalan dan perancangan rawatan.

Kajian ini mengendalikan masalah tertentu dalam menilai keberkesanan HoVer-Net dalam menganalisis imej histopatologi, dengan menumpukan kepada isu menangani kesukaran yang ada disebabkan oleh jenis tisu dan keadaan yang berbeza yang dihadapi dalam dunia patologi sebenar. Dengan menggunakan HoVer-Net sebagai medium utama untuk pengelasan dan penerembengan (Chen et.al 2023), projek ini diusahakan untuk menyederhanakan dan meningkatkan analisis imej histopatologi. Pendekatan ini melibatkan latihan yang teliti pada model set data yang pelbagai dapat membantu untuk menyesuaikan dengan kerumitan histopatologi, dan menilai kebolehnya merentasi pelbagai jenis tisu.

Projek ini diharapkan mampu mendedahkan potensi HoVer-Net untuk mengelas dengan tepat pelbagai jenis tisu dan keadaan dalam imej histopatologi. Selanjutnya, projek ini juga bertujuan untuk membuktikan kecekapannya dalam penerembengan kawasan-kawasan yang penting seperti tumor, sel, dan struktur tisu. Untuk menilai keberkesanannya, ketepatan, kepekaan, dan spesifikasi akan diukur, dan hasilnya dengan cara memberikan analisis perbandingan.

Hasil kajian ini dijangka mempunyai implikasi penting dalam bidang histopatologi. Integrasi kaedah automatik, yang berpotensi lebih tepat untuk menganalisis tisu, seperti yang ditawarkan oleh HoVer-Net, berupaya menyederhanakan proses diagnosis dan mengurangkan subjektiviti (Castaneda et.al 2015). Kemajuan ini selaras dengan misi yang lebih luas untuk meningkatkan penjagaan pesakit, memastikan diagnosis yang lebih tepat, dan memudahkan urusan yang cepat (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine 2015). Selain itu, penyelidikan ini menyumbang kepada pengetahuan dalam bidang histopatologi dan pembelajaran mendalam, dengan berpotensi membuka peluang baharu untuk penyelidikan dan aplikasi dalam kedua-dua persekitaran klinikal dan penyelidikan.

METODOLOGI KAJIAN

Metodologi yang digunakan dalam pembangunan projek ini ialah Agile yang menggunakan lelaran pembangunan dan pengujian berterusan sepanjang kitaran hayat pembangunan perisian projek. Metodologi ini dipilih kerana ia merangkumi proses dinamik yang membenarkan perubahan walaupun sudah jauh dalam kitaran hayat pembangunan. Metodologi ini adalah amat sesuai dengan projek ini yang memerlukan pendekatan pembangunan model HoVer-Net yang lebih fleksibel dan berorientasikan kepada pengguna. Dengan menggunakan metodologi Agile untuk projek ini, produk akhir yang berkualiti boleh dihasilkan.



Rajah 1: Metodologi Agile

Metodologi Agile adalah satu pendekatan pembangunan perisian atau projek yang menekankan kerja berterusan, adaptabiliti, dan kolaborasi dalam proses pembangunan. Ia dikenali kerana kemampuannya untuk bergerak dengan fleksibiliti dalam menangani

perubahan yang sering berlaku dalam projek serta memberikan nilai yang berkualiti. Berikut adalah beberapa ciri utama dan maksudnya:

1. Kerja Berulang (Iteratif): Dalam projek ini, menjalankan iterasi atau fasa tertentu projek yang membenarkan penilaian berkala dan menaik taraf projek.
2. Fleksibiliti terhadap Perubahan: Membuat perancangan dan mengambil kira kemungkinan perubahan yang mungkin berlaku pada projek dalam fasa pelaksanaannya. Ini membolehkan adaptasi yang lebih mudah jika perlu.
3. Penglibatan Pengguna: Merancang untuk mendapatkan maklum balas secara aktif dalam proses pembangunan, walaupun projek ini dijalankan secara individu.
4. Ketelusan: Membuat perancangan untuk menyediakan laporan kemajuan berkala dan maklumat tentang status projek.
5. Tumpuan pada Nilai Pelanggan: Pastikan bahawa projek ini memfokuskan usaha kepada ciri dan aspek yang akan memberi nilai tertinggi kepada penyelia atau pelanggan yang menilai projek ini.

Fasa analisis

Fasa analisis dalam HoVerNet melibatkan beberapa langkah penting yang dimulakan dengan pengumpulan dan penyediaan data, di mana data imej histopatologi dari set data PanNuke dikumpulkan dan dipraproses untuk memastikan kualiti dan konsistensi. Model HoVerNet, yang terdiri daripada rangkaian dwi-cabang untuk pengelasan dan penerembengan nukleus, dilatih menggunakan data yang telah diproses dengan parameter latihan seperti saiz batch 1 dan bilangan epoch yang sesuai iaitu 50 epochs. Semasa latihan, model dioptimumkan dengan optimizer dan fungsi loss yang sesuai. Proses inferens dijalankan dengan *infer_step*, di mana output model diproses lanjut menggunakan *softmax*, *argmax*, dan fungsi *__proc_np_hv* untuk mendapatkan peta jenis dan kebarangkalian. Hasil ramalan kemudian divisualisasikan dengan menindih kontur pada imej asal menggunakan fungsi *visualize_instances_dict*. Penilaian model dilakukan menggunakan metrik ketepatan, skor F1, dapatan formula (recall) dan IoU di mana hasil dibandingkan dengan kaedah tradisional dan algoritma lain. Melalui langkah-langkah ini, HoVerNet menunjukkan prestasi unggul dalam

pengelasan dan penerembengan imej histopatologi, memberikan impak signifikan dalam bidang patologi dan membuka peluang untuk penyelidikan lanjut.

Fasa reka bentuk

Dalam fasa reka bentuk, HoVerNet melibatkan beberapa langkah kritikal untuk memastikan model ini dapat mengendalikan tugas pengelasan dan penerembengan nukleus dalam imej histopatologi dengan berkesan. Pertama, rangkaian neural konvolusi (CNN) direka dengan dua cabang utama iaitu satu cabang untuk pengelasan nukleus dan satu lagi untuk penerembengan nukleus. Setiap cabang dilatih untuk mengenali dan mengelaskan pelbagai jenis nukleus dalam imej dengan tepat. Selain itu, HoVerNet mengintegrasikan peta mendatar dan menegak (HoVer) untuk meningkatkan ketepatan penerembengan dengan menggunakan maklumat spatial yang lebih mendalam.

Model ini juga menggunakan parameter yang telah ditentukan, termasuk bilangan epoch dan kadar pembelajaran, yang dioptimumkan untuk mencapai prestasi terbaik. Data yang telah diproses dimuatkan ke dalam model melalui *FileLoader* dan *DataLoader*, memastikan setiap imej dianalisis dalam format yang konsisten. HoVerNet menggunakan model terlatih daripada resnet50, di mana ia merupakan asas yang kukuh untuk pengelasan dan penerembengan. Model ini kemudian disesuaikan dengan *checkpoint* yang dimuat untuk memastikan ia dilatih dengan baik dan sedia untuk menjalankan *inferens*.

Secara keseluruhan, penekanan diberikan kepada ketepatan dan kecekapan pemrosesan imej dengan memastikan bahawa model dapat mengendali pelbagai jenis tisu dan pewarnaan dalam imej histopatologi. Integrasi peta HoVer dan reka bentuk dwi-cabang adalah kunci utama kepada keberkesanan HoVer-Net dalam tugas pengelasan dan penerembengan, memberikan hasil yang lebih tepat dan dapat diaplikasikan dalam analisis patologi.

Fasa pelaksanaan

Fasa pelaksanaan dalam projek HoVer-Net merangkumi beberapa langkah utama. Pertama, data histopatologi dikumpulkan dan diproses menggunakan *FileLoader* dan *DataLoader* untuk memuatkan imej dan label dalam format numpy arrays. Model HoVer-Net, yang dibina dengan rangkaian neural konvolusi dwi-cabang, dilatih menggunakan set data yang telah diproses. Proses latihan melibatkan penggunaan optimizer dan fungsi loss yang sesuai

untuk mengoptimumkan parameter seperti bilangan epoch sebanyak 50 dan kadar pembelajaran. Semasa inferens, fungsi *infer_step* dan *torch.no_grad()* digunakan untuk memastikan pemprosesan dilakukan tanpa mengira gradient. Hasil model kemudian diproses menggunakan teknik *softmax* dan *argmax*, serta fungsi pemprosesan lanjut seperti *__proc_np_hv* dan proses. Akhir sekali, divisualisasikan menggunakan *visualize_instances_dict* untuk menindih kontur pada imej asal.

Fasa pengujian

Fasa pengujian melibatkan penilaian prestasi model HoVer-Net menggunakan set data panNuke. Metrik penilaian seperti ketepatan, skor F1 dan nilai IoU digunakan untuk menilai keberkesanan model. Hasil pengelasan dan penerembengan dibandingkan dengan kaedah tradisional dan algoritma lain untuk menilai kelebihan HoVer-Net. Pengujian ini memastikan model dapat memberikan hasil yang konsisten dan tepat bagi pelbagai jenis tisu dan keadaan yang berbeza. Jadual 1 menunjukkan nilai hasil pengujian:

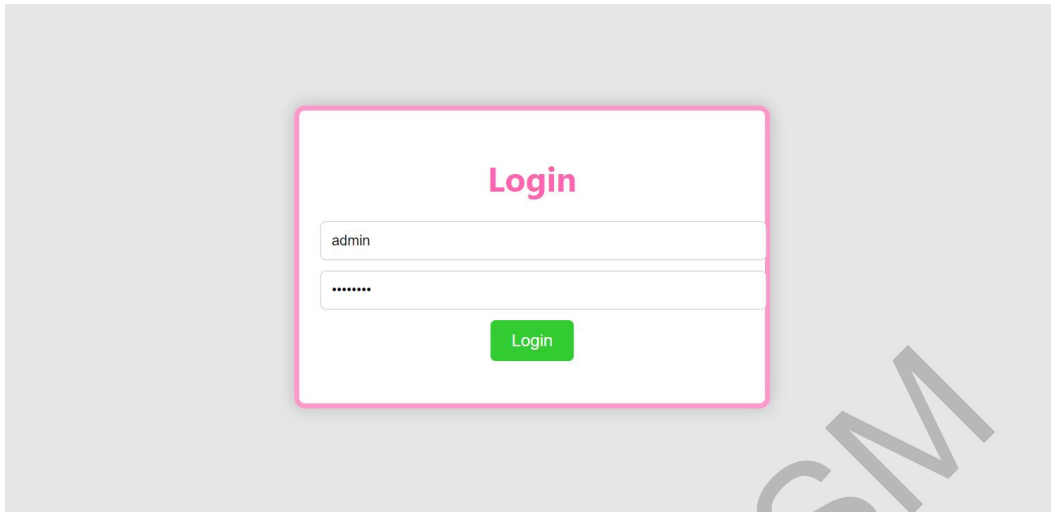
Ketepatan	0.9371
Dapatan Formula	0.9565
Skor-F1	0.827

Jadual 1: Nilai Hasil Pengujian

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Keputusan kajian menunjukkan bahawa HoVer-Net mempunyai prestasi yang baik dalam pengelasan dan penerembengan nukleus dalam imej histopatologi. Model ini menunjukkan ketepatan yang tinggi dalam mengesan dan mengelaskan pelbagai jenis nukleus serta mampu menangani cabaran seperti nukleus yang berkelompok dan bertindih. Perbincangan hasil kajian menekankan kelebihan HoVer-Net dalam menyediakan analisis imej yang lebih cepat dan kurang subjektif berbanding penilaian manual, serta potensi untuk meningkatkan ketepatan diagnosis penyakit.

Apabila memasuki laman sesawang, pengguna akan disambut dengan skrin Log Masuk. Untuk mula sesi penerembengan dan pengelasan imej histopatologi, pengguna perlu log masuk.



Rajah 1 Antara Muka Log Masuk

Seterusnya, apabila pengguna telah log masuk dengan mengisi nama pengguna dan kata laluan, mereka akan dibawa ke paparan papan pemuka untuk pengguna memuat naik gambar tisu histopatologi seperti yang ditunjukkan pada Rajah 2.



Rajah 2 Antara Muka Papan Pemuka

Pengguna perlu menekan butang “Choose File” untuk memuat naik gambar tisu histopatologi dan menekan butang “Submit” untuk melihat hasil penerembengan dan pengelasan.



Rajah 3 Antara Muka Keputusan

Rajah 3 menunjukkan hasil keputusan imej tisu histopatologi yang telah melalui proses penerembengan dan pengelasan. Hasil penerembengan dan pengelasan ditetapkan mengikut warna dan kelas seperti yang ditunjukkan dalam rajah 3.

Cadangan Penambahbaikan

Selepas menjalankan kajian yang menyeluruh, cadangan untuk menambahbaik model ini pada masa hadapan adalah dengan meningkatkan kualiti dan mempelbagaikan set data latihan untuk memperbaiki keupayaan generalisasi model. Selain itu, mengoptimumkan algoritma untuk mengurangkan keperluan sumber komputasional.

KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, model HoVer-Net menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan analisis imej histopatologi melalui pengelasan dan penerembengan nukleus yang sangat tepat dan cekap. Dengan memanfaatkan rangkaian neural konvolusi(CNN) dwi-cabang(resnet-50) dan peta HoVer, model ini berjaya mengatasi beberapa cabaran utama dalam menganalisis imej patologi, seperti ketepatan dan keupayaan mengendalikan pelbagai jenis tisu. HoVer-Net bukan sahaja mengurangkan masa dan subjektiviti analisis berbanding

kaedah manual, malah ia juga merupakan asas yang kuat untuk aplikasi klinikal dan penyelidikan masa hadapan. HoVer-Net berpotensi meningkatkan ketepatan diagnosis dan mempercepat kemajuan dalam bidang perubatan.

Kekuatan Sistem

HoVer-Net mempunyai beberapa kekuatan yang bagus, termasuk ketepatan tinggi dalam pengelasan dan penerembengan nukleus yang membuktikan analisis yang lebih tepat. Model ini juga mampu mengendalikan pelbagai jenis tisu dan keadaan dalam imej histopatologi, menjadikannya sangat berguna dalam pelbagai aplikasi klinikal. Selain itu, HoVer-Net dapat mengurangkan masa dan subjektiviti dalam analisis imej berbanding kaedah manual, yang sering memerlukan masa yang lebih lama dan bergantung kepada interpretasi pakar. Keupayaan ini membolehkan pakar patologi untuk membuat diagnosis yang lebih cepat dan konsisten. Secara keseluruhan, HoVer-Net mempunyai potensi besar untuk meningkatkan ketepatan diagnosis dan penyelidikan perubatan serta memberikan manfaat yang ketara dalam bidang patologi komputasional dan perubatan secara keseluruhan.

Kelemahan Sistem

HoVer-Net mempunyai beberapa kelemahan yang perlu diatasi untuk meningkatkan keberkesannya. Salah satu kelemahan utama adalah kebergantungan kepada kualiti dan variasi set data latihan. Jika set data latihan tidak pelbagai atau tidak berkualiti tinggi, model mungkin tidak dapat menggeneralisasikan dengan baik kepada imej baru. Selain itu, latihan dan inferens model memerlukan sumber komputasional yang tinggi, yang mungkin menjadi cabaran kerana sumbernya yang terhad. Seterusnya, model ini juga menghadapi cabaran dalam menyesuaikan diri untuk tisu dan pewarnaan yang sangat khusus di mana ia memerlukan penyesuaian tambahan dan teknik pasca pemprosesan yang lebih baik untuk memastikan ketepatan dan kecekapan dalam pelbagai aplikasi klinikal.

PENGHARGAAN

Penulis kajian ini ingin ucapkan setinggi-tinggi penghargaan dan jutaan terima kasih kepada Prof. Madya Dr. Shahnorbanun Binti Sahran, penyelia penulis kajian ini yang telah memberi tunjuk ajar serta bimbingan untuk menyiapkan projek ini dengan jayanya.

Penulis kajian ini juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu secara langsung mahupun tidak langsung dalam menyempurnakan projek ini. Segala bantuan yang telah dihulurkan amatlah dihargai kerana tanpa bantuan mereka, projek ini tidak dapat dilaksanakan dengan baik. Semoga tuhan merahmati dan memberikan balasan yang terbaik.

Copyright@FTSM
UKM

RUJUKAN

- Gurcan, M. N., Boucheron, L. E., Can, A., Madabhushi, A., Rajpoot, N. M., & Yener, B. (2009). Histopathological image analysis: A review. *IEEE reviews in biomedical engineering*, 2:147- 171.
- Hatipoglu, N., & Bilgin, G. (2014, October). Classification of histopathological images using convolutional neural network. In *2014 4th International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA)* (pp. 1-6). IEEE.
- Pannu, A. (2015). Artificial intelligence and its application in different areas. *Artificial Intelligence*, 4(10), 79-84.
- Graham, S., Vu, Q. D., Raza, S. E. A., Azam, A., Tsang, Y. W., Kwak, J. T., & Rajpoot, N. (2019). Hover-net: Simultaneous segmentation and classification of nuclei in multi-tissue histology images. *Medical image analysis*, 58, 101563.
- Wang, J., Qin, L., Chen, D., Wang, J., Han, B. W., Zhu, Z., & Qiao, G. (2023). An improved Hover-net for nuclear segmentation and classification in histopathology images. *Neural Computing and Applications*, 35(19), 14403-14417.
- Chen, J., Yang, Y., Luo, B., Wen, Y., Chen, Q., Ma, R., ... & Qian, D. (2023). Further predictive value of lymphovascular invasion explored via supervised deep learning for lymph node metastases in breast cancer. *Human Pathology*, 131, 26-37.
- Castaneda, C., Nalley, K., Mannion, C., Bhattacharyya, P., Blake, P., Pecora, A., ... & Suh, K.
- S. (2015). Clinical decision support systems for improving diagnostic accuracy and achieving precision medicine. *Journal of clinical bioinformatics*, 5(1), 1-16.

Nurazeela Nabiha Binti Zahrul Nizam (A196745)

Prof. Madya Dr. Shahnorbanun Binti Sahran

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat

Universiti Kebangsaan Malaysia

Copyright@FTSM
UKM