

INTERRELATED DECISION-MAKING MODEL FOR DIABETES

NORMADIAH MAHIDDIN
ZULAIHA ALI OTHMAN
NUR ARZUAR ABDUL RAHIM

ABSTRACT

Diabetes is one of the growing chronic diseases. Proper treatment is needed to produce its effects. Past studies have proposed an Interrelated Decision-making Model (IDM) as an intelligent decision support system (IDSS) solution for healthcare. This model can provide accurate results in determining the treatment of a particular patient. Therefore, the purpose of this study is to develop a diabetic IDM to see the increased decision-making accuracy with the IDM concept. The IDM concept allows the amount of data to increase with the addition of data records at the same level of care, and the addition of data records and attributes from the previous or subsequent levels of care. The more data or information, the more accurate a decision can be made. Data were developed to make diagnostic predictions for each stage of care in the development of type 2 diabetes. The development of data for each stage of care was confirmed by specialists. However, the experiments were performed using simulation data for two stages of care only. Four data sets of different sizes were provided to view changes in forecast accuracy. Each data set contained 2 data sets of primary care level and secondary care level with 4 times the change of the number of attributes from 25 to 58 and the number of records from 300 to 11,000. Data were developed to predict the level of diabetes confirmed by specialist doctors. The experimental results showed that on average, the J48 algorithm showed the best model (99%) followed by Logistics (98%), RandomTree (95%), NaiveBayes Updateable (93%), BayesNet (84%) and AdaBoostM1 (67%). Ratio analysis also showed that the accuracy of the forecast model has increased up to 49%. The MAPKB model for the care of diabetes is designed with data change criteria dynamically and is able to develop the latest dynamic prediction models effectively.

Keywords: IDM, Diabetes, decision making, simulation, accuracy.

MODEL ALIRAN PEMBUATAN KEPUTUSAN BERKAIT UNTUK PENJAGAAN KESIHATAN PENYAKIT KENCING MANIS

ABSTRAK

Penyakit kencing manis adalah satu daripada penyakit kronik yang kian meningkat. Pemberian rawatan yang tepat diperlukan bagi menghasilkan keberkesannya. Kajian lepas telah mencadangkan satu Model Aliran Pembuatan Keputusan Berkait (MAPKB) sebagai penyelesaian sistem sokongan keputusan cerdas untuk penjagaan kesihatan. Model ini dapat memberikan keputusan yang tepat dalam menentukan rawatan penyakit tertentu. Oleh itu, tujuan kajian ini adalah membangunkan model penjagaan kesihatan penyakit kencing manis berasaskan MAPKB bagi menilai ketepatan membuat keputusan yang meningkat dengan konsep MAPKB. Konsep MAPKB membolehkan jumlah data bertambah dengan pertambahan rekod data pada peringkat penjagaan yang sama, dan pertambahan rekod data dan atribut dari peringkat penjagaan sebelum atau selepasnya. Semakin bertambah data atau maklumat, semakin tepat sesuatu keputusan dapat dibuat. Data dibangunkan bagi membuat ramalan diagnosis untuk setiap peringkat penjagaan dalam perkembangan penyakit kencing manis jenis 2. Pembangunan data pada setiap peringkat penjagaan disahkan oleh pakar perubatan. Walaubagaimanapun, eksperimen dilaksanakan menggunakan data simulasi bagi dua peringkat penjagaan sahaja. Empat set data berlainan saiz disediakan untuk melihat perubahan ketepatan ramalan. Setiap set data mengandungi 2 set data peringkat penjagaan primer dan peringkat penjagaan sekunder dengan 4 kali perubahan jumlah atribut dari 25 hingga 58 dan jumlah rekod dari 300 hingga 11,000. Hasil eksperimen menunjukkan secara purata, algoritma J48 menunjukkan model terbaik (99%) diikuti Logistik (98%), RandomTree (95%), NaiveBayes Updateable (93%), BayesNet (84%) dan AdaBoostM1 (67%).

Analisis nisbah juga menunjukkan ketepatan model ramalan telah meningkat sehingga 49%. Model MAPKB untuk penjagaan penyakit kecing manis ini telah direkabentuk dengan kriteria perubahan data secara dinamik dan berupaya membangunkan model ramalan terbaru yang dinamik dengan berkesan.

Kata kunci: MAPKB, Kencing Manis, pembuatan keputusan, simulasi, ketepatan.

PENGENALAN

Penyakit kencing manis merupakan salah satu penyakit autoimun, metabolik dan genetik yang berkongsi satu ciri utama iaitu hiperglikemia. Penyakit kronik ini telah menyebabkan masalah yang besar di kebanyakan negara di dunia. Dari perspektif perubatan, ia mewakili satu siri keadaan metabolik yang berkaitan dengan hiperglikemia dan disebabkan oleh kekurangan insulin secara sebahagian ataupun sepenuhnya. Pendedahan kepada hiperglikemia yang berpanjangan akan mengakibatkan komplikasi mikrovaskular dalam retina mata, buah pinggang dan urat saraf. Komplikasi makrovaskular berkaitan penyakit kencing manis adalah infaksi miokardium, strok dan penyakit arteri periferall berlaku lebih kerap kerana ini sering terjadi dalam keadaan peringkat pra-kencing manis (Egan & Dinneen 2018; Hussein et al. 2015; CPG Secretariat 2015; Quinn et al. 2017). Kesan penyakit ini, dari perspektif masyarakat pula termasuk beban ekonomi yang tinggi akibat rawatan yang mahal dan morbiditi pramatang yang berkaitan serta kematian. Daripada perspektif pesakit kencing manis, mereka memerlukan perhatian terhadap rutin pemakanan, gaya hidup dan pemantauan sendiri tahap glukosa darah, di samping ubat-ubatan. Ia dikaitkan dengan pelbagai keadaan cemas yang mungkin berlaku, kemurungan dan keperluan berulang-alik ke klinik atau hospital secara kerap (Egan & Dinneen 2018).

Oleh itu, penjagaan kesihatan untuk penyakit kencing manis adalah sangat penting. Kajian yang lepas telah mencadangkan model aliran pembuatan keputusan yang saling berkait di antara peringkat penjagaan kesihatan untuk Sistem Sokongan Keputusan Cerdas (SSKC) (Normadiah et. al 2012; Normadiah et. al 2014; Normadiah et. al 2017). Ia bertujuan untuk mendapatkan keputusan yang tepat dengan memanfaatkan pengetahuan dari peringkat penjagaan kesihatan sebelumnya dan berikutnya yang dikenali sebagai Model Aliran Pembuatan Keputusan Berkait (MAPKB). Konsep MAPKB menghasilkan pertambahan data penting dalam penjagaan kesihatan melalui dua ciri utama iaitu pertambahan jumlah rekod data, dan jumlah atribut data dari tiga sumber aliran data iaitu peringkat penjagaan itu sendiri, peringkat penjagaan sebelumnya dan peringkat penjagaan selepasnya (Normadiah et. al 2021). Justeru, artikel ini akan membincangkan proses pembangunan MAPKB untuk penyakit kencing manis beserta eksperimen penilaian dengan terperinci. Seterusnya artikel ini juga akan menjelaskan kajian literatur berkaitan penyakit kencing manis. Metodologi kajian yang dilaksana dibentangkan. Kemudian, pembangunan MAPKB penyakit kencing manis dibentang dengan terperinci. Selepas itu, hasil kajian MAPKB penyakit kencing manis dipaparkan dan dibincangkan. Akhir sekali, kesimpulan dan sumbangan hasil kajian ini terhadap kaedah pembuat keputusan pintar penjagaan pesakit kecing manis dibentangkan.

KAJIAN LITERATUR

Hasil sorotan kajian lepas mendapati bahawa bidang penjagaan kesihatan secara keseluruhannya terdiri daripada lima peringkat penjagaan kesihatan. Kesimpulan, nilai minimum bagi peringkat penjagaan kesihatan adalah satu dan nilai maksimum bagi peringkat penjagaan kesihatan adalah lima (Normadiah et. al 2017; Normadiah et. al 2021). Dalam artikel ini, fokus hanya kepada sorotan kajian lepas berkaitan penyakit kencing manis. Secara umumnya, terdapat empat kategori utama penyakit kencing manis iaitu Kencing Manis jenis 1,

Kencing Manis jenis 2, Kencing Manis Semasa Hamil dan Kencing Manis jenis lain. Berikut merupakan ringkasan berkaitan penyakit kencing manis (Egan & Dinneen 2018; CPG Secretariat 2015):

1. Kencing Manis jenis 1: Berpunca sel-sel pankreas yang mati akibat radang autoimun.
2. Kencing Manis jenis 2: Gangguan metabolik kompleks yang berkaitan dengan sel beta pada pankreas yang tidak berfungsi secara optimum dan pelbagai tahap ketahanan hormon insulin. Rintangan hormon insulin juga ditemui dalam keadaan metabolik yang lain, termasuk hipertensi, obesiti dan sindrom ovarium polisistik, dan keadaan ini boleh wujud bersama dengan individu dengan Kencing Manis jenis 2.
3. Kencing Manis Semasa Hamil: Ditakrifkan sebagai intoleransi karbohidrat dengan permulaan atau pengiktirafan pertama semasa kehamilan. Ia adalah komplikasi perubatan biasa kehamilan. Walaubagaimanapun sering dikaitkan dengan peningkatan hasil buruk kesan penyakit ini.
4. Jenis-jenis Kencing Manis Jarang berlaku: Kencing Manis yang diwariskan secara genetik dan dikaitkan dengannya mutasi dalam sel-sel b tertentu atau hepatik.

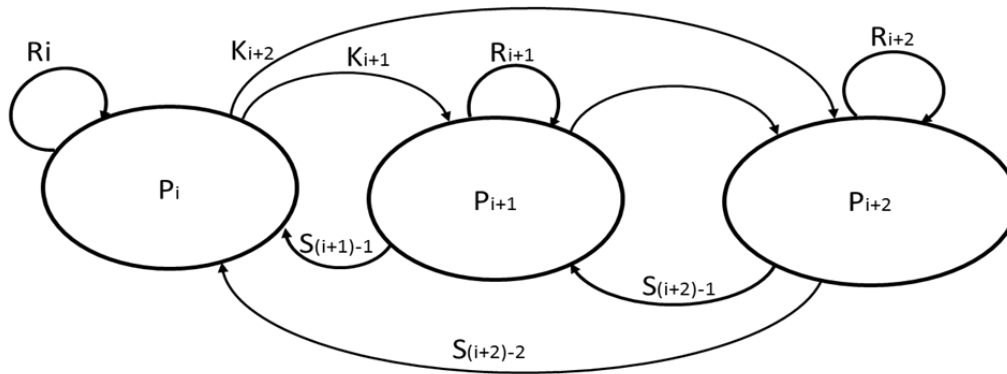
Penyakit kencing manis jenis 2 merupakan penyakit yang majoritinya dihidapi di negara ini (Hussein et al. 2015). Oleh itu, menjadi penting bagi kajian ini memberikan fokus ke atas kumpulan data pesakit kencing manis jenis 2 dan pencegahannya.

Menurut panduan amalan klinikal bagi pengurusan penyakit kencing manis jenis 2, terdapat dua kategori individu, iaitu individu bergejala dan individu tanpa gejala. Bagi individu bergejala, ujian glukosa pada sampel darah vena dilaksanakan. Manakala bagi individu tidak bergejala, ujian glukosa pada sampel darah kapilari dilaksanakan dan seterusnya dikategorikan sebagai normal, menghidap pra-kencing manis jenis 2 atau menghidap kencing manis jenis 2 (CPG Secretariat Health Technology Assessment Section Medical Development Division Ministry of Health Malaysia 2015; CPG Secretariat Health Technology Assessment Section Medical Development Division Ministry of Health Malaysia 2018). Seterusnya, penyakit kencing manis jenis 2 boleh menyebabkan komplikasi kencing manis nefropati yang akan mengakibatkan penyakit buah pinggang kronik. Keadaan ini akan menyebabkan kegagalan fungsi buah pinggang dan memerlukan rawatan dialisis atau pemindahan buah pinggang. (CPG Secretariat Health Technology Assessment Unit Medical Development Division Ministry of Health Malaysia 2004; CPG Secretariat Health Technology Assessment Unit Medical Development Division Ministry of Health Malaysia 2011; CPG Secretariat Health Technology Assessment Section Medical Development Division Ministry of Health Malaysia 2021). Terdapat dua jenis rawatan dialisis untuk pesakit yang menghidap penyakit kegagalan buah pinggang iaitu hemodialisis dan dialisis peritoneal. Bagi meneruskan kelangsungan hidup dan kesihatan pesakit, rawatan dialisis yang dijalani pesakit perlu sentiasa dipantau (24th Report of The Malaysian Dialysis and Transplant Registry 2016).

MODEL ALIRAN PEMBUATAN KEPUTUSAN BERKAIT

Normadiah et.al (2017, 2021) telah mencadangkan satu model pembuatan Keputusan Berkait (MAPKB) untuk membantu proses penghasilan pembuatan keputusan yang diterima pakai sebagai penyelesaian pembuat keputusan untuk sebarang jenis penjagaan kesihatan. MAPKB terdiri kepada n peringkat penjagaan, iaitu bermula $n=1$ hingga maksima $n=5$ berdasarkan jenis dan tahap penyakit yang dipantau. Pada setiap peringkat, ada pembuat keputusan yang berperanan penting, dan ketepatan keputusan di setiap peringkat akan dipengaruhi seiring bertambahnya data berkaitan di peringkat tersebut, di peringkat sebelum dan peringkat

seterusnya. Model menunjukkan bagaimana berlaku aliran berkaitan antara peringkat dalam penjagaan kesihatan secara umum seperti ditunjukkan dalam Rajah 1.



RAJAH 1. MAPKB umum.

Jadual 1 menunjukkan senarai perwakilan yang digunakan untuk menjelaskan MAPKB. MAPKB merupakan satu set himpunan unsur-unsur yang diperlukan dalam proses pembuatan keputusan sesuatu bidang atau organisasi. MAPKB secara keseluruhannya terdiri daripada dua unsur utama iaitu peringkat-peringkat penjagaan yang diwakili dengan P dan aliran-aliran keluar dan masuk data di antara peringkat penjagaan tersebut yang diwakili dengan A seperti yang ditunjukkan di dalam Jadual 1 (Normadiah et. al 2021).

JADUAL 1. Senarai Perwakilan MAPKB.

Perwakilan	Takrifan
P	Peringkat-peringkat penjagaan kesihatan
A	Aliran-aliran yang berlaku antara peringkat-peringkat penjagaan
PK	Pembuat Keputusan
M	Matlamat
T	Tugas
D	Data
R	Hubungan rekusif
K	Hubungan rujuk kepada
S	Hubungan teruskan susulan
i	Indeks yang pertama
j	Indeks yang kedua
n	Bilangan maksimum
r	Rekod rawatan
kp	Komponen
ks	Kelas
a	Atribut

Perwakilan MAPKB dinyatakan seperti berikut:

$$\text{MAPKB} = \{\text{Peringkat penjagaan, Aliran data}\}.$$

Maka, MAPKB diwakili seperti berikut:

$$\text{MAPKB} = \{P, A\}.$$

Set MAPKB terdiri daripada beberapa peringkat bergantung kepada permasalahan dalam sesuatu bidang atau sesebuah organisasi. Oleh itu, secara ringkasnya, unsur P dalam set MAPKB diwakili dengan persamaan seperti di bawah (Normadiah et. al 2021):

$$\text{MAPKB} = \{P_i\}_{i=1}^n \quad (1)$$

Seterusnya, peringkat-peringkat penjagaan, P pula terdiri daripada beberapa unsur seperti berikut (Normadiah et. al 2021):

$$P = \{\text{Pembuat Keputusan, Matlamat, Tugas, Data}\}$$

Maka P dapat diwakili dengan perwakilan seperti berikut:

$$P = \{PK, M, T, D\}$$

Jadual 2 berikutnya menjelaskan takrifan bagi unsur-unsur dalam P.

JADUAL 2. Takrifan unsur-unsur dalam P.

Bil.	Subkomponen	Takrifan
1.	Pembuat Keputusan, PK	Orang yang berhak dan berkelayakkan menggunakan Sistem Sokongan Keputusan Klinikal Cerdas berasaskan Multiejen (SSKKCME)
2.	Matlamat, M	Sasaran atau sesuatu yang hendak dicapai pada tugas dalam sesuatu peringkat
3.	Tugas, T	Kegiatan atau urusan yang dilaksana untuk mencapai matlamat
4.	Data, D	Rekod dengan senarai komponen dan atribut data pada peringkat penjagaan

Seterusnya, D terdiri daripada unsur-unsur seperti berikut:

$$D = \{kp_i, r_i\}_{i=1}^n, \quad (2)$$

Manakala komponen, kp terdiri daripada beberapa unsur atribut, a dengan komponen terakhir, $kp_n = ks$ seperti berikut:

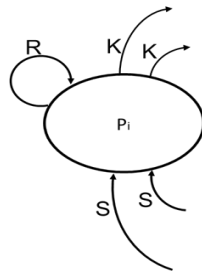
$$kp = \{a_i\}_{i=1}^n, \quad (3)$$

$kp_n = ks = M, \text{ Matlamat.}$

Jadual 3 berikutnya menunjukkan data, D beserta dengan unsur-unsur atau ahli-ahlinya. Seterusnya komponen A terbina hasil daripada hubungan-hubungan di antara peringkat-

peringkat penjagaan, P. Hubungan-hubungan di antara P seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 2 terdiri daripada tiga jenis hubungan iaitu R, K dan S seperti yang dijelaskan berikut:

- R merupakan aliran data rekusif pada peringkat P_i . Pada aliran R, hanya berlaku penambahan rekod manakala bilangan atribut adalah tetap dan tidak berubah.
- K adalah aliran data keluar daripada peringkat P_i . K hanya berlaku pada P_i jika dan hanya jika berlaku R pada P_i . Konsep aliran K bersifat bergerak ke hadapan. Pada aliran K, penambahan rekod berlaku dan penambahan atribut juga berlaku. Oleh itu, pada aliran K ini, bilangan rekod bertambah dan bilangan atribut juga bertambah.
- S adalah aliran data masuk ke peringkat P_i . S hanya berlaku pada P_i jika dan hanya jika berlaku R pada P_j di mana $j > i$. Konsep aliran S bersifat undur ke belakang. Pada aliran S juga, penambahan rekod berlaku dan penambahan atribut juga berlaku. Oleh itu, pada aliran S ini, bilangan rekod bertambah dan bilangan atribut juga bertambah (Normadiah et. al 2021).



RAJAH 2. Aliran-aliran di dalam peringkat, P_i

JADUAL 3. Data, D bersama-sama ahli-ahlinya

	kp_1				kp_2				kp_3, \dots				kp_n
	a_1	a_2	a_3, \dots	a_n	a_1	a_2	a_3, \dots	a_n	a_1	a_2	a_3, \dots	a_n	ks
r_1	a_1r_1	a_2r_1	a_3r_1, \dots	a_nr_1	a_1r_1	a_2r_1	a_3r_1, \dots	a_nr_1	a_1r_1	a_2r_1	a_3r_1, \dots	a_nr_1	ks
r_2	a_1r_2	a_2r_2	a_3r_2, \dots	a_nr_2	a_1r_2	a_2r_2	a_3r_2, \dots	a_nr_2	a_1r_2	a_2r_2	a_3r_2, \dots	a_nr_2	ks
r_3	a_1r_3	a_2r_3	a_3r_3, \dots	a_nr_3	a_1r_3	a_2r_3	a_3r_3, \dots	a_nr_3	a_1r_3	a_2r_3	a_3r_3, \dots	a_nr_3	ks
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
r_n	a_1r_n	a_2r_n	a_3r_n, \dots	a_nr_n	a_1r_n	a_2r_n	a_3r_n, \dots	a_nr_n	a_1r_n	a_2r_n	a_3r_n, \dots	a_nr_n	ks

Oleh itu, aliran maklumat, A dapat ditakrifkan seperti berikut:

$$A = \begin{cases} R(P_i) \\ K(P_i, P_j), & i < j \\ S(P_j, P_i), & j > i \end{cases} \quad (4)$$

Takrifan aliran, A ini tertakluk kepada prinsip-prinsip MAPKB sepertimana yang dinyatakan di dalam Jadual 4.

JADUAL 4. Prinsip-prinsip MAPKB

Prinsip-prinsip MAPKB	
1.	$\forall R(P_i), r_i = r_{i+1}, kp_i a_i \in P_i$
2.	$\forall K(P_i, P_j), r_i = r_{i+1}, kp_i a_i = \begin{cases} kp_i a_i \in P_i \\ kp_i a_i \in (P_i \cap P_j) \end{cases}$
3.	$\forall S(P_j, P_i), r_i = r_{i+1}, kp_i a_i = \begin{cases} kp_i a_i \in P_i \\ kp_i a_i \in (P_j \cap P_i) \end{cases}$

Selanjutnya, Rajah 2 menunjukkan MAPKB umum dengan bilangan maksimum peringkat, $n=3$. Berdasarkan Rajah 2, dapat dilihat bahawa aliran K sentiasa menuju ke peringkat yang lebih tinggi manakala aliran S sentiasa menuju ke peringkat yang lebih rendah berbanding peringkat semasa. Aliran R pula sentiasa berada pada peringkat yang sama. Selain itu, aliran K bukan sahaja boleh meningkat secara berjujukan tetapi juga boleh berlaku dengan peningkatan yang lebih besar iaitu lebih daripada satu. Pada masa yang sama, aliran S pula boleh berlaku dengan penurunan peringkat secara berjujukan atau boleh juga berlaku dengan penurunan lebih daripada satu peringkat pada satu masa (Normadiyah et. al 2021).

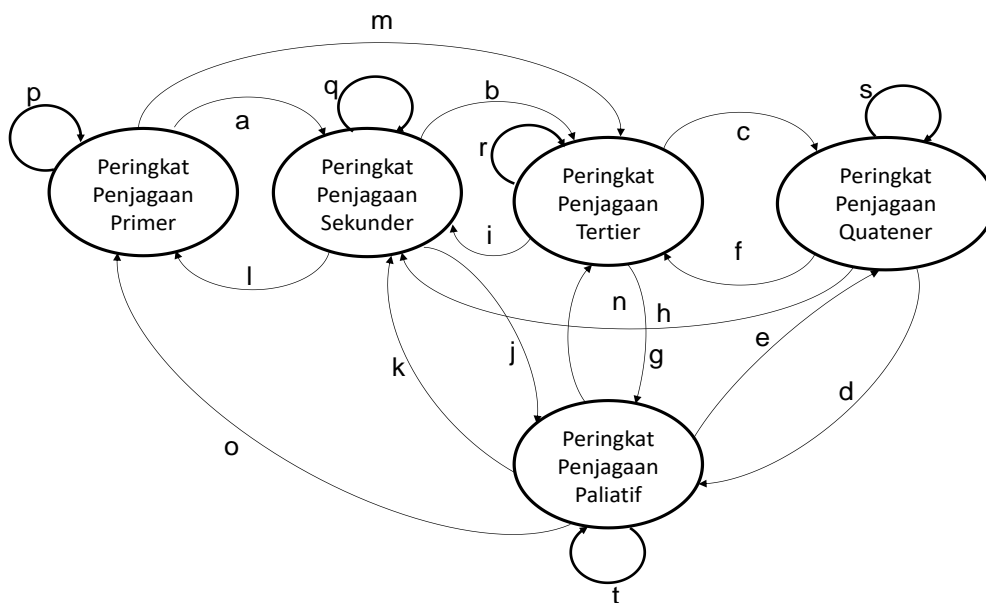
METODOLOGI KAJIAN

Dalam kajian ini, kombinasi kaedah penyelidikan kualitatif dan kuantitatif telah dilaksana, termasuk kaedah eksperimen. Kaedah penyelidikan kualitatif yang dilaksanakan adalah sorotan kajian penjagaan kesihatan untuk penyakit kencing manis, analisis dokumen penjagaan kesihatan, dan temubual pakar penjagaan kesihatan khususnya dalam penyakit kencing manis, (Leedy & Ormrod 2010). Manakala kaedah penyelidikan kuantitatif yang dilaksanakan adalah menjalankan eksperimen menguji ketepatan model pembuat-keputusan yang berubah berkadar dengan perubahan saiz data (Zulaiha et. al 2020), dan maklumbalas soal-selidik yang dilaksana kepada 12 orang pakar penjagaan kesihatan termasuk pakar dalam bidang penyakit kencing manis. Walaubagaimanapun, artikel ini hanya berfokus kepada kajian kuantitatif berasaskan eksperimen sahaja.

Dokumen penjagaan kesihatan yang dianalisis merangkumi dokumen penjagaan kesihatan yang digunakan di dalam dan di luar negara. Seterusnya, analisis terperinci dilaksana ke atas dokumen-dokumen penjagaan kesihatan berkaitan perkembangan penyakit kencing manis seperti berikut: (1) “Clinical Practice Guideline on Management of Diabetes”, (2) “Clinical Practice Guideline on Management of Diabetic Nephropathy”, (3) “Clinical Practice Guideline on Management of Chronic Kidney Disease”, (4) “Pre HO Crash Course”, (5) “Quick References for Professional Examination Internal Medicine”, (6) “National Renal Data set”, (7) borang rawatan hemodialisis, dan (8) beberapa contoh laporan ujian darah dari makmal Pathlab. Setelah itu, beberapa sesi temubual yang berasingan, pengesahan data penyakit kencing manis dan pengesahan aliran pembuatan keputusan dalam perkembangan penyakit kencing manis bersama tiga orang pegawai perubatan pakar dari Institut Perubatan dan Pergigian Termaju, Universiti Sains Malaysia turut dilaksana.

PEMBANGUNAN MODEL ALIRAN PEMBUATAN KEPUTUSAN BERKAIT UNTUK KENCING MANIS

Hasil kajian lepas, MAPKB mendapati, bilangan minimum peringkat penjagaan kesihatan adalah satu dan bilangan maksimum peringkat penjagaan kesihatan adalah 5 (Normadiah et. al 2017; Normadiah et. al 2021). Bagi peringkat rawatan penyakit kencing manis jenis 2, seseorang pesakit boleh dikategorikan sehingga 5 peringkat penjagaan. Rajah 3 menunjukkan MAPKB umum dengan 5 peringkat penjagaan kesihatan kecing manis jenis 2. Rajah 3 juga menunjukkan a sehingga s adalah pembolehubah yang menyimpan sejumlah nilai data mengikut aliran data masing-masing. Terdapat tiga jenis aliran data di dalam MAPKB iaitu aliran data rekusif, aliran data masuk dan aliran data keluar. Aliran data rekusif adalah sejumlah data yang mengalir masuk dalam peringkat penjagaan yang sama, aliran data masuk adalah sejumlah data yang mengalir masuk dari peringkat penjagaan yang berlainan, dan aliran data keluar adalah sejumlah data yang mengalir keluar ke peringkat penjagaan yang berlainan.

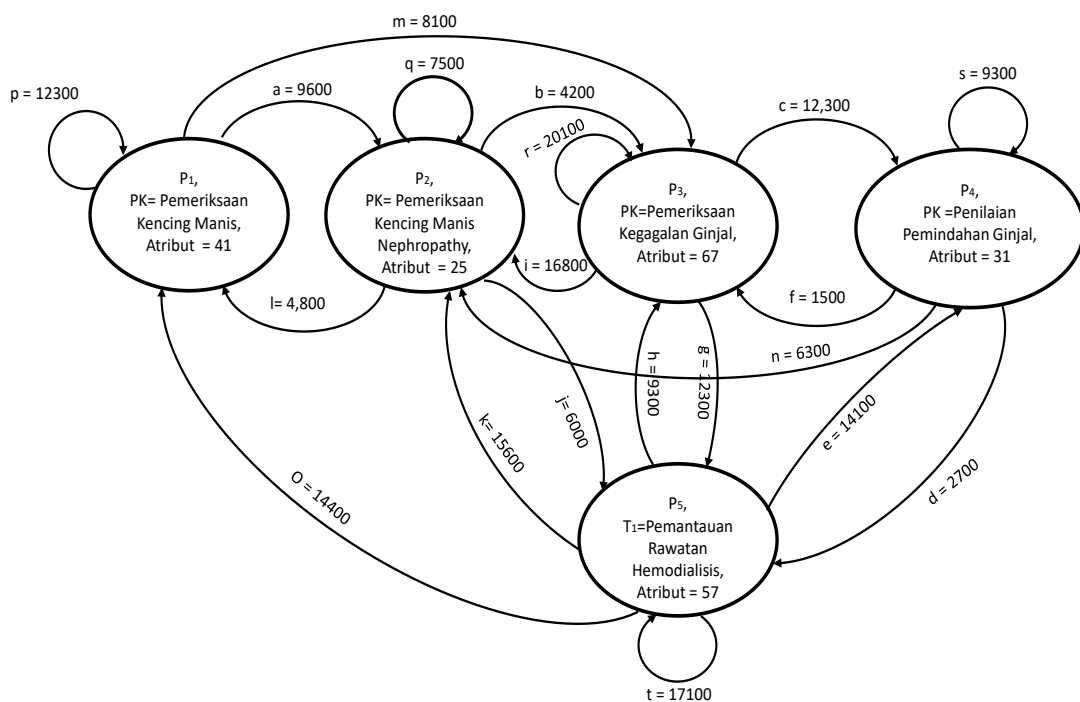


RAJAH 3. MAPKB Umum dengan lima peringkat penjagaan kesihatan

Hasil sorotan kajian dan temubual pakar telah menghasilkan penemuan pembuatan keputusan dengan ramalan diagnosis untuk setiap peringkat penjagaan bagi perkembangan penyakit kencing manis jenis 2 seperti yang ditunjukkan di dalam Jadual 5 (Normadiah et. al 2021). Jadual 5 juga menunjukkan ramalan diagnosis untuk setiap pembuatan keputusan bagi setiap peringkat penjagaan kesihatan. Dengan menggunakan MAPKB di Rajah 3, maka Rajah 4 memaparkan MAPKB kencing manis jenis 2 yang dibangunkan bagi tujuan pengumpulan data set untuk eksperimen nantinya. Walaubagaimanapun, eksperimen yang dilaksana bagi tujuan ujikaji kebolehlaksanaan MAPKB penyakit kencing manis jenis 2 dalam kajian ini hanya melibatkan peringkat penjagaan primer dan sekunder sahaja yang dipercayai mencukupi untuk tujuan pembuktian keberkesanan model pembuat keputusan berkait MAPKB Kencing Manis jenis 2, yang dibangunkan juga hanya meramalkan diagnosis untuk pemeriksaan kencing manis sama ada normal, pra-kencing manis atau kencing manis pada peringkat penjagaan primer. Manakala pada peringkat penjagaan sekunder pula, MAPKB Kencing Manis jenis 2 yang dibangunkan hanya meramalkan diagnosis untuk pemeriksaan kencing manis nefropati iaitu sama ada kencing manis terkawal atau kencing manis nefropati.

JADUAL 5. Pembuatan Keputusan dan Diagnosis Yang Diperlukan Setiap Peringkat Penjagaan untuk Perkembangan Penyakit Kencing Manis Jenis 2

Peringkat Penjagaan, P	Pembuatan Keputusan, PK	Ramalan Diagnosis
Primer	Pemeriksaan Kencing Manis	1. Normal 2. Pra-Kencing Manis 3. Kencing Manis
Sekunder	Pemeriksaan Kencing Manis Nefropati	1. Kencing Manis terkawal 2. Kencing Manis Nefropati
Tertier	Pemeriksaan Kegagalan Buah pinggang	1. Fungsi Buah pinggang tahap 1 2. Fungsi Buah pinggang tahap 2 3. Fungsi Buah pinggang tahap 3 4. Fungsi Buah pinggang tahap 4 5. Fungsi Buah pinggang tahap 5
Quatener	Penilaian Pemandahan Buah pinggang	1. Layak 2. Tidak Layak
Paliatif	Pemantauan Rawatan Hemodialisis	1. Tiada komplikasi 2. Ada komplikasi



RAJAH 4. MAPKB Kencing Manis Jenis 2

Melalui pengenalpastian bilangan atribut setiap peringkat penjagaan, jumlah data pada setiap peringkat penjagaan dapat dikenalpasti seperti yang dipaparkan di dalam Jadual 6. Seterusnya, atribut yang sama di antara peringkat penjagaan dikenalpasti dan dipaparkan melalui kaedah matematik iaitu kaedah persilangan dalam subset di dalam Jadual 6. Hasilnya,

jumlah data pada setiap peringkat penjagaan dan jumlah data yang mengalir di antara setiap peringkat penjagaan dapat dikenalpasti. Oleh itu, Jadual 7 menunjukkan pengiraan jumlah data pada setiap peringkat penjagaan dan jumlah data dalam setiap aliran di antara peringkat penjagaan dengan andaian bilangan rekod adalah 300.

JADUAL 6. Bilangan Atribut Setiap Peringkat Penjagaan dan Bilangan Atribut Yang Sama di Antara Peringkat Penjagaan.

Peringkat Penjagaan	Bilangan Atribut	Persilangan di antara dua peringkat penjagaan	Bilangan atribut yang sama di antara dua peringkat penjagaan
Primer, P1	41	$P1 \cap P2$	9
Sekunder, P2	25	$P2 \cap P3$	11
Tertier, P3	67	$P3 \cap P4$	26
Quatener, P4	31	$P3 \cap P1$	14
		$P4 \cap P5$	22
Paliatif, P5	57	$P4 \cap P2$	10
		$P5 \cap P1$	10
		$P5 \cap P3$	26
		$P5 \cap P2$	5
		$P5 \cap P1$	9

JADUAL 7. Pengiraan Jumlah Data Pada Setiap Peringkat Penjagaan dan Dalam Setiap Aliran di antara Peringkat Penjagaan.

Pembolehubah	Jumlah data (aliran rekusif) = bilangan atribut peringkat penjagaan x bilangan Rekod Jumlah data (aliran masuk atau keluar) = (bilangan atribut peringkat penjagaan – bilangan atribut yang sama di antara dua peringkat penjagaan) x bilangan Rekod
a	$= (41-9) \times 300 = 32 \times 300 = 9600$
b	$= (25-11) \times 300 = 14 \times 300 = 4200$
c	$= (67-26) \times 300 = 12300$
d	$= (31-22) \times 300 = 2700$
e	$= (57-10) \times 300 = 14100$
f	$= (31 - 26) \times 300 = 1500$
g	$= (67-26) \times 300 = 12300$
h	$= (57-26) \times 300 = 31 \times 300 = 9300$
i	$= (67-11) \times 300 = 56 \times 300 = 16800$
j	$= (25-5) \times 300 = 6000$
k	$= (57 -5) \times 300 = 15600$

l	$= (25-9) \times 300 = 16 \times 300 = 4800$
m	$= (41-14) \times 300 = 27 \times 300 = 8100$
n	$= (31-10) \times 300 = 6300$
o	$= (57-9) \times 300 = 14400$
p	$= 41 \times 300 = 12300$
q	$= 25 \times 300 = 7500$
r	$= 67 \times 300 = 20100$
s	$= 31 \times 300 = 9300$
t	$= 57 \times 300 = 17100$

PENYEDIAAN DATA UJIKAJI

Data simulasi dijana sebagai data ujikaji kerana data sebenar yang lengkap sukar diperolehi untuk melaksana eksperimen ini. Oleh itu, data simulasi dihasilkan dengan beberapa langkah seperti berikut:

1. Mengumpul data dari dokumen-dokumen penjagaan kesihatan
2. Menemubual pakar bidang penjagaan kesihatan untuk mendapatkan data yang diperlukan dan peraturan yang mesti dipatuhi bagi setiap data yang dimasukkan. Sesi temubual diadakan enam kali dengan tiga orang pakar bidang yang berasingan.
3. Menyenaraikan atribut data dan peraturan-peraturan nilai data seperti yang ditunjukkan di dalam Jadual 8. Seterusnya menyenaraikan perwakilan-perwakilan data yang sesuai seperti yang ditunjukkan di dalam Jadual 9 yang memaparkan perwakilan data untuk atribut Jantina.
4. Mendapatkan contoh data dari pakar bidang.
5. Membina data berdasarkan statistik dari Laporan Pendaftaran Kencing Manis Negara, Kementerian Kesihatan Malaysia (Non-Communicable Disease Section Disease Control Division 2012) seperti yang ditunjukkan di dalam Jadual 10 yang memaparkan panduan statistik data Kementerian Kesihatan Malaysia untuk kelaziman bilangan pesakit kencing manis dan pra-kencing manis. Kemudian, Jadual 11 yang memaparkan panduan statistik data Kementerian Kesihatan Malaysia untuk kelaziman tanpa gejala dan kehadiran gejala biasa di kalangan pesakit kencing manis dan pra-kencing manis, dan seterusnya Jadual 12 memaparkan panduan statistik data Kementerian Kesihatan Malaysia untuk kelaziman komorbiditi di kalangan pesakit Kencing Manis.
6. Membina data simulasi menggunakan fungsi dan juga peraturan-peraturan berdasarkan maklumat yang telah dikumpul dari sesi temuramah bersama pegawai perubatan. Lajur terakhir dalam Jadual 8 iaitu Fungsi digunakan menunjukkan contoh kaedah yang dilaksana dalam menghasilkan data simulasi :

JADUAL 8. Sebahagian Atribut Data, Peraturan-peraturan Nilai Data dan Syarat-syarat Data

Komponen Data	Indeks untuk Atribut, i	Atribut	Syarat-syarat data	Fungsi digunakan
Demografi	1.	Umur	Nominal, julat 18 ke 90	=RANDBETWEEN(18,90)
	2.	Jantina	Nominal, julat 0 ke 1	=RANDBETWEEN(0,1)
	3.	Indeks Jisim Tubuh	Nominal, julat 18 ke 45	=RANDBETWEEN(18,45)
	4.	Ukur lilit pinggang	Nominal, julat 50 ke 150	=RANDBETWEEN(50,150)

JADUAL 9. Nilai Perwakilan Data untuk Atribut Jantina.

Jantina	Perwakilan
Lelaki	1
Perempuan	0

JADUAL 10. Panduan Statistik Data Kementerian Kesihatan Malaysia untuk Kelaziman Bilangan Pesakit Kencing Manis dan Pra-Kencing Manis.

	Peratusan	Lelaki	Perempuan
Pra-Kencing Manis	22.10%	30.20%	69.8%
Kencing Manis	12.60%	41.6%	58.4%

JADUAL 11: Panduan Statistik Data Kementerian Kesihatan Malaysia untuk Kelaziman Tanpa Gejala dan Kehadiran Gejala

Kelaziman	Peratusan
Tanpa gejala	60%
Bergejala	40%

JADUAL 12: Panduan statistik Data Kementerian Kesihatan Malaysia untuk Kelaziman Komorbiditi di kalangan Pesakit Diabetes

Kelaziman komorbiditi	Peratusan
Tekanan darah tinggi	45.30%
Dyslipidaemia	30.00%
Perokok	4.90%

Empat set data ujian disediakan dengan menggunakan kaedah penjanaan data simulasi. Seterusnya, eksperimen dilaksana dengan membuat ujikaji ke atas empat set data ujian menggunakan enam jenis algoritma perlombongan data iaitu J48, Logistic, NaiveBayes Updateable, RandomTree, BayesNet dan AdaBoostM1. Eksperimen dilaksana menggunakan alat perlombongan data, WEKA versi 3.8, menggunakan komputer riba dengan unit pemprosesan pusat Intel 334 Mhz dan memori 16 Mb RAM. Sebanyak 4 eksperimen dijalankan dengan dua set data untuk eksperimen di peringkat penjagaan primer dan dua set data untuk eksperimen di peringkat penjagaan sekunder. Seterusnya, teknik 10-lipatan dalam kaedah perlombongan data telah dilaksana di dalam eksperimen ini. Akhir sekali, ketepatan terbaik dipilih bagi setiap hasil ujikaji algoritma ke atas set data ujian yang dihasilkan, disenaraikan dan dibincangkan.

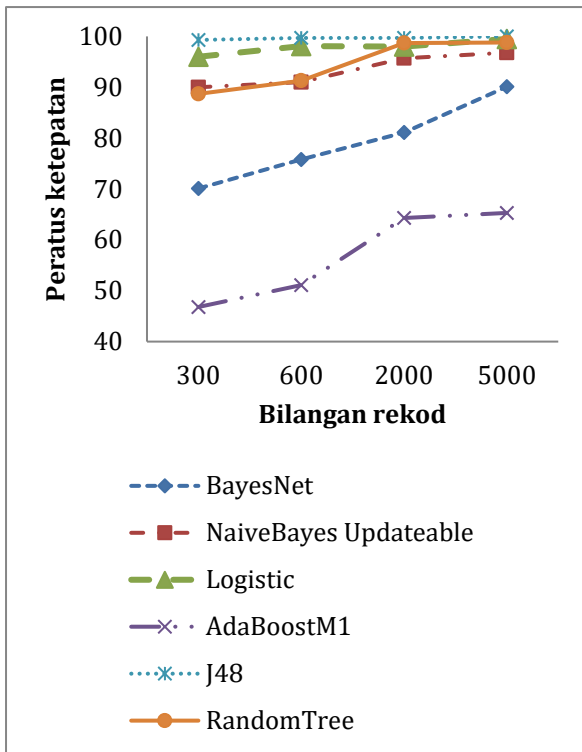
HASIL ANALISIS DATA

Jadual 13 menunjukkan perbandingan hasil ketepatan data mengikut jenis algoritma yang berbeza. Empat set data ujikaji yang disediakan terdiri daripada dua kategori iaitu set data dengan aliran data rekusif sahaja dan set data dengan aliran data rekusif, aliran data masuk dan aliran data keluar. Terdapat dua set data ujikaji yang disediakan bagi setiap kategori set data ujian. Jadual 13 menunjukkan setiap set data ujian merangkumi set data ujian untuk dua peringkat penjagaan iaitu peringkat penjagaan primer dan peringkat penjagaan sekunder. Jadual 13 menunjukkan set data 1 yang terdiri daripada bilangan rekod dan bilangan atribut adalah (300,41) dan (2000,41) untuk peringkat penjagaan primer, dan (300,25) dan (2000,25) untuk peringkat penjagaan sekunder. Manakala Set data 2 adalah (600,41) dan (5000,41) untuk peringkat penjagaan primer, dan (600,25) dan (5000,25) untuk peringkat penjagaan sekunder. Kemudian, set data 3 adalah (1200,57) dan (8000,57) untuk peringkat penjagaan primer, dan (1200, 36) dan (8000, 36) untuk peringkat penjagaan sekunder. Seterusnya set data 4 adalah (2400,57) dan (11000,57) untuk peringkat penjagaan primer dan (2400, 36) dan (11000, 36) untuk peringkat penjagaan sekunder. Berdasarkan hasil ketepatan bagi setiap algoritma yang ditunjukkan di dalam Jadual 9 juga, secara purata, algoritma J48 menunjukkan model terbaik (99%) diikuti Logistic (98%), RandomTree (95%), NaiveBayes Updateable (93%), BayesNet(84%) dan AdaBoostM1(67%).

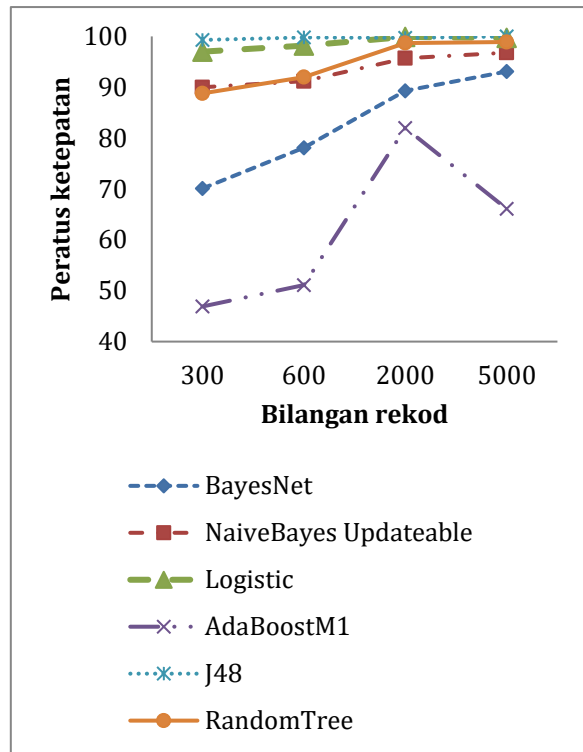
Seterusnya, Rajah 5 dan Rajah 6 menunjukkan graf untuk peratus ketepatan algoritma-algoritma dalam peringkat penjagaan primer dan peringkat penjagaan sekunder dengan bilangan rekod bertambah. Manakala Rajah 7 dan Rajah 8 menunjukkan graf untuk peratus ketepatan algoritma-algoritma dalam peringkat penjagaan primer dan peringkat penjagaan sekunder dengan bilangan rekod dan bilangan atribut bertambah. Hasilnya graf dengan jelas menunjukkan peningkatan peratus ketepatan dengan bertambahnya bilangan rekod dan bilangan atribut. Graf dengan jelas juga menunjukkan peningkatan peratus ketepatan yang lebih baik dengan meningkatnya nilai minimum peratus ketepatan untuk algoritma paling lemah, AdaboostM1, daripada 46% seperti yang dipaparkan dalam Rajah 5 dan Rajah 6 pada keadaan bertambah bilangan rekod, kepada 66% seperti yang dipaparkan dalam Rajah 7 dan Rajah 8 pada keadaan bertambah bilangan rekod dan atribut. Ini dijelaskan lagi dengan hasil perbandingan nisbah peningkatan ketepatan untuk setiap algoritma yang ditunjukkan di dalam Jadual 14. Jadual 14 memaparkan peningkatan untuk semua algoritma walaupun hanya 0.01% untuk algoritma terbaik J48.

JADUAL 13. Perbandingan hasil ketepatan data mengikut jenis algoritma yang berbeza.

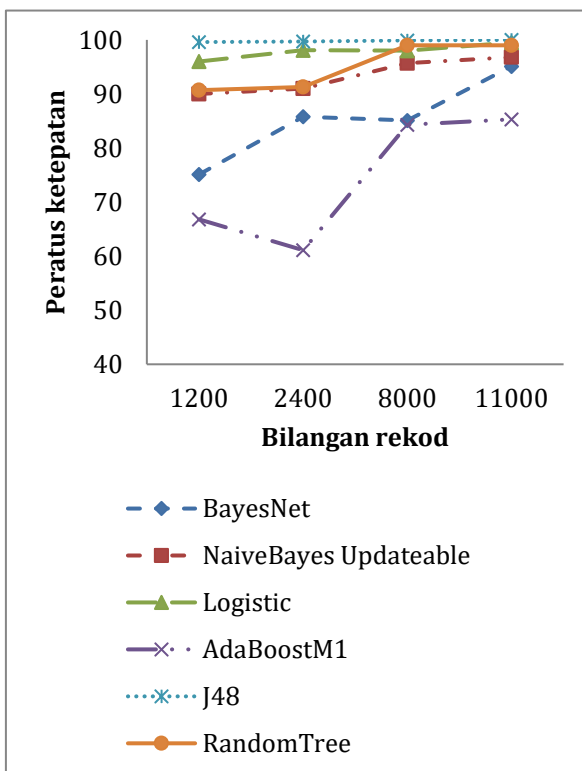
Kelas	Jenis-jenis Algoritma	Set Data dengan Aliran Data Rekusif							
		Set Data 1				Set Data 2			
		Peringkat Penjagaan Primer		Peringkat Penjagaan Sekunder		Peringkat Penjagaan Primer		Peringkat Penjagaan Sekunder	
		(300,41)	(2000,41)	(300, 25)	(2000, 25)	(600, 41)	(5000, 41)	(600, 25)	(5000, 25)
Diagnosis	BayesNet	70.1	81.1	70.1	89.3	75.8	90.1	78.1	93.1
	NaiveBayes	90.0	95.7	90.0	95.7	91.0	96.8	91.2	96.8
	Updateable								
	Logistic	96.0	98.0	97.0	99.9	98.1	99.5	98.2	99.7
	AdaBoostMI	46.8	64.3	46.9	82.0	51.1	65.3	51.1	66.1
	J48	99.3	99.7	99.3	99.7	99.7	100	99.8	100
	RandomTree	88.7	98.7	88.8	98.7	91.3	98.8	92.0	98.9
Kelas	Jenis-jenis Algoritma	Set Data dengan Aliran Data Rekusif, Aliran Data Keluar dan Aliran Data Masuk							
		Set Data 3				Set Data 4			
		Peringkat Penjagaan Primer		Peringkat Penjagaan Sekunder		Peringkat Penjagaan Primer		Peringkat Penjagaan Sekunder	
		(1200, 57)	(8000, 57)	(1200, 36)	(8000,36)	(2400,57)	(11000,57)	(2400,36)	(11000,36)
Diagnosis	BayesNet	75.1	85.1	74.1	89.3	85.8	95.1	88.1	96.1
	NaiveBayes	90.0	95.7	90.0	95.7	91.0	96.8	91.2	96.8
	Updateable								
	Logistic	96.0	98.0	97.1	99.9	98.1	99.5	98.2	99.7
	AdaBoostMI	66.8	84.3	66.9	92.0	61.1	85.3	61.1	86.1
	J48	99.6	99.9	99.7	99.9	99.7	100	99.8	100
	RandomTree	90.7	99.0	91.0	99.0	91.3	99.0	92.0	99.0



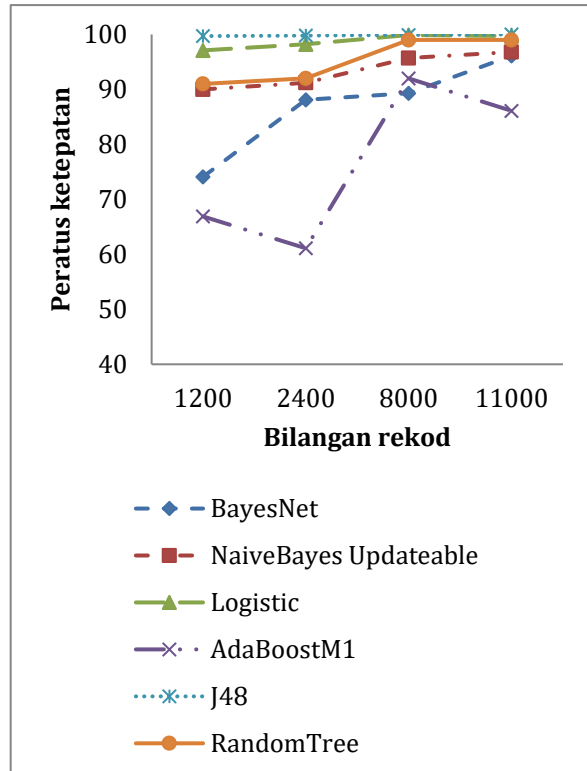
RAJAH 5. Peratus Ketepatan Algoritma-algoritma dalam Peringkat Penjagaan Primer dengan Bilangan Rekod Bertambah



RAJAH 6. Peratus Ketepatan Algoritma-algoritma dalam Peringkat Penjagaan Sekunder dengan Bilangan Rekod Bertambah.



RAJAH 7. Peratus Ketepatan Algoritma-algoritma dalam Peringkat Penjagaan Primer dengan Bilangan Rekod dan Atribut Bertambah.



RAJAH 8. Peratus Ketepatan Algoritma-algoritma dalam Peringkat Penjagaan Sekunder dengan Bilangan Rekod dan Atribut Bertambah.

JADUAL 14. Perbandingan nisbah peningkatan ketepatan untuk setiap algoritma.

Pembuatan Keputusan	Algoritma-algoritma	Aliran Rekusif		Aliran Rekusif, Aliran Keluar dan Aliran Masuk	
		Penjagaan Primer	Penjagaan Sekunder	Penjagaan Primer	Penjagaan Sekunder
Diagnosis	BayesNet	0.43%	0.49%	0.43%	0.47%
	NaiveBayes	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%
	Updateable				
	Logistic	0.07%	0.06%	0.07%	0.06%
	AdaBoostM1	0.39%	0.41%	0.39%	0.41%
	J48	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
	RandomTree	0.21%	0.21%	0.18%	0.17%

KESIMPULAN

Keberhasilan pembangunan MAPKB penyakit kencing manis dan pembuktian peningkatan ketepatan data melalui hasil eksperimen yang dilaksanakan dalam kajian ini menunjukkan bahawa model ini boleh digunakan sebagai satu kaedah penyelesaian pembangunan sistem pembuat keputusan cerdas untuk penjagaan pesakit kencing manis yang berkesan, khususnya apabila data semakin banyak maka ketepatan pembuat keputusan semakin baik. Model ini telah direkabentuk dengan kriteria perubahan data secara dinamik dan berupaya membangunkan model ramalan terbaru yang dinamik dengan berkesan. Oleh itu, pembangunan Sistem Sokongan Keputusan Cerdas menggunakan MAPKB penyakit kencing manis ini pada masa akan datang diharapkan dapat membantu para doktor yang merawat pesakit kencing manis secara lebih jitu dan spesifik.

RUJUKAN

- CPG Secretariat Health Technology Assesment Section Medical Development Division Ministry of Health Malaysia. 2004. Clinical Practice Guidelines Diabetic Nephropathy.
- CPG Secretariat Health Technology Assesment Section Medical Development Division Ministry of Health Malaysia. 2011. Clinical Practice Guidelines Management of Chronic Kidney Disease in Adults.
- CPG Secretariat Health Technology Assesment Section Medical Development Division Ministry of Health Malaysia. 2015. Clinical Practice Guidelines Management of type 2 Diabetes Mellitus 5th Edition.
- CPG Secretariat Health Technology Assesment Section Medical Development Division Ministry of Health Malaysia. 2018. Clinical Practice Guidelines Management of type 2 Diabetes Mellitus 6th Edition.

- CPG Secretariat Health Technology Assesment Section Medical Development Division Ministry of Health Malaysia. 2018. Clinical Practice Guidelines Management of Chronic Kidney Disease (Second Edition).
- Egan, A. M. dan Dinneen, S. F., 2018, What is diabetes? Key points, *Jurnal Medicine* 1(47): 1–4, doi: 10.1016/j.mpmmed.2018.10.002.
- Hussein, Z., Taher, S. W., Kaur, H., Singh, G., Chee, W., dan Swee, S., 2015, Diabetes Care in Malaysia: Problems, New Models, and Solutions, *Annals of Global Health* 81(6): 851–862, doi: 10.1016/j.aogh.2015.12.016
- Leedy, P. D. dan Ormrod, J. E. 2010. *Practical Research Planning and Design*. Ed. ke-9. Boston:Pearson Education Incorporation.
- Non-Communicable Disease Section Disease Control Division. 2012. *National Diabetes Registry Report*. Ministry of Health Malaysia.
- Normadiyah, M., Zulaiha, A. O., dan Azuraliza, A. B. 2012. A Framework for Kidney Disease Management System based on Decision Support System (DSS) Data Mining Approach. 2nd National Doctoral Seminar on Artificial Intelligence Technology (CAIT 2012), Residence Hotel, UNITEN, Malaysia, November 2012, pp. 105-109.
- Normadiyah, M., Zulaiha, A. O., dan Azuraliza, A. B. 2014. A Sequence and Interrelated Decision Support System (DSS) for Healthcare. 3rd National Doctoral Seminar on Artificial Intelligence Technology (CAIT 2014), 22 November 2014, FTSM, UKM, hlm. 82-87.
- Normadiyah, M., Zulaiha, A. O., dan Azuraliza, A. B. 2017. An Architecture of Multiagent System (MAS) for Healthcare Intelligent Decision Support System (IDSS). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. 9(5S (2017)): 144-167.
- Normadiyah, M., Zulaiha, A. O., Azuraliza, A. B., dan Nur Arzuar, A. R., 2021. An Interrelated Decision-making Model for an Intelligent Decision Support System in Healthcare. To be published.
- The National Renal Registry Malaysian Society of Nephrology. 2016. 24th Report of The Malaysian Dialysis & Transplant Registry 2016. National Kidney Foundation of Malaysia, Malaysian Society of Nephrology.
- Quinn, K., Hudson, P. & Dunning, T. 2017. Diabetes management in patients receiving palliative care. 32(3): 1–2. doi: 10.1016/j.jpainsymman.2006.03.011.
- Zulaiha, A. O., Azuraliza, A. B., Nor Samsiah, S., dan Jamaluddin, S., 2020, Household Overspending Model Amongst B40, M40 and T20 Using Classification Algorithm, *International Journal Of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, vol. 11(7), pp. 392-399.

Normadiyah Mahiddin

Zulaiha Ali Othman

Nur Arzuar Abdul Rahim

Pusat Pengajian Sains Komputer,

Universiti Sains Malaysia.

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat,

Universiti Kebangsaan Malaysia.

Institut Perubatan dan Pergigian Termaju,

Universiti Sains Malaysia.

normadiyah@gmail.com, zao@ukm.edu.my, arzuar@usm.edu.my