

Penerapan Fuzzy Inference System untuk Klasifikasi Status Gizi Balita di Jawa Barat

1st Jesika Oktaviani
Ilmu Komputer
Institut Pertanian Bogor
Bogor, Indonesia
08jjesika@apps.ipb.ac.id

2nd Rizkika Deviyanti
Ilmu Komputer
Institut Pertanian Bogor
Bogor, Indonesia
rizkikadeviyanti@apps.ipb.ac.id

3rd Dwiamalina Quratuain Najla
Ilmu Komputer
Institut Pertanian Bogor
Bogor, Indonesia
najladwiamalina@apps.ipb.ac.id

4th Noer Hanifah Suganda
Ilmu Komputer
Institut Pertanian Bogor
Bogor, Indonesia
hanifahsuganda@apps.ipb.ac.id

5th Syira Rijannati Rosadi
Ilmu Komputer
Institut Pertanian Bogor
Bogor, Indonesia
syirarosadi@apps.ipb.ac.id

Masalah gizi buruk pada balita memberikan dampak besar terhadap kemampuan fisik, mental, dan kognitif anak. Di tingkat regional, Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat (2016) melaporkan bahwa prevalensi stunting pada balita di Jawa Barat mencapai 35,3%, sedikit lebih rendah dibandingkan rata-rata nasional sebesar 37,2%. Selama ini, penilaian status gizi balita umumnya dilakukan menggunakan pendekatan deterministik yang bersifat biner, seperti mengkategorikan anak ke dalam status "cukup" atau "kurang gizi" yang dinilai kurang mampu merepresentasikan kondisi nyata yang sering kali bersifat kompleks, tumpang tindih, dan mengandung unsur ketidakpastian. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan alternatif yang dapat menangani ambiguitas dan memberikan penilaian yang lebih kontekstual. Pendekatan logika fuzzy ini mampu memberikan penilaian yang lebih fleksibel dalam menganalisis status gizi di wilayah Jawa Barat, yang didefinisikan dalam 3 kategori, yaitu Baik, Perlu Perhatian, dan Buruk. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebagian besar dari 25 kabupaten dan kota yang dianalisis berada dalam kategori "Perlu Perhatian", yang mencerminkan adanya risiko gizi yang cukup signifikan. Selain itu, beberapa daerah seperti Bandung, Garut, Cirebon, Karawang, Bekasi, dan Kota Cirebon masuk dalam kategori "Buruk", menandakan bahwa intervensi dan perhatian khusus sangat.

Keywords—fuzzy, status gizi, klasifikasi

I. PENDAHULUAN

Masalah gizi buruk pada balita memberikan dampak besar terhadap kemampuan fisik, mental, dan kognitif anak. Malnutrisi dapat menyebabkan gangguan struktural dan metabolik, yang pada akhirnya menghambat pertumbuhan dan perkembangan yang dibutuhkan untuk menunjang fungsi neurologis [1]. Menurut World Health Organization (WHO), malnutrisi diklasifikasikan menjadi tiga bentuk utama, yaitu undernutrition yang mencakup wasting (berat badan rendah menurut tinggi badan), stunting (tinggi badan rendah menurut umur), dan underweight (berat badan rendah menurut umur) [2]. Di tingkat regional, Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat (2016) melaporkan bahwa prevalensi stunting pada balita di Jawa Barat mencapai 35,3%, sedikit lebih rendah dibandingkan rata-rata nasional sebesar 37,2% [3]. Angka tersebut tetap menunjukkan bahwa permasalahan gizi kronis masih menjadi tantangan besar yang harus diatasi melalui pendekatan evaluasi yang akurat dan adaptif.

Selama ini, penilaian status gizi balita umumnya dilakukan menggunakan pendekatan deterministik yang bersifat biner, seperti mengkategorikan anak ke dalam status "cukup" atau "kurang gizi". Pendekatan ini dinilai kurang mampu merepresentasikan kondisi nyata yang sering kali bersifat kompleks, tumpang tindih, dan mengandung unsur ketidakpastian. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan alternatif yang dapat menangani ambiguitas dan memberikan penilaian yang lebih kontekstual. Salah satu metode yang sesuai adalah logika fuzzy, yaitu sebuah paradigma yang memungkinkan pemodelan ketidakpastian dan ambiguitas dalam suatu sistem [4]. Logika fuzzy sering digunakan dalam pemecahan masalah yang menjelaskan sistem bukan melalui angka-angka, melainkan secara linguistik, atau variabel-variabel yang mengandung ketidakpastian/ketidaktegasan [5].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem inferensi fuzzy guna mengevaluasi status gizi balita berdasarkan data prevalensi underweight, stunting, dan wasting pada tingkat kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat tahun 2017. Ketiga indikator tersebut digunakan sebagai variabel input untuk menghasilkan satu output, yaitu status gizi wilayah dalam tiga kategori linguistik: baik, perlu perhatian, dan buruk. Dalam sistem ini, digunakan fungsi keanggotaan berbentuk segitiga (triangular membership function) dan 27 aturan fuzzy berbasis IF-THEN yang merepresentasikan pengetahuan pakar. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan penilaian yang lebih halus, adaptif, dan kontekstual terhadap kondisi gizi masyarakat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Stunting Sebagai Permasalahan Gizi Balita

Balita Pendek (Stunting) adalah status gizi yang didasarkan pada indeks PB/U atau TB/U dimana dalam standar antropometri penilaian status gizi anak, hasil pengukuran tersebut berada pada ambang batas (Z-Score) <-2 SD sampai dengan -3 SD (pendek/ stunted) dan <-3 SD (sangat pendek / severely stunted). Stunting adalah masalah kurang gizi kronis yang disebabkan oleh asupan gizi yang kurang dalam waktu cukup lama akibat pemberian makanan yang tidak sesuai dengan kebutuhan gizi. Stunting dapat terjadi mulai janin masih dalam kandungan dan baru nampak saat anak berusia dua tahun. Stunting yang telah terjadi bila tidak diimbangi dengan catch-up growth (tumbuh kejar) mengakibatkan menurunnya pertumbuhan, masalah stunting merupakan masalah Kesehatan masyarakat yang

berhubungan dengan meningkatnya risiko kesakitan, kematian dan hambatan pada pertumbuhan baik motorik maupun mental. Stunting dibentuk oleh growth faltering dan catch up growth yang tidak memadai yang mencerminkan ketidakmampuan untuk mencapai pertumbuhan optimal, hal tersebut mengungkapkan bahwa kelompok balita yang lahir dengan berat badan normal dapat mengalami stunting bila pemenuhan kebutuhan selanjutnya tidak terpenuhi dengan baik [6].

B. Indikator Status Gizi

Untuk menilai status gizi anak usia 0–59 bulan, WHO menetapkan tiga indikator utama, yaitu: Underweight: berat badan menurut usia di bawah -2 standar deviasi (SD), Stunting: tinggi badan menurut usia di bawah -2 SD, dan Wasting: berat badan menurut tinggi badan di bawah -2 SD [7]. Indikator-indikator ini menjadi acuan utama dalam intervensi program gizi karena mencerminkan dimensi waktu masalah gizi, yaitu kronis (stunting), akut (wasting), dan gabungan keduanya (underweight).

Penelitian oleh Wolde [8] memperkuat pentingnya indikator-indikator ini dengan temuan bahwa prevalensi stunting pada anak sekolah di Ethiopia mencapai 25,6%, sedangkan wasting sebesar 14% dan underweight sebesar 19%. Studi tersebut juga mencatat bahwa stunting merupakan masalah gizi paling umum yang dihadapi oleh anak usia sekolah, mencerminkan kondisi kekurangan gizi kronis yang berlangsung lama.

WHO sendiri menyatakan bahwa anak dikategorikan stunting, wasting, atau underweight bila skor Z (z-score) indeks antropometri mereka berada di bawah -2 SD dari median populasi referensi WHO. Dalam konteks penelitian lapangan seperti yang dilakukan Wolde et al., pengukuran berat dan tinggi badan dilakukan dengan alat yang distandardisasi, dan status gizi dihitung menggunakan perangkat lunak WHO Anthro Plus. Data ini menegaskan bahwa indikator WHO tersebut bukan hanya kerangka teoretis, tetapi juga telah digunakan secara luas dalam studi epidemiologi gizi untuk menggambarkan permasalahan nyata di lapangan.

C. Metode Deterministik Konvensional

Penilaian status gizi balita umumnya dilakukan dengan menggunakan pendekatan deterministik berbasis indeks antropometri, seperti berat badan menurut umur (BB/U), tinggi badan menurut umur (TB/U), dan berat badan menurut tinggi badan (BB/TB). Ketiga indikator tersebut dinyatakan dalam bentuk skor Z, yang menggambarkan seberapa jauh ukuran tubuh anak berbeda dari median populasi referensi WHO. Anak dikategorikan underweight, stunting, atau wasting jika skor Z mereka berada di bawah -2 standar deviasi (SD) dari median WHO [7].

Meskipun pendekatan ini telah menjadi standar global, metode ini bersifat biner dan kaku. Artinya, status gizi anak diklasifikasikan hanya dalam kategori “normal” atau “bermasalah” berdasarkan ambang batas tertentu. Pendekatan ini sering kali tidak mencerminkan kondisi nyata yang lebih kompleks dan tumpang tindih, terutama ketika nilai skor Z anak mendekati batas -2 SD. Misalnya, anak dengan skor Z -1,9 dikategorikan “normal”, sementara anak dengan -2,1 dianggap “bermasalah”, padahal perbedaan fisiologisnya mungkin sangat kecil dan tidak signifikan secara klinis [9].

Keterbatasan ini juga terlihat dalam penelitian oleh Wolde [8], yang menunjukkan bahwa status gizi anak tidak hanya ditentukan oleh ukuran tubuh saja, tetapi juga dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti usia, pendidikan ibu, infeksi parasit, pola makan, dan kondisi sosial ekonomi. Dalam studi tersebut, anak-anak dari rumah tangga yang mengalami *food insecurity* atau ibunya tidak memiliki pendidikan formal memiliki risiko lebih tinggi mengalami stunting dan underweight, meskipun berat atau tinggi badan mereka bisa saja masih dalam kisaran ambang batas normal secara numerik.

Selain itu, pendekatan deterministik tidak dapat menangkap kondisi gizi ganda secara bersamaan. Misalnya, seorang anak dapat mengalami stunting (TB/U < -2 SD) sekaligus overweight (BB/TB > +2 SD), namun pendekatan konvensional tidak dirancang untuk mendeteksi atau menangani kondisi seperti ini dengan baik.

Kekakuan klasifikasi ini berpotensi menghambat deteksi dini pada anak-anak yang berada “di ambang risiko” dan membuat intervensi menjadi kurang tepat sasaran. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan yang lebih fleksibel dan adaptif, yang dapat menangani ketidakpastian serta mempertimbangkan nuansa data antropometri secara lebih halus dan kontekstual.

D. Logika Fuzzy dalam Penilaian Gizi

Penilaian status gizi secara konvensional umumnya menggunakan klasifikasi biner seperti “normal” atau “kurang gizi”. Namun, pendekatan ini sering kali tidak mampu menggambarkan kondisi anak secara menyeluruh, terutama dalam kasus yang tumpang tindih atau tidak pasti. Logika fuzzy menawarkan alternatif dengan memungkinkan klasifikasi sebagian melalui derajat keanggotaan. Sistem inferensi fuzzy menggunakan aturan linguistik seperti: “Jika berat badan rendah dan tinggi badan pendek, maka status gizi buruk.” Pendekatan ini memberikan interpretasi yang lebih halus dan adaptif terhadap kondisi nyata anak.

Dalam konteks tersebut, Fuzzy Inference System (FIS) merupakan kerangka kerja berbasis logika fuzzy yang digunakan untuk meniru proses pengambilan keputusan manusia dalam kondisi ketidakpastian. FIS bekerja dengan tiga tahapan utama [10]:

1. Fuzzifikasi, yaitu mengubah input numerik (misalnya berat badan, tinggi badan) menjadi nilai linguistik seperti “rendah”, “sedang”, atau “tinggi” menggunakan fungsi keanggotaan.
2. Inferensi fuzzy, yaitu menyusun dan mengeksekusi aturan berbasis *if-then* yang diperoleh dari pengetahuan pakar. Contohnya: *Jika berat rendah dan tinggi pendek maka status gizi buruk.*
3. Defuzzifikasi, yaitu mengubah hasil dari inferensi fuzzy menjadi output numerik yang konkret, seperti skor status gizi atau kategori yang dapat ditindaklanjuti.

FIS dapat menggunakan berbagai pendekatan seperti metode Mamdani atau Sugeno, dan dapat dikembangkan lebih lanjut menggunakan teknik hibrida seperti optimisasi atau pembelajaran neural-fuzzy. Hal ini memungkinkan sistem mempertahankan interpretabilitas sembari meningkatkan akurasi klasifikasi [10].

III. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan sistem pakar berbasis logika fuzzy untuk mengevaluasi status gizi balita berdasarkan tiga indikator utama, yaitu *underweight*, *stunting*, dan *wasting*

A. Pengumpulan dan Persiapan Data

Data yang digunakan mengenai status gizi balita berdasarkan kabupaten/kota yang diperoleh dari [BPS](#), yang memuat informasi persentase kasus *underweight*, *stunting*, dan *wasting* pada suatu populasi balita di kabupaten/kota. Data tersebut dimuat dan diolah menggunakan pustaka *pandas* pada Python. Variabel yang dianalisis meliputi persentase *underweight* (0–25 %), *stunting* (0–50 %), dan *wasting* (0–20 %).

B. Perancangan Sistem Logika Fuzzy

1. Variabel Antecedent (Input)

Underweight: domain = [0–25]; fungsi keanggotaan segitiga untuk level Low (0, 5, 15), Medium (10, 15, 20), dan High (15, 25, 25).

Stunting: domain = [0–50]; fungsi keanggotaan segitiga untuk level Low (0, 10, 25), Medium (20, 30, 40), dan High (35, 50, 50).

Wasting: domain = [0–20]; fungsi keanggotaan segitiga untuk level Low (0, 2, 6), Medium (4, 7, 10), dan High (8, 20, 20).

2. Variabel Consequent (Output)

Status gizi: domain = [0–100]; fungsi keanggotaan segitiga untuk level Baik (0,0,40), Perlu Perhatian (30,50,70), dan Buruk (60,100,100)

C. Basis Aturan (Rule Base)

Aturan fuzzy dibentuk berdasarkan kombinasi dari tiga indikator input dengan masing-masing tiga kondisi (*low*, *medium*, *high*), menghasilkan total 27 aturan fuzzy.

D. Implementasi Sistem

1. *Pandas* : untuk manajemen dan analisis data
2. *Numpy* : untuk menggunakan operasi numerik
3. *Matplotlib* : untuk memvisualisasikan data
4. *Scikit-fuzzy* : untuk membangun sistem inferensi fuzzy, mendefinisikan variabel, fungsi keanggotaan, serta aturan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Impor Pustaka

Proyek ini memanfaatkan berbagai pustaka python untuk mendukung proses pembuatan proyek. Proyek ini diawali dengan mengimpor beberapa library penting seperti *pandas* untuk pengolahan data, *numpy* untuk perhitungan numerik, *skfuzzy* untuk membangun sistem logika fuzzy, dan *matplotlib* untuk visualisasi grafik. Dataset yang digunakan dibaca dari file CSV bernama *gizi.csv*, yang berisi data prevalensi *underweight*, *stunting*, dan *wasting* dari beberapa wilayah. Fungsi *describe()* digunakan untuk mendapatkan ringkasan statistik dari data yang mencakup nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan kuartil. Berdasarkan data dari 25

sampel, prevalensi *Underweight* memiliki rata-rata 14,81%, dengan nilai minimum 8,6% dan maksimum 21,9%. *Stunting* menunjukkan rata-rata tertinggi, yaitu 28,47%, dengan rentang nilai 14,9% hingga 43,1%. Sementara itu, *Wasting* memiliki rata-rata 6,55%, dengan nilai minimum 3,2% dan maksimum 13,8%.

B. Mendefinisikan Variabel Fuzzy

Selanjutnya, didefinisikan tiga variabel input fuzzy yaitu *underweight*, *stunting*, dan *wasting*, serta satu variabel output bernama status yang telah disesuaikan dengan angka pada ringkasan statistik data. Masing-masing variabel input memiliki rentang nilai yang ditentukan berdasarkan data statistik dan literatur: *underweight* (0–25%), *stunting* (0–50%), dan *wasting* (0–20%). Sementara itu, variabel output status diberi rentang 0 hingga 100 yang mewakili persentase status gizi wilayah. Untuk setiap variabel, ditetapkan fungsi keanggotaan (*membership functions*) dengan bentuk segitiga (*triangular membership function*) yang mengelompokkan nilai ke dalam kategori *low*, *medium*, dan *high* untuk input, serta *baik*, *perlu perhatian*, dan *buruk* untuk output. Fungsi keanggotaan segitiga digunakan karena kemudahan dalam pengimplementasiannya. Selain itu, tidak ada peraturan khusus dalam pemilihan fungsi keanggotaan dalam kasus tertentu.

C. Definisi dan Visualisasi Fungsi Keanggotaan

Selanjutnya, didefinisikan fungsi keanggotaan (*membership function*) untuk masing-masing variabel input. Fungsi keanggotaan ini membagi setiap variabel menjadi tiga kategori linguistik, yaitu *low*, *medium*, dan *high*. Setiap kategori tersebut digambarkan dengan bentuk segitiga (*trimf*) yang menentukan derajat keanggotaan suatu nilai dalam kategori tertentu. Misalnya, jika prevalensi *underweight* di suatu wilayah adalah 12%, maka nilai tersebut akan memiliki derajat keanggotaan tertentu pada kategori *low* dan *medium* secara bersamaan, sesuai prinsip logika fuzzy. Tujuan dari pembagian ini adalah agar sistem dapat menilai kondisi gizi secara lebih fleksibel dan realistis dibandingkan pendekatan logika biner.

Selain itu, didefinisikan juga variabel status sebagai variabel output, yang menunjukkan hasil akhir penilaian status gizi wilayah berdasarkan kombinasi nilai ketiga indikator input. Variabel status memiliki rentang 0 hingga 100 dan dikelompokkan ke dalam tiga kategori yaitu *baik*, *perlu perhatian*, dan *buruk*. Kategori ini juga menggunakan fungsi keanggotaan berbentuk segitiga yang merepresentasikan tingkat status gizi. Sebagai contoh, nilai output di bawah 40 dikategorikan sebagai *baik*, antara 30 hingga 70 sebagai *perlu perhatian*, dan di atas 60 sebagai *buruk*, dengan area tumpang tindih untuk mengakomodasi ketidakpastian. Secara keseluruhan, pendefinisian variabel dan fungsi keanggotaan ini sangat penting karena menjadi dasar bagi sistem logika fuzzy dalam menganalisis input dan menghasilkan output berupa status gizi wilayah secara bertahap dan kontekstual. Hal ini memungkinkan sistem mengambil keputusan yang lebih manusiawi dan tidak kaku, sesuai karakteristik nyata dari masalah gizi masyarakat yang kompleks dan tidak bersifat absolut.

D. Pembuatan Aturan Fuzzy

Setelah itu, dibangun 27 aturan fuzzy menggunakan pendekatan IF-THEN berdasarkan kombinasi dari ketiga

input. Aturan-aturan ini merepresentasikan pengetahuan pakar, seperti: "Jika underweight rendah, stunting rendah, dan wasting rendah, maka status gizi baik."

E. Pembangunan Sistem Kontrol

Sistem kontrol fuzzy dibentuk dengan memasukkan aturan-aturan tersebut ke dalam objek kontrol, dan simulasi dilakukan untuk mengevaluasi setiap baris data dalam dataset. Nilai dari setiap indikator (underweight, stunting, dan wasting) dimasukkan ke dalam sistem, lalu dilakukan proses inferensi untuk menghasilkan nilai output status. Nilai tersebut kemudian diklasifikasikan ke dalam tiga kategori status gizi wilayah, yaitu Baik jika nilainya di bawah 40, Perlu Perhatian jika antara 40 hingga 70, dan Buruk jika di atas 70.

F. Hasil Evaluasi

Hasil menunjukkan bahwa dari 25 kabupaten dan kota di Jawa Barat, sebagian besar memiliki status gizi yang termasuk dalam kategori 'Perlu Perhatian' berdasarkan analisis fuzzy. Beberapa daerah seperti Bandung, Garut, Cirebon, Karawang, Bekasi, dan Kota Cirebon tergolong dalam kategori 'Buruk', yang menunjukkan perlunya intervensi lebih lanjut dalam penanganan masalah gizi.

V. KESIMPULAN

Pendekatan logika fuzzy ini mampu memberikan penilaian yang lebih fleksibel dalam menganalisis status gizi di wilayah Jawa Barat, yang didefinisikan dalam 3 kategori, yaitu Baik, Perlu Perhatian, dan Buruk. Dalam pengimplementasian Logika Fuzzy ini, digunakan tiga indikator utama, yaitu underweight, stunting, dan wasting, serta menggunakan fungsi keanggotaan segitiga.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebagian besar dari 25 kabupaten dan kota yang dianalisis berada dalam kategori "Perlu Perhatian", yang mencerminkan adanya risiko gizi yang cukup signifikan. Selain itu, beberapa daerah seperti Bandung, Garut, Cirebon, Karawang, Bekasi, dan Kota Cirebon masuk dalam kategori "Buruk", menandakan bahwa intervensi dan perhatian khusus sangat

REFERENCES

- [1] D. C. Utami dan A. N. Azizah, "Hubungan status gizi dengan perkembangan balita usia 1–5 tahun di wilayah kerja Puskesmas Kutasari," *Avicenna: J. Health Res.*, vol. 6, no. 1, pp. 28–35, Mar. 2023, doi: 10.36419/avicenna.v6i1.820.
- [2] World Health Organization, "Malnutrition," 1 Maret 2024. [Daring]. Tersedia: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>.
- [3] Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Barat, "Profil Kesehatan", 2016.
- [4] S. Rajabana, Sukri, dan Munawaroh, "Penerapan metode pembelajaran mesin berbasis fuzzy logic untuk prediksi kualitas layanan jaringan IoT (Internet of Things)," *J. Informatika Univ. Pamulang*, vol. 8, no. 2, pp. 270–278, Jun. 2023, doi: 10.32493/informatika.v8i2.30572.
- [5] Yulmaini, "Penggunaan metode fuzzy inference system (FIS) Mamdani dalam pemilihan peminatan mahasiswa untuk tugas akhir," *J. Informatika*, vol. 15, no. 1, pp. 10–23, Jun. 2015.
- [6] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2016). Situasi Balita Pendek. *ACM SIGAPL APL Quote Quad*, 29(2), 63–76. <https://doi.org/10.1145/379277.312726>
- [7] World Health Organization. (2006). WHO Child Growth Standards: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age: Methods and development. Geneva: WHO.

- [8] Wolde, M., Berhan, Y., & Chala, A. (2015). Determinants of underweight, stunting and wasting among schoolchildren. *BMC Public Health*, 15(8), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12889-014-1337-2>
- [9] Black RE, et al. 2013. Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *The Lancet*, 382(9890), 427–451.
- [10] Ojha VK, Abraham A, Snášel V. 2019. Heuristic Design of Fuzzy Inference Systems: A Review of Three Decades of Research. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 85, 845–864. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.08.010>