

Fuzzy Multi-Attribute Decision Making untuk Klasifikasi Potensi Kewirausahaan Berdasarkan Theory of Planned Behavior

(Fuzzy Multi-Attribute Decision Making for Classifying Entrepreneurial Potential based on Theory of Planned Behavior)

Nova Rijati^{1,2}, Diana Purwitasari^{1,3}, Surya Sumpeno^{1,4}, Mauridhi Hery Purnomo^{1,4}

Abstract—Indonesia government has launched a program to encourage youth entrepreneurship as a strategy to improve national economy. This paper proposes a method to find an entrepreneurial potential based on academic behavior features that are extracted from the Higher Education Database PDDikti. The proposed approach applies the Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (FMADM) technique. Rules for extracting features of student academic behavior were following Theory of Planned Behavior (TPB) and resulting in 14 features. The FMADM model combines Fuzzy Simple Additive Weighting and Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, which is called FSAW-TOPSIS. Friedman Test demonstrated that FSAW-TOPSIS gives more optimal solution with the highest Mean Rank of the potential entrepreneurial value of 2.96. Besides, through Hamming Distance Test, FSAW-TOPSIS results the best order with a 98% percentage and ranking of the smallest Squared Error of 0.3%, which makes the proposed model offered a better solution. It can be concluded that using TPB variables in PDDikti environment with FSAW-TOPSIS technique provides an optimal recommendation on student entrepreneurship potential, which can be used as a part of a decision-making system for higher education management.

Intisari—Pemerintah Republik Indonesia mendorong lahirnya wirausahawan muda dari perguruan tinggi sebagai strategi meningkatkan taraf ekonomi bangsa. Makalah ini mengusulkan metode untuk mengetahui potensi kewirausahaan berdasarkan fitur perilaku akademik yang diekstrak dari Pangkalan Data Pendidikan Tinggi (PDDikti). Pendekatan Fuzzy Multi Attribute Decision Making (FMADM) diusulkan karena kriteria penentuan potensi kewirausahaan berdasarkan informasi bersifat ambigu, samar-samar, dan tidak lengkap. Perilaku akademik didefinisikan dengan *Theory of Planned Behavior* (TPB) dan menghasilkan empat belas kriteria. Usulan FMADM

merupakan kombinasi *Fuzzy Simple Additive Weighting* dengan *Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (FSAW-TOPSIS). Uji Friedman menunjukkan FSAW-TOPSIS memberikan solusi lebih optimal dengan nilai *mean rank* tertinggi sebesar 2,96. Pendukung lain adalah uji *Hamming distance* dengan persentase 98% urutan terbaik serta pengurutan (*ranking*) *mean squared error* terkecil, yaitu 0,3%, sehingga FSAW-TOPSIS menghasilkan solusi dengan tingkat kemiripan paling tinggi. Penggunaan variabel TPB pada PDDikti dengan FSAW-TOPSIS memberikan rekomendasi potensi kewirausahaan mahasiswa secara optimal sebagai bahan pengambilan keputusan bagi pimpinan perguruan tinggi.

Kata Kunci—Potensi Kewirausahaan, Database Akademik, Pendukung Keputusan, FMADM.

I. PENDAHULUAN

Dalam menyongsong era bonus demografi dan meningkatkan taraf ekonomi bangsa, Pemerintah Republik Indonesia mempersiapkan beberapa strategi nasional, di antaranya mendorong lahirnya para wirausahawan muda dari perguruan tinggi. Sejak tahun 1998, Kementerian Pendidikan Nasional memulai sebuah program khusus sebagai fondasi untuk mendorong tumbuhnya wirausahawan muda berbasis keilmuan, yaitu program kreatifitas mahasiswa bidang kewirausahaan. Kewirausahaan juga ditetapkan sebagai mata kuliah wajib pada jenjang pendidikan sarjana serta semua perguruan tinggi wajib melaporkan aktivitas akademiknya pada PDDikti mulai tahun 2012. Saat ini, transaksi dan konten *database* PDDikti hanya fokus pada kegiatan-kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi, yakni pengajaran, penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Data-data atau atribut-atribut yang berkaitan dengan kewirausahaan mahasiswa pada *database* PDDikti kurang lengkap sehingga *output* dari sistem tersebut belum menyajikan informasi spesifik tentang kewirausahaan mahasiswa.

Volume *database* yang semakin meningkat dan bertambahnya transaksi akademik setiap mahasiswa menjadi tantangan tersendiri dalam eksplorasi PDDikti agar dapat mengungkap pengetahuan tersembunyi tentang potensi kewirausahaan mahasiswa, sehingga keberadaannya lebih bermanfaat. Metode optimasi PDDikti dapat dilakukan dengan menerapkan dan memadukan teori psikologi dengan teknik pengambilan keputusan. Teori psikologi berguna untuk mempelajari perilaku kewirausahaan mahasiswa dan memahami kompleksitas permasalahan kewirausahaan yang berhubungan dengan aktivitas akademik di perguruan tinggi. Sedangkan teknik pengambilan keputusan berguna untuk

¹ Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 60111 Indonesia (telp:031-5939214; fax:031-913804;email:novarijati.17071@mhs.its.ac.id)

² Departemen Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Jln. Imam Bonjol No. 207, Universitas Dian Nuswantoro Semarang, Jawa Tengah 50131 (telp: 024-3517261, 024-3520165; fax: 024- 3569684 email: nova.rijati@dsn.dinus.ac.id)

³ Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 60111 Indonesia (telp: 031-5939212, 5995581, 5994251 ext 1445, 1446; email: diana@if.its.ac.id)

⁴ Departemen Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Sukolilo Surabaya (telp: 031-5994251-54, 5947274, 5945472; email: surya@ee.its.ac.id; hery@ee.its.ac.id)

menganalisis pengaruh aktivitas akademik terhadap capaian mahasiswa dalam kegiatan kewirausahaan.

Kajian tentang perilaku kewirausahaan bertujuan memahami dan mengungkap faktor-faktor yang berpengaruh terhadap minat kewirausahaan mahasiswa. Pendekatan yang populer adalah *Theory of Planned Behavior* (TPB) [1]. Teori ini menyatakan bahwa aktivitas *entrepreneurial* didahului dengan *entrepreneurship intention* yang dipengaruhi tiga variabel, yaitu sikap, norma sosial, dan penilaian subjektif seseorang terhadap kemampuannya yang dapat mengantarnya sukses sebagai wirausaha. Dalam konteks kewirausahaan mahasiswa, variabel pertama adalah sikap yang memengaruhi aktivitas *entrepreneurial*, antara lain *autonomy-authority*, *economic opportunity challenge*, *security workload*, *self realization-participation*, dan *achievement need* [2], [3]. Variabel kedua adalah norma subjektif, yang dapat diartikan sebagai dukungan akademik [4]. Perguruan tinggi memiliki tanggung jawab dalam mendidik dan memberikan kemampuan kewirausahaan kepada para lulusannya dan memberi motivasi untuk berani memilih wirausaha sebagai karir para lulusan [5], [6]. Variabel ketiga yaitu kontrol perilaku yang diwujudkan dalam aktivitas mahasiswa dalam kegiatan-kegiatan kewirausahaan yang terprogram dan difasilitasi oleh perguruan tinggi, seperti inkubator bisnis dan program kreativitas mahasiswa bidang kewirausahaan [7].

Dalam lingkup perguruan tinggi, untuk menentukan seorang mahasiswa mempunyai potensi kewirausahaan atau tidak, dibutuhkan suatu teknik pengambilan keputusan yang mampu menyajikan alternatif-alternatif solusi terbaik berdasarkan kriteria-kriteria akademik. Faktor-faktor yang memengaruhi minat kewirausahaan mahasiswa secara umum perlu didefinisikan terlebih dahulu sebagai dasar untuk menyeleksi variabel-variabel akademik yang relevan dengan kriteria perilaku dan potensi kewirausahaan mahasiswa. Pendekatan teknik pengambilan keputusan yang sesuai untuk klasifikasi potensi kewirausahaan mahasiswa yang paling optimal berdasarkan kriteria-kriteria akademik teknik pengambilan keputusan multikriteria kategori multiatribut.

Kajian tentang metode pengambilan keputusan dengan teknik multikriteria kategori multiatribut telah dilakukan untuk menganalisis pola kecenderungan dan pengaruh aktivitas akademik terhadap capaian mahasiswa dalam kegiatan kewirausahaan [8]. Atribut yang dianalisis yaitu atribut yang menggambarkan kondisi sebelum dan sesudah menjadi mahasiswa yang memengaruhi kewirausahaan walaupun dalam taraf minimal [8]. Pada eksperimen ini ditambahkan variabel-variabel dalam TPB sebagai dasar identifikasi faktor-faktor yang memengaruhi perilaku kewirausahaan mahasiswa, yang selanjutnya didefinisikan sebagai kriteria-kriteria yang terdiri atas atribut-atribut yang memiliki nilai dan bobot bervariasi.

Kumpulan kriteria tersebut diformulasikan sebagai alternatif-alternatif solusi untuk penilaian potensi kewirausahaan mahasiswa yang dikombinasikan dengan logika *fuzzy* yang berperan dalam mendefinisikan variabel-variabel yang bersifat kualitatif, tidak akurat, dan ambigu. Formulasi tersebut dikenal dengan *Fuzzy Multi Attribute Decision Making* (FMADM), yaitu suatu metode yang digunakan untuk mencari

alternatif optimal dari sejumlah alternatif dengan kriteria tertentu. FMADM secara spesifik bertujuan untuk menentukan keputusan terhadap beberapa alternatif berdasarkan variabel-variabel yang tidak dapat disajikan dengan lengkap, mengandung ketidakpastian atau ketidakkonsistenan [9].

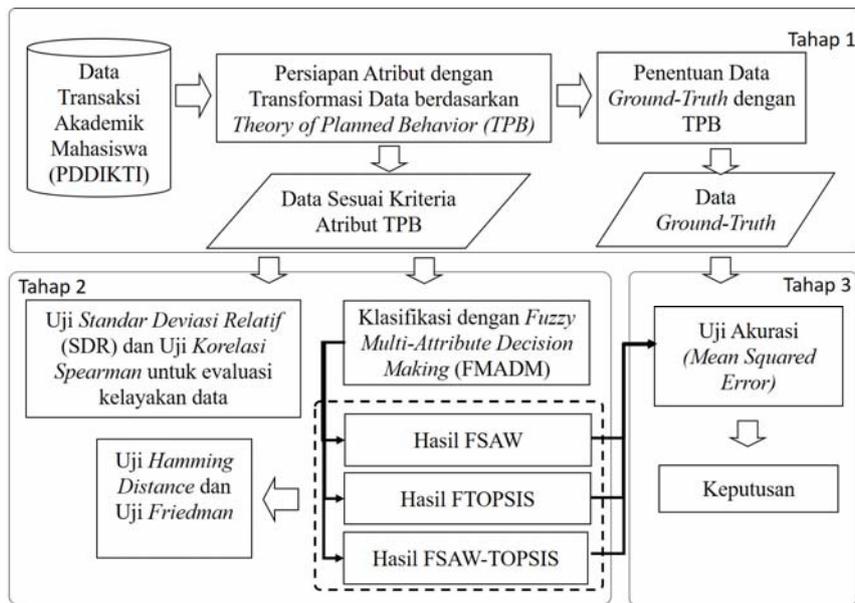
Beberapa teknik FMADM yang digunakan antara lain SAW, *Weighted Product* (WP), *Electre*, TOPSIS, dan *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa teknik FMADM memberikan alternatif solusi paling optimal pada permasalahan-permasalahan akademik, seperti memprediksi kinerja siswa [10], pengambilan keputusan penerimaan beasiswa [11], penjurusan siswa terkendala [12], dan menetapkan prosedur seleksi mahasiswa baru berdasarkan serangkaian kriteria [13]. Kinerja FMADM dapat dioptimasi dengan mengintegrasikan beberapa teknik yang ada, seperti teknik SAW, TOPSIS, dan Borda, sehingga menghasilkan keputusan yang paling menguntungkan dalam memilih *tools* untuk meminimalkan sumber daya produksi [14]. Kombinasi teknik SAW, TOPSIS, dan GRA menghasilkan suatu model keputusan terbaik dengan cara meminimalkan pengaruh pengambil keputusan dalam memberikan bobot preferensi [15]. Teknik-teknik pengambilan keputusan dapat dikombinasikan dengan teknik *data mining* untuk tujuan yang lebih spesifik, seperti segmentasi pelanggan [16], analisis risiko keuangan [17], serta optimasi metode *clustering* [8], [18], [19]. Hasil analisis multikriteria kategori multiatribut adalah pemeringkatan yang berguna untuk menentukan skala potensi kewirausahaan mahasiswa.

Fokus eksperimen ini adalah perbandingan kinerja tiga teknik FMADM, yakni FSAW, FTOPSIS, dan FSAW-TOPSIS, untuk perumusan model pendukung keputusan yang memberikan alternatif solusi terbaik dalam penentuan skala potensi kewirausahaan mahasiswa berdasarkan variabel TPB yang diturunkan dari PDDikti.

Penelitian ini sangat strategis karena dilakukan pada PDDikti yang merupakan standar nasional, sehingga hasil penelitian dapat menjadi model untuk diterapkan di perguruan tinggi lain. Hasil penelitian membantu pimpinan perguruan tinggi atau individu mahasiswa mengetahui tingkat potensi kewirausahaan berdasarkan sikap-sikap yang memengaruhi aktivitas *entrepreneurial*, kegiatan akademik, serta aktivitas mahasiswa dalam kegiatan-kegiatan kewirausahaan yang terprogram dan difasilitasi perguruan tinggi. Pimpinan perguruan tinggi dapat mengevaluasi efektifitas penyelenggaraan program-program kewirausahaan dan menyediakan lingkungan kondusif untuk meningkatkan intensi kewirausahaan yang bertujuan membentuk perilaku kewirausahaan mahasiswa sejak dari perguruan tinggi.

II. USULAN TEKNIK PENENTUAN POTENSI KEWIRAUSAHAAN

Eksperimen ini mengusulkan sebuah model komputasi untuk membangkitkan dan memberi bobot pada kriteria-kriteria pengambilan keputusan dengan dukungan data-data yang tidak lengkap (*incomplete*), bersifat kualitatif, dan ambigu berdasarkan variabel-variabel pada TPB. Variabel TPB digunakan sebagai dasar pemetaan atribut-atribut *database* PDDikti sebagai pembentuk *dataset*.



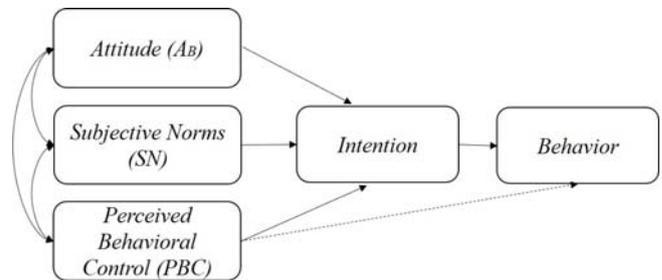
Gbr. 1 Diagram alir penelitian potensi kewirausahaan mahasiswa.

Dataset eksperimen yaitu data transaksi akademik mahasiswa program sarjana kelompok Saintek angkatan 2009 sampai 2014 yang bersumber dari PDDikti. Metode eksperimen yang diusulkan mengacu pada pendekatan teknik FMADM [20] dengan penambahan penerapan TPB sebagai referensi penentuan variabel-variabel dataset eksperimen dan data ground-truth serta menambahkan dua tahap uji statistik. Uji statistik yang pertama bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan dataset eksperimen, sedangkan uji yang kedua bertujuan mengevaluasi beberapa teknik FMADM untuk menentukan pendekatan yang paling sesuai dengan tujuan eksperimen. Diagram alir penelitian disajikan pada Gbr. 1.

Eksperimen dilakukan dalam tiga tahap. Tahap 1 adalah penyiapan data yang bertujuan membentuk dataset dan ground-truth, yang terdiri atas kegiatan-kegiatan pre-processing, seleksi atribut, membentuk dataset dan menentukan ground-truth. Kegiatan pre-processing diawali dengan mempelajari struktur dan fungsi setiap tabel pada database PDDikti untuk menentukan tabel-tabel yang dibutuhkan, yaitu tabel-tabel yang menyimpan konten data induk dan transaksi akademik mahasiswa serta tabel-tabel master terkait. Langkah selanjutnya adalah merancang relasi antar tabel untuk membentuk file datar. File datar yang terbentuk bersifat multiatribut dan tidak semua atribut relevan dengan tujuan eksperimen, sehingga perlu dilakukan seleksi atribut untuk merancang dataset yang sesuai tujuan eksperimen serta mempersempit dimensi pengolahan data.

Penentuan ground-truth berfungsi sebagai data pembanding untuk menguji hasil eksperimen. Perancangan dataset, seleksi atribut, dan penentuan ground-truth mengacu pada variabel-variabel serta persamaan-persamaan pada TPB. TPB sangat sesuai digunakan untuk menjelaskan berbagai perilaku di dalam kewirausahaan [1], sebagaimana diilustrasikan dalam Gbr. 2.

A_B disebut sikap yang merupakan suatu faktor dalam diri seseorang yang dipelajari untuk memberikan respons positif



Gbr. 2 Theory of Planned Behavior [1].

atau negatif pada penilaian terhadap sesuatu yang diberikan. Sikap diformulasikan pada (1) [21].

$$A_B \propto \sum b_i e_i \tag{1}$$

dengan

- \propto = proporsi
- A_B = sikap terhadap B
- b = keyakinan
- e = evaluasi
- i = indeks.

Sikap kewirausahaan mahasiswa sangat tergantung pada kuatnya keyakinan bahwa kewirausahaan akan memberikan keuntungan mahasiswa tersebut.

SN disebut norma subjektif yang merupakan persepsi seseorang tentang pemikiran orang lain yang akan mendukung atau tidak mendukungnya dalam melakukan sesuatu. Norma subjektif mengenai suatu perilaku akan tinggi apabila keyakinan normatif maupun motivasi untuk memenuhi harapan orang-orang yang berhubungan secara vertikal ini sama-sama tinggi. Norma subjektif diformulasikan pada (2) sebagai berikut [21], [22].

$$SN \propto \sum n_i m_i \tag{2}$$

dengan

- \propto = proporsi

SN = norma subjektif;
 n = keyakinan normatif
 m = motivasi
 i = indeks.

Norma subjektif kewirausahaan mahasiswa akan tinggi apabila keyakinan normatif maupun motivasi untuk memenuhi harapan dosen/program studi/fakultas sama-sama tinggi.

PBC disebut sebagai kontrol perilaku, yaitu persepsi individu mengenai mudah atau sulitnya mewujudkan suatu perilaku tertentu [21]. Kontrol perilaku diformulasikan pada (3).

$$PBC \propto \sum c_i p_i \quad (3)$$

dengan

\propto = proporsi
 PBC = kontrol perilaku
 c = faktor kontrol
 p = kekuatan pengaruh faktor kontrol;
 i = indeks.

Kontrol perilaku berwirausaha akan meningkat seiring dengan keyakinan mahasiswa bahwa mahasiswa tersebut memiliki kompetensi kewirausahaan yang baik disertai dengan adanya fasilitas.

Penelitian kewirausahaan berdasarkan TPB telah berkembang pesat dalam 20 tahun terakhir dan memberikan kontribusi terhadap pemahaman perilaku kewirausahaan [23]. Beberapa penelitian tentang kewirausahaan di kalangan mahasiswa menyimpulkan bahwa variabel-variabel *attitude*, *subjective norms*, dan *perceived behavioral control* berpengaruh positif dan signifikan terhadap minat kewirausahaan yang pada akhirnya mampu membentuk perilaku kewirausahaan [2], [24], [25]. Variabel lain yang berpengaruh adalah sosiodemografi dan kontekstual [4] serta pendidikan kewirausahaan [26]-[31]. Selanjutnya setelah diteliti lebih lanjut, di antara variabel-variabel tersebut, *attitude* merupakan variabel yang mempunyai pengaruh paling kuat [2], karena *attitude* mempunyai dimensi kognitif dan afektif yang memberikan dampak yang berbeda terhadap minat kewirausahaan [32].

Dalam makalah ini, tiga variabel TPB digunakan sebagai acuan untuk menentukan atribut-atribut pada *database* PDDikti yang relevan, dengan simulasi kasus penentuan klasifikasi potensi kewirausahaan mahasiswa sebagai berikut.

- Klasifikasi Cukup Berpotensi apabila indeks variabel sikapnya rendah (bukan penerima beasiswa, bukan aktivis, dan berasal dari jalur pendaftaran tanpa tes); indeks variabel norma subjektifnya sedang (prestasi akademik memuaskan, berlatar belakang keluarga bukan wirausahawan, penghasilan orang tua per bulan kurang dari 3 juta); indeks variabel kontrol perilakunya tinggi (anggota Inkubator Bisnis dan peserta PKM).
- Klasifikasi Berpotensi apabila indeks variabel sikapnya tinggi (penerima beasiswa dan berasal dari jalur pendaftaran reguler); indeks variabel norma subjektifnya sedang (memiliki prestasi akademik sangat memuaskan, berlatar belakang keluarga bukan wirausahawan, penghasilan orang tua per bulan 3-5 juta); indeks variabel

kontrol perilakunya sedang (bukan anggota Inkubator Bisnis dan peserta PKM).

- Klasifikasi Sangat Berpotensi apabila indeks variabel sikapnya tinggi (penerima beasiswa, aktivis, dan berasal dari jalur pendaftaran reguler); indeks norma subjektifnya tinggi (memiliki prestasi akademik *cumlaude*, berlatar belakang keluarga bukan wirausahawan, penghasilan orang tua per bulan 5-7 juta); indeks variabel kontrol perilakunya tinggi (anggota Inkubator Bisnis dan peserta PKM).

Selanjutnya, simulasi klasifikasi potensi kewirausahaan mahasiswa dimodelkan dengan (4) dan (5).

$$f(\mu_{sikap}(A_{-}(i \in \{1..3\})) \circ \mu_{subjektif}(A_{-}(j \in \{4..12\})) \circ \mu_{perilaku}(A_{-}(k \in \{13,14\}))) = \mu(y) \quad (4)$$

$$y \in \{potensi_{sangat}, potensi, potensi_{cukup}, potensi_{kurang}, potensi_{tidak}\}. \quad (5)$$

Tahap 2 eksperimen ini adalah mengoperasikan teknik MADM yang dikombinasikan dengan logika *fuzzy* pada *dataset* eksperimen untuk mencari alternatif-alternatif keputusan terbaik. Kombinasi teknik MADM dan logika *fuzzy* (FMADM) ini bertujuan agar model yang diusulkan dapat menghasilkan gambaran yang pasti tentang potensi kewirausahaan mahasiswa berdasarkan informasi-informasi yang bersifat ambigu, samar-samar, dan tidak lengkap yang didapatkan dari PDDikti.

Teknik FMADM yang dioperasikan yakni FSAW, FTOPSIS, dan FSAW-TOPSIS. Teknik FSAW dikenal sebagai kombinasi pembobotan linear atau metode penilaian yang paling umum digunakan untuk membuat keputusan multiatribut yang sederhana [33]. Konsep dasarnya adalah untuk menemukan peringkat kinerja tertimbang pada setiap alternatif pada semua atribut.

Teknik FSAW membutuhkan proses normalisasi matriks deskripsi ke skala yang proporsional untuk semua penilaian alternatif. Persamaan (6) yang dinormalisasi adalah sebagai berikut [34].

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} & \text{jika } j \text{ adalah atribut keuntungan} \\ \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} & \text{jika } j \text{ adalah atribut biaya} \end{cases} \quad (6)$$

dengan r_{ij} adalah rating kinerja ternormalisasi dari alternatif keputusan.

Teknik FTOPSIS merupakan teknik multikriteria untuk mengidentifikasi solusi dari alternatif terbatas. Prinsip dasarnya adalah bahwa alternatif yang dipilih harus memiliki jarak terpendek dari solusi positif ideal dan jarak terjauh dari solusi negatif yang ideal [33]. FTOPSIS banyak digunakan karena konsepnya sederhana dan mudah dipahami, komputasinya efisien, dan memiliki kemampuan untuk mengukur kinerja relatif dari alternatif-alternatif keputusan dalam bentuk matematis yang sederhana. Adapun langkah-langkah penyelesaian masalah MADM dengan TOPSIS yakni membuat matriks keputusan yang ternormalisasi, membuat matriks

```

1  Initiation: dataset = x[m, n] // matriks input x berisi sejumlah baris m mahasiswa dan n
2  vektor bobot = w[n] // menunjukkan kriteria A1-A14
3  vektor boolean = k[n] // array w berisi bobot per kriteria sesuai dengan nilai Tabel I
// Blok Teknik FSAW // array k menjadi penanda kriteria A1-A14 sebagai atribut
// menghitung nilai rij menurut Persamaan (6) // fungsi yang mengembalikan nilai maksimum per kolom,
4  maxx = max(x) // maxx adalah array berisi n item
5  minx = min(x) // fungsi yang mengembalikan nilai minimum per kolom,
// minx adalah array berisi n item
6  for (j = 1 ... n)
7  if (k[j] == 1) // kriteria Aj adalah atribut keuntungan
8  r[:, j] = x[:, j]/maxx[j] // hitung semua data mahasiswa pada kolom Aj
9  Else // kriteria Aj adalah atribut biaya
10 r[:, j] = minx[j]/x[:, j]
// Blok Teknik FTOPSIS // menggunakan nilai rij menurut Persamaan (6)
11 for (j = 1 ... n)y[:, j] = w[j] × r[:, j] // menghitung nilai yij menurut Persamaan (8)
12 for (j = 1 ... n) // hitung solusi ideal positif A+ dan negatif A-
13 if (k[j] == 1) // Aj adalah atribut keuntungan // menghitung nilai maksimum pada kolom y[:, j]
14 A_plus[j] = max(y[:, j])
15 A_min[j] = max(y[:, j])
16 else // Aj adalah atribut biaya
17 A_plus[j] = min(y[:, j]) // menghitung nilai minimum pada kolom y[:, j]
18 A_min[j] = min(y[:, j])
19 for (i = 1 ... m) // menghitung sejumlah mahasiswa sesuai Pers. (9)
20 temp_plus = 0; temp_min = 0;
21 for (j = 1 ... n)
22 temp_plus = temp_plus + (A_plus[j] - y[i, j])
23 temp_min = temp_min + (y[i, j] - A_min[j])
24 temp_plus ← sqrt(temp_plus^2)
25 D_plus[i] = temp_plus
26 temp_min ← sqrt(temp_min^2)
27 D_min[i] = temp_min
28 Vi = D_min[i]/(D_min[i] + D_plus[i]) // menghitung dengan Persamaan (10)
    
```

Gbr. 3 Pseudocode teknik FSAW-TOPSIS.

keputusan yang ternormalisasi terbobot, menentukan matriks solusi ideal positif dan matriks solusi ideal negatif, menentukan jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif dan matriks solusi ideal negatif, serta menentukan nilai preferensi untuk setiap alternatif [35]. FTOPSIS membutuhkan rating kinerja setiap alternatif pada setiap kriteria yang ternormalisasi sesuai dengan (7).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \tag{7}$$

$$\begin{aligned}
 y_{ij} &= w_i r_{ij} \\
 A^+ &= (y_1^+, y_2^+, \dots, y_n^+) \cdot \\
 A^- &= (y_1^-, y_2^-, \dots, y_n^-)
 \end{aligned} \tag{8}$$

Solusi ideal positif A^+ dan solusi ideal negatif A^- dapat ditentukan berdasarkan rating bobot ternormalisasi (y_{ij}) seperti pada (8). Untuk jarak antara alternatif A_i dengan solusi ideal positif dan solusi ideal negatif ditunjukkan pada (9). Adapun nilai preferensi untuk setiap alternatif (V_i) ditunjukkan pada (10).

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_i^+ - y_{ij})^2}; D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_i^-)^2}. \tag{9}$$

Nilai V_i yang lebih besar menunjukkan bahwa alternatif A_i lebih dipilih.

$$V_i = \frac{D_i^-}{(D_i^- + D_i^+)}. \tag{10}$$

Teknik FSAW-TOPSIS menerapkan penggabungan teknik FSAW dan teknik FTOPSIS sebagai solusi pendukung pengambilan keputusan potensi kewirausahaan mahasiswa. Teknik FSAW digunakan untuk mencari matriks ternormalisasi untuk setiap atribut, sedangkan teknik FTOPSIS digunakan untuk mencari solusi atau alternatif yang dipilih.

Pseudocode pada Gbr. 3 merupakan usulan dalam makalah ini untuk mengenali potensi kewirausahaan dengan menggabungkan FSAW dan FTOPSIS. Pada langkah berikutnya, *output* yang berupa alternatif keputusan hasil dari kombinasi logika *fuzzy* dengan setiap teknik tersebut dievaluasi dengan dua jenis uji statistik. Uji yang pertama bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan *dataset* terhadap alternatif-alternatif keputusan dengan cara mengukur tingkat keragaman *dataset* menggunakan Standar Deviasi Relatif (SDR). SDR digunakan untuk melihat tingkat ketelitian suatu metode [36]. Nilai SDR yang lebih kecil menunjukkan semakin tinggi presisi pengukuran. Nilai SDR didapatkan dengan melakukan pembagian nilai standar deviasi preferensi relatif dari setiap alternatif masing masing metode dengan nilai rata-ratanya, untuk kemudian dikalikan 100%.

$$SDR = (SD/\bar{X}) \times 100\%. \tag{11}$$

Perbandingan beberapa teknik FMADM dapat dilakukan dengan menggunakan uji korelasi *rank* Spearman [37]. Pengukuran korelasi *rank* Spearman dilakukan karena dalam kasus ini, sebagian besar peringkat skor dalam tiga teknik FMADM berbeda dan menggunakan data berskala ordinal. Koefisien korelasi *rank* Spearman menunjukkan kekuatan hubungan beberapa teknik FMADM yang dibandingkan. Untuk mendapatkan nilai *rs*, digunakan (12).

$$rs = 1 - \left(\frac{6 \sum d^2}{n(n^2-1)} \right) \quad (12)$$

dengan

- rs = koefisien korelasi Spearman
- $\sum d^2$ = total kuadrat selisih antar ranking
- n = jumlah sampel penelitian.

Uji kedua bertujuan mengevaluasi kelayakan setiap teknik FMADM dalam menghasilkan alternatif-alternatif keputusan yang paling sesuai dengan tujuan eksperimen. Evaluasi dilakukan dengan uji Friedman dan *Hamming distance*. Uji Friedman termasuk dalam uji nonparametrik yang tidak membutuhkan asumsi distribusi normal dan varians populasi tidak diketahui. Uji Friedman digunakan karena teknik yang diuji jumlahnya lebih dari dua dan skala data berbentuk ordinal.

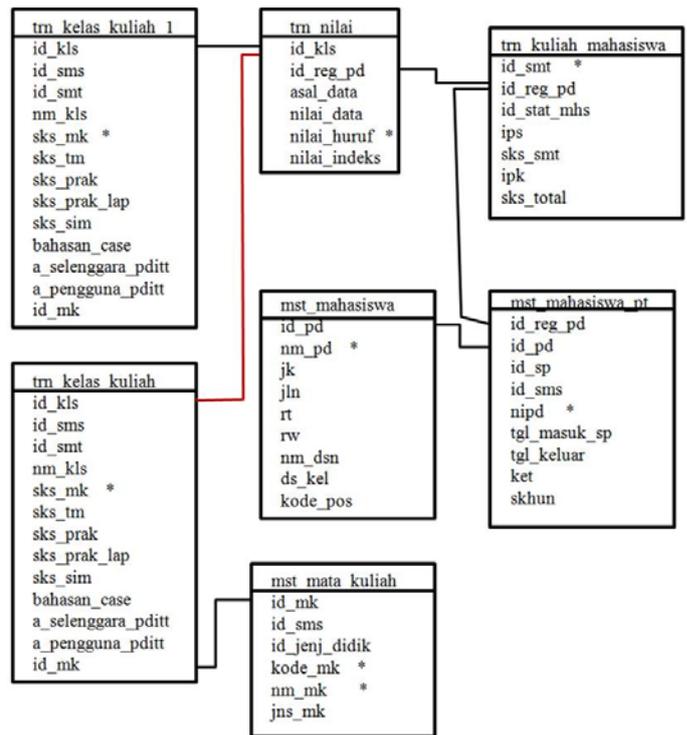
$$\chi_r^2 = \left[\frac{12}{(nk)(k+1)} x \sum_{j=1}^k (R_j)^2 \right] - [(3n)(k+1)] \quad (11)$$

dengan

- χ_r^2 = nilai khai-kuadrat jenjang dua arah Friedman
- R_j = jumlah peringkat pada kolom ke- j
- n = jumlah sampel
- k = banyaknya kelompok sampel
- 1,3,12 = konstanta.

Sebelum digunakan untuk penentuan potensi kewirausahaan mahasiswa, hasil komputasi setiap teknik FMADM dievaluasi dengan metode *Hamming distance*. Evaluasi dilakukan karena hasil komputasi berpotensi menghasilkan urutan alternatif yang berbeda dengan data *ground-truth*-nya, yang disebabkan oleh informasi yang diperoleh kurang lengkap, tidak konsisten, dan ambigu. Dengan metode *Hamming distance*, akan diketahui jarak perbedaan posisi setiap alternatif keputusan yang dihasilkan oleh komputasi teknik-teknik FMADM terhadap *ground-truth*. Semakin dekat jarak yang dihasilkan, maka tingkat kesamaan data semakin dekat, dan sebaliknya. Teknik FMADM yang paling baik memiliki persentase ketidaksesuaian terkecil dibandingkan dengan *ground-truth*.

Tahap 3 eksperimen adalah mengevaluasi kinerja teknik FMADM menggunakan *Mean Squared Error* (MSE), yakni menghitung nilai rata-rata kuadrat kesalahan dari perbedaan nilai-nilai perkiraan (hasil komputasi) dengan nilai-nilai aktual (*ground-truth*) untuk setiap teknik FMADM. Nilai MSE merepresentasikan tingkat kesalahan (*error rate*) model, sehingga semakin kecil nilai MSE mencerminkan kinerja model yang semakin baik. Jika y_i adalah skor aktual potensi kewirausahaan mahasiswa ke- i ($i=1,2,\dots,n$), \hat{y}_i adalah nilai perkiraan skor potensi kewirausahaan mahasiswa ke- i , maka nilai MSE dari sekelompok data mahasiswa berukuran n didefinisikan dalam (12) [38].



Gbr. 4 Tabel relasi dataset PDDikti.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (12)$$

III. HASIL DAN ANALISIS

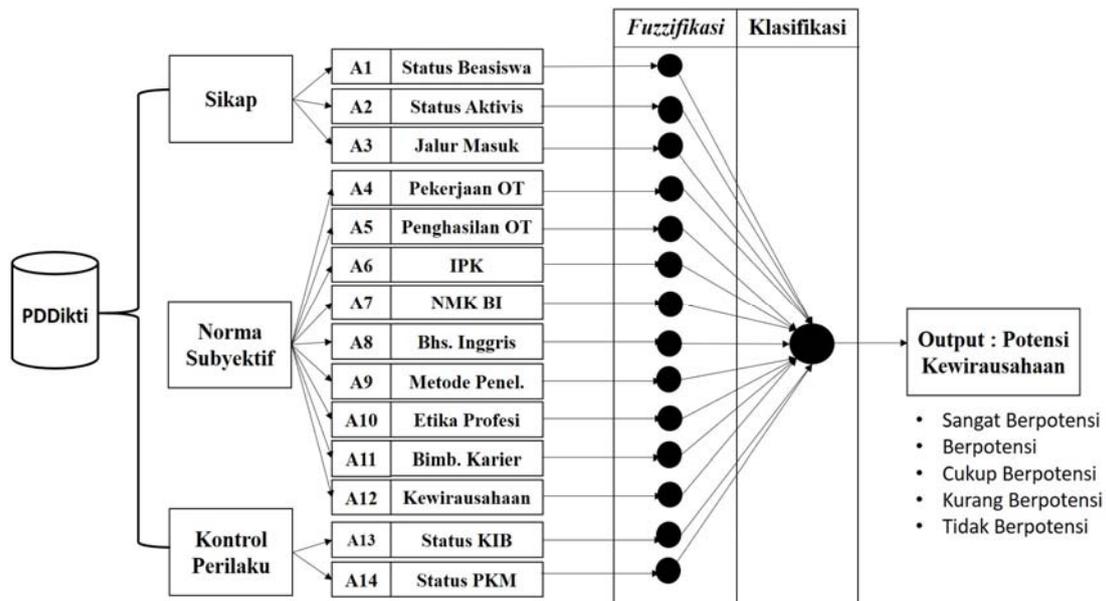
A. Preprocessing dan Perancangan Dataset

PDDikti adalah kumpulan data penyelenggaraan perguruan tinggi yang terintegrasi secara nasional yang berisi data-data induk perguruan tinggi, aktivitas perkuliahan mahasiswa, serta kegiatan-kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat milik dosen. PDDikti berfungsi sebagai sumber informasi pendidikan tinggi nasional yang harus mudah diakses oleh *stakeholder*, sebagai perwujudan prinsip transparansi dalam pengelolaan perguruan tinggi. Secara logis, PDDikti dapat digambarkan sebagai kumpulan tabel penyimpanan data yang saling berelasi membentuk satu kesatuan.

Berdasarkan hasil pemahaman tabel-tabel *database* PDDikti dan fungsinya, diperoleh enam tabel yang digunakan untuk membentuk *dataset*, yakni tiga tabel master (*mst_mahasiswa*, *mst_mahasiswa_pt*, *mst_mata_kuliah*) dan tiga tabel transaksi (*trn_kuliah_mahasiswa*, *trn_kelas_kuliah*, *trn_nilai*).

Selanjutnya, tabel-tabel tersebut direlasikan dengan tabel master program kreativitas mahasiswa dan tabel master beasiswa, membentuk tabel *dataset* dengan menggunakan notasi SQL (Gbr. 4).

Tabel *dataset* ini bersifat multiatribut dan sudah merepresentasikan entitas mahasiswa yang mempunyai keterkaitan dengan kegiatan kewirausahaan. Untuk mempersempit dimensi pengolahan data serta memilih atribut-atribut yang relevan dengan tujuan eksperimen, langkah



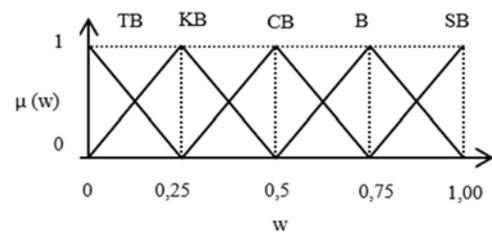
Gbr. 5 Pemetaan variabel TPB.

selanjutnya adalah melakukan seleksi atribut. Seleksi atribut dilakukan dengan memetakan variabel-variabel TPB dengan atribut-atribut pada *dataset* PDDikti. Berdasarkan penelitian tentang kewirausahaan mahasiswa, terbukti bahwa variabel-variabel TPB berpengaruh positif dan signifikan terhadap minat kewirausahaan yang mampu membentuk perilaku kewirausahaan [2], [24], [25].

Dalam konteks kewirausahaan mahasiswa, variabel-variabel TPB yang berpengaruh yaitu variabel sikap yang memengaruhi aktivitas entrepreneurial [2], [3] yang direpresentasikan oleh atribut-atribut: status beasiswa, status aktifis dan jalur masuk; variabel norma sosial yang diartikan sebagai dukungan akademik [4] yang direpresentasikan oleh atribut-atribut: pekerjaan dan penghasilan orang tua; IPK serta nilai-nilai mata kuliah yang berhubungan dengan variabel kontrol perilaku diwujudkan dalam aktivitas mahasiswa dalam kegiatan-kegiatan kewirausahaan yang terprogram dan difasilitasi perguruan tinggi [7], yang direpresentasikan oleh atribut-atribut: status keanggotaan inkubator bisnis dan status PKM. Karena potensi kewirausahaan tidak dapat diekspresikan dalam istilah biner (ya atau tidak), maka atribut-atribut yang menentukan potensi kewirausahaan tersebut dalam komputasi selanjutnya diekspresikan dalam bilangan *fuzzy*, sehingga memungkinkan atribut tersebut dapat bernilai antara ya dan tidak. Hasil pemetaan variabel-variabel TPB pada atribut-atribut pada *dataset* tersaji pada Gbr. 5.

Masing-masing kriteria dibuat suatu variabel yang telah ditetapkan akan diubah dalam bilangan *fuzzy*. Dari Gbr. 6, bilangan-bilangan *fuzzy* dikonversikan ke bilangan *crisp*: Tidak Berpotensi (TB) = 0; Kurang Berpotensi (KB) = 0,25; Cukup Berpotensi (CB) = 0,5; Berpotensi (B) = 0,75, dan Sangat Berpotensi (SB) = 1.

Fungsi keanggotaan setiap kriteria direpresentasikan menggunakan bilangan *fuzzy* dengan TB = (0,00; 0,00; 0,25); KB = (0,00; 0,25; 0,50); CB = (0,25; 0,50; 0,75); B = (0,50; 0,75; 1,00), dan SB = (0,75; 1,00; 1,00).



Gbr. 6 Fungsi keanggotaan tiap kriteria.

Bobot untuk kriteria dan tingkat kesesuaian masing-masing alternatif dievaluasi dengan kriteria. Kriteria keputusan yang diberikan oleh pengambil keputusan dinilai untuk menilai tingkat potensi kewirausahaan mahasiswa. Tingkat kriteria kesesuaian dan alternatif keputusan ditunjukkan pada Tabel I.

Data *ground-truth* eksperimen ini adalah hasil operasi (4) dan (5) pada *dataset* dengan indeks pembobotan atribut yang mengacu pada TI. Setelah *dataset* dan *ground-truth* ditetapkan, tahap selanjutnya adalah mengimplementasikan beberapa teknik FMADM serta mengevaluasi hasilnya menggunakan metode statistik untuk menentukan alternatif solusi terbaik serta paling layak dan sesuai dengan tujuan eksperimen ini.

B. Implementasi Teknik FMADM

1) *Teknik FSAW*: Langkah pertama yang dilakukan pada teknik FSAW adalah menentukan matriks keputusan *fuzzy* dan melakukan normalisasi matriks keputusan *fuzzy*. Selanjutnya menentukan matriks keputusan dinormalisasi tertimbang menggunakan nilai-nilai penting dari setiap kriteria, lalu menggabungkan peringkat kinerja dengan memperhatikan semua kriteria untuk setiap alternatif serta mengurutkan peringkat alternatif menggunakan rumus *defuzzification*. Hasilnya adalah nilai preferensi seperti disajikan pada Tabel II.

2) *Teknik FTOPSIS*: Langkah pertama pada teknik FTOPSIS adalah menentukan nilai rating kinerja untuk kriteria

TABEL I
TABEL PEMBOBOTAN KRITERIA

Variabel TPB	Atribut	Himpunan Fuzzy	Bobot
Sikap	Status Beasiswa	Beasiswa	1
		Bukan Beasiswa	0,25
	Status Aktivis	Aktivis	1
		Bukan Aktivis	0,25
	Jalur Masuk	PMDK	1
		Rata-rata Ijasah > 7	0,75
		Reguler	0,5
		Transfer	0,25
		Pindahan	0
	Norma Subjektif	Pekerjaan OrangTua	Wirausahawan
Bukan Wirausahawan			0,25
Penghasilan OrangTua		> 10 Jt	1
		7-10 Jt	0,75
		5-7 Jt	0,5
		3-5 Jt	0,25
		< 3 Jt	0
IPK		Dengan Pujian	1
		Sangat Memuaskan	0,75
		Memuaskan	0,5
		Lulus	0,25
Nilai-Nilai Mata Kuliah		A	1
		B	0,75
		C	0,5
		D	0,25
	E	0	
Kontrol Prilaku	Status Inkubator Bisnis	Anggota	1
		Bukan Anggota	0,25
	Status PKM	Pimnas	1
		Didanai	0,75
	Mengajukan	0,5	

TABEL II
NILAI PREFERENSI TEKNIK FMADM

Ranking	ID Mahasiswa	Nilai		
		FSAW	FTOPSIS	FSAW-TOPSIS
1	M056	0,6375	0,7779	0,8341
2	M153	0,5875	0,7349	0,7143
3	M199	0,5875	0,7234	0,7135
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
215	M186	0,3750	0,3411	0,3394
216	M185	0,3688	0,3361	0,3306

TABEL III
KOEFSIEN KORELASI RANK SPEARMAN TEKNIK FMADM

		FSAW	FTOPSIS	FSAW-TOPSIS
FSAW	Correlation Coefficient	1,000	0,998	0,998
	Sig. (2-tailed)		,000	,000
	n	216	216	216
FTOPSIS	Correlation Coefficient	0,998	1,000	1,000
	Sig. (2-tailed)	,000		,000
	n	216	216	216
FSAW-TOPSIS	Correlation Coefficient	0,998	1,000	1,000
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	
	n	216	216	216

dan alternatif serta menghitung peringkat fuzzy agregat untuk alternatif dan bobot fuzzy agregat untuk kriteria. Kemudian menghitung matriks keputusan fuzzy yang dinormalisasi dan matriks keputusan fuzzy dinormalisasi tertimbang. Selanjutnya, menentukan solusi ideal fuzzy positif (SIFP) dan solusi ideal fuzzy negatif (SIFN), serta menghitung jarak dari setiap alternatif ke SIFP dan ke SIFN. Dan tahap selanjutnya menghitung koefisien preferensi untuk setiap alternatif, serta mengurutkan alternatifnya, seperti pada Tabel II.

3) Teknik FSAW-TOPSIS: Teknik ini menggabungkan teknik FSAW dan teknik FTOPSIS sebagai solusi pendukung pengambilan keputusan potensi kewirausahaan mahasiswa. Teknik FSAW digunakan untuk mencari matriks ternormalisasi untuk setiap atribut, sedangkan teknik FTOPSIS untuk mencari solusi atau alternatif yang dipilih.

Sebelum menentukan solusi alternatif terbaik, kegiatan yang dilakukan adalah mengevaluasi kelayakan dataset terhadap alternatif-alternatif keputusan dengan SDR dan korelasi Spearman serta mengevaluasi kinerja setiap teknik FMADM dalam menghasilkan alternatif-alternatif keputusan yang paling sesuai dengan tujuan eksperimen ini menggunakan uji Friedman dan Hamming distance.

C. Evaluasi Data

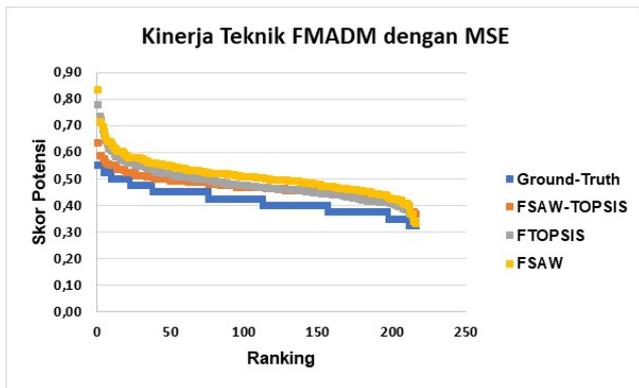
Evaluasi data dilakukan dengan membandingkan nilai preferensi relatif setiap alternatif dari ketiga teknik FMADM. Metode untuk mendapatkan solusi alternatif terbaik dilakukan dengan mencari nilai SDR menggunakan (9). Nilai SDR untuk teknik FSAW adalah 8,84%, FTOPSIS adalah 13,78%, dan teknik FSAW-TOPSIS adalah 12,89%.

Sebagian besar peringkat skor pada ketiga teknik FMADM berbeda, sehingga diperlukan uji korelasi rank Spearman untuk membandingkannya. Koefisien korelasi rank Spearman menunjukkan kekuatan hubungan tiga teknik FMADM yang dibandingkan. Dengan menggunakan (10), koefisien korelasi rank Spearman ketiga teknik FMADM dapat diekspresikan dalam Tabel III.

Tabel III menunjukkan bahwa ada korelasi yang signifikan secara statistik antara ketiga teknik FMADM, sehingga kenaikan dan penurunan skor dalam satu teknik terkait erat dengan peningkatan atau penurunan pada teknik lainnya. Hasil evaluasi data menggunakan uji statistik SDR dan korelasi rank Spearman menunjukkan bahwa dataset layak digunakan pada ketiga teknik FMADM.

D. Evaluasi Model

Evaluasi model pengurutan (ranking) potensi kewirausahaan mahasiswa dilakukan dengan uji Friedman. Uji Friedman digunakan karena teknik yang diuji jumlahnya lebih dari dua dan skala data berbentuk ordinal. Pengujian dengan uji Friedman menghasilkan nilai mean rank potensi kewirausahaan mahasiswa untuk masing-masing teknik FMADM yang



Gbr. 7 Kinerja teknik FMADM berdasarkan MSE.

TABEL IV
PERBANDINGAN KINERJA TEKNIK FMADM

Teknik FMADM	Mean Rank	Nilai Hamming	MSE
FSAW	1,41	0,99	0,9%
FTOPSIS	1,64	0,99	0,5%
FSAW-TOPSIS	2,96	0,98	0,3%

digunakan yaitu *mean rank* untuk teknik FSAW = 1,41, FTOPSIS = 1,64, dan FSAW-TOPSIS = 2,96.

Dengan uji statistik didapatkan nilai *chi square* = 303,701 dan *asym sig* 0,00. Hasil uji signifikansi *chi square* menunjukkan bahwa *sig* < 0,05, sehingga disimpulkan bahwa tiga teknik FMADM yang digunakan memberikan perbedaan signifikan nilai rata-rata *rank* potensi kewirausahaan mahasiswa. Dan berdasarkan nilai *mean rank*, metode FSAW-TOPSIS mendapat respons paling tinggi, yaitu 2,96.

Penentuan potensi kewirausahaan mahasiswa dengan tiga teknik FMADM menghasilkan urutan alternatif yang berbeda dengan data *ground-truth*. Hal ini kemungkinan dikarenakan informasi yang diperoleh kurang lengkap, tidak konsisten, dan ambigu. Metode *Hamming distance* digunakan untuk menghitung beda posisi *ranking* alternatif data *ground-truth* potensi kewirausahaan mahasiswa dengan perhitungan menggunakan tiga teknik FMADM. Teknik FMADM yang paling baik memiliki persentase ketidaksesuaian terkecil jika dibandingkan dengan *ground-truth*. Hasil uji *Hamming distance* pada ketiga teknik FMADM memberikan nilai pada teknik FSAW = 0,99, FTOPSIS = 0,99, dan FSAW-TOPSIS = 0,98. Teknik FSAW-TOPSIS menjadi urutan terbaik dengan persentase 98%.

Hasil evaluasi teknik FMADM menggunakan metode uji statistik *Hamming distance* dan Friedman menunjukkan bahwa dalam kasus penentuan potensi kewirausahaan mahasiswa, teknik FSAW-TOPSIS mempunyai kinerja yang lebih baik dibanding teknik FSAW dan teknik FTOPSIS.

E. Uji Akurasi

Untuk menentukan keputusan solusi alternatif terbaik, tahap terakhir dari eksperimen ini adalah uji kinerja. Perhitungan kinerja teknik FMADM dilakukan dengan MSE berdasarkan sampel data 216 *ranking* terbaik pada *ground-truth* dan hasil teknik FMADM yang disajikan pada Gbr. 7.

Hasil perhitungan kinerja ketiga teknik FMADM menunjukkan bahwa teknik FSAW-TOPSIS memiliki kinerja yang lebih baik, dengan nilai MSE sebesar 0,3%, dibandingkan dengan kinerja teknik FTOPSIS, yaitu 0,5%, dan FSAW sebesar 0,9%. Hal ini menunjukkan bahwa teknik FSAW-TOPSIS menghasilkan solusi dengan tingkat kemiripan paling tinggi terhadap *ground-truth*, yang ditunjukkan dengan nilai MSE terkecil sebesar 0,3%.

F. Keputusan

Pemilihan teknik FMADM untuk klasifikasi potensi kewirausahaan ditentukan dari hasil perbandingan kinerja ketiga teknik FMADM, ditunjukkan dalam Tabel IV. Evaluasi terhadap kinerja ketiga teknik FMADM dalam menghasilkan alternatif-alternatif keputusan memberikan hasil berupa nilai *mean rank* teknik FSAW = 1,41, FTOPSIS = 1,64, dan FSAW-TOPSIS = 2,96, serta hasil uji *Hamming distance* memberikan nilai pada teknik FSAW = 0,99, FTOPSIS = 0,99, dan FSAW-TOPSIS = 0,98. Sedangkan tingkat akurasi keputusan terhadap *ground-truth* menghasilkan MSE masing-masing teknik adalah FSAW = 0,9%, FTOPSIS = 0,5%, dan FSAW-TOPSIS = 0,3%. Dengan kata lain, teknik FSAW-TOPSIS lebih didukung oleh respons yang lebih tinggi serta tingkat ketidaksesuaian urutan yang lebih rendah, sehingga menghasilkan alternatif solusi dengan tingkat kemiripan paling tinggi terhadap *ground-truth*. Dengan demikian, keputusan potensi kewirausahaan mahasiswa yang paling optimal ditentukan menggunakan teknik FSAW-TOPSIS.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, tampak bahwa *dataset* dengan empat belas kriteria sebagai representasi variabel-variabel TPB yang diekstrak dari tabel-tabel PDDikti layak digunakan dalam komputasi FMADM untuk klasifikasi potensi kewirausahaan. Hasil uji kelayakan teknik FMADM: FSAW, FTOPSIS, dan FSAW-TOPSIS, menunjukkan bahwa ketiga teknik tersebut layak digunakan sebagai model pengambilan keputusan multikriteria kategori atribut berdasarkan informasi-informasi yang bersifat ambigu, samar-samar, dan tidak lengkap. Pengamatan terhadap kinerja tiga teknik FMADM tersebut menginformasikan bahwa teknik FSAW-TOPSIS memiliki kinerja yang paling optimal karena didukung oleh respons yang lebih tinggi serta tingkat ketidaksesuaian urutan yang lebih rendah, sehingga menghasilkan alternatif solusi dengan tingkat kemiripan paling tinggi terhadap *ground-truth*. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa keputusan penentuan potensi kewirausahaan mahasiswa yang paling optimal dengan menggunakan variabel-variabel TPB pada lingkungan PDDikti dapat tercapai dengan teknik FSAW-TOPSIS. Untuk meningkatkan akurasi dalam klasifikasi menggunakan variabel-variabel TPB yang bersifat ambigu, samar-samar, dan tidak lengkap, penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada metode-metode seleksi atribut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia, karena

penelitian ini berlangsung atas pendanaan dari skema beasiswa BPPDN.

REFERENSI

- [1] I. Ajzen, "The Theory of Planned Behavior," *Org Behav Hum. Decis. Proc.*, Vol. 50, No. 2, hal. 179-211, 1991.
- [2] S. Karimi, J.H. Biekman, K.N. Mahdei, T. Lans, C. Mohammed, dan M. Mulder, "Testing the Relationship Between Personality Characteristics, Contextual Factors and Entrepreneurial Intentions in a Developing Country," *Int. J. Psychol.*, Vol. 52, No. 3, hal. 227-240, 2015.
- [3] I. Joseph, "Factors Influencing International Student Entrepreneurial Intention in Malaysia," *Am. J. Ind. Bus. Manag.*, Vol. 7, No. 4, hal. 424-428, 2017.
- [4] L. Suharti dan H. Sirine, "Faktor-Faktor yang Berpengaruh terhadap Niat Kewirausahaan (Entrepreneurial Intention) (Studi terhadap Mahasiswa Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga)," *J. Manaj. dan Kewirausahaan*, Vol. 13, No. 2, hal. 124-134, 2011.
- [5] Yohnson, "Peranan Universitas dalam Memotivasi Sarjana menjadi Young Entrepreneurs," *J. Manaj. Kewirausahaan*, Vol. 5, No. 2, hal. 97-111, Sep. 2003.
- [6] S. Wu dan L. Wu, "The impact of Higher Education on Entrepreneurial Intentions of University Students in China," *J. Small Bus. Enterp. Dev.*, Vol. 15, No. 4, hal. 752-774, 2008.
- [7] K.R. Suwena, "Pentingnya Penilaian Potensi Diri Wirausaha sebagai Pondasi untuk Mensukseskan Program Mahasiswa Wirausaha (PMW)," *J. Ilmu Sos. dan Hum.*, Vol. 4, No. 2, hal. 651-660, 2015.
- [8] N. Rijati, S. Sumpeno, dan M. H. Purnomo, "Multi-Attribute Clustering of Student's Entrepreneurial Potential Mapping Based on Its Characteristics and the Affecting Factors (Preliminary Study on Indonesian Higher Education Database)," *Proc. - ICCAE 2018 2018 10th Int. Conf. Comput. Autom. Eng.*, 2018, hal. 11-16.
- [9] C. Chen dan C.M. Klein, "An Efficient Approach to Solving Fuzzy MADM Problems," *Fuzzy Sets Syst.*, Vol. 88, No. 1, hal. 51-67, 1997.
- [10] F. Al-Obeidat, A. Tubaishat, A. Dillon, dan B. Shah, "Analyzing Students' Performance Using Multi-criteria Classification," *Cluster Comput.*, Vol. 21, hal. 623-632, 2018.
- [11] G.A.M.S. Wimatsari, I.K.G.D. Putra, dan P.W. Buana, "Multi-Attribute Decision Making Scholarship Selection Using A Modified Fuzzy TOPSIS," *Int. J. Comput. Sci.*, Vol. 10, No. 1, hal. 309-317, 2013.
- [12] A.A. Hartono, "Sistem Pendukung Keputusan pada Penjurusan Siswa Terkendala dengan Metode Analytic Hierarchy Process," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, Vol. 3, No. 3, hal. 194-200, 2014.
- [13] R.F. de Farias Aires, L. Ferreira, A.G. de Araujo, dan D. Borenstein, "Student Selection in a Brazilian University: Using a Multi-criteria Method," *J. Oper. Res. Soc.*, Vol. 69, No. 4, hal. 528-540, 2018.
- [14] S.M.H. Hojjati dan A. Anvary, "An Integrated SAW, TOPSIS Method for Ranking the Major Lean Practices Based on Four Attributes," *World Appl. Sci. J.*, Vol. 28, No. 11, hal. 1862-1871, 2013.
- [15] P. Wang, Z. Zhu, dan Y. Wang, "A Novel Hybrid MCDM Model Combining the SAW, TOPSIS and GRA Methods Based on Experimental Design," *Inf. Sci. (Ny)*, Vol. 345, hal. 27-45, 2016.
- [16] H.G.H. Selim, "Integrating Multi-criteria Decision Making and Clustering for Business Customer Segmentation," *Ind. Manag. Data Syst.*, Vol. 115, No. 6, hal. 1022-1040, 2015.
- [17] G. Kou, Y. Peng, dan G. Wang, "Evaluation of Clustering Algorithms for Financial Risk Analysis Using MCDM Methods," *Inf. Sci. (Ny)*, Vol. 275, hal. 1-12, 2014.
- [18] S.-T. Wang, "An Analysis of the Optimal Customer Clusters Using Dynamic Multi-Objective Decision," *Int. J. Inf. Technol. Decis. Mak.*, Vol. 17, No. 2, hal. 547-582, 2018.
- [19] B. Rouba dan S.N. Bahloul, "A Multicriteria Clustering Approach Based on Similarity Indices and Clustering Ensemble Techniques," *Int. J. Inf. Technol. Decis. Mak.*, Vol. 13, No. 4, hal. 811-837, 2014.
- [20] S. Huda, R. Sarno, dan T. Ahmad, "Fuzzy MADM Approach for Rating of Process-Based Fraud," *J. ICT Res. Appl.*, Vol. 9, No. 2, hal. 111-128, 2016.
- [21] I. Ajzen, *Attitudes, Personality and Behavior*, 2nd ed., New York, USA: Open University Press Mc Graw Hill Education, 2005.
- [22] M. Fishbien dan I. Ajzen, *Belief, Attitude, Intention and Behaviour: An Introduction to Theory and Research*, Reading, USA: Addison-Wesley, 1975.
- [23] J. Lortie dan G. Castogiovanni, "The Theory of Planned Behavior in Entrepreneurship Research: What We Know and Future Directions," *Int. Entrep. Manag. J.*, Vol. 11, No. 4, hal. 935-957, 2015.
- [24] W.J. Aloulou, "Predicting Entrepreneurial Intentions of Final Year Saudi University Business Students by Applying the Theory of Planned Behavior," *J. Small Bus. Enterp. Dev.*, Vol. 23, No. 4, hal. 1142-1164, 2016.
- [25] C.W. Utami, "Attitude, Subjective Norms, Perceived Behavior, Entrepreneurship Education and Self-efficacy Toward Entrepreneurial Intention University Student in Indonesia," *Eur. Res. Stud. J.*, Vol. 20, No. 2, hal. 475-495, 2017.
- [26] A. Heuer dan L. Kolvereid, "Education in Entrepreneurship and the Theory of Planned Behaviour," *Eur. J. Train. Dev.*, Vol. 38, No. 6, hal. 506-523, 2014.
- [27] F. Liñán dan A. Fayolle, "A Systematic Literature Review on Entrepreneurial Intentions: Citation, Thematic Analyses, and Research Agenda," *Int. Entrep. Manag. J.*, Vol. 11, No. 4, hal. 907-933, 2015.
- [28] D. Maresch, R. Harms, N. Kailer, dan B. Wimmer-Wurm, "The Impact of Entrepreneurship Education on the Entrepreneurial Intention of Students in Science and Engineering Versus Business Studies University Programs," *Technol. Forecast. Soc. Change*, Vol. 104, hal. 172-179, 2016.
- [29] H. Sun, C.T. Lo, B. Liang, dan Y.L.B. Wong, "The Impact of Entrepreneurial Education on Entrepreneurial Intention of Engineering Students in Hong Kong" *Management Decision*, Vol. 55, No. 7, hal. 1371-1393, 2017.
- [30] M. Küttim, M. Kallaste, U. Venesaar, dan A. Kiis, "Entrepreneurship Education at University Level and Students' Entrepreneurial Intentions," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, Vol. 110, hal. 658-668, 2014.
- [31] V. Barba-Sánchez dan C. Atienza-Sahuquillo, "Entrepreneurial Intention Among Engineering Students: The Role of Entrepreneurship Education," *Eur. Res. Manag. Bus. Econ.*, Vol. 24, No. 1, hal. 53-61, 2018.
- [32] C. Botsaris dan V. Vamvaka, "Attitude Toward Entrepreneurship: Structure, Prediction from Behavioral Beliefs, and Relation to Entrepreneurial Intention," *J. Knowl. Econ.*, Vol. 7, No. 2, hal. 433-460, 2016.
- [33] I. Kaliszewski dan D. Podkopaev, "Simple Additive Weighting - A Metamodel for Multiple Criteria Decision Analysis Methods," *Expert Syst. Appl.*, Vol. 54, hal. 155-161, 2016.
- [34] Y. Melia, "Multi Attribute Decision Making Using Simple Additive Weighting and Weighted Product in Investment," *Int. Acad. J. Bus. Manag.*, Vol. 3, No. 2, hal. 58-72, 2016.
- [35] R. Umar, Sunardi, dan Y.B. Fitriana, "Taxonomy of Fuzzy Multi-Attribute Decision Making Systems in Terms of Model, Inventor and Data Type," *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, Vol. 8, No. 1, hal. 2568-2571, 2018.
- [36] K. Savitha dan C. Chandrasekar, "Vertical Handover Decision Schemes Using SAW and WPM for Network Selection in Heterogeneous Wireless Networks," *Glob. J. Comput. Sci. Technol.*, Vol. 11, No. 9, hal. 19-24, 2011.
- [37] A. Karami, "Utilization and Comparison of Multi Attribute Decision Making Techniques to Rank Bayesian Network Options," University of Skövde, Skövde, Sweden, Master Degree Proj. hal. 1-58, 2011.
- [38] Y. Suparman, "Perluakah Cross Validation dilakukan? Perbandingan antara Mean Square Prediction Error dan Mean Square Error sebagai Penaksir Harapan Kuadrat Kekeliruan Model," *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika 2009*, 2009, hal. 833-839.