

**UBAH SUIAIAN GRED PENCAPAIAN PELAJAR DALAM
PEMERINGKATAN SEKOLAH MENGGUNAKAN PENDEKATAN VIKOR**
(Modified Student Achievement Grade in School Ranking Using VIKOR approach)

SUHAINA MUSANI & ABDUL AZIZ JEMAIN

ABSTRAK

Pemeringkatan merupakan satu proses penyusunan beberapa alternatif mengikut tertib keutamaan. Ianya berdasarkan kepada kriteria atau atribut yang ditentukan bagi setiap alternatif yang terlibat. Penilaian terhadap kriteria tersebut dilakukan dan kemudiannya suatu indeks komposit digubah bagi setiap alternatif untuk tujuan menyusun alternatif mengikut urutan keutamaan. Amalan ini dikenali sebagai pemutusan pelbagai kriteria (PPK). Terdapat beberapa pendekatan yang diamalkan dalam PPK, di antaranya dikenali sebagai VIKOR (Pengoptimuman Pelbagai Kriteria dan Penyelesaian Kompromi). Kajian ini bertujuan memerihalkan penggunaan VIKOR dalam pembinaan indeks komposit PPK bagi menyusun sekolah mengikut tahap pencapaian peperiksaan Sijil Peperiksaan Malaysia (SPM). Sekolah mewakili alternatif manakala kursus sebagai kriteria. Keputusan peperiksaan bagi sesuatu kursus diberi dalam bilangan pelajar mengikut gred. Setiap kursus ini dinilai berdasarkan sembilan skala gred, iaitu dari gred terbaik sehingga gred gagal sebagai gambaran tahap pencapaian setiap kursus yang kemudiannya diubah suai menggunakan skor merit.

Kata kunci: VIKOR; indeks komposit; pemutusan pelbagai kriteria; skor merit

ABSTRACT

Ranking is the process of structuring alternatives in order of priority. It is based on the criterion or attribute determined for each alternative involved. Evaluation of criteria are performed and then a composite index is composed for each of the alternatives for the purpose of ranking the alternatives according to preference. This practice is known as multiple criteria decision making (MCDM). There are several common approaches to MCDM, one of the practice is known as VIKOR (Multi-criteria Optimisation and Compromise Solution). This study describes the use of VIKOR to construct MCDM composite index for organising schools according to the level of achievement of the Sijil Peperiksaan Malaysia (SPM) examination. The school represents an alternative while the course as the criterion. The result of the examination for a course is given in terms of the number of students by grade. Each course is evaluated on a nine grade scale, from excellent to fail grades as level of achievement and then modified using merit scores.

Keywords: VIKOR; composite index; multiple criteria decision making; merit scores

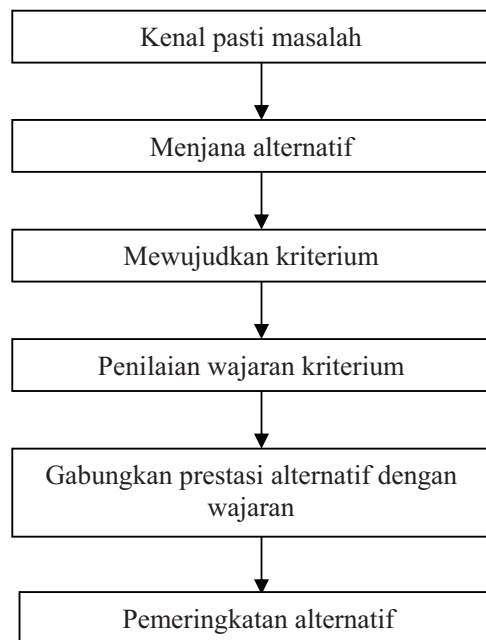
1. Pengenalan

Kaedah Pemutusan Pelbagai Kriteria (PPK) adalah satu daripada tiga cabang bidang pemutusan selain pemutusan tunggal objektif dan sistem keputusan sokongan (Zhou *et al.* 2006). Bidang pemutusan pula adalah satu cabang daripada model penyelidikan operasi yang berkaitan dengan masalah keputusan di bawah kehadiran beberapa kriteria. Menurut Pedrycz *et al.* (2011), PPK dibahagikan kepada pemutusan pelbagai atribut (PPA) dan pemutusan pelbagai objektif (PPO). PPA sering dipanggil sebagai PPK (Triantaphyllou *et al.*

1998) dan penggunaan istilah PPK yang merujuk kepada PPA diadaptasi dalam kajian ini bagi memudahkan huraian.

Pendekatan PPK ini melibatkan susunan satu set alternatif atau pilihan yang akan ditentukan tertib keutamaannya berasaskan kepada beberapa kriterium yang dipertimbangkan dalam membuat keputusan. Kriterium yang dipertimbangkan perlu dikenal pasti berserta dengan nilai pilihan bagi setiap kriterium (Roy 2005). Keputusan terakhir yang diperoleh adalah satu pangkat kedudukan alternatif-alternatif berdasarkan prestasi keseluruhan alternatif. Prestasi keseluruhan setiap alternatif diperoleh dengan cara menggabungkan prestasi sesuatu alternatif dengan wajaran kriterium dan kemudiannya dinyatakan dalam bentuk indeks komposit atau penunjuk prestasi. Berdasarkan prestasi keseluruhan tersebut, pangkat kedudukan sesuatu alternatif dapat ditentukan. Ini dapat membantu pembuat keputusan memilih, menolak atau mengkategorikan alternatif tersebut mengikut kumpulan tertentu.

Tatacara PPK terdiri daripada mengenal pasti masalah yang ingin diselesaikan, menjana alternatif berdasarkan masalah tersebut, mewujudkan kriterium yang menjadi asas penilaian alternatif, penilaian wajaran kriterium mengikut pendekatan yang sesuai dan penggunaan kaedah PPK dengan menggabungkan prestasi alternatif bersama tahap kepentingan kriterium kajian (Zeleny 1982; Pedrycz *et al.* 2011) seperti di Rajah 1. Alternatif dinilai berasaskan kepada kriterium yang berbeza bergantung pada isu atau masalah kajian. Penilaian alternatif tersebut dilakukan mengikut setiap kriterium dari set kriterium yang ditetapkan.



Rajah 1: Tatacara pemutusan pelbagai kriterium

Kahraman (2008) menghuraikan 19 kaedah PPK, iaitu dominans, maksimin, maksimaks, konjungtif, disjungtif, leksikografi, leksikografi separuh susunan, penyingkiran oleh aspek, tugas linear, kriterium pelaburan modal bukan tradisional, sasaran daripada jarak, model utiliti pelbagai atribut, proses analisis rangkaian, analisis penyampulan data (DEA), proses hierarki analisis (PHA), teknik urutan keutamaan irasan selesaian ideal (TOPSIS), aritmetik berwajaran mudah (ABM), geometrik berwajaran mudah (GBM) dan kaedah 'outranking',

iaitu kaedah PROMETHEE, ORESTE dan ELECTREE (I, II, III dan IV). Namun, tidak semua kaedah PPK ini sesuai digunakan dalam masalah yang melibatkan alternatif dan kriterium yang banyak seperti kaedah PHA (Giannoulis & Ishizaka 2010). Kaedah PPK terkini adalah kaedah pengoptimuman pelbagai kriterium dan penyelesaian kompromi (VIKOR) yang diperkenalkan oleh Opricovic (2002) dan kaedah pemikiran keterangan (ER) oleh Yang (Yang 2001; Yang & Xu 2002). Kaedah VIKOR akan dimanfaatkan dalam kajian ini untuk tujuan pemeringkatan sekolah-sekolah.

Menerusi kaedah VIKOR, pemeringkatan kompromi yang boleh dilakukan adalah dengan membandingkan ukuran terdekat daripada alternatif yang ideal dalam proses menyusun dan memilih satu set alternatif berdasarkan beberapa kriterium yang berbeza (Musani & Jemain 2015). Antara kajian penggunaan kaedah ini boleh di lihat pada San Cristobal (2011) dalam kajian pemilihan projek tenaga boleh diperbaharui di Spain. Selain itu, pemilihan bahan yang sesuai bagi komponen femoral daripada prostesis lutut untuk meningkatkan tempoh umur panjang dan kualiti hidup manusia dalam kajian Bahraminasab dan Jahan (2011) serta Chang dan Hsu (2009) yang menganalisis pemeringkatan strategi sekatan penggunaan tanah dalam takungan tadahan air Tseng Wen di Taiwan, turut menggunakan pendekatan VIKOR tersebut.

Kajian ini menggunakan data pencapaian akademik bagi mengukur prestasi keseluruhan sekolah bagi tujuan pemeringkatan. Berdasarkan data tersebut, timbul isu bagaimana data yang mengandungi maklumat berbeza bagi setiap sekolah dapat dianalisis secara adil dan saksama supaya keputusan yang diperolehi dapat menggambarkan situasi sebenar sekolah. Diperhatikan juga terdapat pelbagai kursus yang dipertimbangkan oleh sekolah dalam penilaian prestasi dan ini melibatkan masalah pelbagai kriterium yang berbeza. Oleh sebab itu, pendekatan PPK dimanfaatkan dalam penyelesaian masalah tersebut. Tujuan kajian ini adalah untuk memerihalkan penggunaan VIKOR dalam pembinaan indeks komposit PPK bagi menyusun sekolah berdasarkan nilai prestasi keseluruhan dengan memperkenalkan penggunaan skor merit kepada kriterium bukan jenis berangka bagi tujuan penyeragaman.

Kepentingan dan sumbangan kajian ini tertumpu pada teknik pemeringkatan PPK yang dapat menganalisis maklumat kuantitatif dan kualitatif secara serentak tanpa penglibatan panel penilai. Dalam perbincangan berkenaan dengan kriterium prestasi akademik, penilaiannya melibatkan maklumat kualitatif yang dinyatakan dalam gred pencapaian. Gred ini perlu dinilai secara kuantitatif terlebih dahulu bagi memudahkan proses analisis seterusnya di jalankan. Oleh itu, satu pengubah suaian perlu dilakukan dengan menggunakan skor merit terhadap gred tersebut agar skor yang diperolehi berada dalam julat yang sama. Skor merit adalah satu skor yang dapat menggambarkan tahap kepentingan setiap gred dengan sokongan nilai antara sifar hingga sepuluh. Setelah itu pengagregatan untuk mendapatkan satu nilai tunggal bagi setiap kriterium dikira. Akhir sekali, kajian ini mengelompokkan kumpulan sekolah terbaik dan tercorot berdasarkan kedudukan sekolah mengikut tertib keutamaan menggunakan kaedah VIKOR. Analisis statistik dijalankan dengan bantuan Perisian R dalam kajian ini.

Makalah ini disusun seperti berikut; dalam bahagian dua, skor merit dan kaedah VIKOR diperkenalkan. Bahagian tiga pula menerangkan kajian empirikal termasuklah aplikasi untuk memilih sekolah terbaik. Seterusnya contoh pengiraan menggunakan analisis VIKOR di sajikan dalam bahagian empat. Akhir sekali kesimpulan kajian dibincangkan dalam bahagian lima.

2. Kaedah Kajian

2.1 Skor Merit

Beberapa buah sekolah bertindak sebagai satu set alternatif yang akan disusun mengikut tertib keutamaan berdasarkan kepada beberapa kriterium yang menjadi asas pertimbangan. Kriterium tersebut terdiri daripada beberapa jenis kursus dengan sembilan gred penilaian pada setiap kursus tersebut. Nilai pencapaian dinyatakan dalam unit sukatan yang sama, iaitu bilangan pelajar. Memandangkan gred penilaian kursus dinyatakan dengan gred terbaik 1A seterusnya 2A, 3B, 4B, 5C, 6C, 7D, 8E sehingga gred gagal, iaitu 9G, ubah suai perlu dilakukan bagi mendapatkan satu julat nilai yang sama dengan menggunakan skor merit.

Skor merit ditetapkan berdasarkan data kajian bagi menggambarkan tahap kepentingan setiap gred pencapaian dengan sokongan nilai antara sifar hingga sepuluh dan nilai-nilai ini boleh diberi atas pertimbangan pengkaji seperti di bawah:

Jadual 1: Nilai setiap gred penilaian kursus dalam skor merit

Gred	Skor merit, s_k
1A	10
2A	10
3B	6
4B	6
5C	3
6C	3
7D	1
8E	0.5
9G	0

Setelah skor merit ditetapkan, pengagregatan perlu dilaksanakan bagi mendapatkan satu nilai tunggal untuk setiap kursus berdasarkan rumus berikut:

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^9 s_k p_{ijk} \quad (1)$$

dengan $p_{ijk} = \frac{g_{ijk}}{\sum_{k=1}^9 g_{ijk}}$, g_{ijk} merupakan bilangan pelajar sekolah i bagi kursus j yang

mendapat gred pencapaian k manakala s_k adalah skor merit setiap gred.

2.2 Kaedah VIKOR

Kaedah Pengoptimuman Pelbagai Kriterium dan Penyelesaian Kompromi (VIKOR) telah dibangunkan oleh Opricovic dan Tzeng sebagai satu teknik untuk menyelesaikan masalah PPK yang kompleks (Opricovic & Tzeng 2002; 2004) dengan mengubah indeks pemeringkatan berdasarkan satu sukatan terdekat dengan penyelesaian ideal. Kompromi atau tolak ansur bererti mencapai suatu penyelesaian melalui persepakatan bersama apabila wujud sekurang-kurangnya dua kumpulan yang berbeza. Kaedah ini juga memberi tumpuan kepada

susunan dan pemilihan pangkat dari satu set alternatif dengan kehadiran kriterium yang berbeza. Ia mengamalkan penyelesaian secara kompromi yang boleh diterima oleh pembuat keputusan kerana ianya menyediakan satu kumpulan yang terdiri daripada ahli-ahli dengan pencapaian maksimum dan satu lagi kumpulan individu lemah, namun terdapat sekurang-kurangnya satu ahli dengan pencapaian maksimum (Opricovic & Tzeng 2007). Menurut Tzeng *et al.* (2005) kaedah ini sangat berguna dalam situasi di mana pembuat keputusan tidak memiliki kemahiran untuk menentukan pilihan kaedah yang sesuai pada peringkat awal kajian.

Katakan, jumlah alternatif yang terlibat ditandakan sebagai m dan jumlah kriterium pula disimbolkan sebagai n . Menurut Opricovic dan Tzeng (2002; 2004; 2007), kaedah VIKOR merupakan ubah suai kaedah TOPSIS pada gabungan jarak alternatif daripada dua titik rujukan penyelesaian yang ia adalah ukuran pelbagai kriterium untuk pemeringkatan kompromi tersebut (Zeleny 1982). Dalam kaedah VIKOR, tandaan S_i dan R_i adalah formula bagi ukuran pangkat dengan $i = 1, \dots, m$. Penyelesaian yang diperoleh melalui S_i adalah kumpulan yang terdiri daripada ahli-ahli dengan pencapaian maksimum, manakala penyelesaian daripada R_i ialah kumpulan individu lemah namun terdapat sekurang-kurangnya satu ahli dengan pencapaian maksimum (Opricovic 2008). Indeks VIKOR, Q_i pula adalah kompromi antara S_i dan R_i tersebut.

Penggunaan kaedah VIKOR untuk pemeringkatan PPK kajian ini harus melalui beberapa proses asas berikut:

Langkah 1: Bina matriks pemutusan.

Ringkasan masalah pelbagai kriterium dipersembahkan menggunakan format matriks pemutusan X seperti di bawah bagi mewakili hubungan alternatif A_i berasaskan kriterium K_j :

$$X = \begin{matrix} & \begin{matrix} K_1 & K_2 & \dots & K_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Terdapat m alternatif ditandakan sebagai A_i dengan $i = 1, 2, \dots, m$ yang akan dinilai berdasarkan n kriterium terpilih, iaitu K_j dengan $j = 1, 2, \dots, n$ dan skor prestasi setiap alternatif diwakili oleh x_{ij} .

Langkah 2: Kira nilai wajaran berdasarkan pendekatan objektif atau subjektif dengan wajaran kriterium j dinyatakan sebagai w_j , $0 \leq w_j \leq 1$ dan $\sum_{j=1}^n w_j = 1$. Nilai wajaran yang

menghampiri satu menunjukkan kepentingan sesuatu kriterium itu berbanding nilai kriterium yang menghampiri sifar. Matriks pemutusan wajaran ialah:

$$W = [w_1 \quad w_2 \quad \dots \quad w_n]$$

Langkah 3: Tentukan nilai terbaik (x_j^+) dan nilai tercorot (x_j^-):

$$\begin{aligned} x_j^+ &= \underset{i}{\text{maksimum}} x_{ij}, \\ x_j^- &= \underset{i}{\text{minimum}} x_{ij} \end{aligned} \quad (2)$$

Langkah 4: Kira matriks pemutusan wajar ternormal dengan menyediakan keseragaman setiap kriterium yang bernilai di antara sifar dan satu agar semua kriterium tersebut seragam dan boleh dibandingkan antara satu sama lain. Dalam keadaan ini, kaedah VIKOR menggunakan penormalan linear untuk menstabilkannya (Opricovic & Tzeng 2004). Formula penormalan linear ditunjukkan menerusi nilai skor S_i dan skor R_i , $i = 1, 2, \dots, m$ seperti berikut:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \left(\frac{x_j^+ - x_{ij}}{x_j^+ - x_j^-} \right) \quad \text{dan} \quad R_i = \underset{j}{\text{Maksimum}} \left[w_j \left(\frac{x_j^+ - x_{ij}}{x_j^+ - x_j^-} \right) \right] \quad (3)$$

Langkah 5: Kira nilai indeks prestasi keseluruhan Q_i atau indeks VIKOR melalui persamaan:

$$Q_i = v \left(\frac{S_i - S^-}{S^+ - S^-} \right) + (1 - v) \left(\frac{R_i - R^-}{R^+ - R^-} \right) \quad (4)$$

dengan

$$\begin{aligned} S^+ &= \underset{i}{\text{maksimum}} S_i, S^- = \underset{i}{\text{minimum}} S_i \\ R^+ &= \underset{i}{\text{maksimum}} R_i, R^- = \underset{i}{\text{minimum}} R_i \end{aligned}$$

v merupakan strategi wajar bagi 'majoriti kriterium' ataupun wajar bagi alternatif dengan prestasi keseluruhan kriterium yang baik. $1-v$ pula adalah wajar bagi alternatif dengan prestasi keseluruhan kriterium yang lemah. Nilai v berada di antara selang sifar hingga satu dan berdasarkan kajian lepas, kebanyakannya mengambil $v = 0.5$ untuk digunakan dalam kajian.

Langkah 6: Nilai bagi Q_i disusun mengikut susunan menurun. Alternatif yang terbaik mengikut susunan Q_i , adalah yang mempunyai nilai yang paling maksimum di Q_i berdasarkan skor merit yang dilaksanakan dalam kajian ini dan disimbolkan sebagai $A^{(1)}$. Alternatif dengan nilai kedua terbesar dirujuk sebagai $A^{(2)}$ dan seterusnya sehinggalah alternatif dengan nilai Q_i yang paling kecil dinyatakan sebagai $A^{(m)}$.

Langkah 7: Alternatif $A^{(1)}$ yang berada di kedudukan yang tertinggi dengan nilai Q_i yang maksimum dicadangkan sebagai alternatif terbaik dalam menyediakan kompromi antara kriterium. Ia akan dipilih sekiranya memenuhi kedua-dua syarat berikut:

Syarat 1: Kelebihan diterima.

Alternatif $A^{(1)}$ diterima dengan kelebihan sebagai yang terbaik apabila perbezaan antara indeks VIKOR, Q_i bagi alternatif $A^{(2)}$ dan $A^{(1)}$ mestilah lebih besar atau sama dengan nilai ambang DQ , atau dengan kata lain

$$Q_{(A^{(2)})} - Q_{(A^{(1)})} \geq DQ \quad \text{dengan} \quad DQ = \frac{1}{m-1} \quad (5)$$

Syarat 2: Kestabilan diterima dalam membuat keputusan.

Alternatif $A^{(1)}$ juga harus berada di kedudukan terbaik sama ada pada S atau R . Sekiranya satu daripada dua syarat tersebut tidak dipenuhi, set penyelesaian kompromi akan dicadangkan seperti berikut:

i. Jika **syarat 1** tidak dipenuhi:

Maka set alternatif $A^{(1)}, A^{(2)}, \dots, A^{(m)}$ dianggap sama terbaik daripada satu set susunan alternatif mengikut keutamaan. Alternatif $A^{(m)}$ yang mempunyai kedudukan terendah pada siri tertib menurun dengan nilai terkecil ditentukan oleh hubungan $Q_{(A^{(m)})} - Q_{(A^{(1)})} < DQ$.

Dalam erti kata lain, perbezaan antara nilai $Q_{(A^{(m)})}$ dan $Q_{(A^{(1)})}$ adalah kurang dari nilai DQ .

ii. Jika **syarat 2** tidak dipenuhi:

Maka kedua-dua alternatif $A^{(1)}$ dan $A^{(2)}$ adalah dicadangkan sebagai pilihan kedudukan terbaik (Büyükoçkan & Ruan 2008), iaitu kedua-dua alternatif boleh dinyatakan sebagai alternatif terbaik daripada satu set susunan alternatif mengikut keutamaan.

3. Kajian Empirikal

Kajian ini menggunakan data pencapaian akademik Sijil Peperiksaan Malaysia (SPM) di sebuah negeri di selatan tanah air. Pemilihan 10 buah sekolah menengah harian biasa, i ($i = 1, 2, \dots, 10$) yang dinyatakan dalam Jadual 2 adalah berdasarkan data yang tersedia pada tahun 2007. Kumpulan sekolah tersebut dipilih kerana kesamaan pada kursus yang ditawarkan, keperluan pengambilan pelajar dan kemudahan pembelajaran yang disediakan. Ianya tidak membabitkan sekolah berasrama, sekolah agama dan sekolah vokasional/teknikal yang mana pengambilan pelajar ke sekolah terbabit berdasarkan beberapa prasyarat. Sekolah-sekolah yang dipilih dalam kajian adalah sekolah harian biasa yang tidak mengenakan sebarang syarat khusus untuk kemasukan pelajar. Pemilihan sekolah dalam situasi ini dilakukan untuk memastikan sekolah yang terpilih berada dalam kelompok yang sama bagi mewujudkan satu sistem yang adil dalam proses pemeringkatan sekolah.

Prestasi akademik sekolah dinilai berdasarkan sembilan kursus yang ditawarkan, j ($j = 1, 2, \dots, 9$), iaitu Bahasa Melayu, Bahasa Inggeris, Sejarah, Matematik, Matematik Tambahan, Fizik, Kimia, Biologi dan Sains. Tetapi kajian ini hanya mengambil kira empat subjek utama, iaitu Bahasa Melayu, Bahasa Inggeris, Sejarah dan Matematik maka $j = 1, 2, 3, 4$. Setiap kursus ini pula dinilai berdasarkan sembilan kategori atau gred, k ($k = 1, 2, \dots, 9$) dari gred terbaik 1A, 2A, 3B, 4B, 5C, 6C, 7D, 8E hingga gred gagal, iaitu 9G. Nilai pencapaian bagi gred ini berupaya memerihalkan kepada umum sukatan pencapaian akademik sekolah berkenaan secara langsung yang sukatan cerapannya dinyatakan dalam bilangan

Jadual 2: Data pencapaian akademik dalam peperiksaan SPM sekolah harian biasa

Sekolah	Kursus																																							
	Bahasa Melayu										Bahasa Inggeris										Sejarah										Matematik									
	1A	2A	3B	4B	5C	6C	7D	8E	9G	1A	2A	3B	4B	5C	6C	7D	8E	9G	1A	2A	3B	4B	5C	6C	7D	8E	9G	1A	2A	3B	4B	5C	6C	7D	8E	9G				
Sekolah 1	13	33	42	37	30	20	36	20	4	36	10	20	28	21	24	35	20	41	48	29	20	18	23	10	23	39	25	67	8	18	17	14	13	29	40	28				
Sekolah 2	11	10	26	26	43	30	42	30	27	10	6	16	20	19	24	61	37	51	15	10	13	21	19	28	31	34	65	48	12	13	6	17	16	44	33	49				
Sekolah 3	42	27	26	31	23	14	19	18	22	70	13	21	18	9	7	22	20	41	45	14	11	14	14	13	20	18	71	86	18	15	7	5	1	21	14	53				
Sekolah 4	37	35	30	13	3	0	0	0	0	25	5	27	22	19	11	9	0	0	29	15	25	17	12	10	7	3	0	47	18	9	12	7	6	7	9	3				
Sekolah 5	2	7	14	16	15	11	19	8	5	6	2	5	9	11	12	17	14	22	1	3	6	3	3	11	11	13	45	12	6	3	6	4	4	11	22	30				
Sekolah 6	13	14	31	36	30	26	33	33	14	26	18	19	24	25	13	37	35	33	17	8	12	21	17	20	26	24	84	38	17	15	16	16	15	18	43	51				
Sekolah 7	14	18	23	24	39	27	49	28	7	5	6	11	17	14	11	52	49	63	9	6	11	15	31	28	18	34	76	22	12	8	7	8	9	31	47	84				
Sekolah 8	6	9	12	7	8	3	3	5	4	5	4	10	4	5	2	11	8	8	1	3	3	5	10	9	5	8	13	8	2	1	6	2	4	10	10	14				
Sekolah 9	3	1	7	8	7	16	23	23	23	5	4	5	1	2	6	25	23	41	1	0	1	6	5	9	10	21	55	11	4	4	4	6	5	23	21	32				
Sekolah 10	4	10	14	17	25	22	46	50	28	12	13	16	21	19	9	27	28	46	4	7	7	11	11	16	17	22	99	49	9	6	9	5	9	19	29	57				

pelajar dalam gred tertentu. Bagi sekolah yang cemerlang dijangka mempunyai bilangan pelajar yang ramai memperoleh gred terbaik.

Pengiraan kaedah VIKOR terhadap kajian kes terdiri daripada pengiraan pengubahsuaian sub-kriterium (gred) menggunakan skor merit, wajaran kriterium dan pengagregatan purata aritmetik berwajaran berubah suai bagi setiap kriterium serta pengiraan skor jarak penyelesaian ideal, skor jarak penyelesaian lawan ideal dan indeks VIKOR, Q_i . Berdasarkan data pencapaian akademik SPM sekolah harian biasa, g_{ijk} di Jadual 2, Sekolah 1 menunjukkan prestasi seperti berikut; 13 orang daripada 235 bilangan pelajar yang mengambil kursus Bahasa Melayu berjaya memperoleh keputusan 1A bagi kursus ini, 33 pelajar memperoleh gred 2A, 42 pelajar memperoleh gred 3B, 37 pelajar memperoleh gred 4B, 30 pelajar lagi memperoleh gred 5C, 20 bagi gred 6C, 36 bagi gred 7D, 20 bagi gred 8E dan 4 pelajar mendapat gred 9G atau gagal. Maklumat seterusnya bagi 10 buah sekolah yang terlibat berserta dengan sembilan kursus yang ditawarkan ditunjukkan dalam Jadual tersebut. Merujuk kepada maklumat itu dan senarai skor merit di Jadual 1, maka matriks pemutusan berubah suai, x_{ij} dikira dan dipersembahkan pada Jadual 3. Manakala contoh pengiraan bagi Sekolah 1 terhadap kursus Bahasa Melayu berdasarkan persamaan 1 dikira seperti berikut:

$$x_{\text{Sekolah1, BM}} = \frac{\sum_{k=1}^9 S_k g_{ijk}}{\sum_{k=1}^9 g_{ijk}} = \frac{(10 \times 13) + (10 \times 33) + \dots + (0.5 \times 20) + (0 \times 4)}{13 + 33 + \dots + 20 + 4}$$

$$= 4.809$$

3.1. Pengiraan VIKOR

Contoh pengiraan VIKOR diberikan seperti berikut:

1. Dapatkan matriks pemutusan, iaitu $X = [x_{ij}]$ dengan x_{ij} adalah skor yang telah diubah suai seperti di atas dan ditunjukkan di Jadual 3:

Jadual 3: Matriks pemutusan berubah suai, x_{ij}

Sekolah	Bahasa Melayu	Bahasa Inggeris	Sejarah	Matematik
1	4.809	3.949	4.849	4.658
2	3.257	2.395	2.725	3.670
3	5.275	5.176	3.864	5.536
4	8.364	5.873	6.496	7.004
5	3.825	2.622	1.599	2.857
6	3.867	3.767	2.607	3.793
7	3.769	1.884	2.272	2.349
8	5.307	3.684	2.702	3.070
9	2.104	1.665	1.060	2.405
10	2.694	3.301	1.686	3.883

2. Setiap kursus yang ditawarkan diandaikan mempunyai kepentingan yang sama untuk dipertimbangkan dalam penilaian prestasi sekolah. Maka nilai wajaran kriterium, w_j diberi oleh $W = [w_1 = 0.25 \quad w_2 = 0.25 \quad w_3 = 0.25 \quad w_4 = 0.25]$.

3. Berdasarkan Jadual 3 di atas, nilai terbaik, x_j^+ dan nilai tercorot, x_j^- bagi kesemua kriterium, $j = 1, 2, 3, 4$ untuk alternatif, $i = 1, 2, \dots, 10$ diperoleh seperti di Jadual 4 di bawah:

Jadual 4: Nilai terbaik, x_j^+ , serta nilai terlemah, x_j^-

	Bahasa Melayu	Bahasa Inggeris	Sejarah	Matematik
x_j^+	8.364	5.873	6.496	7.004
x_j^-	2.104	1.665	1.060	2.349

4. Merujuk kepada persamaan (3) dan (4), nilai skor S , R serta indeks VIKOR Q diperoleh seperti berikut:

Jadual 5: Nilai S_i, R_i dan Q_i bagi 10 buah sekolah

Sekolah	S_i	R_i	$Q_i, v=0.5$	Pangkat VIKOR
1	0.484	0.142	0.497	8
2	0.769	0.247	0.831	5
3	0.417	0.127	0.438	9
4	-0.113	0.027	0.000	10
5	0.797	0.270	0.886	2
6	0.659	0.194	0.678	7
7	0.819	0.259	0.875	3
8	0.619	0.231	0.729	6
9	0.952	0.292	1.000	1
10	0.804	0.249	0.849	4

Setelah nilai S_i, R_i dan Q_i diperoleh menurut susunan menurun, syarat 1 diuji sama ada dipenuhi berdasarkan persamaan berikut:

$$Q_{(A^{(2)})} - Q_{(A^{(1)})} \geq DQ$$

$$0.886 - 1.000 \geq 0.111$$

$$-0.114 \leq 0.111$$

Syarat 1 tidak dipenuhi maka syarat 2 pula diuji.

Syarat 2 dipenuhi, maka kedudukan sekolah-sekolah dari yang terbaik hingga tercorot adalah menepati seperti di lajur lima pada Jadual 5.

3.2. Keputusan Kajian

Dapat diperhatikan dalam Jadual 5 di atas, nilai indeks VIKOR, Q_i yang diperoleh ditunjukkan di lajur keempat. Nilai tersebut menggambarkan prestasi keseluruhan setiap sekolah yang dikaji bernilai antara sifar hingga satu. Manakala di lajur terakhir memaparkan satu set penilaian pangkat yang boleh digunakan untuk memeringkatkan kedudukan prestasi sekolah. Tiga buah sekolah di kedudukan terbaik terdiri daripada Sekolah 9, Sekolah 5 dan Sekolah 7. Manakala sekolah di kedudukan tiga tercorot adalah Sekolah 4, Sekolah 3 dan Sekolah 1.

Nilai indeks VIKOR 0.5 dianggap sebagai nilai sempadan prestasi antara sekolah terbaik dan tercorot. Berdasarkan maklumat yang diperoleh, kajian mendapati sebanyak tujuh buah sekolah, iaitu 70 peratus sekolah yang tergolong dalam kumpulan sekolah terbaik di antara 10 buah sekolah yang dikaji. Manakala tiga buah sekolah lagi dikategorikan sebagai sekolah dengan pencapaian yang agak kurang baik dengan nilai indeks kurang daripada 0.5.

4. Kesimpulan

Kaedah VIKOR adalah satu teknik yang berkesan untuk menganalisis pelbagai kriterium yang berbeza dan ianya digunakan secara meluas dalam masalah penentuan pangkat kompromi di pelbagai bidang. Kajian ini mengetengahkan penyelesaian membuat keputusan dalam masalah data pelbagai kriterium berserta beberapa sub-kriterium terpilih, yang mengandungi maklumat kualitatif dan kuantitatif bagi menyusun satu set alternatif mengikut tertib keutamaan tanpa kehadiran panel penilai. Pendekatan PPK menerusi kaedah VIKOR digunakan bagi menyelesaikan masalah tersebut. Penilaian kualitatif kriterium yang diberi dalam sembilan gred pencapaian diselesaikan dengan melakukan sedikit pengubahsuaian terhadap maklumat kualitatif dengan meletakkan nilai secara kuantiti menggunakan skor merit. Skor merit dengan sokongan nilai antara sifar hingga sepuluh diberi bagi menggambarkan tahap kepentingan setiap gred pencapaian tersebut. Seterusnya indeks prestasi sekolah dapat dibina tanpa kehilangan sebarang maklumat penting yang terkandung dalam data.

Maklumat dan teknik pemeringkatan dalam kajian ini sangat berfaedah dan boleh dimanfaatkan oleh penyelidik serta pengamal bidang PPK sebagai satu daripada cara untuk menjalankan kajian pemeringkatan. Selain daripada penggunaan skor merit, teori set kabur boleh juga dimanfaatkan dalam analisis data kajian ini untuk kajian akan datang. Ini kerana teori ini dapat merungkai masalah ketidakpastian yang wujud dalam data dengan lebih tepat lagi.

Rujukan

- Bahraminasab M. & Jahan A. 2011. Material selection for femoral component of total knee replacement using comprehensive VIKOR. *Materials and Design* **33**: 4471-4477.
- Buyukozkan G. & Ruan D. 2008. Evaluation of software development projects using a fuzzy multi-criteria decision approach. *Mathematics and Computers in Simulation* **77**(5-6): 464-475.
- Chang C. & Hsu C. 2009. Multi-criteria analysis via the VIKOR method for prioritizing land-use restraint strategies in the Tseng-Wen reservoir watershed. *Journal of Environmental Management* **90**: 3226-3230.
- Giannoulis C. & Ishizaka A. 2010. A Web-Based Decision Support System with ELECTREE III for a personalized ranking of British universities. *Decision Support Systems* **48**(3): 488-497.
- Kahraman C. 2008. Multi-criteria decision making methods and fuzzy sets. Dlm. Kahraman, C. (Phyt.). *Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making: Theory and Applications with Recent Developments* hlm. 1-17. New York: Springer.
- Musani S. & Jemain A. A. 2015. Ranking schools' academic performance using a fuzzy VIKOR. *Journal of Physics: Conference Series* **622**: 012-036.

- Opricovic S. & Tzeng G.-H. 2002. Multicriteria planning of post-earthquake sustainable reconstruction. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* **17**(3): 211-220.
- Opricovic S. & Tzeng G.-H. 2004. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research* **156**(2): 445-455.
- Opricovic S. & Tzeng G.-H. 2007. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research* **178**(2): 514-529.
- Opricovic S. 2008. A compromise solution in water resources planning. *Water Resources Management* **23**(8): 1549-1561.
- Pedrycz W., Ekel P. & Parreiras R. 2011. *Fuzzy multicriteria decision-making: model, methods and applications*. Chichester: John Wiley & Son Ltd.
- Roy B. 2005. Paradigms and challenges. Dlm. Figueira J., Greco S. & Ehrgott M. (Pnyt.). *Multiple Criteria Decision-Making: State of the Art Survey* hlm. 3-24. Boston: Springer.
- San Cristóbal J. R. 2011. Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in Spain: The VIKOR method. *Renewable Energy* **36**: 498-502.
- Triantaphyllou E., Shu B., Sanchez S.N. & Ray T. 1998. Multi-criteria decision making: an operations research approach. Dlm. Webster J.G. (Pnyt). *Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering* hlm. 175-186. New York: John Wiley & Sons.
- Tzeng G., Lin C. & Opricovic S. 2005. Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation. *Energy Policy* **33**: 1373-1383.
- Yang J. & Xu D. 2002. On the evidential reasoning algorithm for multiple attribute decision analysis under uncertainty. *IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics-Part A: Systems and Humans* **32**(3): 289-304.
- Yang J. 2001. Rule and utility based evidential reasoning approach for multiattribute decision analysis under uncertainties. *European Journal of Operational Research* **131**: 31-61.
- Zeleny M. 1982. *Multiple Criteria Decision Making*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Zhou P., Ang B.W. & Poh K.L. 2006. Decision analysis in energy and environmental modelling: An update. *Energy* **31**(14): 2604-2622.

*Fakulti Komputeran dan Informatik
Universiti Malaysia Sabah
Kampus Antarabangsa Labuan
Jalan Sg. Pagar
87000 Wilayah Persekutuan Labuan
MALAYSIA
Mel-e: suhainamusani@gmail.com**

*Pusat Pengajian Sains Matematik
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi
Selangor DE
MALAYSIA
Mel-e: azizj@ukm.edu.my*

*Penulis untuk dihubungi