

Penentuan Jenis Intervensi *Sense* Pecahan Calon Guru Berdasarkan Logika Fuzzy

(Determination of Preservice Teachers Fractional Sense Intervention Types Based on Fuzzy Logic)

Vivi Suwanti¹, Tatik Retno Murniasih^{2*}

^{1,2}Pendidikan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Kanjuruhan Malang – Jl. S. Supriadi Malang, Jawa Timur, Indonesia

*email penulis korespondensi: tretnom@unikama.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan implementasi sistem inferensi fuzzy pada penentuan jenis intervensi *sense* pecahan calon guru dan dilakukan komparasi dengan teknik penilaian konvensional. Tahap pelaksanaan penelitian yang dilakukan meliputi pemodelan fuzzy, perancangan sistem inferensi, uji coba tes *sense* pecahan pada calon guru, dan analisis komparasi. Instrumen yang digunakan pada penelitian ini meliputi lembar tes *sense* pecahan dan pedoman wawancara. Berdasarkan analisis komparasi, penggunaan aplikasi fuzzy pada penentuan jenis intervensi lebih sesuai dengan hasil analisis secara kualitatif dari pada perhitungan rata-rata statistik. Hasil aplikasi fuzzy lebih rasional adil dalam menentukan jenis intervensi dari pada perhitungan rata-rata. Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan berbagai metode fuzzy untuk membandingkan bentuk penentuan keputusan intervensi *sense* pecahan terbaik.

Kata kunci: *sense pecahan, fuzzy, intervensi, calon guru*

Abstract

This study aims to describe the implementation of the fuzzy inference system in determining the type of fractional sense intervention for preservice teachers and to make comparisons with conventional assessment techniques. The implementation phase of the research carried out included fuzzy modeling, inference system design, fractional sense test trials on preservice teachers, and comparative analysis. The instruments used in this study included fractional sense test sheets and interview guidelines. Based on comparative analysis, the use of fuzzy applications in determining the type of intervention is more in accordance with the results of qualitative analysis than the calculation of statistical averages. The results of the fuzzy application are more rational and fair in determining the type of intervention than the average calculation. In future research, it is suggested to use various fuzzy methods to compare the best fractional sense intervention decision making.

Keywords: *fraction sense, fuzzy, intervention, preservice teacher*

Cara mengutip dengan APA 6 style: Suwanti, V. & Murniasih, T. R. (2022). Penentuan jenis intervensi *sense* pecahan calon guru berdasarkan logika fuzzy. *JMPM: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 7(2), 1-18.
<https://dx.doi.org/10.26594/jmpm.v7i2.3094>

PENDAHULUAN

Sense pecahan merupakan merupakan salah satu kemampuan yang paling menantang untuk dipelajari dan diajarkan pada siswa. Dalam pembelajaran formal tentang pecahan, pemahaman besaran pecahan diajarkan terlebih dahulu karena siswa telah memiliki modal konsep bilangan bulat yang telah tertanam sehingga pemaknaan pecahan sebagai suatu bilangan dengan besaran tunggal dapat menjadi akar konsep pecahan bagi siswa (Liu, 2017). *Sense* pecahan melibatkan pemahaman bahwa bilangan bulat dapat dipartisi menjadi bagian yang sama yang diwakili oleh penyebut (yang menunjukkan berapa banyak bagian yang dibagi) dan pembilang (yang menunjukkan jumlah bagian yang sama yang dipertimbangkan) (Ontario Ministry of Education, 2016). Murniasih dkk. (2020) menuliskan komponen dari *sense* pecahan sebagai berikut: a) memahami pecahan sebagai bahasa dan simbol tertulis, b) memahami hubungan antara komponen bilangan penyusun pecahan dengan pecahan senilainya, c) memiliki *sense* besaran pecahan terhadap keseluruhan, dan d) mampu memvisualisasikan dan membuat representasi pecahan dengan model-model berbeda. Menurut Fennell & Karp (2016), *sense* pecahan melibatkan 1) ekivalensi dan besaran pecahan, 2) membandingkan dan mengurutkan pecahan, 3) menggunakan benchmark pecahan, dan 4) estimasi komputasi. Dyson dkk. (2020) mendefinisikan *sense* pecahan sebagai 1) pemahaman makna pecahan yaitu pengetahuan bahwa penyebut dan pembilang bekerja sama menentukan besaran, 2) pemahaman relasi antar pecahan melibatkan membandingkan dua atau lebih pecahan, mengurutkan pecahan di garis bilangan, menunjukkan bahwa pecahan berbeda bisa memiliki nilai yang ekuivalen, dan 3) pemahaman operasi pecahan yaitu mampu menerapkan pemahaman pecahan dan bilangan bulat secara logis ke operasi penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian pecahan.

Salah satu kesulitan yang muncul pada pembelajaran pecahan sebagai bilangan rasional adalah bias bilangan bulat, yaitu dimana siswa menyamakan semua prinsip dan sifat bilangan bulat ke sistem bilangan rasional (Obersteiner dkk., 2020). Hal ini menyebabkan siswa mengabaikan sifat yang berbeda di antara keduanya (seperti penjumlahan, kepadatan, atau jarak pada garis bilangan). Karena guru merupakan salah satu penentu keberhasilan pembelajaran pecahan siswa, maka untuk membuat siswa memiliki *sense* pecahan, tentunya guru juga harus memiliki *sense* pecahan yang baik. Sebelum menjalankan profesi sebagai seorang guru, penting untuk dipastikan bahwa *sense* pecahan yang dimiliki oleh calon guru telah sesuai sehingga dapat meminimalisir terjadinya kegagalan calon guru dalam membelajarkan pecahan.

Beberapa penelitian tentang *sense* pecahan pada calon guru yang telah dilakukan menunjukkan adanya masalah pada *sense* pecahan calon guru seperti pada penelitian Murniasih dkk. (2020) yang menemukan adanya beberapa hambatan *sense* pecahan yang dialami calon guru. Şengül (2013) pada penelitiannya juga menemukan bahwa calon guru cenderung lebih suka

menggunakan rumus yang ada dibanding dengan *sense* bilangan untuk menyelesaikan masalah. Salah satu cara untuk mengatasi masalah *sense* pecahan calon guru adalah melalui pemberian intervensi *sense* pecahan.

Intervensi merupakan sebuah usaha untuk merubah perilaku/kebiasaan, pemikiran, dan perasaan seseorang untuk membangun pengetahuan sebagai tujuan dari pengalaman pembelajaran (Kurniawan dkk., 2016). Aksi memperluas penalaran matematis, secara khusus menggeneralisasi strategi atau ide dan mengembangkan justifikasi yang layak secara matematis dapat dipandang sebagai salah satu bentuk intervensi (Yao & Manouchehri, 2020). Jadi, intervensi dalam bentuk aksi perluasan penalaran matematis dapat digunakan bagi calon guru yang memiliki masalah dengan *sense* pecahan. Akan tetapi, sebelum memberikan intervensi, perlu dilakukan suatu bentuk asesmen *sense* pecahan untuk menentukan tingkat dan komponen *sense* pecahan yang perlu diintervensi.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menunjukkan proses perbaikan *sense* bilangan maupun pecahan calon guru. Whitacre & Nickerson (2016) memberikan rangkaian intervensi berdasarkan teori pembelajaran lokal pada domain bilangan rasional calon guru. Rosli dkk. (2020) menggunakan model konkrit, pemecahan masalah, dan *problem posing* sebagai intervensi untuk meningkatkan pengetahuan, persepsi, dan sikap calon guru terhadap materi pecahan. Pemberian intervensi pada penelitian terdahulu dilakukan secara klasikal dengan penentuan tingkat kesulitan rata-rata sebagai titik awal. Tentunya masing-masing calon guru memiliki masalah *sense* pecahan yang berbeda satu sama lain. Jadi, diperlukan alat penilaian yang efektif untuk membantu menentukan keputusan tingkat dan jenis komponen *sense* pecahan yang akan diintervensi pada masing-masing individu calon guru.

Dari beberapa penelitian tentang pengukuran tingkat *sense* pecahan calon guru, masih menggunakan teknik penilaian secara kualitatif atau deskriptif seperti yang dilakukan oleh Murniasih dkk. (2020), Whitacre & Nickerson (2016), dan Sukma dkk. (2021). Meskipun *sense* bilangan dan pecahan khususnya telah dilakukan penilaian secara kuantitatif seperti pada Liu (2017) dan Birgin & Peker (2022), tetapi penilaian hanya menggunakan metode rata-rata dari masing-masing skor indikator. Oleh karena itu, pada penelitian ini peneliti menggunakan teknik penilaian yang melibatkan sistem inferensi fuzzy untuk menentukan tingkat dan jenis komponen intervensi *sense* pecahan calon guru sebagai alternatif teknik penilaian konvensional.

Logika himpunan fuzzy merupakan generalisasi dari logika himpunan klasik (*crisp set*) yang hanya memiliki dua nilai keanggotaan yaitu 0 dan 1. Dalam logika fuzzy nilai keanggotaan suatu elemen dalam himpunan berkisar dari 0 sampai 1 (Meimaharani & Listyorini, 2014). Fungsi keanggotaan fuzzy dapat direpresentasikan dalam bentuk representasi kurva linier, segitiga, trapesium, S, dan Gauss. Pada penelitian ini, representasi keanggotaan fuzzy yang digunakan adalah kurva linier (linier naik dan turun) dan segitiga. Representasi linier dibagi menjadi dua, yaitu linier naik dan linier turun. Representasi linier naik dimulai dari nilai keanggotaan 0 menuju 1. Sedangkan representasi linier turun adalah kebalikan dari representasi linier naik.

Fungsi keanggotaan linier naik dapat dituliskan

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & \text{jika } x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{jika } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{jika } x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

Sedangkan fungsi keanggotaan linier turun dapat dituliskan

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a}, & \text{jika } a \leq x \leq b \\ 0, & \text{jika } x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

Representasi segitiga sebenarnya merupakan gabungan antara dua garis linier. Fungsi keanggotaan representasi segitiga dapat ditulis

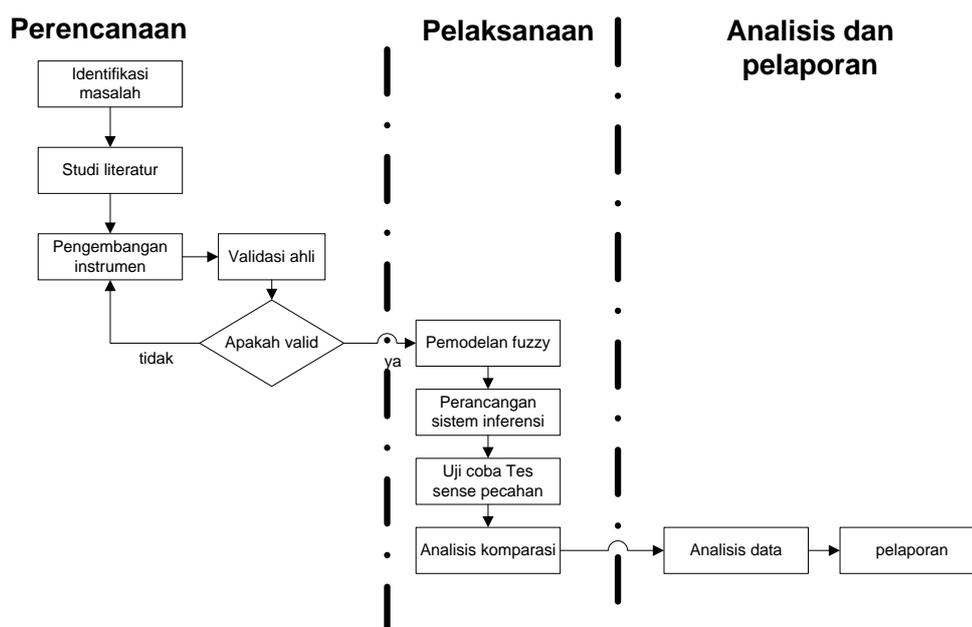
$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & \text{jika } x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{jika } a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & \text{jika } b \leq x \leq c \end{cases} \quad (3)$$

Sistem statis atau dinamis yang melibatkan himpunan fuzzy, logika fuzzy, dan kerangka kerja matematis disebut dengan sistem fuzzy. Sistem fuzzy yang paling umum digunakan dengan aturan “jika-maka” dikenal dengan pemodelan fuzzy (Rafiu dkk., 2014) atau sistem inferensi fuzzy. Langkah-langkah *inference* fuzzy dapat dilakukan sebagai berikut : 1) menentukan variabel dan domain, 2) fuzzyfikasi (menentukan fungsi keanggotaan), 3) *inference* (penjabaran model fuzzy), dan 4) defuzzyfikasi (pencarian nilai tegas dari nilai keanggotaan fuzzy) (Meimaharani & Listyorini, 2014).

Aplikasi sistem inferensi fuzzy telah banyak digunakan dalam membantu penilaian di dunia pendidikan. Beberapa penelitian mengenai penggunaan sistem inferensi fuzzy berikut ini telah berhasil memberikan logika penilaian baru pada asesmen yang telah ada. Nilashi & Janahmadi (2012), Eriana dkk. (2019), serta Rafiu dkk. (2014) menggunakan sistem inferensi fuzzy untuk menilai efektivitas pembelajaran seperti *e-learning*. Pamuji (2017) serta Saleh & Kim (2009) menggunakan inferensi fuzzy dalam menilai prestasi siswa dalam pembelajaran. Juningtyastuti & Gunawan (2016) menggunakan sistem inferensi fuzzy untuk menilai korelasi antara metode pembelajaran, motivasi, kedisiplinan dengan prestasi siswa. Ridwan dkk. (2020) menggunakan sistem inferensi fuzzy pada penilaian tes berbasis komputer yang saat ini banyak digunakan selama pembelajaran daring. Dari beberapa penelitian terdahulu tentang pengaplikasian sistem inferensi fuzzy yang telah ada, menunjukkan bahwa adanya peningkatan efektifitas teknik penilaian dengan menggunakan sistem inferensi fuzzy. Akan tetapi, dari penelitian-penelitian pengaplikasian sistem fuzzy pada pendidikan yang telah disebutkan belum ada penentuan jenis intervensi *sense* pecahan menggunakan bantuan sistem inferensi fuzzy. Oleh karena itu, pada penelitian ini, sistem inferensi fuzzy akan diimplementasikan pada penentuan jenis intervensi *sense* pecahan calon guru dan dilakukan komparasi dengan teknik penilaian konvensional.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk melihat aplikasi pemodelan sistem inferensi fuzzy pada penilaian *sense* pecahan untuk menentukan jenis intervensi. Metode yang digunakan adalah metode penelitian kualitatif dengan jenis deskriptif. Tahap-tahap penelitian yang dilakukan meliputi perencanaan, pelaksanaan, serta analisis data dan pelaporan (Gambar 1). Tahap perencanaan dilakukan melalui observasi dan studi literatur. Tahap pelaksanaan dilakukan dengan langkah: 1) proses pemodelan masalah ke dalam sistem fuzzy, 2) ujicoba tes *sense* pecahan, 3) analisis perbandingan dan relevansi keputusan menggunakan sistem inferensi fuzzy terhadap sistem perhitungan statistik rata-rata yang telah digunakan selama ini. Dari data yang dihasilkan, analisis data dan pelaporan dilakukan.



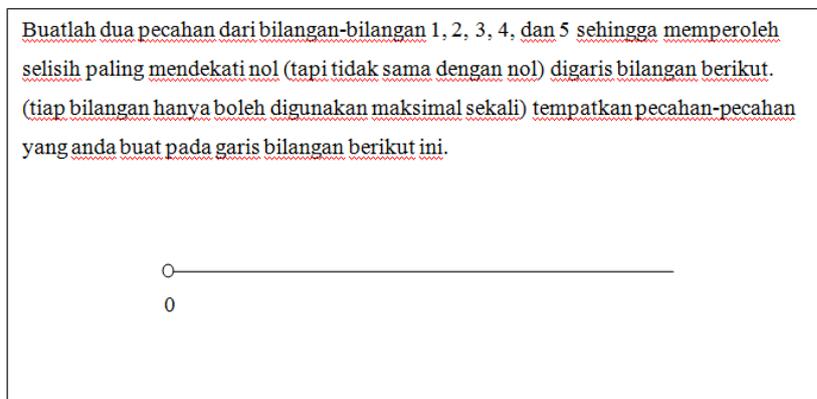
Gambar 1. Tahap-Tahap Penelitian

Subjek uji coba penelitian ini adalah calon guru yang merupakan mahasiswa pendidikan matematika salah satu universitas swasta di Malang yang saat ini tengah menempuh tahun ketiga perkuliahan. Prosedur pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi tes, wawancara, dan observasi. Adapun instrumen yang digunakan adalah sebagai berikut.

Tes *sense* pecahan

Instrumen soal tes *sense* pecahan pecahan terdiri dari 1 soal yang merupakan pemecahan masalah melibatkan 3 komponen *sense* pecahan Dyson dkk. (2020) yang meliputi makna pecahan, relasi antar pecahan, dan operasi pecahan. Soal tes diadaptasi dari Murniasih, dkk. (2020) yang berupa pemecahan masalah *sense* pecahan dan diaplikasikan pada tugas estimasi garis bilangan Georges & Schiltz (2021) yang berupa estimasi pada garis bilangan tak terbatas. Pemilihan pecahan yang terlibat disesuaikan dengan hasil penelitian dari Peeters, Verschaffel, & Luwel (2017) tentang *benchmark* eksternal di titik tengah, kuartil,

dan bahkan oktil dari garis bilangan. Selain itu, pemilihan bilangan-bilangan penyusun pecahan dilakukan berdasarkan hasil penelitian Marinova & Reynvoet, (2020) dimana jarak relatif ($n1/n2$) antara dua angka mempengaruhi kinerja yang menjadi lebih buruk ketika jarak relatif dari angka yang akan dibandingkan lebih dekat ke 0.



Gambar 2. Soal Tes Sense Pecahan

Jabaran skor masing-masing indikator *sense* pecahan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen Penilaian Sense Pecahan

Komponen <i>sense</i> pecahan	Deskriptor	Jabaran descriptor
makna pecahan	pemahaman makna pecahan yaitu pengetahuan bahwa penyebut dan pembilang bekerja sama menentukan besaran	a. menggunakan besaran bilangan sebagai dasar pemilihan pembilang dan penyebut b. menggunakan jarak bilangan untuk menentukan selisih paling mendekati nol
relasi pecahan	membandingkan dua atau lebih pecahan, mengurutkan pecahan di garis bilangan, menunjukkan bahwa pecahan berbeda bisa memiliki nilai yang ekuivalen	a. membuat representasi dua pecahan pada garis bilangan dengan tepat b. menemukan pecahan lain dari dua pecahan berbeda c. menyebutkan bentuk ekuivalen pecahan
operasi pecahan	menerapkan pemahaman pecahan dan bilangan bulat secara logis ke operasi penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian pecahan.	a. melakukan operasi pengurangan pecahan b. merepresentasikan pengurangan pada garis bilangan

Wawancara

Wawancara yang dilakukan pada penelitian ini merupakan wawancara semi terstruktur. Tujuan pelaksanaan wawancara adalah untuk mempertegas penskoran yang diberikan pada masing-masing subjek sehingga dapat dijadikan pendukung tingkat efektivitas pengaplikasian sistem inferensi fuzzy pada kasus di lapangan. Pada proses pelaksanaan wawancara dilakukan juga observasi yang dicatat dalam dokumentasi berupa gambar, video, rekaman suaranya dan catatan lapangan jika diperlukan.

Data hasil penerapan sistem inferensi fuzzy akan dianalisis dengan cara komparasi antara data output sistem inferensi fuzzy melawan hasil dari perhitungan statistik rata-rata. Selain itu, dilakukan juga justifikasi relevansi hasil sistem inferensi fuzzy dengan kondisi lapangan oleh dosen praktikan. Prosedur analisis ini akan dilakukan secara berulang hingga diputuskan bahwa data dan kesimpulan yang didapat telah cukup

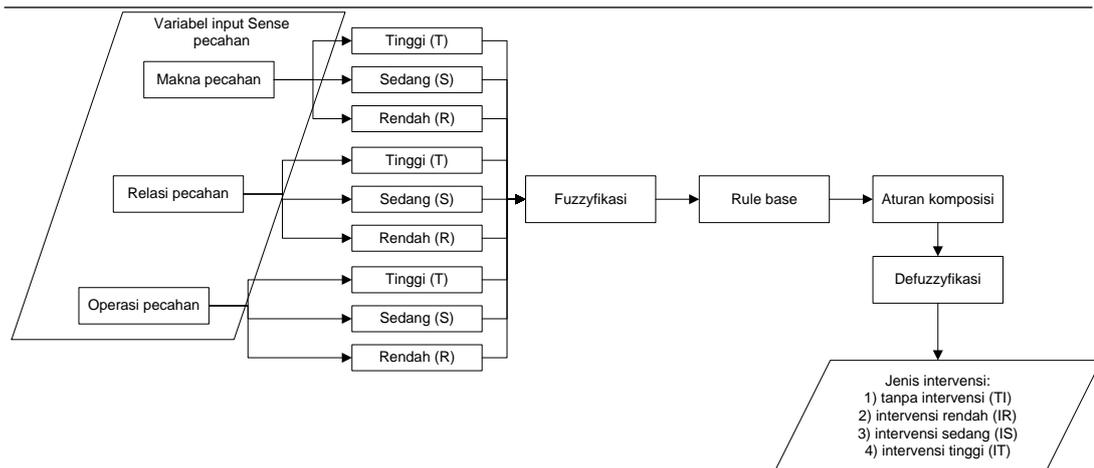
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini dijabarkan sesuai dengan tahap-tahap pelaksanaan pada Gambar 1 yang terdiri dari 1) pemodelan fuzzy dan perancangan sistem inferensi pada *sense* pecahan, 2) uji coba sistem pada 20 subjek, dan 3) analisis komparasi dengan hasil perhitungan nilai statistik rata-rata.

Pemodelan fuzzy dan perancangan sistem inferensi pada sense pecahan

Berdasarkan beberapa literatur yang dipaparkan, variabel input yang digunakan pada penelitian ini merujuk pada Dyson dkk. (2020) yang membagi *sense* pecahan ke dalam 3 variabel komponen *sense* pecahan. Pemilihan 3 komponen *sense* pecahan tersebut dilakukan atas dasar pertimbangan cakupan yang tiap komponen yang telah mawadahi berbagai pendapat ahli lain dan tahun penelitian yang lebih baru. Jadi variabel input dari sistem inferensi fuzzy pada makalah ini adalah {makna pecahan, relasi pecahan, operasi pecahan} dengan masing-masing istilah linguistik {rendah, sedang, tinggi}. Interval domain dari masing-masing variabel input disesuaikan dengan banyaknya deskriptor yang muncul dari variabel. Satu deskriptor dinilai maksimal sebesar 10 poin. Variabel makna pecahan memiliki 1 deskriptor maka interval domain pada [0,10]. Variabel relasi pecahan memiliki 3 deskriptor maka interval domain pada [0,30]. Variabel operasi pecahan memiliki 2 deskriptor maka interval domain pada [0,20].

Variabel output sistem inferensi fuzzy yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis intervensi *sense* pecahan bagi calon guru yang terdiri dari intervensi tinggi, intervensi sedang, intervensi rendah, tanpa intervensi yang menyesuaikan dengan 3 tingkat *sense* pecahan Kor dkk. (2018) (rendah (kurang dari 40), sedang (40-80), tinggi (lebih dari 80)). Dengan demikian, variabel output jenis intervensi menggunakan batas {intervensi tinggi, intervensi sedang, intervensi rendah, tanpa intervensi}.



Gambar 3. Sistem Inferensi Fuzzy Intervensi Sense Bilangan

Variabel linguistik dan definisinya

Sesuai dengan yang telah dipaparkan pada gambar 3, variabel input pada sistem inferensi fuzzy pada penelitian ini berupa 3 komponen *sense* pecahan yaitu {makna pecahan, relasi pecahan, operasi pecahan} dan variabel output berupa 1 variabel {jenis intervensi *sense* pecahan}. Berikut fungsi keanggotaan dari variabel input dan output.

Variabel input makna pecahan

Variabel makna pecahan memiliki 1 deskriptor sehingga domain fungsi keanggotaannya didefinisikan pada interval [0,10]. Dengan skala rendah, sedang, dan tinggi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Rentang Nilai Variabel Makna Pecahan

No	Kategori	Rentang Nilai
1	Rendah	$0 \leq x < 3$
2	Sedang	$3 \leq x < 7$
3	Tinggi	$7 \leq x \leq 10$

Fungsi keanggotaan rendah:

$$\mu_{mR}(x) = \begin{cases} 1, & \text{jika } x < 2 \\ \frac{4-x}{2}, & \text{jika } 2 \leq x < 4 \\ 0, & \text{jika } x \geq 4 \end{cases} \quad (4)$$

Fungsi keanggotaan sedang:

$$\mu_{mS}(x) = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < 2 \\ \frac{x-2}{2}, & \text{jika } 2 \leq x < 4 \\ 1, & \text{jika } 4 \leq x < 6 \\ \frac{8-x}{2}, & \text{jika } 6 \leq x < 8 \\ 0, & \text{jika } x \geq 8 \end{cases} \quad (5)$$

Fungsi keanggotaan tinggi :

$$\mu_{mT}(x) = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < 6 \\ \frac{x-6}{2}, & \text{jika } 6 \leq x < 8 \\ 1, & \text{jika } x \geq 8 \end{cases} \quad (6)$$

Variabel input relasi pecahan

Variabel relasi pecahan memiliki 3 deskriptor sehingga domain fungsi keanggotaannya didefinisikan pada interval [0,30]. Dengan skala rendah, sedang, dan tinggi seperti pada Tabel 3

Tabel 3. Rentang Nilai Variabel Relasi Pecahan

No	Kategori	Rentang Nilai
1	Rendah	$0 \leq x < 10$
2	Sedang	$10 \leq x < 20$
3	Tinggi	$20 \leq x \leq 30$

Fungsi keanggotaan rendah:

$$\mu_{rR}(x) = \begin{cases} 1, & \text{jika } x < 6 \\ \frac{12-x}{6}, & \text{jika } 6 \leq x < 12 \\ 0, & \text{jika } x \geq 12 \end{cases} \quad (7)$$

Fungsi keanggotaan sedang:

$$\mu_{rS}(x) = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < 6 \\ \frac{x-6}{6}, & \text{jika } 6 \leq x < 12 \\ 1, & \text{jika } 12 \leq x < 18 \\ \frac{24-x}{6}, & \text{jika } 18 \leq x < 24 \\ 0, & \text{jika } x \geq 24 \end{cases} \quad (8)$$

Fungsi keanggotaan tinggi:

$$\mu_{rT}(x) = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < 18 \\ \frac{x-18}{6}, & \text{jika } 18 \leq x < 24 \\ 1, & \text{jika } x \geq 24 \end{cases} \quad (9)$$

Variabel input operasi pecahan

Variabel operasi pecahan memiliki 4 deskriptor sehingga domain fungsi keanggotaannya didefinisikan pada interval [0,40]. Dengan skala rendah, sedang, dan tinggi seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Rentang Nilai Variabel Operasi Pecahan

No	Kategori	Rentang Nilai
1	Rendah	$0 \leq x < 7$
2	Sedang	$7 \leq x < 14$
3	Tinggi	$14 \leq x \leq 20$

Fungsi keanggotaan rendah:

$$\mu_{oR}(x) = \begin{cases} 1, & \text{jika } x < 5 \\ \frac{18-x}{9}, & \text{jika } 5 \leq x < 8 \\ 0, & \text{jika } x \geq 18 \end{cases} \quad (10)$$

Fungsi keanggotaan sedang:

$$\mu_{oS}(x) = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < 9 \\ \frac{x-9}{9}, & \text{jika } 9 \leq x < 18 \\ 1, & \text{jika } 18 \leq x < 27 \\ \frac{36-x}{9}, & \text{jika } 27 \leq x < 36 \\ 0, & \text{jika } x \geq 36 \end{cases} \quad (11)$$

Fungsi keanggotaan :

$$\mu_{oT}(x) = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < 27 \\ \frac{x-27}{9}, & \text{jika } 27 \leq x < 36 \\ 1, & \text{jika } x \geq 36 \end{cases} \quad (12)$$

Variabel output jenis intervensi

Sesuai dengan pemaparan pada bagian sebelumnya, variabel output pada penelitian ini berupa jenis intervensi *sense* pecahan dengan 4 kategori {intervensi tinggi, intervensi sedang, intervensi rendah, tanpa intervensi} dengan rentang domain fungsi pada interval [0,80] yang terbagi seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Rentang Nilai Variabel Operasi Pecahan

No	Kategori	Rentang Nilai
1	intervensi tinggi	$0 \leq z < 20$
2	intervensi sedang	$20 \leq z < 40$
3	intervensi rendah	$40 \leq z \leq 60$
4	tanpa intervensi	$60 \leq z \leq 80$

Fungsi keanggotaan intervensi tinggi:

$$\mu_{IT}(z) = \begin{cases} 1, & \text{jika } z < 10 \\ \frac{30-z}{20}, & \text{jika } 10 \leq z < 30 \\ 0, & \text{jika } z \geq 30 \end{cases} \quad (13)$$

Fungsi keanggotaan intervensi sedang:

$$\mu_{IS}(x) = \begin{cases} 0, & \text{jika } z < 10 \\ \frac{z-10}{20}, & \text{jika } 10 \leq z < 30 \\ \frac{50-z}{20}, & \text{jika } 30 \leq z < 50 \\ 0, & \text{jika } z \geq 50 \end{cases} \quad (14)$$

Fungsi keanggotaan intervensi rendah:

$$\mu_{IR}(x) = \begin{cases} 0, & \text{jika } z < 30 \\ \frac{z-30}{20}, & \text{jika } 30 \leq z < 50 \\ \frac{70-z}{20}, & \text{jika } 50 \leq z < 70 \\ 0, & \text{jika } z \geq 70 \end{cases} \quad (15)$$

Fungsi keanggotaan tanpa intervensi:

$$\mu_{IT}(x) = \begin{cases} 0, & \text{jika } z < 50 \\ \frac{z-50}{20}, & \text{jika } 50 \leq z < 70 \\ 1, & \text{jika } z \geq 70 \end{cases} \quad (16)$$

Rule base

Sistem inferensi fuzzy yang digunakan pada penelitian ini adalah model max min Mamdani seperti pada Rafiu dkk. (2014). Jika minimal 2 variabel input bernilai tinggi dan 1 variabel bernilai minimal sedang maka calon guru tidak memerlukan intervensi *sense* pecahan. Akan tetapi, jika 1 variabel yang lain bernilai rendah, maka diberikan intervensi rendah. Sedangkan intervensi tinggi diberikan pada calon guru dengan minimal dua variabel bernilai rendah. Untuk kemungkinan yang lain, calon guru diberikan intervensi sedang. Berikut ini daftar implikasi dari variabel input dan output.

R[n]	input	output	R[n]	input	output	R[n]	input	output
1	RRR	IT	10	SRR	IT	19	TRR	IT
2	RRS	IT	11	SRS	IS	20	TRS	IS
3	RRT	IT	12	SRT	IS	21	TRT	IR
4	RSR	IT	13	SSR	IS	22	TSR	IS
5	RSS	IS	14	SSS	IS	23	TSS	IS
6	RST	IS	15	SST	IS	24	TST	TI
7	RTR	IT	16	STR	IS	25	TTR	IR
8	RTS	IS	17	STS	IS	26	TTS	TI
9	RTT	IR	18	STT	TI	27	TTT	TI

Gambar 4. Rule Base
Dengan Input {Makna Pecahan, Relasi Pecahan, Operasi Pecahan}

Dari 27 *rule base* dapat dikelompokkan berdasarkan jenis intervensi yang diberikan sabagai berikut.

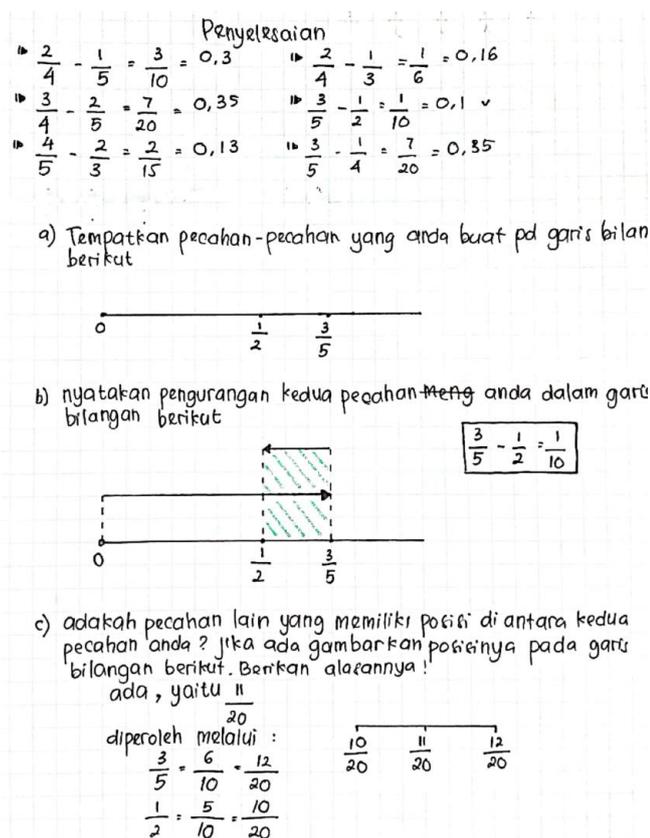
- a. Intervensi tinggi muncul pada: R1, R2, R3, R4, R7, R10, R19.
- b. Intervensi sedang muncul pada: R5, R6, R8, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R20, R22, R23.
- c. Intervensi rendah muncul pada: R9, R21, R25
- d. Tanpa intervensi muncul pada: R18, R24, R26, R27

Uji coba kasus *sense* pecahan calon guru

Perhitungan nilai rata-rata kondisi tegas (crisp)

Untuk membandingkan efektivitas dari peskoran menggunakan sistem fuzzy, berikut akan ditampilkan proses perhitungan salah satu subjek yaitu AC menggunakan sistem inferensi fuzzy. AC merupakan salah satu calon guru yang

saat ini tengah menempuh semester 6 perkuliahan di program studi pendidikan matematika. Berdasarkan hasil pekerjaan subjek AC pada Gambar 4, nilai makna pecahan 7,5 karena subjek telah menggunakan besaran bilangan terkecil sebagai pembilang dan terbesar sebagai pembagi. Tetapi ia baru satu kali menggunakan jarak bilangan sebagai dasar menentukan pecahan sehingga ia belum bisa mencapai jawaban terkecil yang ditanyakan oleh soal. Nilai relasi pecahan 22 karena subjek AC gagal dalam membuat representasi garis bilangan yang sesuai estimasi meskipun urutan penempatan sudah tepat, ia mampu menemukan pecahan lain di antara dua pecahan berbeda melalui penyamaan penyebut, tetapi gagal ketika penyebut kedua pecahan sama dan pembilang berurutan. Sementara itu, nilai operasi pecahan yaitu 35. Jika dilihat dari tabel rentang nilai maka posisi kemampuan makna pecahan termasuk kategori tinggi, relasi pecahan tinggi, dan operasi pecahan tinggi. Jika berdasarkan kondisi himpunan tegas, AC masuk dalam kategori tanpa intervensi.



Gambar 4. Pekerjaan subjek AC pada Tes Sense Pecahan

Fuzzyfikasi

Pada perhitungan rata-rata kondisi tegas, subjek AC masuk dalam kelompok mahasiswa yang tidak memerlukan intervensi. Akan tetapi bagaimana jika dilihat dari sistem inferensi fuzzy?

Derajat keanggotaan AC pada masing-masing variabel input:

Makna pecahan $\mu_{mR} = 0$; $\mu_{mS} = 0,5$; $\mu_{mT} = 0,5$;

Relasi pecahan $\mu_{rR} = 0$; $\mu_{rS} = 0,33$; $\mu_{rT} = 0,67$;

Operasi pecahan $\mu_{oR} = 0$; $\mu_{oS} = 0,11$; $\mu_{oT} = 0,89$;

Inferensi

Sesuai dengan metode mamdani, inferensi yang digunakan adalah metode minimum. Sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

[R1] IF makna pecahan RENDAH and relasi pecahan RENDAH and operasi pecahan RENDAH THEN jenis INTERVENSI TINGGI.

$$\alpha - \text{predikat}_1 = \mu_{mR} \cap \mu_{rR} \cap \mu_{oR} = \min\{0; 0; 0\} = 0$$

[R2] IF makna pecahan RENDAH and relasi pecahan RENDAH and operasi pecahan SEDANG THEN jenis INTERVENSI TINGGI.

$$\alpha - \text{predikat}_2 = \mu_{mR} \cap \mu_{rR} \cap \mu_{oS} = \min\{0; 0; 0,11\} = 0$$

[R3] IF makna pecahan RENDAH and relasi pecahan RENDAH and operasi pecahan TINGGI THEN jenis INTERVENSI TINGGI.

$$\alpha - \text{predikat}_3 = \mu_{mR} \cap \mu_{rR} \cap \mu_{oT} = \min\{0; 0; 0,89\} = 0$$

[R4] IF makna pecahan RENDAH and relasi pecahan SEDANG and operasi pecahan RENDAH THEN jenis INTERVENSI TINGGI.

$$\alpha - \text{predikat}_4 = \mu_{mR} \cap \mu_{rS} \cap \mu_{oR} = \min\{0; 0,33; 0\} = 0$$

[R5] IF makna pecahan RENDAH and relasi pecahan SEDANG and operasi pecahan SEDANG THEN jenis INTERVENSI SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat}_5 = \mu_{mR} \cap \mu_{rS} \cap \mu_{oS} = \min\{0; 0,33; 0,11\} = 0$$

[R6] IF makna pecahan RENDAH and relasi pecahan SEDANG and operasi pecahan TINGGI THEN jenis INTERVENSI SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat}_6 = \mu_{mR} \cap \mu_{rS} \cap \mu_{oT} = \min\{0; 0,33; 0,89\} = 0$$

[R7] IF makna pecahan RENDAH and relasi pecahan TINGGI and operasi pecahan RENDAH THEN jenis INTERVENSI TINGGI.

$$\alpha - \text{predikat}_7 = \mu_{mR} \cap \mu_{rT} \cap \mu_{oR} = \min\{0; 0,67; 0\} = 0$$

[R8] IF makna pecahan RENDAH and relasi pecahan TINGGI and operasi pecahan SEDANG THEN jenis INTERVENSI SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat}_8 = \mu_{mR} \cap \mu_{rT} \cap \mu_{oS} = \min\{0; 0,67; 0,11\} = 0$$

[R9] IF makna pecahan RENDAH and relasi pecahan TINGGI and operasi pecahan TINGGI THEN jenis INTERVENSI RENDAH.

$$\alpha - \text{predikat}_9 = \mu_{mR} \cap \mu_{rT} \cap \mu_{oT} = \min\{0; 0,67; 0,89\} = 0$$

[R10] IF makna pecahan SEDANG and relasi pecahan RENDAH and operasi pecahan RENDAH THEN jenis INTERVENSI TINGGI.

$$\alpha - \text{predikat}_{10} = \mu_{mS} \cap \mu_{rR} \cap \mu_{oR} = \min\{0,5; 0; 0\} = 0$$

[R11] IF makna pecahan SEDANG and relasi pecahan RENDAH and operasi pecahan SEDANG THEN jenis INTERVENSI SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat}_{11} = \mu_{mS} \cap \mu_{rR} \cap \mu_{oS} = \min\{0,5; 0; 0,11\} = 0$$

[R12] IF makna pecahan SEDANG and relasi pecahan RENDAH and operasi pecahan TINGGI THEN jenis INTERVENSI SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat}_{12} = \mu_{mS} \cap \mu_{rR} \cap \mu_{oT} = \min\{0,5; 0; 0,89\} = 0$$

[R13] IF makna pecahan SEDANG and relasi pecahan SEDANG and operasi pecahan RENDAH THEN jenis INTERVENSI SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat}_{13} = \mu_{mS} \cap \mu_{rS} \cap \mu_{oR} = \min\{0,5; 0,33; 0\} = 0$$

[R14] IF makna pecahan SEDANG and relasi pecahan SEDANG and operasi pecahan SEDANG THEN jenis INTERVENSI SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat}_{14} = \mu_{mS} \cap \mu_{rS} \cap \mu_{oS} = \min\{0,5; 0,33; 0,11\} = 0,11$$

[R15] IF makna pecahan SEDANG and relasi pecahan SEDANG and operasi pecahan TINGGI THEN jenis INTERVENSI SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat}_{15} = \mu_{mS} \cap \mu_{rS} \cap \mu_{oT} = \min\{0,5; 0,33; 0,89\} = 0,33$$

[R16] IF makna pecahan SEDANG and relasi pecahan TINGGI and operasi pecahan RENDAH THEN jenis INTERVENSI SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat}_{16} = \mu_{mS} \cap \mu_{rT} \cap \mu_{oR} = \min\{0,5; 0,67; 0\} = 0$$

[R17] IF makna pecahan SEDANG and relasi pecahan TINGGI and operasi pecahan SEDANG THEN jenis INTERVENSI SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat}_{17} = \mu_{mS} \cap \mu_{rT} \cap \mu_{oS} = \min\{0,5; 0,67; 0,11\} = 0,11$$

[R18] IF makna pecahan SEDANG and relasi pecahan TINGGI and operasi pecahan TINGGI THEN jenis TANPA INTERVENSI.

$$\alpha - \text{predikat}_{18} = \mu_{mS} \cap \mu_{rT} \cap \mu_{oT} = \min\{0,5; 0,67; 0,89\} = 0,5$$

[R19] IF makna pecahan TINGGI and relasi pecahan RENDAH and operasi pecahan RENDAH THEN jenis INTERVENSI TINGGI.

$$\alpha - \text{predikat}_{19} = \mu_{mT} \cap \mu_{rR} \cap \mu_{oR} = \min\{0,5; 0; 0\} = 0$$

[R20] IF makna pecahan TINGGI and relasi pecahan RENDAH and operasi pecahan SEDANG THEN jenis INTERVENSI SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat}_{20} = \mu_{mT} \cap \mu_{rR} \cap \mu_{oS} = \min\{0,5; 0; 0,11\} = 0$$

[R21] IF makna pecahan TINGGI and relasi pecahan RENDAH and operasi pecahan TINGGI THEN jenis INTERVENSI RENDAH.

$$\alpha - \text{predikat}_{21} = \mu_{mT} \cap \mu_{rR} \cap \mu_{oT} = \min\{0,5; 0; 0,89\} = 0$$

[R22] IF makna pecahan TINGGI and relasi pecahan SEDANG and operasi pecahan RENDAH THEN jenis INTERVENSI SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat}_{22} = \mu_{mT} \cap \mu_{rS} \cap \mu_{oR} = \min\{0,5; 0,33; 0\} = 0$$

[R23] IF makna pecahan TINGGI and relasi pecahan SEDANG and operasi pecahan SEDANG THEN jenis INTERVENSI SEDANG.

$$\alpha - \text{predikat}_{23} = \mu_{mT} \cap \mu_{rS} \cap \mu_{oS} = \min\{0,5; 0,33; 0,11\} = 0,11$$

[R24] IF makna pecahan TINGGI and relasi pecahan SEDANG and operasi pecahan TINGGI THEN jenis TANPA INTERVENSI.

$$\alpha - \text{predikat}_{24} = \mu_{mT} \cap \mu_{rS} \cap \mu_{oT} = \min\{0,5; 0,33; 0,89\} = 0,33$$

[R25] IF makna pecahan TINGGI and relasi pecahan TINGGI and operasi pecahan RENDAH THEN jenis INTERVENSI RENDAH.

$$\alpha - \text{predikat}_{25} = \mu_{mT} \cap \mu_{rT} \cap \mu_{oR} = \min\{0,5; 0,67; 0\} = 0$$

[R26] IF makna pecahan TINGGI and relasi pecahan TINGGI and operasi pecahan SEDANG THEN jenis TANPA INTERVENSI.

$$\alpha - \text{predikat}_{26} = \mu_{mT} \cap \mu_{rT} \cap \mu_{oS} = \min\{0,5; 0,67; 0,11\} = 0,11$$

[R27] IF makna pecahan TINGGI and relasi pecahan TINGGI and operasi pecahan TINGGI THEN jenis TANPA INTERVENSI.

$$\alpha - \text{predikat}_{27} = \mu_{mT} \cap \mu_{rT} \cap \mu_{oT} = \min\{0,5; 0,67; 0,89\} = 0,5$$

Dari 27 implikasi diterapkan komposisi maksimum sehingga diperoleh nilai masing-masing katategori sebagai berikut.

Intervensi tinggi:

$$\alpha - \text{predikat}1 \cup \alpha - \text{predikat}2 \cup \alpha - \text{predikat}3 \cup \alpha - \text{predikat}4 \cup \alpha - \text{predikat}7 \cup \alpha - \text{predikat}10 \cup \alpha - \text{predikat}19 = \max\{0; 0; 0; 0; 0; 0; 0\} = 0$$

Intervensi sedang muncul pada:

$$\alpha - \text{predikat5} \cup \alpha - \text{predikat6} \cup \alpha - \text{predikat8} \cup \alpha - \text{predikat11} \cup \alpha - \text{predikat12} \cup \alpha - \text{predikat13} \cup \alpha - \text{predikat14} \cup \alpha - \text{predikat15} \cup \alpha - \text{predikat16} \cup \alpha - \text{predikat17} \cup \alpha - \text{predikat20} \cup \alpha - \text{predikat22} \cup \alpha - \text{predikat23} = \max\{0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0,11; 0,33; 0; 0,11; 0; 0; 0\} = 0,33$$

Intervensi rendah muncul pada:

$$\alpha - \text{predikat9} \cup \alpha - \text{predikat21} \cup \alpha - \text{predikat25} = \max\{0; 0; 0\} = 0$$

Tanpa intervensi muncul pada:

$$\alpha - \text{predikat18} \cup \alpha - \text{predikat24} \cup \alpha - \text{predikat26} \cup \alpha - \text{predikat27} = \max\{0,5; 0,33; 0,11; 0,5\} = 0,5$$

Defuzzyfikasi

Pilih $z = 10, 30, 50, 70$ sebagai center masing-masing kategori variabel output lalu gunakan metode centroid untuk menghitung z^* .

$$z^* = \frac{0 \times 10 + 0,33 \times 30 + 0 \times 50 + 0,5 \times 70}{0 + 0,33 + 0 + 0,5} = 54,1$$

Hasil defuzzyfikasi dari AC adalah $z^*=54,1$. Jika dilihat dari fungsi keanggotaan variabel output maka $\mu_{IT} = 0; \mu_{IS} = 0; \mu_{IR} = 0,8; \mu_{TI} = 0,2$. Dengan kata lain, sebesar 80% AC disarankan untuk memperoleh jenis intervensi rendah.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai secara rata-rata diperoleh bahwa calon guru masuk dalam kategori tanpa intervensi. Akan tetapi, jika kita analisis hasil pekerjaan guru secara kualitatif, dapat diketahui bahwa calon guru masih memiliki masalah pada relasi pecahan yang ditunjukkan oleh kurang tepatnya estimasi garis bilangan yang dibuat sehingga jarak tempat antar pecahan tidak sesuai dengan nilai besarnya. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Murniasih, dkk. (2020) yang menyatakan bahwa dua kesalahan terbesar kesalahan calon guru pada representasi garis bilangan adalah tidak terampil menggunakan estimasi dan *benchmark*. Individu dengan kemampuan estimasi yang lebih *precise*/tepat lebih mampu untuk melakukan *decision making*/pengambilan keputusan terkait numerasi dengan lebih rasional (Park & Cho, 2019).

Pada relasi pecahan, subjek AC gagal mendeteksi kepadatan pecahan, yaitu jika ada dua pecahan berbeda, pasti ada pecahan lain yang berada di antara keduanya. *Sense* pecahan yang dimiliki subjek AC memunculkan strategi menyamakan dua pecahan untuk menemukan pecahan yang lain diantaranya. Akan tetapi, strategi ini gagal dilakukan ketika pembilang dari dua pecahan berupa bilangan bulat berurutan. Subjek AC menyatakan bahwa tidak ada pecahan lain di antara keduanya. Hambatan epistemologi muncul ketika calon guru tidak memahami kepadatan pecahan Murniasih, dkk. (2020). Oleh karena itu, pada kasus hasil pekerjaan AC hasil perhitungan fuzzy lebih sesuai yaitu ia memerlukan intervensi rendah sebesar 80% lebih khusus pada indikator relasi pecahan. Transparansi, objektivitas, dan kemudahan penggunaan dari sistem fuzzy memberikan cara yang bermanfaat untuk mengevaluasi kemampuan calon guru dengan cara yang lebih rasional dan adil (Saleh & Kim, 2009). Jadi dapat disimpulkan bahwa penggunaan sistem fuzzy lebih sesuai digunakan untuk menentukan jenis intervensi *sense* pecahan calon guru.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penentuan jenis intervensi *sense* pecahan calon guru dapat dilakukan dengan menentukan indikator *sense* pecahan yang akan digunakan dari berbagai literatur. Pada penelitian ini digunakan 3 indikator *sense* pecahan antara lain makna pecahan, relasi pecahan, dan operasi pecahan sebagai variabel input dengan kategori masing-masing tinggi, rendah, dan sedang. Variabel output pada penelitian ini berupa 4 jenis intervensi dengan kategori tinggi, sedang, rendah dan tidak ada. Berdasarkan analisis komparasi, penggunaan aplikasi fuzzy pada penentuan jenis intervensi lebih sesuai dengan hasil analisis secara kualitatif dari pada perhitungan rata-rata statistik. Hasil aplikasi fuzzy lebih rasional adil dalam menentukan jenis intervensi dari pada perhitungan rata-rata.

Pada penelitian ini, perhitungan otomatis penentuan intervensi *sense* pecahan menggunakan aplikasi fuzzy masih menggunakan aplikasi Excel yang masih perlu perbaikan terutama dalam tampilan. Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya, disarankan mengembangkan perhitungan otomatis *sense* pecahan dengan aplikasi fuzzy menggunakan aplikasi yang lebih canggih dan tampilan menarik. Selain itu, metode fuzzy yang digunakan pada penelitian ini adalah metode mamdani. Jadi pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan metode fuzzy lain untuk membandingkan bentuk penentuan keputusan intervensi *sense* pecahan terbaik.

DAFTAR RUJUKAN

- Birgin, O., & Peker, E. S. (2022). Development of Number *Sense* Test for Eighth-Grade Students : A Validity and Reliability Study. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 51(1), 187–219.
<https://doi.org/10.14812/cufej.871367>
- Dyson, N. I., Jordan, N. C., Rodrigues, J., Barbieri, C., & Rinne, L. (2020). A Fraction *Sense* Intervention for Sixth Graders With or At Risk for Mathematics Difficulties. *Remedial and Special Education*, 41(4), 244–254.
<https://doi.org/10.1177/0741932518807139>
- Eriana, E. S., Rivai, A. K., & Susanto, A. B. (2019). Implementasi fuzzy inferences system mamdani dalam menganalisis efektivitas penerapan e-learning di perguruan tinggi (studi kasus : FTI universitas pamulang). *Jurnal Teknologi Informasi ESIT*, XIV(02), 33–43.
- Fennell, F., & Karp, K. (2016). Fraction *Sense* : Foundational Understandings. *Journal of Learning Disabilities*, 3.
<https://doi.org/10.1177/0022219416662030>
- Georges, C., & Schiltz, C. (2021). Number line tasks and their relation to arithmetics in second to fourth graders. *Journal of Numerical Cognition*, 7(1), 20–41. <https://doi.org/10.5964/JNC.6067>
- Juningtyastuti, & Gunawan, F. A. (2016). Fuzzy-Mamdani Inference System in Predicting the Corelation Between Learning Method , Discipline and Motivation with Student ' s Achievement. *Proc. of 2016 3rd Int. Conf. on Information Tech., Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, 1–6.
- Kor, L.-K., Teoh, S.-H., Mohamed, S. S. E. B., & Singh, P. (2018). Learning to Make *Sense* of Fractions: Some Insights from the Malaysian Primary 4

- Pupils. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 14(1), 169–182. <https://doi.org/10.29333/iejme/3985>
- Kurniawan, H., Nusantara, T., Subanji, S., Susiswo, S., Setiawan, I., Sutawidjaja, A., As'ari, A. R., & Muksar, M. (2016). Limited Intervention at Sub Concept of Fractions in the Object Conversion into Fractions. *International Education Studies*, 9(7), 145. <https://doi.org/10.5539/ies.v9n7p145>
- Liu, Y. (2017). Fraction magnitude understanding and its unique role in predicting general mathematics achievement at two early stages of fraction instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 1–18. <https://doi.org/10.1111/bjep.12182>
- Meimaharani, R., & Listyorini, T. (2014). Studi Penentuan Kualitas Dan Kuantitas Minyak Bumi Pada Lapangan Minyak Tiaka. *Jurnal Simetris*, 5(1), 89–96. <https://doi.org/10.33536/jg.v4i2.50>
- Murniasih, T. R., Sa'dijah, C., Muksar, M., & Susiswo. (2020). Fraction sense: An analysis of preservice mathematics teachers' cognitive obstacles. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 10(2), 27–47. <https://doi.org/10.26529/cepsj.742>
- Murniasih, T. R., Sadijah, C., Muksar, M., Susiswo, S., & Suwanti, V. (2020). Kesalahan Representasi Pecahan Pada Garis Bilangan. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 9(2). <https://doi.org/10.24127/ajpm.v9i2.2740>
- Nilashi, M., & Janahmadi, N. (2012). Assessing and Prioritizing Affecting Factors in E-Learning Websites Using AHP Method and Fuzzy Approach. *Information and Knowledge Management*, 2(1), 46–61.
- Obersteiner, A., Alibali, M. W., & Marupudi, V. (2020). Complex fraction comparisons and the natural number bias: The role of benchmarks. *Learning and Instruction*, 67(March), 101307. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101307>
- Pamuji, A. (2017). Fuzzy Logic Inference System for Determining The Quality Assesment o f Student ' s Learning I CT. *Scientific Journal of Informatics*, 4(1), 57–65.
- Park, I., & Cho, S. (2019). The influence of number line estimation precision and numeracy on risky financial decision making. *International Journal of Psychology*, 54(4), 530–538. <https://doi.org/10.1002/ijop.12475>
- Rafiu, I., Elijah, O., & Stephen, O. (2014). Mamdani Fuzzy Model for Learning Activities Evaluation Mamdani Fuzzy Model for Learning Activities Evaluation. *International Journal of Applied Information Systems (IJ AIS)*, 7(October), 3. <https://doi.org/10.5120/ijais14-451155>
- Ridwan, W., Wiranto, I., & Dako, R. D. R. (2020). Ability estimation in computerized adaptive test using Mamdani Fuzzy Inference System Ability estimation in computerized adaptive test using Mamdani Fuzzy Inference System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/850/1/012004>
- Rosli, R., Goldsby, D., Onwuegbuzie, A. J., Capraro, M. M., Capraro, R. M., & Gonzalez, E. G. Y. (2020). Elementary preservice teachers' knowledge, perceptions, and attitudes towards fractions: A mixed-analysis. *Journal on Mathematics Education*, 11(1), 59–76.

<https://doi.org/http://doi.org/10.22342/jme.11.1.9482.59-76>

- Saleh, I., & Kim, S. (2009). Expert Systems with Applications A fuzzy system for evaluating students ' learning achievement. *Expert Systems With Applications*, 36(3), 6236–6243. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.07.088>
- Şengül, S. (2013). Identification of Number *Sense* Strategies used by Pre-service Elementary Teachers. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 13(3), 1965–1974. <https://doi.org/10.12738/estp.2013.3.1365>
- Sukma, Y., Somakim, S., & Indaryanti, I. (2021). Students ' number *sense* on fraction problems. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012055>
- Whitacre, I., & Nickerson, S. D. (2016). Investigating the improvement of prospective elementary teachers ' number *sense* in reasoning about fraction magnitude. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 57–77. <https://doi.org/10.1007/s10857-014-9295-2>
- Yao, X., & Manouchehri, A. (2020). Teacher Interventions for Advancing Students' Mathematical Understanding Xiangquan. *Education Sciences*, 10(164). <https://doi.org/10.3390/educsci10060164>