

Penentuan Prioritas Penanganan Kemiskinan Menggunakan WASPAS melalui Optimasi Bobot *Fuzzy AHP* dengan *Particle Swarm Optimization*

Hauzan Hanifah Zahra¹, Amri Muhaimin², Sugiarto³

^{1,2}Sains Data, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

¹22083010075@student.upnjatim.ac.id

³sugiarto.if@upnjatim.ac.id

²Bisnis Digital, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Corresponding author email: amri.muhamin.stat@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Abstrak— Kemiskinan merupakan permasalahan multidimensi yang masih menjadi tantangan di berbagai daerah, termasuk Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur. Ketidaktepatan sasaran penerima bantuan menunjukkan perlunya pendekatan penentuan prioritas penanganan yang lebih objektif dan dapat dipertanggungjawabkan. Penelitian ini menerapkan integrasi metode *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) dan *fuzzy logic* untuk menentukan prioritas penanganan kemiskinan dengan mempertimbangkan unsur ketidakpastian dalam penilaian indikator sosial ekonomi. Metode yang digunakan diawali dengan *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (*Fuzzy AHP*) untuk menentukan bobot kriteria. Proses pembobotan ini kemudian di optimasi menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) guna mengurangi subjektivitas pakar dan meningkatkan stabilitas bobot. Hasil menunjukkan bahwa nilai *Consistency Ratio* (CR) sebelum optimasi sebesar 0,1002 dan setelah optimasi menjadi 0,1000, menandakan bahwa matriks perbandingan telah mencapai tingkat konsistensi paling ideal yang masih berada dalam batas toleransi ($CR \leq 0,1$). Hal ini menunjukkan bahwa struktur penilaian pakar berada pada kondisi optimal. Hasil pembobotan *Fuzzy AHP* menghasilkan bobot akhir untuk masing-masing kriteria, yaitu: Konsumsi (0,4295), Kesehatan (0,2241), Ekonomi (0,1580), Perumahan (0,1214), dan Pendidikan (0,0670). Bobot ini kemudian digunakan sebagai *input* pada metode *Weighted Aggregated Sum Product Assessment* (WASPAS) untuk melakukan evaluasi dan pemeringkatan alternatif rumah tangga miskin. Integrasi antara *Fuzzy AHP*, PSO, dan WASPAS terbukti mampu menghasilkan bobot yang lebih stabil serta pemeringkatan yang konsisten terhadap tingkat kerentanan kemiskinan rumah tangga. Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan integratif MCDM berbasis data dapat mendukung proses perumusan kebijakan penanganan kemiskinan secara lebih objektif, akurat, dan tepat sasaran di tingkat daerah.

Keywords: Kemiskinan, *Multi Criteria Decision Making*, *Fuzzy AHP*, WASPAS, PSO

I. PENDAHULUAN (10PT)

Kemiskinan merupakan permasalahan yang kompleks dan multidimensi, yang tidak hanya berkaitan dengan aspek ekonomi, tetapi juga mencakup dimensi sosial, budaya, dan pendidikan yang saling berhubungan [1]. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), kemiskinan didefinisikan sebagai ketidakmampuan memenuhi kebutuhan dasar baik makanan maupun non-makanan, yang diukur dari sisi pengeluaran [1][2]. Namun, pendekatan ekonomi tunggal belum sepenuhnya mampu merepresentasikan kondisi kesejahteraan secara menyeluruh. *United Nations Development Programme* (UNDP)

melalui *Multidimensional Poverty Index* (MPI) menekankan bahwa kemiskinan perlu dilihat dari berbagai dimensi, termasuk akses terhadap pendidikan, layanan kesehatan, dan standar hidup yang layak [3]. Hal ini menunjukkan bahwa kemiskinan tidak hanya disebabkan oleh rendahnya pendapatan, tetapi juga oleh terbatasnya akses terhadap layanan dasar dan rendahnya kualitas hidup.

Pemerintah telah melaksanakan berbagai program dan kebijakan penanggulangan kemiskinan, seperti bantuan sosial, subsidi, dan program pemberdayaan masyarakat [1][4]. Namun demikian, efektivitas program-program tersebut sering kali masih terkendala oleh permasalahan ketepatan sasaran. Kesalahan inklusi dan eksklusi penerima bantuan, keterbatasan data, serta perbedaan persepsi dalam proses verifikasi lapangan menyebabkan distribusi bantuan tidak selalu mencerminkan kondisi kemiskinan yang sebenarnya [4][5]. Sebagai upaya untuk meningkatkan efektivitas program kesejahteraan, pemerintah mengembangkan Data Terpadu Kesejahteraan Sosial (DTKS) sebagai basis data nasional yang memuat berbagai informasi mengenai tingkat kesejahteraan individu serta rumah tangga miskin dan rentan [5][6]. DTKS memiliki keunggulan karena dapat diperbarui secara berkala, melibatkan partisipasi masyarakat, dan menggunakan indikator multidimensi untuk menggambarkan kondisi sosial ekonomi secara komprehensif [7][8].

Meskipun demikian, pemanfaatan DTKS belum sepenuhnya optimal. Beberapa permasalahan masih ditemukan, seperti ketidaktepatan sasaran akibat kesalahan inklusi dan eksklusi, data yang tidak selalu mutakhir, serta kurangnya integrasi antar instansi dalam pemanfaatan dan pembaruan data [7][9]. Selain itu, mekanisme verifikasi dan validasi data melalui musyawarah desa atau kelurahan sering kali tidak berjalan konsisten di berbagai daerah dan tidak selalu mengikuti prosedur yang telah ditetapkan [9][10]. Kondisi ini menyebabkan pemutakhiran data di tingkat lokal tidak terlaksana secara menyeluruh, sehingga berpotensi menimbulkan ketimpangan dan ketidakadilan dalam penentuan penerima manfaat [10]. Selain itu, pelaksanaan musyawarah desa sering dipengaruhi oleh faktor non-teknis, seperti tingkat keterlibatan aparat desa, perbedaan interpretasi terhadap kriteria kemiskinan, serta pola komunikasi antar pihak yang terlibat [10]. Selain itu, keterbatasan kapasitas sumber daya manusia dan anggaran daerah turut memengaruhi kualitas verifikasi data, sehingga proses pendataan kerap dilakukan secara tidak menyeluruh [11][12]. Hal ini menunjukkan bahwa penentuan prioritas penerima bantuan masih membutuhkan pendekatan yang lebih sistematis, objektif, dan berbasis data agar kebijakan yang dihasilkan lebih tepat sasaran [6].

Dalam konteks sosial ekonomi, penilaian terhadap indikator kemiskinan sering kali bersifat subjektif dan mengandung ketidakpastian. Untuk mengatasi hal tersebut, digunakan konsep *fuzzy logic*, yang mampu merepresentasikan ambiguitas dan ketidakpastian dalam penilaian manusia [13][14]. Integrasi *fuzzy logic* ke dalam metode *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) melahirkan *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (*Fuzzy AHP*), yang mengubah penilaian kualitatif menjadi bentuk kuantitatif menggunakan bilangan *fuzzy* [13][15]. Dengan demikian, pembobotan kriteria dapat dilakukan secara lebih realistis dan sesuai dengan kondisi sebenarnya. Meskipun *Fuzzy AHP* efektif dalam mengakomodasi ketidakpastian, proses pembobotannya masih bergantung pada subjektivitas penilai. Untuk meningkatkan akurasi dan konsistensi hasil, diperlukan mekanisme optimasi yang dapat menyesuaikan bobot secara adaptif. Salah satu algoritma optimasi yang banyak digunakan untuk tujuan ini adalah *Particle Swarm Optimization* (PSO) [16]. PSO meniru perilaku sosial kawanan partikel dalam mencari posisi terbaik di ruang solusi, sehingga mampu menemukan bobot kriteria yang paling optimal [16][17]. Dengan menggabungkan *Fuzzy AHP* dan PSO, proses pembobotan menjadi lebih objektif, stabil, dan efisien, karena bobot akhir dihasilkan melalui proses eksplorasi dan konvergensi matematis, bukan semata dari subjektivitas pakar.

Selanjutnya, untuk melakukan evaluasi dan pemeringkatan alternatif berdasarkan

bobot yang telah diperoleh, digunakan metode *Weighted Aggregated Sum Product Assessment* (WASPAS). Metode ini menggabungkan dua pendekatan utama dalam MCDM, yaitu *Weighted Sum Model* (WSM) dan *Weighted Product Model* (WPM), yang memungkinkan penilaian lebih akurat dan konsisten terhadap alternatif [14][15][18]. WASPAS dipilih karena memiliki stabilitas dan kemampuan komprehensif dalam mendukung proses pengambilan keputusan multikriteria [18]. Dalam konteks penelitian ini, WASPAS digunakan untuk mengevaluasi dan memeringkat prioritas rumah tangga miskin, sehingga hasilnya dapat menjadi dasar dalam pengembangan kebijakan penanganan kemiskinan yang lebih tepat sasaran.

Berbagai penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas dan fleksibilitas metode *hybrid Fuzzy AHP* dan WASPAS dalam berbagai bidang. Xiaokai dan Ghulam (2023) dalam studi “Evaluating Environmental, Social, and Governance Criteria and Green Finance Investment Strategies Using Fuzzy AHP and Fuzzy WASPAS” menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam mengevaluasi strategi investasi hijau berbasis kriteria environmental, social, and governance (ESG). Zenono et al. (2015) dalam studi mereka yang berjudul “A Hybrid Model Based on Fuzzy AHP and Fuzzy WASPAS for Construction Site Selection” menghasilkan kerangka keputusan yang lebih stabil dan akurat. Pada bidang pendidikan, Akmaludin et al. (2024) menggunakan metode ini dalam penelitian “Integrated Selection of Permanent Teacher Appointments Recommended MCDM-AHP and WASPAS Methods” untuk seleksi guru tetap. Sementara itu, Annisa et al. (2023) mengaplikasikan metode ini dalam “Intuitionistic Fuzzy AHP and WASPAS to Assess Service Quality in Online Transportation” untuk evaluasi kualitas layanan transportasi daring. Beragam penerapan ini membuktikan bahwa metode *Fuzzy AHP* dan WASPAS sangat adaptif dan mampu membantu pengambilan keputusan yang kompleks dan multidimensi di berbagai konteks.

Dengan mengintegrasikan *Fuzzy AHP*, PSO, dan WASPAS, proses penentuan prioritas penanganan kemiskinan dapat dilakukan secara lebih ilmiah, transparan, dan akurat. *Fuzzy AHP* berfungsi untuk menentukan bobot kriteria dengan mempertimbangkan ketidakpastian dalam penilaian, PSO digunakan untuk mengoptimalkan bobot agar mencapai hasil terbaik, sedangkan WASPAS bertugas untuk mengevaluasi dan memeringkat alternatif berdasarkan bobot yang telah di optimasi. Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan kerangka pengambilan keputusan berbasis metode WASPAS melalui optimasi bobot *Fuzzy AHP* menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO) dalam penentuan prioritas penanganan kemiskinan. Integrasi ketiga metode ini diharapkan dapat meningkatkan transparansi, konsistensi, dan efektivitas kebijakan pengentasan kemiskinan di berbagai konteks sosial dan wilayah. Selain memberikan kontribusi praktis terhadap pengambilan keputusan berbasis data, penelitian ini juga berkontribusi secara akademis dalam memperluas penerapan metode *fuzzy MCDM* dan algoritma optimasi dalam bidang sosial ekonomi multidimensi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian disusun untuk menjelaskan tahapan dan metode yang digunakan dalam mencapai tujuan penelitian. Secara umum, proses penelitian dilakukan secara sistematis mulai dari pengumpulan data, pengolahan, hingga penerapan metode analisis multikriteria dan klusterisasi untuk memperoleh hasil yang representatif. Bagian ini mencakup penjelasan mengenai sumber dan jenis data, alur penelitian, serta metode analisis yang digunakan dalam proses pengolahan dan interpretasi data.

II.1. Sumber dan Jenis Data

Penelitian ini memanfaatkan indikator kemiskinan keluarga yang bersumber dari Data Terpadu Kesejahteraan Sosial (DTKS) dan Badan Pusat Statistik (BPS), yang berfungsi sebagai acuan utama dalam berbagai program perlindungan sosial. Indikator-indikator tersebut digunakan sebagai variabel penelitian dan disusun dalam kerangka hierarki

keputusan *Fuzzy AHP* yang terdiri atas dua tingkatan, yaitu kriteria utama dan sub kriteria. Kriteria utama menggambarkan dimensi makro dari kemiskinan, meliputi aspek ekonomi, kesehatan, konsumsi gizi, perumahan, dan pendidikan. Sub kriteria mencakup 14 indikator kemiskinan yang menjadi tolok ukur kesejahteraan rumah tangga [19][20]. Setiap indikator ditempatkan sebagai sub kriteria di bawah kriteria utama masing-masing dalam proses penentuan bobot menggunakan *Fuzzy AHP*. Struktur hierarki hubungan antara kriteria utama dan sub kriteria ditampilkan pada Tabel 1.

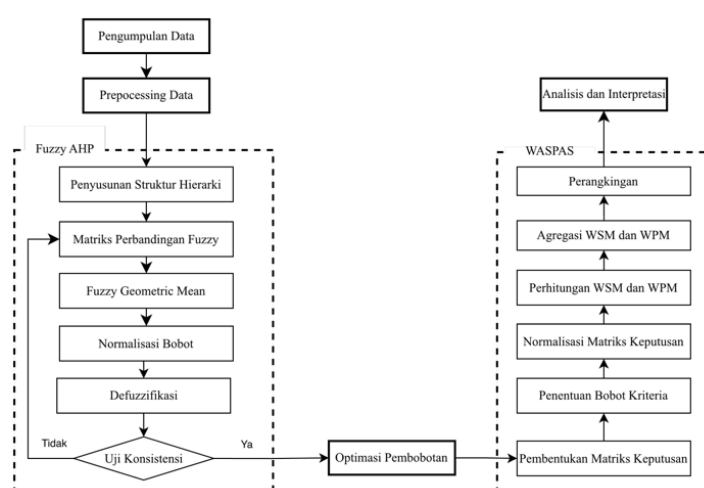
Tabel 1. Pengelompokan Kriteria dan Sub Kriteria Indikator Kemiskinan

Kriteria	Sub Kriteria	Deskripsi
Konsumsi dan Kecukupan Pangan (KP)	Frekuensi makan per hari (KP1)	Dalam satu hari hanya makan sekali atau dua kali.
	Frekuensi makan daging/susu/ayam (KP2)	Tidak mampu membeli atau mengonsumsi daging, susu, atau ayam minimal sekali dalam seminggu.
	Frekuensi beli pakaian baru (KP3)	Tidak mampu membeli pakaian baru minimal satu stel dalam setahun.
Ekonomi (E)	Pendapatan (E1)	Tingkat penghasilan rumah tangga yang rendah kurang dari Rp600.000.
	Simpanan (E2)	Tidak memiliki tabungan atau barang berharga.
Kesehatan (KS)	Berobat ke Puskesmas	Tidak mampu atau tidak memiliki akses untuk pergi ke fasilitas kesehatan seperti puskesmas.
Perumahan (R)	Sumber penerangan (R1)	Sumber penerangan rumah tangga bukan berasal dari listrik.
	Bahan bakar masak (R2)	Bahan bakar untuk memasak sehari-hari menggunakan kayu bakar, arang, atau minyak tanah.
	Fasilitas Buang Air Besar (BAB) (R3)	Tidak memiliki fasilitas buang air besar yang layak.
	Luas lantai (R4)	Luas lantai rumah kurang dari 8 m ² per orang.
	Jenis dinding (R5)	Jenis dinding rumah terbuat dari bambu, rumbia, kayu berkualitas rendah, atau tembok tanpa diplester.
	Sumber air minum (R6)	Sumber air minum berasal dari air tidak terlindungi.
	Jenis lantai (R7)	Jenis lantai rumah terbuat dari tanah, bambu, atau kayu sederhana.
Pendidikan (P)	Pendidikan	Tingkat pendidikan kepala rumah tangga yang rendah.

Struktur hierarki yang ditampilkan pada Tabel 1 menjadi landasan dalam menentukan posisi setiap indikator kemiskinan pada proses pembobotan menggunakan *Fuzzy AHP*. Masing-masing sub kriteria yang merepresentasikan indikator kemiskinan diklasifikasikan ke dalam jenis atribut *cost* atau *benefit*, sesuai dengan arah pengaruhnya terhadap tingkat kesejahteraan keluarga. Melalui pengelompokan ini, seluruh indikator kemiskinan dapat dianalisis secara terstruktur mengikuti rancangan hierarki *Fuzzy AHP*. Penetapan atribut serta bobot pada tiap sub kriteria menjadi acuan penting bagi tahap analisis berikutnya, yaitu proses pembobotan dan perhitungan nilai prioritas menggunakan metode *Fuzzy AHP* dan WASPAS.

II.2. Metode

Metode *Fuzzy AHP* dan *WASPAS* dalam penelitian ini digunakan untuk melakukan penilaian dan pemeringkatan tingkat kesejahteraan keluarga berdasarkan indikator kemiskinan multidimensi. Sebelum proses evaluasi dilakukan, indikator dan sub indikator kemiskinan terlebih dahulu diidentifikasi dari sumber data resmi, yang kemudian disusun ke dalam struktur hierarki keputusan. Metode *Fuzzy AHP* digunakan untuk menentukan bobot masing-masing kriteria dan sub kriteria berdasarkan tingkat kepentingannya terhadap kondisi kesejahteraan. Proses perbandingan berpasangan antar kriteria dilakukan dengan menggunakan variabel linguistik yang dikonversi menjadi bilangan *fuzzy* untuk merepresentasikan ketidakpastian dan subjektivitas dalam proses penilaian. Selanjutnya, algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) digunakan untuk mengoptimalkan bobot hasil pembobotan *Fuzzy AHP* agar memperoleh kombinasi nilai yang paling stabil dan konsisten secara matematis. Tahap berikutnya, metode *WASPAS* diterapkan untuk mengevaluasi dan memeringkat alternatif rumah tangga berdasarkan kriteria dan sub kriteria yang telah ditentukan. Hasil perhitungan dari metode *WASPAS* menghasilkan nilai performa total, yang digunakan untuk menentukan prioritas rumah tangga miskin. Langkah penelitian ini disampaikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah Analisis

Gambar 1, menunjukkan proses analisis secara keseluruhan, mulai dari pengumpulan data, *preprocessing* data yang meliputi penentuan kriteria dan sub kriteria, perhitungan bobot melalui *Fuzzy AHP*, optimasi bobot, hingga penerapan metode *WASPAS* untuk memperoleh peringkat akhir dari data yang dianalisis. Adapun penjelasan dari metode yang digunakan dalam analisis dijelaskan sebagai berikut,

II.2.1. Fuzzy Analytical Hierarchy Process

Fuzzy Analytic Hierarchy Process (*Fuzzy AHP*) merupakan pengembangan dari metode *AHP* klasik yang dikombinasikan dengan teori himpunan *fuzzy* guna menangani ketidakpastian, ambiguitas, serta subjektivitas dalam proses pengambilan keputusan manusia. Pada penelitian ini, metode *Fuzzy AHP* digunakan untuk menilai dan menentukan prioritas dari sejumlah kriteria dan subkriteria yang telah ditetapkan [14][21]. Dalam metode *AHP* konvensional, penilaian dilakukan oleh para ahli melalui matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison matrix*) dengan menggunakan skala tegas 1–9 menurut skala Saaty. Namun, dalam praktiknya, pemberian nilai yang benar-benar presisi sering kali sulit dilakukan karena adanya perbedaan persepsi, ketidakpastian, dan sifat relatif antar variabel penelitian. Untuk mengatasi hal tersebut,

pendekatan *Fuzzy AHP* digunakan dengan menggantikan nilai tegas menjadi bilangan *fuzzy* yang merepresentasikan rentang ketidakpastian, bukan satu nilai pasti [22].

Dalam penelitian ini, digunakan *Triangular Fuzzy Number* (TFN) untuk merepresentasikan nilai linguistik dalam proses perbandingan berpasangan. Skala linguistik tersebut diturunkan dari skala AHP konvensional dan dikaitkan dengan interpretasi linguistik tertentu [15][23]. Rincian mengenai hubungan antara skala linguistik dan nilai TFN yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. *Pairwise Matrix Fuzzy*

<i>Saaty</i>	Variabel Linguistik	TFN
1	Nilai sama penting (<i>equal</i>)	1,1,1
2	Nilai tengah	1,2,4
3	Nilai cukup penting (<i>moderate</i>)	1,3,5
4	Nilai tengah	2,4,6
5	Nilai lebih penting (<i>strong</i>)	3,5,7
6	Nilai tengah	4,6,8
7	Nilai sangat lebih penting (<i>very</i>)	5,7,9
8	Nilai tengah	6,8,9
9	Nilai mutlak lebih penting (<i>extreme</i>)	7,9,9

Langkah-langkah dalam metode *Fuzzy AHP* dilakukan dan dikembangkan oleh Gogus dan Boucher [14][15][24] sebagai berikut,

A. Identifikasi struktur hierarki

Tahap pertama adalah membangun hierarki keputusan yang terdiri dari tujuan pada level teratas, yaitu menentukan kriteria dan sub kriteria.

B. Matriks perbandingan *fuzzy* (*fuzzy pairwise comparison*)

Tahap kedua dilakukan pembuatan perbandingan berpasangan antar kriteria dan sub kriteria menggunakan skala linguistik yang dikonversi menjadi TFN.

$$\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \quad (1)$$

Dengan nilai kebalikan dituliskan sebagai,

$$\tilde{a}_{ji} = \left(\frac{1}{u_{ij}}, \frac{1}{m_{ij}}, \frac{1}{l_{ij}} \right) \quad (2)$$

C. *Fuzzy Geometric Mean*

Selanjutnya dihitung rata-rata *geometrik fuzzy* setiap kriteria dengan,

$$\tilde{r}_i = \left(\left(\prod_{j=1}^n l_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}, \left(\prod_{j=1}^n m_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}, \left(\prod_{j=1}^n u_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \right) \quad (3)$$

Dengan hasil $\tilde{r}_i = (l_i, m_i, u_i)$.

D. Normalisasi Bobot *Fuzzy*

Bobot *fuzzy* tiap kriteria dinormalisasi terhadap jumlah total dengan,

$$\tilde{w}_i = \left(\frac{l_i}{\sum l_k}, \frac{m_i}{\sum m_k}, \frac{u_i}{\sum u_k} \right) \quad (4)$$

E. Defuzzifikasi

Kemudian mengubah bobot *fuzzy* menjadi nilai *crisp*,

$$w_i = \frac{(l_i + m_i + u_i)}{3} \quad (5)$$

Dan dinormalisasi agar total bobot sama dengan 1,

$$w_i^{norm} = \frac{w_i}{\sum w_i} \quad (6)$$

F. Konsistensi Matriks

Hitung nilai *eigen* maksimum dengan proses,

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum \left(\frac{(A_m w)_i}{w_i} \right) \quad (7)$$

Consistency Index (CI) dan *Consistency Ratio* (CR) dihitung dengan,

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (8)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (9)$$

G. Bobot Global

Bobot masing-masing kriteria dan sub-kriteria dihitung menggunakan *Fuzzy AHP*, kemudian digabungkan menjadi bobot global yang mencerminkan tingkat kepentingan relatif tiap indikator terhadap tujuan utama [25]. Nilai bobot global ini selanjutnya digunakan sebagai *input* pada metode WASPAS untuk proses perangkingan prioritas. Perhitungan bobot global dilakukan melalui,

$$Bobot\ Global = Bobot\ Kriteria \times Bobot\ Sub\ Kriteria \quad (8)$$

Dimana nilai RI atau *Random Index* merupakan bilangan yang ditetapkan berdasarkan jumlah kriteria yang digunakan sebagaimana dalam Tabel 3. Nilai CR yang lebih kecil sama dengan 0,1 menunjukkan bahwa penilaian antar kriteria dalam matriks perbandingan berpasangan bersifat konsisten. Sebaliknya, apabila nilai CR melebihi batas 0,1, maka matriks dikatakan tidak konsisten dan perlu dilakukan perbaikan terhadap nilai perbandingan agar hasil pembobotan yang diperoleh menjadi lebih konsisten [24].

Tabel 3. *Random Index*

Ukuran Matriks	IR
1,2	0
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49

II.2.2. Particle Swarm Optimization

Particle Swarm Optimization (PSO) merupakan salah satu algoritma optimasi berbasis populasi yang meniru perilaku sosial hewan berkelompok seperti kawanan burung atau ikan [17][26]. Konsep utamanya berangkat dari mekanisme koordinasi alami, di mana setiap individu dalam kelompok menyesuaikan pergerakannya dengan mempertimbangkan pengalaman pribadi dan informasi yang diperoleh dari individu lain. Dalam konteks PSO, setiap individu disebut partikel, yang berperan sebagai kandidat solusi dan bergerak dalam ruang pencarian untuk menemukan posisi terbaik (optimal). Setiap partikel menyimpan dua jenis pengetahuan penting, yaitu personal *best* atau $p_{best,i}$, yang merepresentasikan posisi terbaik yang pernah dicapai partikel tersebut, serta global *best* atau g_{best} , yaitu posisi terbaik yang pernah dicapai oleh seluruh partikel dalam populasi (*swarm*) [17]. Nilai $p_{best,i}$ diperbarui setiap kali partikel menemukan solusi dengan nilai *fitness* lebih baik dibandingkan pencapaian sebelumnya, sedangkan g_{best} diperbarui ketika ada partikel lain dalam kelompok yang mencapai solusi dengan nilai *fitness* paling tinggi [27].

Pergerakan setiap partikel dikontrol oleh tiga komponen utama, yaitu kecepatan (*velocity*), posisi (*position*), dan sejumlah parameter pengendali seperti bobot inersia

(ω), koefisien pembelajaran individu (c_1), dan koefisien pembelajaran sosial (c_2) [27]. Secara sistematis, pembaharuan kecepatan dan posisi partikel dapat dirumuskan sebagaimana dalam persamaan 10 dan 11 ,

$$v_i^{(t+1)} = \omega v_i^{(t)} + c_1 r_1 (p_{best,i} - x_i^{(t)}) + c_2 r_2 (g_{best} - x_i^{(t)}) \quad (10)$$

$$x_i^{(t+1)} = x_i^{(t)} + v_i^{(t+1)} \quad (11)$$

Dengan r_1 dan r_2 merupakan bilangan acak uniform dalam rentang $[0,1]$. Parameter ω mengontrol tingkat eksplorasi partikel terhadap ruang pencarian, sedangkan c_1 dan c_2 mengatur kontribusi pembelajaran individu dan sosial.

Dalam penelitian ini, algoritma PSO digunakan untuk melakukan optimasi bobot hasil *Fuzzy AHP*. Tujuan utama integrasi PSO adalah untuk memperhalus (*fine tune*) bobot prioritas kriteria yang dihasilkan dari proses *Fuzzy AHP* agar mencapai tingkat konsistensi yang lebih baik tanpa mengubah struktur logis dari matriks perbandingan berpasangan. Dengan demikian, PSO berfungsi sebagai mekanisme penyempurnaan (*refinement optimization*), bukan sebagai metode substitusi terhadap proses penilaian pakar. Proses optimasi dimulai dengan mendefinisikan bobot hasil *Fuzzy AHP* sebagai populasi awal partikel. Setiap partikel merepresentasikan sekumpulan bobot yang menjadi kandidat solusi, sedangkan fungsi objektif yang diminimalkan adalah indeks inkonsistensi (*Consistency Ratio*) atau deviasi antara bobot hasil optimasi dan bobot awal. Melalui iterasi, posisi dan kecepatan setiap partikel diperbarui hingga mencapai konvergensi pada nilai *fitness* terbaik (*minimum error* atau maksimum konsistensi) [27][28]. Namun, perlu dicatat bahwa PSO tidak selalu menghasilkan perubahan bobot yang signifikan, terutama ketika matriks perbandingan awal telah memiliki tingkat konsistensi yang tinggi. Dalam kondisi seperti ini, ruang pencarian solusi yang tersedia relatif sempit sehingga PSO hanya mampu melakukan penyempurnaan minor terhadap bobot.

II.2.3. Weighted Aggregated Sum Product Assessment

Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) merupakan metode pengambilan keputusan multikriteria (MCDM) yang memadukan dua pendekatan untuk agregasi penilaian yaitu, *Weighted Sum Model* (WSM) dan *Weighted Product Model* (WPM) [14]. Tujuan utama metode ini adalah meningkatkan akurasi dan stabilitas hasil evaluasi alternatif dengan menggabungkan keunggulan dari kedua pendekatan tersebut dalam satu kerangka agregasi terintegrasi [15]. Metode WSM menggunakan pendekatan penjumlahan berbobot (*additive aggregation*), di mana skor total alternatif diperoleh dengan menjumlahkan hasil perkalian antara nilai kriteria yang telah dinormalisasi dengan bobotnya masing-masing [14][29].

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n w_j \tilde{x}_{ij} \quad (12)$$

Sebaliknya, WPM menggunakan pendekatan perkalian berbobot (*multiplicative aggregation*), di mana setiap nilai kriteria dipangkatkan dengan bobotnya, kemudian hasilnya dikalikan untuk memperoleh nilai total alternatif [14].

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n (\tilde{x}_{ij})^{w_j} \quad (13)$$

Dalam WASPAS, kedua pendekatan ini digabungkan menggunakan koefisien λ ($0 \leq \lambda \leq 1$) sebagai faktor pengendali keseimbangan antara kontribusi model WSM dan WPM. Nilai total preferensi setiap alternatif (Q_i) dihitung dengan persamaan,

$$Q_i = \lambda \cdot Q_i^{(1)} + (1 - \lambda) \cdot Q_i^{(2)} \quad (14)$$

Nilai Q_i menggambarkan tingkat kinerja atau prioritas relatif dari setiap alternatif berdasarkan seluruh kriteria yang dievaluasi. Pendekatan gabungan ini membuat WASPAS lebih unggul dibandingkan metode agregasi tunggal karena menghasilkan hasil pemeringkatan yang lebih konsisten, *robust*, dan sensitif terhadap variasi antar

kriteria. Dalam konteks *fuzzy*, setiap alternatif memiliki nilai derajat keanggotaan fuzzy (μ) yang berada dalam rentang 0 hingga 1, di mana nilai tersebut merepresentasikan tingkat kedekatan alternatif terhadap solusi ideal. Semakin tinggi nilai μ (mendekati 1), semakin besar tingkat kesesuaian alternatif terhadap kriteria terbaik yang diharapkan. Sebaliknya, nilai yang mendekati 0 menunjukkan alternatif dengan kinerja paling rendah terhadap tujuan keputusan [13][15]. Namun, pada penelitian yang menggunakan atribut bertipe *cost*, seperti indikator kemiskinan, interpretasi hasil dilakukan secara terbalik. Dalam hal ini, nilai *fuzzy* yang lebih kecil (mendekati 0) menunjukkan tingkat kesejahteraan yang lebih rendah, sehingga rumah tangga dengan nilai Q_i terkecil dikategorikan sebagai prioritas penanganan tertinggi (rangking 1). Proses perangkingan dilakukan dengan mengurutkan seluruh nilai Q_i secara *ascending*, di mana posisi peringkat pertama menunjukkan rumah tangga dengan kondisi paling membutuhkan intervensi.

III. HASIL DAN ANALISIS

Dalam penelitian ini, metode *Fuzzy AHP* digunakan untuk menentukan tingkat kepentingan relatif dari setiap indikator kemiskinan yang menjadi dasar dalam proses penentuan prioritas penanganan. Pendekatan ini memungkinkan pengambil keputusan untuk menilai kriteria secara lebih fleksibel dengan mempertimbangkan unsur ketidakpastian dan subjektivitas dalam persepsi manusia terhadap tingkat kepentingan antar faktor. Setiap perbandingan berpasangan dikonversi ke dalam bentuk TFN untuk merepresentasikan ketidakpastian dalam skala penilaian. Hasil agregasi dari matriks *fuzzy* kemudian melalui proses *defuzzifikasi* untuk memperoleh bobot *crisp* yang menggambarkan kepentingan akhir tiap kriteria dan sub kriteria.

III.1. *Fuzzy AHP* Kriteria

Berdasarkan perhitungan awal *Fuzzy AHP* yang dilakukan pada kriteria kemiskinan meliputi konsumsi, kesehatan, ekonomi, perumahan, dan pendidikan, didapatkan hasil bobot awal sebagaimana dalam Tabel 4,

Tabel 4. Bobot Kriteria Kemiskinan

Kriteria	Bobot Normalisasi
Konsumsi	0,4293
Kesehatan	0,2240
Ekonomi	0,1579
Perumahan	0,1216
Pendidikan	0,0672

Hasil pembobotan awal menunjukkan bahwa kriteria Konsumsi (0,4293) merupakan prioritas utama dalam penanganan kemiskinan, diikuti Kesehatan (0,2240) dan Ekonomi (0,1579). Sementara itu, Perumahan (0,1216) dan Pendidikan (0,0672) memiliki bobot lebih kecil, mencerminkan bahwa pemenuhan kebutuhan dasar masih menjadi fokus utama dalam konteks kesejahteraan masyarakat. Pada perhitungan ini didapatkan nilai *Consistency Ratio* (CR) sebelum optimasi sebesar 0,1002, sedikit di atas ambang batas toleransi 0,1. Hal ini mengindikasikan adanya ketidakkonsistenan kecil dalam matriks perbandingan berpasangan, sehingga diperlukan proses optimasi untuk memperoleh bobot yang lebih stabil dan konsisten. Setelah dilakukan optimasi didapatkan hasil bobot kriteria yaitu sebagaimana ditampilkan pada Tabel 5,

Tabel 5. Bobot Kriteria Kemiskinan Optimasi

Kriteria	Bobot Normalisasi
Konsumsi	0,4295
Kesehatan	0,2241
Ekonomi	0,1580
Perumahan	0,1214
Pendidikan	0,0670

Nilai CR setelah optimasi turun menjadi 0,1000, menunjukkan peningkatan konsistensi hasil. Perubahan bobot relatif kecil, karena secara prinsip optimasi PSO tidak bertujuan untuk mengubah struktur prioritas, melainkan menyesuaikan bobot secara halus agar tetap proporsional dan lebih konsisten terhadap rasio perbandingan semula. Dengan demikian, hasil optimasi memperkuat reliabilitas nilai bobot tanpa mengganggu stabilitas urutan kriteria. Hasil perhitungan bobot kriteria menggunakan metode Fuzzy AHP menunjukkan bahwa kriteria Konsumsi memiliki bobot tertinggi sebesar 0,4295, menandakan bahwa aspek pemenuhan kebutuhan dasar rumah tangga menjadi prioritas utama dalam penanganan kemiskinan. Kriteria ini mencerminkan kemampuan keluarga untuk memenuhi kebutuhan makan sehari-hari, yang secara langsung berkaitan dengan kesejahteraan dan ketahanan pangan. Hal ini sejalan dengan pandangan bahwa dimensi konsumsi merupakan indikator paling sensitif terhadap kondisi kemiskinan karena berhubungan langsung dengan daya beli dan keberlanjutan hidup rumah tangga [1][2].

Kriteria Kesehatan menempati urutan kedua dengan bobot 0,2241, yang menegaskan pentingnya akses terhadap layanan kesehatan dasar sebagai bagian dari upaya pengentasan kemiskinan. Kondisi kesehatan yang buruk dapat menurunkan produktivitas dan meningkatkan beban ekonomi rumah tangga, sehingga aspek ini menjadi faktor penting dalam strategi penanganan kemiskinan. Selanjutnya, kriteria Ekonomi memiliki bobot 0,1580, yang menunjukkan kontribusi signifikan namun relatif lebih rendah dibanding dua kriteria sebelumnya. Aspek ekonomi berhubungan dengan sumber pendapatan, stabilitas pekerjaan, dan kemampuan rumah tangga dalam menghasilkan nilai ekonomi berkelanjutan. Walaupun penting, hasil ini menunjukkan bahwa faktor ekonomi belum sepenuhnya dominan dibandingkan aspek konsumsi dan kesehatan, terutama dalam konteks rumah tangga miskin yang masih berjuang memenuhi kebutuhan dasar.

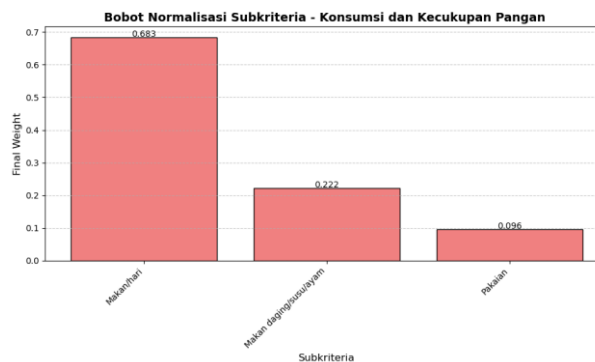
Kriteria Perumahan dengan bobot 0,1214 menempati posisi keempat, mencerminkan pentingnya kondisi tempat tinggal sebagai komponen kesejahteraan, tetapi masih dianggap kurang prioritas dibandingkan kebutuhan konsumsi dan kesehatan. Akses terhadap perumahan layak memiliki dampak tidak langsung terhadap kesehatan dan produktivitas, namun sifatnya lebih jangka panjang. Terakhir, kriteria Pendidikan memperoleh bobot terendah sebesar 0,0670, menunjukkan bahwa meskipun pendidikan diakui penting untuk memutus rantai kemiskinan, dalam konteks penanganan kemiskinan jangka pendek, masyarakat cenderung memprioritaskan kebutuhan dasar terlebih dahulu. Namun demikian, pendidikan tetap menjadi faktor kunci dalam strategi pengentasan kemiskinan berkelanjutan karena berperan dalam peningkatan kapasitas manusia dan peluang ekonomi di masa depan.

Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa dimensi kemiskinan di wilayah studi masih didominasi oleh faktor kebutuhan dasar dan kesehatan. Temuan ini konsisten dengan berbagai studi kemiskinan di Indonesia yang menekankan pentingnya pemenuhan kebutuhan pokok sebagai langkah awal sebelum peningkatan kapasitas ekonomi dan pendidikan. Setelah diperoleh bobot kriteria yang konsisten, tahap selanjutnya adalah menentukan bobot sub-kriteria dalam setiap kategori utama. Proses ini menggunakan pendekatan yang sama, yaitu *Fuzzy AHP*, untuk mengevaluasi tingkat

kepentingan relatif antar sub-kriteria seperti indikator konsumsi, ekonomi, dan perumahan. Hasil dari tahap ini akan digunakan sebagai dasar dalam proses agregasi dengan metode WASPAS untuk menghasilkan peringkat prioritas penanganan kemiskinan.

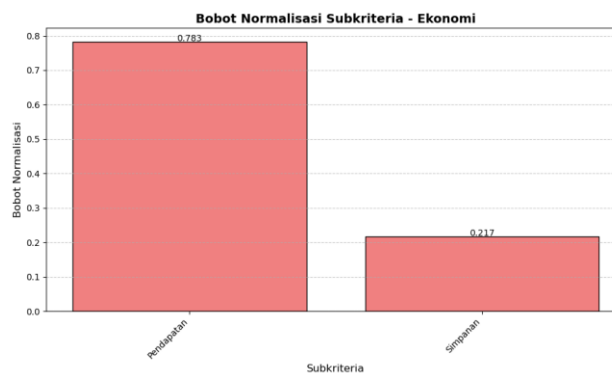
III.2. Fuzzy AHP Sub Kriteria

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kriteria Konsumsi, sub kriteria “Frekuensi makan dalam sehari” memiliki bobot tertinggi (0,683), menandakan bahwa indikator ini paling berpengaruh dalam mencerminkan tingkat kesejahteraan keluarga. Sub kriteria “Frekuensi makan daging/susu/ayam” menempati urutan kedua (0,222), menunjukkan kemampuan keluarga dalam memenuhi kebutuhan gizi yang lebih baik. Sementara itu, “Kemampuan membeli pakaian baru” memiliki bobot terendah (0,096), yang meskipun berpengaruh, tidak sekuat indikator kebutuhan pangan.



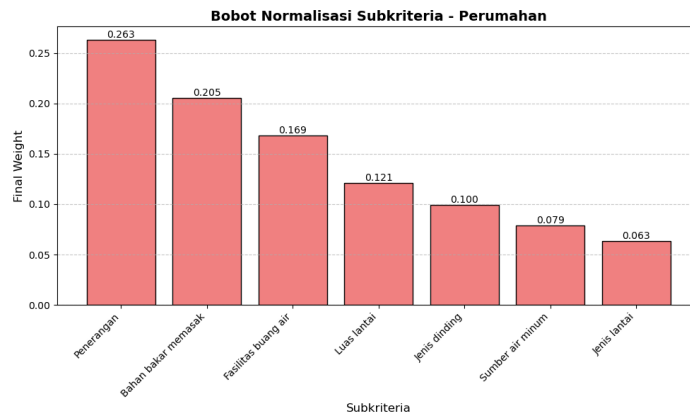
Gambar 2. Bobot Sub Kriteria Konsumsi dan Kecukupan Pangan

Pada kriteria Ekonomi, sub kriteria “Pendapatan” memperoleh bobot tertinggi (0,783), menunjukkan bahwa tingkat pendapatan menjadi faktor utama dalam menilai kondisi ekonomi rumah tangga. Sub kriteria “Memiliki simpanan” berada pada posisi kedua (0,217), mencerminkan kemampuan keluarga dalam menjaga kestabilan finansial melalui tabungan.



Gambar 3. Bobot Sub Kriteria Ekonomi

Sementara pada kriteria Perumahan, sub kriteria “Sumber penerangan” memiliki bobot terbesar (0,263), diikuti oleh “Bahan bakar memasak” (0,205) dan “Fasilitas buang air besar” (0,169). Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan sarana dasar rumah tangga masih menjadi prioritas utama dalam menilai kesejahteraan hunian.

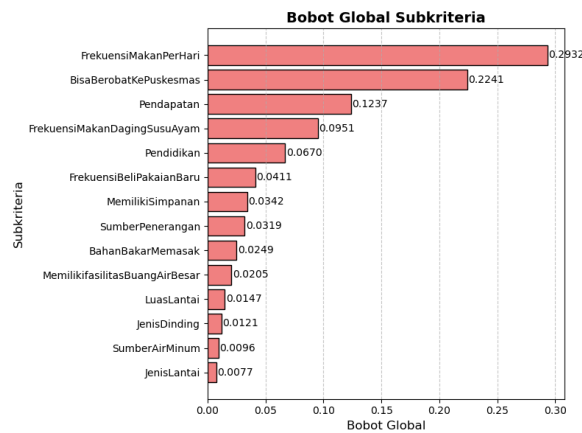


Gambar 4. Bobot Sub Kriteria Perumahan

Pada kriteria Pendidikan, sub kriteria “Pendidikan kepala rumah tangga” memperoleh bobot penuh (1,000), menegaskan pentingnya tingkat pendidikan sebagai penentu kemampuan keluarga dalam meningkatkan kesejahteraan dan akses terhadap peluang ekonomi.

III.3. Fuzzy AHP Keseluruhan

Hasil analisis *Fuzzy AHP* menunjukkan tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria dan sub kriteria dalam penentuan prioritas penanganan kemiskinan. Melalui proses pembobotan dengan pendekatan *fuzzy*, diperoleh bobot global yang menggambarkan kontribusi keseluruhan tiap indikator terhadap tujuan utama, yaitu penentuan prioritas kebijakan penanganan kemiskinan.



Gambar 5. Bobot Global

Nilai bobot global tersebut menjadi dasar dalam perhitungan metode WASPAS pada tahap berikutnya, di mana setiap alternatif akan dievaluasi secara lebih komprehensif. Secara umum, hasil *Fuzzy AHP* mengindikasikan bahwa beberapa kriteria yang berkaitan langsung dengan kondisi dasar rumah tangga seperti akses pangan, kondisi perumahan, dan pendidikan kepala keluarga memiliki pengaruh yang dominan dibandingkan dengan indikator lainnya.

III.4. WASPAS

Metode WASPAS digunakan untuk menentukan prioritas penanganan kemiskinan berdasarkan hasil pembobotan global dari *Fuzzy AHP*. Proses WASPAS menggabungkan dua pendekatan, yaitu *Weighted Sum Model* (WSM) dan *Weighted Product Model* (WPM). Kedua nilai tersebut kemudian dirata-ratakan untuk

memperoleh skor akhir Q_i . Dalam sistem penilaian berbasis derajat keanggotaan *fuzzy*, setiap alternatif (rumah tangga) memiliki nilai dalam rentang 0 hingga 1, di mana semakin mendekati 0 menunjukkan kondisi kemiskinan yang semakin parah atau prioritas penanganan yang semakin tinggi, sedangkan semakin mendekati 1 menandakan kondisi kesejahteraan yang lebih baik.

KepalaKeluarga	Kecamatan	Desa/Keturahan	FrekuensiMakanPerHari	...	Pendidikan	Q1_WSM	Q2_WPM	Q_WASPAS	Rank
A1	NGRAYUN	NGRAYUN	2	...	5	0,4256	0,4088	0,4172	1
A2	SLAIJUNG	KAMBENG	2	...	5	0,4256	0,4088	0,4172	1
A3	SAWOO	TEMPURAN	2	...	4	0,4249	0,4131	0,4190	2
A4	BADEGAN	KARANGAN	2	...	4	0,4263	0,4124	0,4193	3
A5	SAWOO	SAWOO	2	...	5	0,4318	0,4128	0,4223	4
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
A19996	PONDOROJO	MANGKULAYAN	1	...	1	0,9962	0,9947	0,9954	7657
A19997	BADEGAN	DAYAKAN	1	...	1	1,0000	1,0000	1,0000	7658
A19998	SUKOREJO	KARANGLO LOR	1	...	1	1,0000	1,0000	1,0000	7658
A19999	JETIS	JETIS	1	...	1	1,0000	1,0000	1,0000	7658
A20000	BADEGAN	BANDARAJUM	1	...	1	1,0000	1,0000	1,0000	7658

Gambar 6. Perangkingan Keluarga

Dari hasil tersebut, rumah tangga dengan nilai Q_i paling kecil memiliki tingkat kemiskinan paling tinggi dan menjadi prioritas utama dalam penanganan. Sebaliknya, rumah tangga dengan nilai mendekati 1 menunjukkan kondisi yang relatif lebih sejahtera. Dengan demikian, urutan peringkat tidak menunjukkan nilai terbesar sebagai yang terbaik, tetapi nilai terkecil sebagai prioritas utama. Pendekatan ini sesuai dengan prinsip *fuzzy decision making*, di mana nilai 0 mencerminkan kondisi paling tidak diinginkan (kemiskinan berat), dan nilai mendekati 1 menunjukkan kondisi ideal atau sejahtera. Hasil WASPAS ini kemudian dapat dijadikan dasar dalam pengelompokan prioritas dan penyusunan strategi intervensi kemiskinan yang lebih tepat sasaran.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini mengusulkan pendekatan hibrida antara *Fuzzy AHP*, *Particle Swarm Optimization* (PSO), dan WASPAS untuk menentukan prioritas penanganan kemiskinan secara lebih objektif dan adaptif terhadap ketidakpastian data sosial ekonomi. Melalui *Fuzzy AHP*, dilakukan pembobotan terhadap kriteria dan sub kriteria kemiskinan berdasarkan indikator DTKS dan BPS, sehingga dapat menangkap unsur ketidakpastian dalam penilaian pakar. Hasil menunjukkan bahwa kriteria konsumsi memiliki tingkat kepentingan tertinggi, diikuti oleh kesehatan, ekonomi, perumahan, dan pendidikan, yang menegaskan bahwa pemenuhan kebutuhan dasar merupakan prioritas utama dalam upaya pengentasan kemiskinan. Selanjutnya, optimasi bobot menggunakan PSO berhasil meningkatkan konsistensi matriks perbandingan dengan menurunkan nilai *Consistency Ratio* (CR) dari 0,1002 menjadi 0,1000, sehingga struktur bobot menjadi lebih stabil tanpa mengubah arah prioritas secara signifikan. Bobot hasil optimasi kemudian digunakan sebagai *input* pada metode WASPAS untuk melakukan pemeringkatan rumah tangga miskin berdasarkan skor agregat model penjumlahan dan perkalian berbobot, di mana nilai yang mendekati 0 menunjukkan tingkat kesejahteraan yang lebih rendah. Integrasi metode *Fuzzy AHP*–PSO–WASPAS terbukti efektif dalam menghasilkan proses penilaian yang lebih adaptif, *robust*, dan transparan untuk mendukung penentuan prioritas intervensi kemiskinan secara tepat sasaran. Ke depan, penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambahkan metode MCDM lain sebagai pembanding, menggunakan algoritma optimasi alternatif seperti GA atau GWO, memanfaatkan indikator kemiskinan *multiyear* untuk analisis dinamis, mengintegrasikan pemodelan dengan GIS untuk pemetaan spasial kerentanan, mengembangkan *dashboard* analitik berbasis *realtime* bagi pemerintah daerah, serta melakukan validasi lapangan untuk menguji akurasi hasil pemeringkatan sehingga model dapat semakin relevan dan aplikatif dalam pengambilan keputusan berbasis data.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan penelitian ini. Terima kasih disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, serta bimbingan dalam proses penyusunan dan analisis data. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada instansi penyedia data yang telah memungkinkan penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik. Selain itu, terima kasih disampaikan kepada Tim DISCOVER dalam pembuatan *template* ini.

REFERENSI

- [1] BPS Jawa Timur, “Profil Kemiskinan Jawa Timur 2024,” vol. 3, 2024.
- [2] B. P. Statistika, “Memahami Perbedaan Angka Kemiskinan versi Bank Dunia dan BPS.” Accessed: Sep. 18, 2025. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/news/2025/05/02/702/memahami-perbedaan-angka-kemiskinan-versi-bank-dunia-dan-bps.html>
- [3] U. N. D. Programme, *Human Development Report 2023/2024: Breaking the Gridlock-Reimagining Cooperation in a Polarized World*. United Nations Publications, 2024.
- [4] M. Misnawati and S. Z. Bin Tahir, “Inhibiting Factors (Internal & External) Implementation of the Family Hope Program (PKH) in Bone Regency,” in *Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Universitas Iqra Buru, 2021.
- [5] A. Supriyanto, J. A. Razaq, P. Purwatiningsy, and A. Ariyanto, “Keputusan Pemberian Bantuan Sosial Program Keluarga Harapan Menggunakan Metode AHP dan SAW,” *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, vol. 21, no. 3, pp. 639–652, 2022.
- [6] S. Suprpto, E. Edora, and F. A. Pasaribu, “Sistem Pendukung Keputusan Calon Penerima Program Bantuan Sosial (BANSOS) Menggunakan Metode Simple Additive Weighting (SAW): Decision Support System for Prospective Social Assistance Program Recipients (BANSOS) Using the Simple Additive Weighting (SAW) M,” *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 4, no. 1, pp. 188–197, 2024.
- [7] U. Fitriyanti, “Pemutakhiran DTKS, Upaya Mewujudkan Pelayanan Jaminan Sosial Tepat Sasaran,” Ombudsman Republik Indonesia. [Online]. Available: <https://www.ombudsman.go.id/artikel/r/artikel--pemutakhiran-dtks-upaya-mewujudkan-pelayanan-jaminan-sosial--tepat-sasaran>
- [8] M. S. R. Indonesia, “Peraturan Menteri Sosial Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Data Terpadu Kesejahteraan Sosial,” 2021.
- [9] D. H. Mano, “Bappeda Gorontalo minta aparat desa mendukung verifikasi DTKS,” Antara Gorontalo. [Online]. Available: <https://gorontalo.antaranews.com/berita/95596/bappeda-gorontalo-minta-aparat-desa-mendukung-verifikasi-dtks>
- [10] D. Ihsan, “Peneliti IPB Sebut Penyaluran Bansos Pemerintah Jauh dari Efektif,” Kompas. [Online]. Available: <https://www.kompas.com/edu/read/2021/12/07/092850671/peneliti-ipb-sebut-penyalaran-bansos-pemerintah-jauh-dari-efektif>
- [11] R. Dwiarto, “Inovasi Penyaluran Jaminan Sosial Tepat Sasaran Melalui Kebijakan Pengelolaan Anggaran Data Terpadu Kesejahteraan Sosial (DTKS

-) Dan Pemanfaatan Aplikasi " Cek Bansos ",” *Prosiding Seminar Nasional UNIMUS*, pp. 204–215, 2023.
- [12] A. Muhaimin, P. C. Ekacitta, and A. E. Ardiani, “Spatial Autocorrelation Analysis of East Java Stunting Prevalence Cases in 2023,” *Journal of Advances in Information and Industrial Technology*, vol. 7, no. 1, pp. 83–94, 2025.
- [13] R. Saatchi, “Fuzzy logic concepts, developments and implementation,” *Information*, vol. 15, no. 10, 2024.
- [14] X. Meng and G. M. Shaikh, “Evaluating environmental, social, and governance criteria and green finance investment strategies using fuzzy AHP and fuzzy WASPAS,” *Sustainability*, vol. 15, no. 8, p. 6786, 2023.
- [15] Z. Turskis, E. Zavadskas, J. Antucheviciene, and N. Kosareva, “A hybrid model based on fuzzy AHP and fuzzy WASPAS for construction site selection,” *International Journal of Computers Communications & Control*, vol. 10, p. 113, Oct. 2015, doi: 10.15837/ijccc.2015.6.2078.
- [16] A. A. Jabbar and A. S. Abd ALRazaq, “PSO vs GA: A Comparative Study of Multi-Objective Reliability Optimization using Fuzzy Nonlinear Programming Functions,” *Wasit Journal for Pure Sciences*, vol. 2, no. 2, pp. 143–149, 2023.
- [17] B. Şenol and U. Demiroğlu, “Optimizing PI Controller for Stability and Overshoot in Step Response Using GA and PSO Techniques, A Comparative Study,” *International Scientific and Vocational Studies Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 12–23, 2025.
- [18] B. Kizielewicz and A. Bączkiewicz, “Comparison of Fuzzy TOPSIS, Fuzzy VIKOR, Fuzzy WASPAS and Fuzzy MMOORA methods in the housing selection problem,” *Procedia Comput Sci*, vol. 192, pp. 4578–4591, 2021.
- [19] U. Lestari and M. Targiono, “Sistem Pendukung Keputusan Klasifikasi Keluarga Miskin Menggunakan Metode Simple Additive Weighting (SAW) Sebagai Acuan Penerima Bantuan Dana Pemerintah (Studi Kasus: Pemerintah Desa Tamanmartani, Sleman),” *Jurnal TAM (Technology Acceptance Model)*, vol. 8, no. 1, pp. 70–78, 2017.
- [20] M. F. Mustofa and T. Utomo, “Standar Kemiskinan Badan Pusat Statistik (BPS) Perspektif Dr. Wahbah Zuhaili,” *Wasathiyyah*, vol. 5, no. 1, pp. 1–17, 2023.
- [21] Y. A. Solangi, C. Longsheng, and S. A. A. Shah, “Assessing and overcoming the renewable energy barriers for sustainable development in Pakistan: An integrated AHP and fuzzy TOPSIS approach,” *Renew Energy*, vol. 173, pp. 209–222, 2021.
- [22] Y. Liu, C. M. Eckert, and C. Earl, “A review of fuzzy AHP methods for decision-making with subjective judgements,” *Expert Syst Appl*, vol. 161, p. 113738, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113738>.
- [23] A. R. Naufal, D. A. Nawangnugraeni, and M. Z. Abdillah, “Fuzzy-Analytical Hierarchy Process (F-AHP) untuk Menentukan Keluarga Tidak Mampu Akibat Covid-19,” *Techno. Com*, vol. 21, no. 1, pp. 12–25, 2022.
- [24] O. Gogus and T. O. Boucher, “Strong transitivity, rationality and weak monotonicity in fuzzy pairwise comparisons,” *Fuzzy Sets Syst*, vol. 94, no. 1, pp. 133–144, 1998.
- [25] G. Peng, L. Han, Z. Liu, Y. Guo, J. Yan, and X. Jia, “An application of fuzzy analytic hierarchy process in risk evaluation model,” *Front Psychol*, vol. 12, p. 715003, 2021.
- [26] K. Rajwar, K. Deep, and S. Das, “An exhaustive review of the metaheuristic algorithms for search and optimization: taxonomy, applications, and open challenges,” *Artif Intell Rev*, vol. 56, no. 11, pp. 13187–13257, 2023.

- [27] A. Sa'adah, A. Sasmito, and A. A. Pasaribu, "Comparison of Genetic Algorithm (GA) and Particle Swarm Optimization (PSO) for Estimating the Susceptible-Exposed-Infected-Recovered (SEIR) Model Parameter Values," *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence*, vol. 10, no. 2, pp. 290–301, 2024.
- [28] A. Budiyanto and Y. Kurnia, "Penentuan Jumlah Produksi Optimum Dengan Metode Linier Programming pada CV Anugrah Cipta Pratama Tasikmalaya," *Jurnal Industrial Galuh*, vol. 2, no. 01, pp. 27–34, 2020.
- [29] A. Akmaludin, E. G. Sihombing, R. Rinawati, L. S. Dewi, and E. Arisawati, "Integrated selection of permanent teacher appointments recommended MCDM-AHP and WASPAS methods," *Sinkron: jurnal dan penelitian teknik informatika*, vol. 8, no. 2, pp. 661–670, 2024.