

Sains Malaysiana 38(3)(2009): 321–331

## Pemilihan Sistem Pelupusan Sisa Pepejal Perbandaran Menggunakan Model Dwikabur Konflik (Selecting Municipal Solid Waste Disposal System Using a Conflicting Bifuzzy Model)

ZAMALI TARMUDI\*, MOHD LAZIM ABDULLAH  
& ABU OSMAN MD TAP

### ABSTRAK

*Kajian ini memfokuskan penggunaan model kabur baru untuk pemilihan sistem pelupusan sisa pepejal perbandaran (SPP) yang dewasa ini dilihat semakin menghambat terutamanya negeri-negeri di bahagian tengah Semenanjung Malaysia. Rekod menunjukkan negeri Selangor dan Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur (WPKL) mencatatkan penghasilan SPP tertinggi melebihi 2.32 juta tan setahun pada tahun 2005. Lazimnya, proses untuk menentukan sistem pelupusan yang sesuai melibatkan pengenalpastian matlamat dan kriteria berdasarkan pilihan yang ada. Ia juga bersifat pertimbangan multi-kriteria yang melibatkan banyak pihak berkepentingan dalam membuat keputusan. Berdasarkan permasalahan tersebut, model multi-kriteria dwikabur konflik diusulkan menggunakan konsep penegasan linguistik (i.e., dilasi dan konsentrasi) dalam proses hierarki analitik (AHP). Model ini diubahsuai menggunakan teori set baru yang diberi nama 'set dwikabur konflik'. Kajian kes di negeri Selangor dan WPKL dimanfaatkan sepenuhnya untuk menunjukkan kesesuaian model yang diusulkan. Berdasarkan pengiraan yang ditunjukkan, model yang diusulkan dapat menilai kesemua kriteria secara lebih menyeluruh disebabkan sifat 'timbal balas' yang dimilikinya. Di samping itu, ia mampu menangani masalah yang bersifat berketaktentuan secara berkesan disebabkan pembuat keputusan boleh menilai secara linguistik sepenuhnya sekaligus memudahkan mereka membuat keputusan dengan lebih cekap dan berkesan.*

*Kata kunci: Model dwikabur konflik; pembuat keputusan multi-kriteria; sisa pepejal perbandaran*

### ABSTRACT

*This research focuses on the application of a new fuzzy model for selecting municipal solid waste (MSW) disposal systems which recently has been big burden, particularly in central Peninsular Malaysia. The state of Selangor and Kuala Lumpur Federal Territoring (KLFT) for instance, recorded the highest MSW generation which estimated more than 2.32 million tonnes per year in 2005. Generally, the process to identify the most suitable disposal system involves various criteria and the options. It also involves the multi-criteria consideration from multiple stakeholders in decision process. In view of this problem, the conflicting bifuzzy multi-criteria model was proposed in an analytic hierarchy process (AHP) method using linguistic hedges concepts (i.e., dilation and concentration). This approach was adopted by using the new set theory, namely 'conflicting bifuzzy set'. A case study in the state of Selangor and KLFT was utilised to demonstrate the applicable of the proposed model. Based on the calculations, the model offers a comprehensive evaluation in order to have on equilibrium characteristics in every single evaluation processes. Besides that, it also deals efficiently with the uncertainty in initial information through fully linguistic approach thus can assist the decision makers to make a better decision in an effective manner.*

*Keywords: Conflicting bifuzzy model; multi-criteria decision making; municipal solid waste*

### PENGENALAN

Dewasa ini, isu pengurusan sisa pepejal perbandaran (SPP) di Malaysia sering mendapat perhatian sama ada oleh pihak kerajaan mahupun orang awam. Ini disebabkan peningkatannya sering dikaitkan dengan pertambahan jumlah penduduk yang dianggarkan berjumlah 23.49 juta (tahun 2005), kesan pertumbuhan ekonomi dan taraf hidup warga bandar yang sekaligus mengakibatkan penghasilan SPP yang semakin meruncing. Di Semenanjung Malaysia sahaja misalnya, jumlah penghasilan SPP telah meningkat

secara mendadak daripada 16,200 tan sehari pada tahun 2001 kepada 19,100 tan sehari pada tahun 2005, atau secara puratanya menyumbang sebanyak 0.8 kg/kapita/hari (Kerajaan Malaysia 2006). Disebabkan jumlah peningkatan SPP yang begitu ketara saban tahun, kerajaan telah membuka dua tapak pengambusan di Seelong, Johor dan Bukit Tagar, Selangor sebagai tambahan tapak pengambusan sedia ada dalam Rancangan Malaysia Kesembilan (RMK-9). Umumnya, jumlah peningkatan penghasilan SPP setiap tahun di Malaysia tidak jauh bezanya dengan kebanyakan

negara-negara Asia lain yang dianggarkan mencecah 8 juta tan/hari (World Bank 1999).

Jumlah tapak pengambusan SPP di Malaysia dianggarkan sebanyak 230 buah dan lebih daripada 78% atau 181 tapak pengambusan mengamalkan kaedah pembuangan dan pembakaran terbuka, sementara baki 49 tapak berada pada kategori pengambusan tak terkawal. Meskipun begitu, jumlah ini menurun sedikit kepada 161 tapak dalam tahun 2002 dengan penambahbaikan dan bakinya sebanyak 84 buah tapak dalam kategori terkawal (MHLG 2002). Di kebanyakan majlis perbandaran, secara umumnya masih mengamalkan pembuangan dan pelupusan secara terbuka (Lokman & Othman 1992) sekaligus mencetuskan pencemaran alam sekitar seperti masalah enap cemar, pencemaran bau busuk, peningkatan pembebasan gas metana, malah masalah kesihatan penduduk sekeliling seperti gatal-gatal kulit, dan lain-lain juga berlaku. Menurut kajian awal ke atas 24 majlis perbandaran oleh Persatuan Perlindungan Alam Sekitar Malaysia (EPSM), dianggarkan lebih 80% tapak pengambusan yang wujud mengamalkan pembakaran terbuka sebagai kaedah utama untuk melupuskan sisa pepejal yang diterima daripada kawasan sekeliling (ESPM 1979). Ini menyebabkan kualiti udara yang merosot di samping mengundang pelbagai penyakit bawaan berpunca daripada haiwan seperti tikus, lalat dan sebagainya. Contohnya, sebanyak 208 kes pembakaran terbuka berlaku direkodkan di tapak pengambusan pada tahun 2004 dan jumlah ini meningkat kepada 367 kes pada tahun 2005 atau menyumbang sebanyak 8.25% kebakaran berlaku di tapak pengambusan (Jabatan Alam Sekitar 2004; 2005).

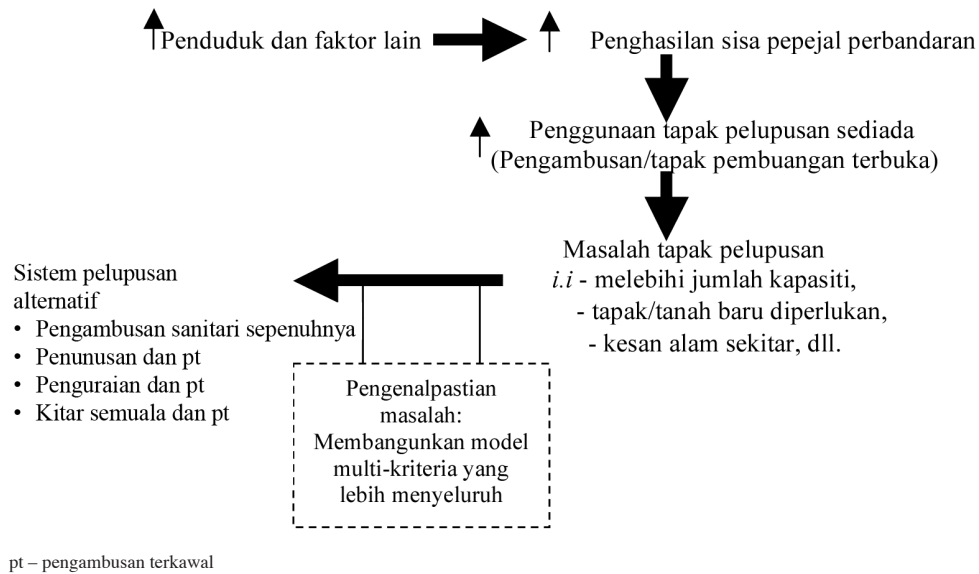
Keadaan ini bertambah runcing apabila bilangan tapak pengambusan sedia ada amat terhad dan lebih daripada separuh bilangannya sudah hampir mencapai kapasiti yang maksimum untuk menerima sebarang pertambahan sisa pepejal. Sekiranya jumlah sisa yang diterima melebihi kapasiti sedia ada, maka masalah lain seperti pencemaran alam sekitar, masalah enap cemar, pencemaran bau, serta bantahan kuat oleh penduduk setempat akan berlaku. Di samping itu, faktor lain seperti kekurangan tapak pengambusan yang sesuai, reka bentuk tapak yang ketinggalan zaman, kekurangan tenaga mahir, tiada sistem rawatan dan pengumpulan enap cemar yang sistematik merupakan masalah tambahan yang juga sering dikaitkan dengan negara membangun seperti Malaysia. Kesemua kekangan ini akan mengakibatkan masalah kian meruncing khususnya terhadap kesihatan penduduk serta pencemaran alam sekitar jika tidak ditangani secara bijaksana.

Beberapa pilihan serta pendekatan boleh digunakan untuk mengatasi masalah tersebut, dan di kebanyakan negara membangun langkah-langkah seperti mendapatkan/membina tapak pengambusan yang baru (Siddiqui et al. 1996), menaik taraf status tapak sedia ada kepada pengambusan sanitari sepenuhnya, dan lain-lain sering menjadi pilihan untuk penyelesaian jangka pendek dan sederhana. Meskipun begitu, keputusan untuk membina tapak pengambusan baru sering mendapat tentangan oleh penduduk setempat kerana dianggap mengganggu dan

mencemari persekitaran kampung mereka. Begitu juga usaha untuk menaik taraf tapak sedia ada menemui jalan buntu disebabkan proses pembandaran yang begitu pesat. Contohnya, kawasan tapak pengambusan yang dahulunya jauh terpencil berpuluh-puluh kilometer daripada kawasan perumahan, kini begitu hampir dan hanya kurang satu kilometer dari kawasan penempatan mereka. Oleh itu, keputusan untuk mempertimbangkan jenis sistem pelupusan pilihan dilihat lebih rasional dan relevan untuk jangka masa panjang sesuai dengan hasrat negara untuk mencapai wawasan negara maju menjelang tahun 2020.

Memandangkan keputusan untuk memilih jenis sistem pelupusan mempunyai pelbagai faktor pertimbangan, maka kaedah pembuat keputusan multi-kriteria dilihat kaedah yang paling sesuai untuk memformulasikan masalah sebenar secara bermatematik. Justeru kajian ini bermatlamat untuk mengusulkan dan menggunakan satu model multi-kriteria baru menggunakan pendekatan set dwikabur konflik (Zamali et al. 2008a) yang mengambil kira kedua-dua aspek positif dan negatif secara serentak dalam setiap proses penilaian. Selain itu, model usulan ini juga memanfaatkan konsep 'dilasi' dan 'konsentrasi' untuk mengukur kepentingan setiap kriteria kajian dalam proses hierarki analitik (AHP) (Saaty 1980). Untuk tujuan tersebut, kajian ini akan mengupas realiti permasalahan yang dihadapi serta rasional untuk memilih sistem pelupusan perbandaran pilihan. Ide set dwikabur konflik juga akan dibincangkan dan pembolehubah dan penegasan linguistik secara lebih dekat. Kerencaman yang pelbagai ini diusul dengan model multi-kriteria dwikabur konflik. Model yang diusulkan ini diyakini mampu membantu pihak berkuasa untuk membuat keputusan secara mudah, lebih menyeluruh, cekap, serta sesuai dalam konteks tempatan.

Masalah peningkatan kuantiti yang besar dalam penghasilan SPP di Selangor dan Kuala Lumpur dianggarkan sebanyak 2.32 juta tan setahun pada tahun 2005 dan menunjukkan aliran peningkatan melebihi 3.5 peratus setahun. Seperti ditunjukkan di Rajah 1, masalah ini kian meruncing disebabkan peningkatannya seiring dengan pertambahan jumlah penduduk serta faktor penyumbang lain seperti pertumbuhan ekonomi yang pesat, proses pembandaran, struktur usia muda penduduk, kepelbagaian bangsa yang mengamalkan adat resam dan perayaan yang berbeza, struktur bahan pengeluaran dan lain-lain. Tambahan pula, jumlah tapak pengambusan yang sedia ada di negeri terbabit tidak mampu menampung kuantiti penghasilan SPP yang menunjukkan peningkatan mendadak untuk jangka masa panjang. Bagi mengatasi masalah ini, kerajaan pusat merancang untuk menggunakan sistem pelupusan pilihan seperti kaedah pengambusan sanitari sepenuhnya, penunuan, penguraian, dan kitar semula yang kini diamalkan oleh negara-negara maju seperti Jepun, Amerika Syarikat, Perancis dan negara Eropah lain. Namun begitu, keputusan untuk memilih jenis sistem pelupusan yang sesuai melibatkan banyak faktor pertimbangan (multi-kriteria) seperti faktor kos, alam sekitar, teknologi, sosial dan sebagainya.



RAJAH 1. Urutan permasalahan keputusan multikriteria pemilihan sistem pelupusan sisa pepejal perbandaran

## BAHAN DAN KAEDAH

### SET DWIKABUR KONFLIK

Sebelum dibincangkan lebih terperinci, diberi susur galur bagaimana teretusnya ide untuk memperkenalkan teori set dwikabur konflik (Abu Osman 2006) berasaskan teori set kabur intuisinistik serta hubungkaitnya dengan teori-teori set yang lain dicetuskan oleh:

Takrif 1: Setiap unsur  $x$  dalam set semesta  $U$  digambarkan secara keahlian kepada set ketara  $Z$  atau bukan keahlian kepada set  $Z$ . Fungsi keahliannya boleh diwakili secara umum seperti berikut:

$$\mu_z(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } x \in Z \\ 0 & \text{jika } x \notin Z \end{cases}$$

Dalam teori set ketara ini, sesuatu peristiwa digambarkan secara dedua, seperti 'betul' atau 'salah', 'ya' atau 'tidak', 'lulus' atau 'gagal', 'benar' atau 'palsu', dan sebagainya. Dalam kehidupan seharian, teori ini agak terbatas penggunaannya dan tidak mampu untuk membantu menyelesaikan masalah rumit secara lebih tepat dan berkesan. Umpamanya, prestasi seseorang pekerja bukan sahaja dapat dikategorikan 'cemerlang' dan 'tidak cemerlang', tetapi sebaliknya prestasi pekerja terbabit mungkin berada di luar julat dua kategori tersebut, contohnya 'agak cemerlang' atau 'sederhana cemerlang', atau mungkin juga 'amat cemerlang', dan sebagainya.

Takrif 2: Set kabur dalam set semesta  $U$  dicirikan dengan fungsi keahlian  $\mu_z(x)$  yang mengambil nilai dalam selang  $[0, 1]$ .

Ia dicirikan oleh  $\mu_z : x \in [0, 1]$  yang menggambarkan darjah keahlian sesuatu hubungan dalam set kabur. Ringkasnya, semakin  $\mu_z(x)$  menghampiri nilai 1, semakin

tinggi darjah keahlian  $x$  dalam  $Z$  dan semakin  $\mu_z(x)$  menghampiri nilai 0, semakin rendah darjah keahlian  $x$  dalam  $Z$ . Seterusnya teori ini dilanjutkan kepada teori set kabur intuisinistik (SKI) yang mengambil kira dwidarjah keahlian (Atanassov 1986) dan ditakrifkan pula seperti berikut:

Takrif 3: Katalah  $A$  ialah set tetap. Set kabur intuisinistik  $A$  dalam semesta  $U$  ditakrifkan seperti berikut:

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \gamma_A(x) \rangle; x \in X \}$$

yang masing-masing fungsinya dicirikan oleh  $\mu_A(x) : U \in [0, 1]$  dan  $\gamma_A(x) : U \in [0, 1]$ , dan darjah keahlian dan bukan keahlian untuk unsur  $x \in U$  terhadap set  $A$ , yang juga subset terhadap  $U$ , bagi setiap  $x \in U$ , memenuhi syarat  $0 \leq \mu_A(x) + \gamma_A(x) \leq 1$ .

Namun begitu, teori SKI mensyaratkan  $0 \leq \mu_A(x) + \gamma_A(x) \leq 1$  dan konsep pelengkap yang memenuhi  $\mu_A(x) = 1 - \gamma_A(x)$ . Namun secara umumnya ia tidak semestinya sentiasa mematuhi kedua-dua syarat di atas. Umpamanya, jika kita menilai sesuatu perkara berdasarkan darjah kepentingan yang berada pada darjah 0.75 secara perbandingan tetapi dalam masa yang sama 'kekurangannya' juga tidak dinafikan pada skor 0.3, iaitu  $0.75 + 0.3 \geq 1$  maka ini ternyata tidak memenuhi syarat SKI yang diberikan oleh Atanassov. Justeru pendekatan baru ini melonggarkan kekangan yang dibuat oleh teori SKI Atanassov, yang mensyaratkan darjah keahlian dan darjah bukan keahlian memenuhi syarat  $0 \leq \mu_A(x) + \gamma_A(x) \leq 1$ . Justeru, diperkenalkan suatu teori set yang baru yang ditakrifkan seperti berikut:

Takrif 4: Set dwikabur konflik  $A$  di dalam set semesta  $X$  ditakrifkan seperti berikut:

$$A = \{ x, \mu_A(x), \gamma_A(x) | x \in X \}$$

dicirikan oleh dua fungsi  $\mu$  dan  $\gamma$ , yang  $\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1]$  dengan  $\mu_A(x)$  mewakili darjah ‘kepositifan’  $x \in X$  terhadap  $A$  dan  $\gamma_A(x) : X \rightarrow [0,1]$  dengan  $\gamma_A(x)$  mewakili darjah ‘kenegatifan’  $x \in X$  terhadap  $A$ .

Berdasarkan Takrif 4 dan contoh dalam Jadual 1 di bawah, jelaslah teori set dwikabur konflik ‘melonggarkan’ syarat SKI Atanassov dan membenarkan nilai positif  $\mu_A(x)$  dan negatif  $\gamma_A(x)$  berlegar dalam julat yang munasabah bergantung kepada kepakaran dan pengalaman pembuat keputusan.

PEMBOLEHUBAH DAN PENEGASAN LINGUISTIK

*Pembolehubah linguistik* Dalam kehidupan seharian, ungkapan ‘bersahaja’ sering digunakan untuk memperihal sesuatu kejadian atau mewakili suatu pembolehubah. Umpamanya, apabila kita katakan indeks pencemaran udara di sesuatu kawasan itu ‘bahaya’, maka ia pastinya mencapai skor indeks yang tinggi dalam penilaian. Kita gunakan perkataan ‘tinggi’ dalam memperihalkan indeks pencemaran. Oleh itu, ungkapan ‘pencemaran bahaya’ boleh disetarakan dengan perkataan ‘tinggi’ (skor indeksnya) untuk menunjukkan tahap pencemaran udara di sesuatu kawasan. Jelas bahawa ungkapan ‘pencemaran bahaya’ boleh menggunakan nilai berangka seperti indeks pencemaran 81, 88, 99, dan lain-lain. Zadeh (1975) mentakrifkan pembolehubah linguistik secara formal seperti berikut:

Takrif 5: Suatu pembolehubah linguistik dicirikan dengan  $(X, T, U, M)$  yang;

1.  $X$  ialah nama bagi sesuatu pembolehubah linguistik: Contohnya:  $X = \{\text{pencemaran udara}\}$
2.  $T$  ialah set nilai linguistik yang boleh diambil oleh  $X$ . Contohnya:  $T = \{\text{tinggi, sederhana, rendah}\}$
3.  $U$  ialah domain fizikal sebenar dengan pembolehubah linguistik  $X$  mengambil nilai ketara. Contohnya:  $U = [0 \text{ skor}, N_{maks}]$
4.  $M$  ialah nilai semantik yang berkaitan dengan setiap satu nilai linguistik dalam  $T$  berserta dalam  $U$ . Contohnya:  $M$  berkait “tinggi”, dan “sederhana” dan boleh diwakilkan dengan fungsi keahlian tertentu.

Menurut Wang (1997), pembolehubah linguistik adalah perluasan pembolehubah berangka, dalam erti kata memberi ruang kepada set kabur untuk menggunakan nilai tertentu. Sifat pembolehubah linguistik yang anjal, membolehkan nilai pembolehubah dilenturkan daripada perkataan asal memandangkan dalam kehidupan seharian kita sering menggunakan lebih daripada satu perkataan apabila menerangkan sesuatu peristiwa/perkara.

*Nombor Kabur* Nombor kabur merupakan asas aritmetik kabur yang banyak digunakan dalam pelbagai bidang penyelidikan terutamanya sains keputusan (Zamali & Abu Osman 2004). Sumber berkenaan nombor kabur ini boleh dilihat seperti dalam Zimmermann (1991) dan Kaufmann dan Gupta (1991) yang banyak membincangkan aritmetik kabur juga merangkumi teori serta penggunaannya. Sementara operasi aritmetik pelbagai nombor kabur boleh diperolehi secara terperinci dalam Zimmermann (1994).

Takrif 6: Katakan  $Z$  set kabur dalam  $\mathbf{R}$ .  $Z$  dipanggil nombor kabur jika memenuhi empat syarat berikut:

1.  $Z$  normal, iaitu  $\exists x_1 \in U, \mu_z(x_1) = 1$
2.  $Z$  cembung, iaitu  $\mu_z[\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2] \geq \min[\mu_z(x_1), \mu_z(x_2)]$ ; yang  $\lambda \in [0, 1]$
3.  $Z$  mempunyai sokongan terbatas
4. Semua potongan- $\alpha$   $Z$  adalah selang tertutup  $\in \mathbf{R}$ , iaitu  $Z_\alpha = \{x \in U \mid \mu_z \geq \alpha\}$

Dalam kajian ini, kami memanfaatkan nombor kabur segitiga (NKS) dan operasi aritmetik kabur untuk memformulasikan ketaktentuan sumber maklumat awal dalam proses penilaian. Umumnya, jika suatu NKS diwakili oleh  $X_1 = (a_1, a_2, a_3)$ , maka bentuk dan fungsi keahliannya dapat ditunjukkan seperti Rajah 2.

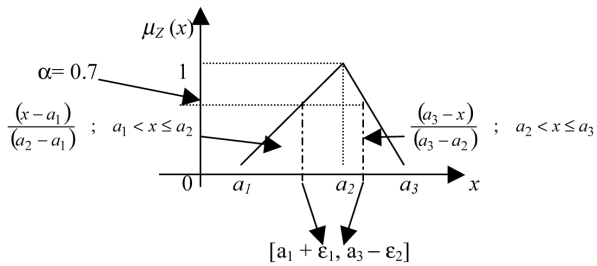
*Operasi Aritmetik NKS* Berdasarkan sifat NKS dan prinsip perluasan oleh Zadeh (1965), secara ringkasnya pengiraan aljabar secara tigaan adalah memenuhi empat prinsip operasi asas berikut:

1. Prinsip penambahan ( $\oplus$ )  
 $(a_1, a_2, a_3) \oplus (a_4, a_5, a_6) = (a_1 + a_4, a_2 + a_5, a_3 + a_6)$

JADUAL 1. Contoh perbandingan penilaian dan kategori teori set

Contoh penilaian ( $\mu_A, \gamma_A$ )	Jenis teori set		
	Set kabur (Zadeh 1965)	Set kabur intuisistik (IFS) (Atanassov 1986)	Set dwikabur konflik
Baik ( $\mu_A = 0.8$ ) Buruk ( $\gamma_A = 0.2$ )	✓	✓	✓
Baik ( $\mu_A = 0.8$ ) Buruk ( $\gamma_A = 0.1$ )	×	✓	✓
Baik ( $\mu_A = 0.8$ ) Buruk ( $\gamma_A = 0.3$ )	×	×	✓

‘✓’ ~ tergolong dalam kategori teori set terbabit; ‘×’ ~ tidak tergolong dalam kategori teori set terbabit



RAJAH 2. Nombor kabur segitiga

2. Prinsip pendaraban ( $\odot$ )  
 $(a_1, a_2, a_3) \odot (a_4, a_5, a_6) = (a_1 a_4, a_2 a_5, a_3 a_6)$ ; yang  $a_1 \geq 0, a_2 \geq 0$
3. Prinsip pendaraban untuk sebarang nombor nyata  $k$ .  
 $k \odot \mu_Z(X) = (k, k, k) \odot (a_1, a_2, a_3) = (ka_1, ka_2, ka_3)$
4. Prinsip penolakan ( $\theta$ )  
 $(a_1, a_2, a_3) \theta (a_4, a_5, a_6) = (a_1 - a_4, a_2 - a_5, a_3 - a_6)$

**Penegasan Linguistik** Dalam situasi harian, kita sering menggunakan pelbagai perkataan untuk menjelaskan sesuatu peristiwa. Biasanya kita menggunakan perkataan tertentu untuk menunjukkan sesuatu peristiwa atau perkara adalah lebih/kurang daripada sesuatu yang lain. Contohnya, apabila selesai sahaja jawatan kuasa teknikal alam sekitar memeriksa cadangan lokasi tapak pelupusan, mereka bersetuju untuk memberi penilaian seperti “sangat sesuai”, “agak sesuai”, “sangat tidak sesuai”, dan sebagainya. Justeru, perkataan seperti “sangat”, “agak”, “sangat tidak” itu dinamakan penegasan linguistik dan ditakrifkan seperti berikut:

Takrif 7: Penegasan atau ubahsuaian linguistik adalah operasi yang mengubahsuaikan sesuatu sebutan menjadi lebih umum terhadap set kabur. Jika  $\tilde{A}$  ialah set kabur, maka ubahsuaian  $k$  menghasilkan (gabungan) sebutan  $B = k(\tilde{A})$ .

Pengubahsuaian biasanya menggunakan dua konsep penegasan berikut:

**Konsentrasi** :  $\mu_{on(\tilde{A})}(x) = [\mu_{\tilde{A}}(x)]^n$ ,  
 yang  $n > 1$ . (1)

**Dilasi** :  $\mu_{dil(\tilde{A})}(x) = [\mu_{\tilde{A}}(x)]^{1/n}$ ,  
 yang  $n > 1$ . (2)

Takrif 8: Penegasan linguistik dan takrif penghampirannya dikelaskan seperti Jadual 2 di bawah.

PEMBINAAN MODEL DWIKABUR KONFLIK

Realitinya masalah keputusan untuk memilih pelupusan SPP melibatkan pertimbangan multikriteria serta pelbagai pihak yang berkepentingan (*i.i.*, pihak kerajaan, pakar bidang, badan bukan kerajaan, dan sebagainya.), maka model usulan yang dibina haruslah secocok dengan masalah yang dihadapi. Oleh itu, bahagian ini membincangkan khusus pendekatan model usulan yang menggunakan kaedah AHP berasaskan pembolehubah dan penegasan linguistik berpemberat (*i.i.*, konsep dilasi dan konsentrasi).

**Pembinaan struktur berhierarki** Masalah sebenar dibentuk ke dalam struktur berhierarki untuk memudahkan penyelesaian. Umpamanya, struktur berhierarki empat tahap mengandungi matlamat yang hendak dicapai berada pada tahap teratas (pertama), sementara tahap kedua mengandungi kriteria-kriteria utama atau faktor-faktor yang harus dipertimbangan untuk mencapai matlamat. Tahap ketiga pula mengandungi subkriteria untuk setiap kriteria di tahap sebelumnya, dan pilihan yang dipertimbangkan berada di kedudukan terakhir (tahap keempat).

**Kira skor penilaian** Untuk menangani maklumat yang bersifat kualitatif, pembolehubah linguistik kabur digunakan bagi membina nilai-nilai yang berpadanan dengan NKS menggunakan Persamaan (6). Manakala data/maklumat yang berbentuk ketara, kita bina fungsi keahlian seperti di Jadual 5. Penilaian secara langsung digunakan (Jadual 3) untuk menilai kepentingan setiap kriteria dan pilihan kajian.

**Pengaggregatan penilaian kumpulan pembuat keputusan** Dalam kebanyakan kes, keputusan biasanya dibuat secara berkumpulan. Jika pemberat setiap individu pembuat keputusan adalah sama, maka boleh ditulis sebagai;  $w_1 = w_2$

JADUAL 2. Nilai-nilai penegasan spesifik untuk dilasi dan konsentrasi (Cox 1994)

Penegasan linguistik	Jenis penegasan	Nilai penegasan (n)
Amat sangat A	Konsentrasi	$[\mu_{amat\ sangat\ A}(x)]^3$
Sangat A	Konsentrasi	$[\mu_{sangat\ A}(x)]^2$
A ( <i>i.e.</i> , tiada penegasan)	-	$[\mu_A(x)]^1$
Kurang A	Dilasi	$[\mu_{kurang\ A}(x)]^{1/2}$
Sangat kurang A	Dilasi	$[\mu_{sgt\ kurang\ A}(x)]^{1/4}$
<sup>1</sup> Penegasan linguistik yang berada antara pagaran di atas	Konsentrasi/dilasi	julat nilai antara penegasan di atas

<sup>1</sup>Bermaksud penegasan linguistik di atas boleh dijelmakan antara dua kedudukan (pagaran), seperti penegasan linguistik yang terletak antara “Amat Sangat A” dengan “Sangat A”

JADUAL 3. Pembolehubah linguistik yang berpadanan dengan NKS

Sangat rendah (SR)	Rendah (R)	Agak rendah (AR)	Sederhana (S)	Agak tinggi (AT)	Tinggi (T)	Sangat tinggi (ST)
(0,0,0.1)	(0,0.1,0.3)	(0.1,0.3,0.5)	(0.3,0.5,0.7)	(0.5,0.7,0.9)	(0.7,0.9,1.0)	(0.9,1.0,1.0)

JADUAL 4. Penegasan kepentingan untuk setiap kriteria

Kriteria	Kumpulan pembuat keputusan		
	D <sup>1</sup>	D <sup>2</sup>	D <sup>3</sup>
C <sub>1</sub>	ASP	ASP	ASP
C <sub>2</sub>	P	SP	ASP
C <sub>3</sub>	SP	P	SP
C <sub>4</sub>	KP	ASP	KP

Nota: ASP ~ Amat sangat penting; P ~ Penting; SP ~ Sangat penting; KP ~ Kurang penting

JADUAL 5. Data ketara untuk kos operasi (c<sub>12</sub>) untuk keempat-empat sistem

Item (c <sub>12</sub> )	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	Fungsi keahlian
Purata kos operasi (RM/tan)	150	125	187.5	737.5	$\mu_{12} = \begin{cases} (900 - x) / 1000, & 100 \leq x \leq 800 \\ 1, & x \leq 100 \end{cases}$

= ... = w<sub>n</sub> =  $\frac{1}{n}$ . Sebaliknya, kita aggregatkan menggunakan NKS untuk mendapat purata daripada penilaian yang dibuat oleh kumpulan pembuat keputusan, menggunakan rumus berikut boleh digunakan.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{S} [\tilde{x}_{ij}^1 (+) \tilde{x}_{ij}^2 (+) \dots (+) \tilde{x}_{ij}^S]. \tag{3}$$

$$\tilde{w}_j = (\mu_{dil/con} A(x))^n. \tag{4}$$

yang  $\tilde{w}_j^s, \tilde{w}_j$  adalah masing-masing pemangkatan dan pemberat kepentingan pembuat keputusan ke-S, dan  $\eta = (\alpha + \beta + \dots + \gamma) / S$  ialah kuasa dilasi atau konsentrasi kriteria k (Takrif 8), manakala  $\alpha, \beta$ , dan  $\gamma$  ialah penegasan linguistik yang dibuat oleh setiap kumpulan pembuat keputusan (S).

**Bina matriks keputusan kabur** Umumnya, keputusan multi-kriteria kabur boleh diwakili dalam bentuk matriks berikut:

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}, \text{ dan } \tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \tag{5}$$

yang A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, ..., A<sub>m</sub> adalah pilihan yang mungkin, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, ..., C<sub>n</sub> adalah kriteria yang prestasinya diukur menggunakan pembolehubah linguistik. Umumnya, pembolehubah

linguistik boleh diwakili dengan NKS dalam bentuk,  $\tilde{x}_{ij}(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  dan  $\tilde{w}_{ij}(w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ .

**Penormalan** Bagi menyeragamkan data masukan yang berbentuk NKS, proses penormalan diperlukan untuk memastikan nilainya sentiasa berada dalam julat [0,1]. Misalkan NKS diwakili  $\tilde{x}_{ij}(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  (i = 1, 2, ..., n; j = 1, 2, ..., m), dan matriks keputusan diwakili oleh  $\tilde{R}$ .

$$\tilde{R} = (\tilde{r}_{ij})_{m \times n} \tag{6}$$

yang  $\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{M}, \frac{b_{ij}}{M}, \frac{c_{ij}}{M} \right); i = 1, 2, \dots, n$ ; dan

$$M = \max_j c_{ij}, j \in B.$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{N - c_{ij}}{N}, \frac{N - b_{ij}}{N}, \frac{N - a_{ij}}{N} \right); i = 1, 2, \dots, n; \text{ dan}$$

$$N = \max_i c_{ij}, j \in C.$$

B ialah kriteria-manfaat, iaitu semakin tinggi nilai  $\tilde{r}_{ij}$  maka semakin unggul sesuatu keputusan. Sebaliknya C ialah kriteria-kos, yang semakin rendah nilai  $\tilde{r}_{ij}$  maka semakin unggul sesuatu keputusan.

**Tentukan kuasa bagi dilasi dan konsentrasi** Penentuan kuasa untuk dilasi dan konsentrasi berasaskan Takrif 7 dan Takrif 8. Pembuat keputusan memberi nilai kepentingan untuk setiap kriteria dan boleh diwakili matriks berikut:

$$\begin{bmatrix} \tilde{r}_1 \\ \tilde{r}_2 \\ \vdots \\ \tilde{r}_m \end{bmatrix} = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} \begin{matrix} C_1 & C_j & C_n \\ \left( \begin{matrix} x_{11}^{(w_1)} & \dots & x_{1j}^{(w_j)} & \dots & x_{1n}^{(w_n)} \\ x_{i1}^{(w_1)} & \dots & x_{ij}^{(w_j)} & \dots & x_{in}^{(w_n)} \\ \dots & & & & \\ x_{m1}^{(w_1)} & \dots & x_{mj}^{(w_j)} & \dots & x_{mn}^{(w_n)} \end{matrix} \right) \end{matrix} \quad (7)$$

*Penyahkaburan* Katakan  $\mu_{ij}^{w_i} = (a_i, b_i, c_i)$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ;  $j = 1, 2, \dots, n$ ) adalah sebarang NKS, maka proses penyahkaburan kepada nilai ketara (Chen 1996) boleh dibuat menggunakan rumus berikut:

$$Z_i = \frac{1}{4}(a_i + b_i + b_i + c_i); \quad (i = 1, 2, 3, 4). \quad (8)$$

Justeru, pilihan terbaik boleh dikenalpasti dengan menyusunnya mengikut urutan menurun. Semakin besar nilai ketara yang diperolehi, maka semakin utama sesuatu pilihan itu untuk terpilih.

#### PENGGUNAAN MODEL MENGGUNAKAN KAJIAN KES

Bagi tujuan penggunaan model yang diusulkan, kajian kes di Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur dan Selangor digunakan. Pemilihan dua negeri dibuat memandangkan ia menghasilkan satu pertiga daripada jumlah keseluruhan penghasilan SPP di seluruh Malaysia (Kerajaan Malaysia 2006). Diberi maklumat ringkas kajian kes berkenaan yang dijalankan selama empat minggu pada bulan April 2008 yang lalu.

*Pengumpulan data dan kaedah penilaian* Pengumpulan maklumat/data boleh dibahagikan kepada dua kaedah; 1) dibuat secara temuduga bersemuka, dan 2) soalan berdasarkan borang soal-selidik yang direka bentuk oleh penyelidik. Soalan dikemukakan kepada semua pihak yang berkepentingan seperti pihak kerajaan, pakar daripada syarikat terkemuka yang menerima konsesi pengurusan sisa pepejal di Selangor dan Kuala Lumpur, juga dari badan bukan kerajaan. Prosedur kebolehpercayaan dan kebolehsahan yang digariskan oleh Reige (2003) digunakan bagi memastikan kaedah pengumpulan maklumat/data dibuat secara betul dan sah.

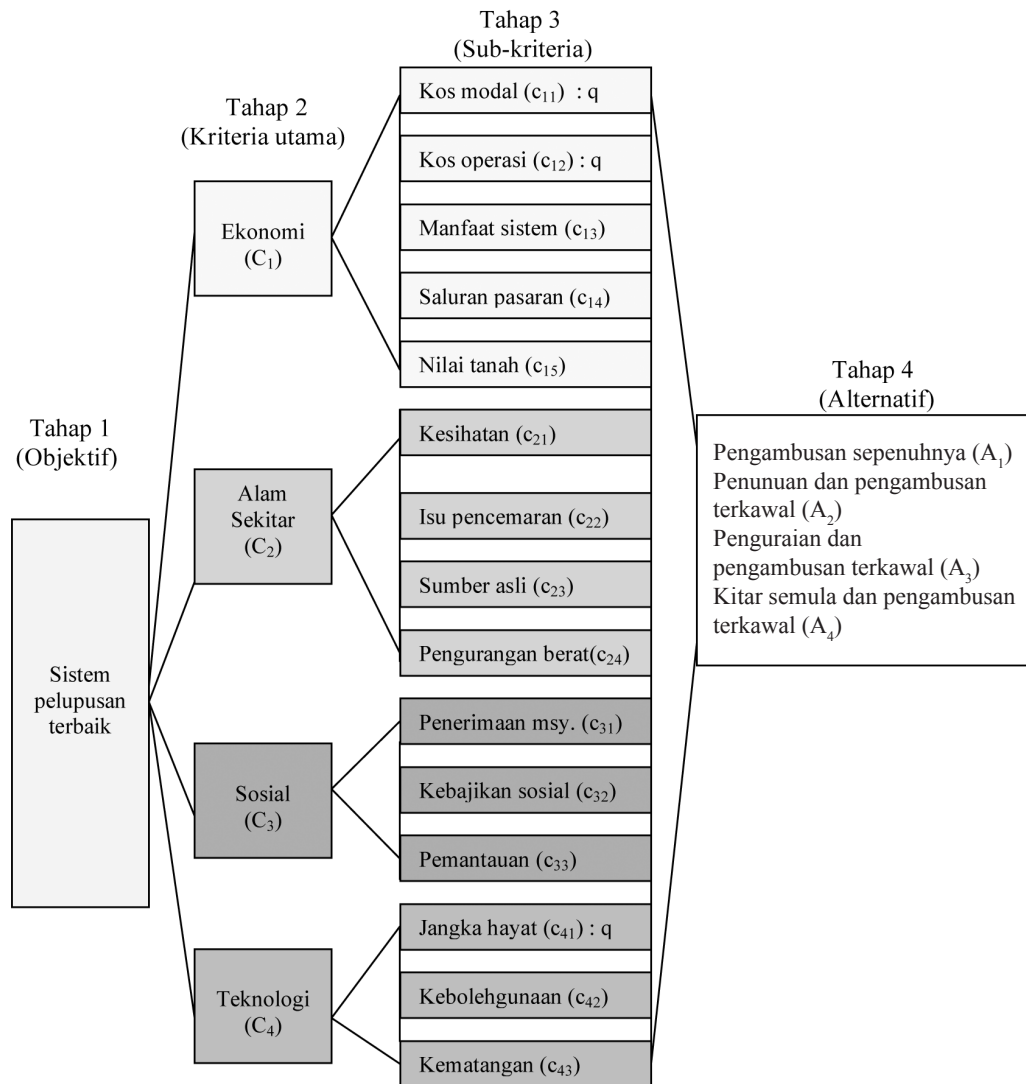
*Kriteria dan subkriteria pertimbangan* Kajian ini menggunakan empat kriteria utama dan lima belas subkriteria kesemuanya. Empat kriteria utama ialah; 1) faktor ekonomi, 2) kesan alam sekitar, 3) kesan sosial, dan 4) faktor teknologi sistem yang dipilih. Pemilihan kriteria di atas adalah berdasarkan kajian literatur yang dibuat (Hung et al. 2007; Su et al. 2007; Finnveden et al. 2007; Morrissey & Browne 2004; Klang et al. 2003) dan juga secara perbincangan dengan teliti dan mendapat pandangan daripada pihak pembuat keputusan yang berkepentingan di kawasan/negeri kajian seperti Jabatan Pengurusan Sisa Pepejal Negara, Majlis Perbandaran Klang dan badan bukan kerajaan .

*Pihak yang berkepentingan* Selain daripada temubual tidak rasmi yang dibuat ke atas berbelas-belas kakitangan yang terbabit secara langsung dalam pengurusan sisa pepejal di kawasan kajian, tiga kategori pihak yang berkepentingan dikenal pasti untuk menilai kesemua faktor-faktor pertimbangan. Ketiga-tiga kumpulan tersebut adalah; 1) pihak kerajaan ( $D^1$ ); 2) maklumat pakar bidang ( $D^2$ ), dan 3) badan bukan kerajaan ( $D^3$ ). Setiap kategori mengandungi sekurang-kurangnya dua orang yang berbincang untuk menilai setiap atribut yang dipertimbangkan. Keputusan muktamad setiap penilaian dibuat berdasarkan konsep persetujuan bersama (consensus).

*Pengiraan Berangka* Secara ringkasnya terdapat empat gabungan pilihan kaedah pelupusan yang dipertimbangkan dalam kajian ini diberi seperti berikut: 1)  $A_1$  ialah kaedah pengambusan jenis sanitari sepenuhnya, 2)  $A_2$  ialah kaedah penunuan bagi penghasilan tenaga dan pengambusan terkawal, 3)  $A_3$  ialah penguraian dan pengambusan terkawal, dan iv)  $A_4$  ialah kitar semula dan pengambusan terkawal. Seterusnya keputusan pemilihan gabungan sistem pelupusan adalah berdasarkan kriteria-kriteria berikut; 1) faktor ekonomi ( $C_1$ ), 2) faktor alam sekitar ( $C_2$ ), 3) faktor sosial ( $C_3$ ), dan 4) faktor teknologi ( $C_4$ ). Manakala, tiga kumpulan pihak yang berkepentingan terlibat untuk memberi penilaian berdasarkan pengalaman serta kepakaran masing-masing iaitu; pihak kerajaan ( $D^1$ ), maklumat pakar bidang ( $D^2$ ), dan badan bukan kerajaan ( $D^3$ ).

Berdasarkan pembinaan model dwikabur konflik menggunakan konsep *dilasi* dan *konsentrasi* maka permasalahan di atas dapat diformulasikan mengikut langkah-langkah berikut:

1. Pengenalpastian pilihan, kriteria-kriteria utama, dan subkriteria serta binakan dalam bentuk struktur berhierarchy empat tahap seperti ditunjukkan dalam Rajah 3.
2. Pembuat keputusan memberi pemberat untuk setiap kriteria menggunakan ungkapan linguistik seperti Takrif 8 berdasarkan konsep *dilasi* dan *konsentrasi*. Nilai-nilai oleh tiga kumpulan pembuat keputusan ditunjukkan dalam Jadual 4.
3. Penilaian secara langsung dibuat untuk memberi pangkat keutamaan pilihan terhadap semua subkriteria kualitatif menggunakan pendekatan dwikabur konflik. Aspek positif dan negatif penilaian masing-masing diwakili oleh simbol ( $a_{ij}^+$ ,  $a_{ij}^-$ ). Data masukan yang berbentuk NKS (*i.i.* subkriteria  $c_{11}$ , dan  $c_{41}$ ) dinormalisasikan menggunakan Persamaan(6), manakala data masukan berbentuk ketara ( $c_{12}$ ) pula dibinakan fungsi keahlian seperti ditunjukkan dalam Jadual 5. Fungsi keahlian yang dibina berasaskan sama ada kriteria terbabit merupakan kriteria-manfaat atau kriteria-kos. Jika kriteria-manfaat, maka semakin nilai keahliannya menghampiri nilai satu, maka semakin baik sesuatu kriteria terbabit, manakala untuk kriteria-kos pula sebaliknya (Jadual 11).



Nota: pt ~ pengambusan terkawal

RAJAH 3. Struktur berhairarki empat tahap

- Aggregatkan pemberat untuk setiap kriteria dan pemangkatan kabur  $\tilde{x}_{ij}$  yang masing-masing untuk mendapatkan pemangkatan pemberat kabur  $w_j$  dan pilihan  $A_i$  untuk setiap kriteria  $C_j$ . Matriks untuk ketiga-tiga pembuat keputusan masing-masing ditunjukkan dalam Jadual 6 – 8.
- Bina matriks keputusan kabur dan darabkan dengan kepentingan relatif berpemberat untuk setiap kumpulan pembuat keputusan. Kepentingan pemberat relatif untuk setiap kumpulan pembuat keputusan diperolehi seperti berikut:  $D^1 = 1/2$ ,  $D^2 = 1/3$ , dan  $D^3 = 1/6$ , dan  $\sum_{i=1}^3 (D)^i = 1$ . Hasilnya diperolehi seperti ditunjukkan dalam Jadual 9.
- Kira matriks prestasi kabur dengan memanfaatkan konsep *dilasi* dan *konsentrasi* dalam Jadual 2. Contohnya, nilai kuasa beragregat untuk  $C_1$  yang dibuat oleh ketiga-tiga pihak berkepentingan boleh diperolehi seperti berikut:  $n_1 = (3 + 3 + 3)/3 = 3$ .

Dengan cara yang sama, kuasa aggregat untuk  $C_2, C_3, C_4$  masing-masing dapat diperolehi, iaitu:  $n_2 = 2, n_3 = 5/3$ , dan  $n_4 = 4/3$ . Cara pengiraannya ditunjukkan dalam Persamaan(9) dan hasilnya dipuratakan (*i.i.* dibahagi dengan empat kriteria) dan diperolehi seperti dalam Jadual 10 .

$$\begin{bmatrix} \tilde{r}_1 \\ \tilde{r}_2 \\ \tilde{r}_3 \\ \tilde{r}_4 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} x_{11}^{(w_1)} & x_{12}^{(w_2)} & x_{13}^{(w_3)} & x_{14}^{(w_4)} \\ x_{21}^{(w_1)} & x_{22}^{(w_2)} & x_{23}^{(w_3)} & x_{24}^{(w_4)} \\ x_{31}^{(w_1)} & x_{32}^{(w_2)} & x_{33}^{(w_3)} & x_{34}^{(w_4)} \\ x_{41}^{(w_1)} & x_{42}^{(w_2)} & x_{43}^{(w_3)} & x_{44}^{(w_4)} \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$= \begin{bmatrix} (0.3595, 0.4359, 0.5474)^3 (0.2104, 0.3542, 0.5250)^2 (0.3899, 0.5583, 0.7167)^{5/3} (0.5750, 0.6778, 0.7444)^{4/3} \\ (0.3867, 0.4827, 0.5770)^3 (0.5125, 0.6604, 0.7750)^2 (0.1250, 0.2472, 0.4167)^{5/3} (0.6333, 0.7667, 0.8861)^{4/3} \\ (0.4722, 0.6042, 0.7247)^3 (0.3417, 0.5271, 0.7083)^2 (0.2750, 0.4389, 0.6139)^{5/3} (0.2028, 0.3139, 0.4556)^{4/3} \\ (0.4692, 0.5857, 0.6917)^3 (0.5292, 0.7063, 0.8417)^2 (0.5528, 0.7222, 0.8444)^{5/3} (0.392, 0.5778, 0.7556)^{4/3} \end{bmatrix}$$



JADUAL 6. Matriks keputusan agregat kabur untuk D<sup>1</sup>

		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
D <sup>1</sup> (1/2)	A <sub>1</sub>	(0.3862,0.4692,0.5808)	(0.3375,0.5250,0.70)	(0.5333,0.7167,0.850)	(0.70,0.7778,0.80)
	A <sub>2</sub>	(0.3750,0.4727,0.5704)	(0.550,0.7125,0.8250)	(0.0833,0.20,0.3667)	(0.6667,0.8056,0.9278)
	A <sub>3</sub>	(0.3856,0.5225,0.6563)	(0.3750,0.5625,0.7375)	(0.1167,0.250,0.4333)	(0.2389,0.3778,0.5333)
	A <sub>4</sub>	(0.3925,0.5140,0.6417)	(0.6250,0.80,0.9125)	(0.4833,0.6667,0.8167)	(0.3056,0.4778,0.6667)

JADUAL 7. Matriks keputusan agregat kabur untuk D<sup>2</sup>

		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
D <sup>2</sup> (1/3)	A <sub>1</sub>	(0.3362,0.4092,0.5208)	(0.0875,0.20,0.3750)	(0.20,0.3667,0.5667)	(0.5667,0.6944,0.7833)
	A <sub>2</sub>	(0.5150,0.6327,0.7204)	(0.6250,0.7875,0.90)	(0.250,0.4333,0.6333)	(0.6667,0.8222,0.9444)
	A <sub>3</sub>	(0.6256,0.7625,0.8663)	(0.30,0.50,0.70)	(0.30,0.50,0.70)	(0.0889,0.1611,0.30)
	A <sub>4</sub>	(0.5325,0.6440,0.7317)	(0.4125,0.5875,0.750)	(0.6667,0.80,0.8667)	(0.5222,0.7111,0.8667)

JADUAL 8. Matriks keputusan agregat untuk D<sup>3</sup>

		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
D <sup>3</sup> (1/6)	A <sub>1</sub>	(0.3262,0.3892,0.5008)	(0.0750,0.150,0.30)	(0.3333,0.4667,0.6167)	(0.2167,0.3444,0.50)
	A <sub>2</sub>	(0.1650,0.2127,0.3104)	(0.1750,0.250,0.3750)	(0.0,0.0167,0.1333)	(0.4667,0.5389,0.6444)
	A <sub>3</sub>	(0.4256,0.5325,0.6463)	(0.3250,0.4750,0.6375)	(0.70,0.8833,0.9833)	(0.3222,0.4278,0.5333)
	A <sub>4</sub>	(0.5725,0.6840,0.7617)	(0.4750,0.6625,0.8125)	(0.5333,0.7333,0.8833)	(0.4222,0.6111,0.80)

JADUAL 9. Matriks prestasi kabur berpemberat

Kriteria	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>
A <sub>1</sub>	(0.3595,0.4359,0.5474)	(0.2104,0.3542,0.5250)	(0.3889,0.5583,0.7167)	(0.5750,0.6778,0.7444)
A <sub>2</sub>	(0.3867,0.4827,0.5770)	(0.5125,0.6604,0.7750)	(0.1250,0.2474,0.4167)	(0.6333,0.7667,0.8861)
A <sub>3</sub>	(0.4722,0.6042,0.7247)	(0.3417,0.5271,0.7083)	(0.2750,0.4389,0.6139)	(0.2028,0.3139,0.4556)
A <sub>4</sub>	(0.4692,0.5857,0.6917)	(0.5292,0.7063,0.8417)	(0.5528,0.7222,0.8444)	(0.3972,0.5778,0.7556)
Penegasan (n)	3	2	5/3	4/3

Lakukan proses penyahkaburan menggunakan Persamaan(8) daripada matriks purata skor prestasi kabur setiap pilihan dalam Jadual 10. Contohnya, untuk pengiraan purata skor prestasi kabur pertama (Z<sub>1</sub>) ditunjukkan seperti di bawah.

$$z_1 = \frac{1}{4}(a_1 + b_1 + c_1) = \frac{1}{4}(0.1940 + 0.2956 + 0.956 + 0.4221) = 0.3018.$$

Dengan cara yang sama (Z<sub>i</sub>; i = 2,3,4) dapat diperolehi masing-masing seperti berikut:

$$Z_2 = 0.3417; \quad Z_3 = 0.2540; \quad Z_4 = 0.4409.$$

Kenal pasti keutamaan setiap pilihan dengan menyusun secara menurun.

JADUAL 10. Matriks purata skor prestasi kabur

Alternatif	$\tilde{r}_j = (a_i, b_i, c_i) (i = 1,2,3,4)$
A <sub>1</sub>	(0.1940, 0.2956, 0.4221)
A <sub>2</sub>	(0.2239, 0.3369, 0.4691)
A <sub>3</sub>	(0.1144, 0.2413, 0.4191)
A <sub>4</sub>	(0.2619, 0.4406, 0.6205)

Berdasarkan langkah (8) di atas, dapat diperhatikan yang Z<sub>4</sub> mempunyai nilai ketara yang terbesar antara Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, dan Z<sub>3</sub>, maka sistem pelupusan yang berpadanan, A<sub>4</sub> ialah sistem yang utama untuk dipilih.

JADUAL 11. Maklumat terperinci kajian

	A1			A2			A3			A4		
	DM1	DM2	DM3	DM1	DM2	DM3	DM1	DM2	DM3	DM1	DM2	DM3
<i>Ekonomi (C<sub>1</sub>)</i>												
Kos modal ( <i>c<sub>11</sub></i> ) (dlm RM billion)	(0.95, 1.0, 1.10)			(6.0, 6.25, 6.50)			(1.50, 1.95, 2.5)			(1.0, 1.25, 1.30)		
Kos operasi ( <i>c<sub>12</sub></i> ) (dlm RM/tan)	150			125			187.5			737.5		
Manfaat sistem ( <i>c<sub>13</sub></i> )	(AR,T)	(AR,T)	(R,T)	(T,AR)	(T,SR)	(SR,ST)	(S,S)	(T,AR)	(AT,R)	(S,AR)	(T,SR)	(T,R)
Saluran pemasaran ( <i>c<sub>14</sub></i> )	(S,S)	(AR,T)	(R,AT)	(T,S)	(T,AR)	(SR,T)	(AR,S)	(T,R)	(S,AT)	(AR,AT)	(T,AR)	(S,AR)
Nilai tanah ( <i>c<sub>15</sub></i> )	(SR,R)	(SR,R)	(R,ST)	(SR,T)	(S,AR)	(AR,T)	(AR,AT)	(AT,AR)	(SR,T)	(AT,AR)	(S,S)	(T,SR)
<i>Alam Sekitar (C<sub>2</sub>)</i>												
Kesihatan penduduk ( <i>c<sub>21</sub></i> )	(AR,AT)	(S,S)	(SR,T)	(S,AT)	(S,AR)	(SR,ST)	(AR,S)	(S,AR)	(R,ST)	(ST,R)	(AT,R)	(T,SR)
Isu pencemaran ( <i>c<sub>22</sub></i> )	(AR,T)	(R,T)	(SR,T)	(S,S)	(S,AR)	(SR,T)	(AT,SR)	(S,AT)	(S,AR)	(T,R)	(S,AR)	(S,AR)
Sumber asli ( <i>c<sub>23</sub></i> )	(T,R)	(R,ST)	(SR,ST)	(ST,SR)	(T,SR)	(SR,T)	(S,AT)	(S,AR)	(S,AT)	(ST,AR)	(AT,R)	(AT,R)
Pengurangan berat sisa ( <i>c<sub>24</sub></i> )	(AT,AR)	(AR,ST)	(S,S)	(T,SR)	(ST,SR)	(T,R)	(AT,S)	(S,AT)	(AT,SR)	(S,S)	(AR,ST)	(AR,AT)
<i>Sosial (C<sub>3</sub>)</i>												
Penerimaan masyarakat ( <i>c<sub>31</sub></i> )	(T,SR)	(S,AR)	(AT,S)	(S,AT)	(S,S)	(SR,T)	(AR,T)	(S,S)	(T,R)	(T,AR)	(ST,SR)	(S,AR)
Kebajikan penduduk ( <i>c<sub>32</sub></i> )	(AT,R)	(S,AT)	(AT,R)	(AR,ST)	(S,AR)	(SR,ST)	(R,ST)	(S,AT)	(T,AR)	(S,T)	(ST,SR)	(S,R)
Kemudahan mengurus ( <i>c<sub>33</sub></i> )	(AR,S)	(R,T)	(SR,ST)	(R,ST)	(AR,T)	(SR,ST)	(S,S)	(AT,S)	(T,SR)	(T,R)	(S,AT)	(T,R)
<i>Teknologi (C<sub>4</sub>)</i>												
Jangka hayat ( <i>c<sub>41</sub></i> ) (dlm tahun)	(9, 10, 12)			(18, 20, 25)			(8, 10, 12)			(20, 25, 30)		
Kebolehgunaan/ kesesuaian ( <i>c<sub>42</sub></i> )	(ST,SR)	(T,AR)	(S,S)	(T,SR)	(T,R)	(ST,R)	(S,AR)	(R,ST)	(T,R)	(S,AT)	(T,AR)	(S,AT)
Kematangan ( <i>c<sub>43</sub></i> )	(ST,SR)	(ST,R)	(AR,T)	(AT,R)	(T,R)	(SR,ST)	(AR,T)	(R,T)	(R,ST)	(AR,T)	(T,S)	(S,AR)

Nota: ST~Sangat tinggi, T~Tinggi, AT~Agak tinggi, S~Sederhana, AR~Agak rendah, R~Rendah, SR~Sangat rendah ; (a+, a-) ~ (aspek positif, aspek negatif)

## PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

Dalam suasana pertambahan penghasilan SPP yang saban tahun kian meningkat di Malaysia, keputusan untuk mempertimbangkan sistem pelupusan pilihan dilihat sebagai langkah bijak ke arah penyelesaian jangka masa panjang. Disebabkan keputusan pemilihan terbabit melibatkan masalah multikriteria serta melibatkan ramai pihak yang berkepentingan, maka model yang diusulkan dilihat dapat memberi kaedah terbaik penyelesaian yang menepati kehendak realiti semasa dalam konteks Malaysia. Bagi merealisasikan tujuan ini, kami telah mengusulkan model multi-kriteria dwikabur konflik dalam AHP berasaskan konsep penegasan linguistik sepenuhnya seperti penggunaan imbuhan “amat sangat”, “amat”, “agak” dan sebagainya untuk menilai sesuatu atribut. Umumnya, model usulan ini mempunyai ciri kelainan daripada model yang telah dan sedang diguna pakai untuk menyelesaikan masalah multikriteria, khususnya dalam masalah pemilihan sistem pelupusan SPP di Malaysia. Tambahan juga, model ini mempertimbangkan situasi pembuat keputusan berkumpulan yang selari dengan masalah yang dikaji.

Selain itu, pendekatan model yang diusulkan juga mempunyai kelebihan tersendiri seperti berikut:

- 1) lebih menyeluruh daripada aspek ciri timbal balas yang dimilikinya, iaitu aspek positif dan negatif dipertimbangkan secara serentak dalam proses penilaian;
- 2) dapat menilai secara ‘bersahaja’ disebabkan mekanisma penilaiannya menggunakan linguistik sepenuhnya tanpa perlu memikirkan secara kuantitatif atau digit seperti 1, 3, 5, dan sebagainya, dan 3) model yang serba boleh disebabkan ia mampu menyeragamkan pelbagai data masukan kepada penyelesaian yang sepadu sama ada data masukan yang berbentuk ketara, kabur, atau selang (*i.i.* NKS). Memandangkan ciri-ciri kelebihan yang ada dalam model usulan ini, maka ide pendekatan yang digunakan dilihat mampu memberi lebih keyakinan dan penilaian yang lebih menyeluruh ke arah membuat kata putus yang lebih baik dan berkesan. Justeru penggunaan pendekatan set dwikabur konflik seperti yang diusulkan dapat membantu memudahkan pihak berkuasa terbabit membuat keputusan secara berkesan disamping boleh dijadikan sebagai sistem sokongan dalam masalah yang serupa. Meskipun model yang kami usulkan ini terbatas kepada contoh penerapan dalam kajian kes, namun kami yakin ia boleh dijadikan sebagai mekanisma kata putus yang berkesan dan menyeluruh dalam pelbagai masalah multikriteria lain yang seumpama dengannya.

## PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan ribuan terima kasih atas kerjasama penuh daripada Majlis Perbandaran Kajang (MPK), Klang Selangor, Syarikat Alam Flora Sdn. Bhd., Jabatan Pengurusan Sisa Pepejal Negara, Kementerian Perumahan dan Kerajaan Tempatan Malaysia, Gabungan Persatuan-persatuan Pengguna-pengguna Malaysia (FOMCA), *Center of Environmental Technology Development Malaysia* (CETDEM) dan *Environmental Society Protection of Malaysia* (ESPM). Ucapan terima kasih juga ditujukan khas buat panel penilai atas komen dan cadangan membina untuk memperkemas isi kandungan dan persembahan penulisan. Akhirnya, kepada Abdul Razak Salleh (UKM) terima kasih banyak-banyak atas cadangan untuk penambahbaikan kertas kerja ini.

## RUJUKAN

- Abu Osman, M.T. 2006. Penilaian dwikabur konflik. *Kertas kerja dibentangkan di Simposium Sains Komputer dan Matematik (CSMS'06)*. Kolej Universiti Sains dan Teknologi Malaysia (KUSTEM), (8-9 Nov.).
- Atanassov, K.T. 1986. Intuitionistic fuzzy sets, *Fuzzy Sets and Systems* 110: 87-96.
- Cox, E. 1994. *The Fuzzy System Handbook*. New York: Academic Press.
- ESPM. 1979. *Rubbish: A Report of the Solid Waste Study of the Klang Valley*. Petaling Jaya: Environmental Protection Society Malaysia.
- Finnveden, G., Bjorklund, A., Reich, M. C., Eriksson, O. & Sorbom, A. 2007. Flexible and robust strategies for waste management in Sweden. *Waste Management* 27: S1-S8.
- Hung, M.L., Ma, H.W. & Yang, W.F. 2007. A novel sustainable decision making model for municipal solid waste management. *Waste Management* 27: 209-219.
- Jabatan Alam Sekitar. 2004. *Laporan Tahunan 2004*, Kementerian Sumber Asli dan Alam Sekitar, Malaysia.
- Jabatan Alam Sekitar. 2005. *Laporan Tahunan 2005*, Kementerian Sumber Asli dan Alam Sekitar, Malaysia.
- Kaufmann, A. & Gupta, M.M. 1991. *Introduction to Fuzzy Arithmetic and Applications*. New York: Van Nostrand Rienhold.
- Kerajaan Malaysia 2006. *Ninth Malaysia Planning (2006-2010)*, Putra Jaya, Malaysia.
- Klang, A., Vikman, P.A. & Brattebo, H. 2003. Sustainable management of demolition waste – an integrated model for the evaluation of environmental, economic and social aspects. *Resource, Conservation & Recycling* 38: 317-334.
- Lokman, M.H. & Othman, F.H. 1992. "Collection and disposal problems of solid waste in major cities of developing countries: A case of Malaysia, *Journal of Resource Management and Technology* 20: 105-112.
- MHLG. 2002. *Ministry of Housing and Local Government Annual Report 2002*. Kuala Lumpur.
- Morrissey, A.J. & Browne, J. 2004. Waste management models and their application to sustainable waste management. *Waste Management* 24: 297-308.
- Reige, A.M. 2003. Validity and reliability tests in case study research: A literature review with "hands-on" applications for each research phase. *Qualitative Market Research: An International Journal* 6(2): 75-86.
- Saaty, T.L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Siddiqui, M.Z., Everett, J.W. & Vieux, B.E. 1996. Landfill siting using geographic information systems: A demonstration. *Journal of Environmental Engineering* 122: 515- 523.
- Su, J.P., Chiueh, P.T., Hung, M.L. & Ma, H.W. 2007. Analyzing policy impact potential for municipal solid waste management decision-making: A case study of Taiwan. *Resources, Conservation and Recycling* 51: 418-434.
- Wang, L.X. 1997. *A Course in Fuzzy Systems and Control*. USA: Prentice - Hall International, Inc.
- World Bank 1999. "What a waste – Solid waste management in Asia", Urban and local government working papers, The International Bank for Reconstruction and Development/THE WORLD BANK, 1818 H. Street, N. W. Washington, D.C.
- Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy sets. *Information and Control* 3(8): 338-353.
- Zadeh, L.A. 1975. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning I, II, III, *Information Sciences* 8: 199-251, 301-357; 9: 43-80.
- Zamali T. & Abu Osman M. T. 2004. Pendekatan set kabur sebagai medium pemutusan. *Prosiding Seminar Kebangsaan Sains Pemutusan (17-19 Dis.)*, Pulau Pinang: 117-123.
- Zamali, T., Lazim, M. A. & Abu Osman, M. T. 2008a. A conflicting bifuzzy linguistic approach in fuzzy multi-criteria group decision making. *Kertas kerja dibentangkan dalam 4<sup>th</sup> IMT-GT International Conference on Mathematics, Statistics and Applications (ICMSA'08)*, Dianjurkan oleh Jurusan Matematik FMIPA UNSYIAH, Hermes Palace Hotel, Banda Aceh, Indonesia (9-11 June).
- Zamali, T., Lazim, M. A. & Abu Osman, M. T. 2008b. An introduction of conflicting bifuzzy sets theory. *International Journal of Mathematics and Statistics* 3(8): 86-95.
- Zimmermann, H. J. 1991. *Fuzzy Set Theory and Its Applications*. 2<sup>nd</sup> ed. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Zimmermann, H. J. 1994. *Fuzzy Set Theory and Its Applications*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Zamali Tarmudi\*  
Universiti Teknologi MARA (Cawangan Sabah)  
Beg Berkunci 71  
88997 Kota Kinabalu, Sabah  
MALAYSIA
- Abu Osman Md. Tap  
Jabatan Sistem Maklumat  
Kulliyah Teknologi Komunikasi dan Maklumat,  
Peti Surat 10, 50728 Kuala Lumpur  
MALAYSIA
- Mohd Lazim Abdullah  
Jabatan Matematik  
Fakulti Sains dan Teknologi  
Universiti Malaysia Terengganu  
21030 Kuala Terengganu, Terengganu  
MALAYSIA
- \*Pengarang untuk surat-menyurat, email: zamaliaya@hotmail.com
- Diserahkan: 1 Julai 2008  
Diterima: 25 Ogos 2008